

8-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

THE 8th INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ В АПК И АГРАРНОЙ НАУКЕ

АГРОИНФО 2021  
AGROINFO 2021

AGRICULTURAL  
INFORMATION  
TECHNOLOGY  
AND ENGINEERING

НОВОСИБИРСК - КРАСНООБСК 2021  
NOVOSIBIRSK - KRASNOOBSK 2021

[www.sfscs.ru](http://www.sfscs.ru)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ  
ГАУ НСО «НОВОСИБИРСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОНД»  
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, НОВОСИБИРСК  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ  
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, НОВОСИБИРСК  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ, МОСКВА  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА СО РАН,  
НОВОСИБИРСК  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ,  
НОВОСИБИРСК

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ В АПК**

### **АГРОИНФО-2021**

Материалы 8-й Международной научно-практической конференции  
(Новосибирская область, р.п. Краснообск, 21-22 октября 2021 г.)

Новосибирск – Краснообск 2021

УДК 658.014.1.011.56:63(063)  
ББК 32.81  
И 741



Проведение конференции  
поддержано ГАУ НСО  
«Новосибирский областной  
инновационный фонд»  
договор ГЗ-41-21

**Составители:**

канд. с.-х. наук Гурова Т.А. (отв. за выпуск);  
д-р техн. наук Алейников А.Ф.;  
канд. техн. наук Савченко О.Ф.;  
Митьковская И.Ф.;  
Кубрина О.С.

Материалы сборника изданы в авторской редакции.  
Информация о конференции представлена на сайте:  
<http://conf.ict.nsc.ru/agroinfo2021/ru>

**Информационные технологии, системы и приборы в АПК:** материалы 8-й Международной научно-практической конференции «АГРОИНФО-2021» (Новосибирская обл., р.п. Краснообск, 21-22 октября 2021 г.) / под ред. академика РАН В.В. Альта / – Новосибирская обл., р.п. Краснообск: Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук, Сибирский физико-технический институт аграрных проблем, 2021. – 381 с.

**ISBN 978-5-6046430-5-1**

Материалы конференции содержат 88 докладов научных работников НИУ Российской академии наук, преподавателей и студентов учреждений высшего и среднего специального образования, специалистов научно-производственных организаций и предприятий из России, Финляндии, Казахстана. Россия представлена регионами: Новосибирск и Новосибирская область, Москва и Московская область, С.-Петербург и Ленинградская область, Саратов, Ростов-на-Дону, Новокубанск, Кемерово, Омск, Барнаул, Томск, Иркутск, Красноярск, Пермь, Екатеринбург, Республика Хакасия, Алтайский край, Челябинская область.

Работы 197 авторов отражают уровень исследований в области цифровых информационных технологий, баз данных, экспертных систем, а также измерительных систем и приборов для сельскохозяйственной науки и практики, поднимают вопросы защиты окружающей среды, повышения производительности труда в сельском хозяйстве за счет внедрения научных достижений в России и за рубежом.

Книга предназначена для научных работников, руководителей и специалистов АПК, преподавателей и студентов.

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION  
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
MINISTRY OF SCIENCE AND INNOVATION POLICY OF THE NOVOSIBIRSK REGION  
NOVOSIBIRSK REGIONAL FUND FOR THE SUPPORT OF SCIENCE AND INNOVATION  
MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE NOVOSIBIRSK REGION  
SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES  
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, NOVOSIBIRSK  
FEDERAL RESEARCH CENTER FOR INFORMATION AND COMPUTATIONAL TECHNOLOGIES,  
NOVOSIBIRSK  
FEDERAL SCIENTIFIC AGRICULTURAL ENGINEERING CENTER VIM, MOSCOW  
STATE PUBLIC SCIENTIFIC TECHNOLOGICAL LIBRARY SB RAS, NOVOSIBIRSK  
NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY  
NOVOSIBIRSK STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF GEOSYSTEMS AND TECHNOLOGIES, NOVOSIBIRSK

# **AGRICULTURAL INFORMATION TECHNOLOGY AND ENGINEERING**

## **AGROINFO-2021**

Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Research and Practice Conference  
(Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia, 21-22 October, 2021)

Novosibirsk – Krasnoobsk 2021



**UDK 658.014.1.011.56:63(063)**  
**BBK 32.81**  
**I 741**



**The Conference was funded by the  
Novosibirsk regional fund for the support  
of science and innovation  
project 41-21**

**Compiled:**

Cand Sc Agr Gurova T.A. (in charge of issue);  
Doct Sc Tech Aleynikov A.F.;  
Cand Sc Tech Savchenko O.F.;  
Mitkovskaya I.F.;  
Kubrina O.S.

The Proceedings are published in author's edition.  
Information about the Conference is presented at web site:  
**<http://conf.ict.nsc.ru/agroinfo2021/ru>**

Agricultural information technology and engineering: proceedings of the 8th International Research and Practice Conference «AGROINFO-2021» (Krasnoobsk, Russia, 21-22 October, 2021) / Edited by Academician of the Russian Academy of Sciences V.V. Alt / Published: Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk of Novosibirsk region, 2021. – 381 ps.

**ISBN 978-5-6046430-5-1**

The Proceedings of the Conference consists of 88 papers presented by scientists and specialists from research institutes, higher education organizations and other institutions from Russia – Novosibirsk, Moscow, St. Petersburg, Saratov, Rostov-on-Don, Novokubansk, Barnaul, Abakan, Rostov, Zernograd, Kemerovo, Omsk, Tomsk, Tyumen, Irkutsk, Ulan-Ude, Yakutsk – as well as from Finland, Kazakhstan.

Articles of 197 authors reflect the level of studies in the field of digital information technologies, data bases, expert systems, as well as measurement systems and equipment for agricultural science and practice.

The book is intended for researchers, directors and specialists of agribusiness.

**ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ**

Программный комитет конференции.....	6
Организационный комитет конференции.....	7
Пленарное заседание.....	8
Секция 1. Применение информационно-цифровых технологий, баз данных и экспертных систем в сельском хозяйстве.....	26
Секция 2. Измерительные системы, приборы и перспективные инструментальные методы исследований в биологии и сельском хозяйстве.....	146
Секция 3. Цифровые информационные технологии в инженерно-техническом обеспечении АПК	229
Содержание.....	370
Именной указатель авторов статей.....	375

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

*Председатель:*

**Шокин Ю.И.** – академик РАН, научный руководитель ФИЦ ИВТ, Новосибирск.

*Сопредседатели:*

**Голохваст К.С.** – чл.-кор. РАО, д-р биол. наук, директор СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск;

**Альт В.В.** – академик РАН, руководитель СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск.

*Члены:*

**Измайлов А.Ю.** – академик РАН, директор ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва;

**Манаков Ю.А.** – д-р биол. наук, зам. директора СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск;

**Юрченко А.В.** – канд. физ.-мат. наук, врио директора ФИЦ ИВТ, Новосибирск;

**Кененбаев С.Б.** – д-р с.-х. наук, академик АСХН РК, Казахстан;

**Гантулга Гомбо** – канд. техн. наук, проф., проректор по научной работе МГСХУ, главный ученый секретарь Монгольской академии аграрной науки, Монголия;

**Рудой Е.В.** – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН, ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ;

**Карпик А.П.** – д-р техн. наук, ректор ФГБОУ ВО СГУГиТ, Новосибирск;

**Брованов С.В.** – д-р техн. наук, проректор ФГБОУ ВО НГТУ, Новосибирск;

**Якименко А.А.** – канд. техн. наук, зав. кафедрой ВТ ФГБОУ ВО НГТУ, Новосибирск;

**Гуськов Ю.А.** – д-р техн. наук, директор Инженерного института, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ;

**Алейников А.Ф.** – д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр., СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирск.

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

*Председатель:*

**Шаповалов Д.В.** – канд. техн. наук, руководитель организационного отдела СФНЦА РАН.

*Члены организационного комитета:*

**Алейников А.Ф.** – д-р техн. наук, гл. науч. сотр.,

**Гурова Т.А.** – канд. с.-х. наук, зам. руководителя подразделения,

**Чешкова А.Ф.** – канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией,

**Савченко О.Ф.** – канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,

**Елкин О.В.** – канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,

**Гребенникова И.Г.** – канд. с.-х. наук, зав. лабораторией,

**Митьковская И.Ф.** – ведущий программист,

**Кубрина О.С.** – инженер,

**Балушкина Е.А.** – ст. науч. сотр.,

**Исакова С.П.** – ст. науч. сотр.,

**Архипова Т.А.** – ст. науч. сотр.,

**Чесноченко Н.Е.** – науч. сотр.,

**Вьюжанина О.М.** – директор СибНСХБ – филиала ГПНТБ СО РАН,

**Дубровский А.В.** – канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО СГУГиТ.

## Пленарное заседание

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ В АПК

УДК 631.3:004.422

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-8-11

*Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П.,  
СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

### ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Показаны важные аспекты для выбора агротехнологий в растениеводстве, а также влияние имеющегося состава и состояния машинно-тракторного парка на эффективность и конкурентоспособность хозяйства. Показана актуальность решения задачи по автоматизированному выбору технологий и технических средств. Приведен краткий анализ программного обеспечения в области автоматизированного формирования агротехнологий и технического обеспечения, учитывающего множество факторов, влияющих на решение задачи.

**Ключевые слова:** машинно-тракторный парк, техническое обеспечение, автоматизированный выбор, программное обеспечение, повышение урожайности.

Новосибирская область по данным 2019 г. занимает третье место в Сибирском федеральном округе (СФО) по валовому сбору зерна в хозяйствах всех категорий, после Алтайского края и Омской области [1] (рисунок 1), при этом, по предварительным данным в 2020 г., в первоначальном весе собрано 2 млн. 651 тыс. тонн зерна.

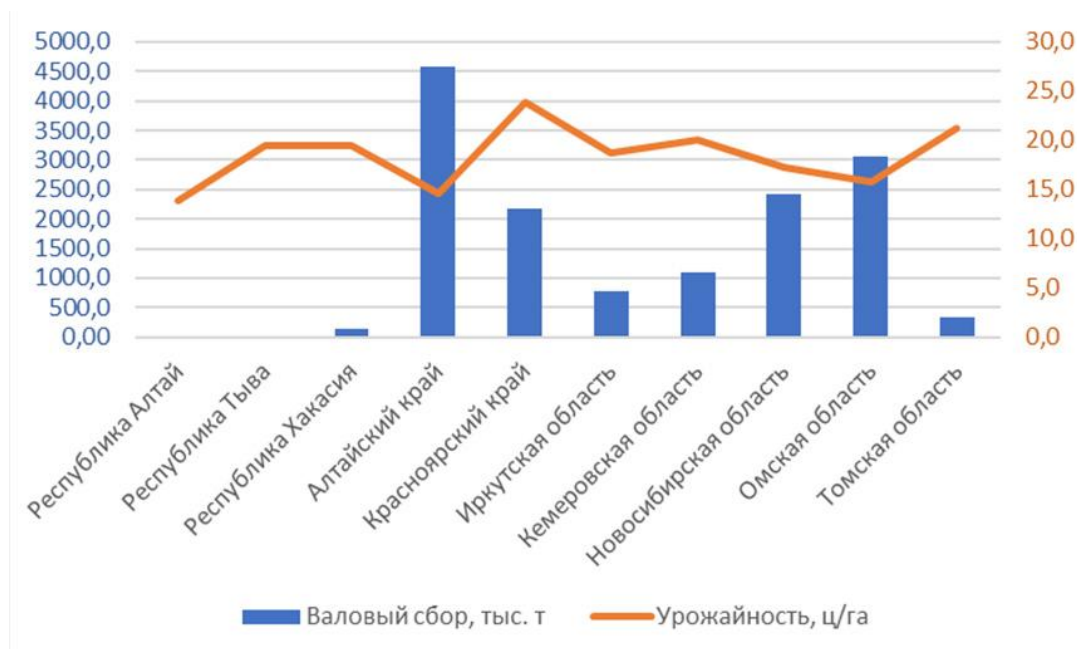


Рисунок 1. Валовый сбор и урожайность зерна в СФО по данным Росстата за 2019 г.

Из пяти агроландшафтных районов Новосибирской области основными по производству зерна являются северо-лесостепной, центрально-лесостепной, южно-лесостепной и степной районы. Природно-климатические особенности зоны размещения хозяйства определяют его специализацию, в соответствии с которой определяются технологии возделывания сельско-

хозяйственных культур, структура посевных площадей, схемы севооборотов, виды и объемы выполняемых механизированных работ, состав машинно-тракторного парка (МТП) сельхозпредприятия [2, 3].

Уровень урожайности зерновых определяется суммой летних осадков и характером их распределения, при этом на него большое влияние оказывает неустойчивость климатических факторов по годам, обусловленная широким диапазоном колебаний по запасам почвенной влаги, сумме и распределению осадков и динамике температурного режима в период вегетации растений. Погодные условия оказывают значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур (по некоторым территориям вклад климата в дисперсию урожайности составляет от 22 % до 81%), поэтому снижение урожайности происходит, главным образом, в засушливые или переувлажненные годы, или годы сильных заморозков [4]. Обеспеченность осадками в период посева яровых влияет на выбор технологии и своевременность применения комплекса технологических операций. Поэтому для повышения производства зерна надо четко понимать, какая технология необходима [5, 6].

Эффективное возделывание зерновых культур во многом определяется применяемыми агротехнологиями и техническим их обеспечением. В Новосибирской области при различных уровнях интенсификации технологий возделывания зерновых культур преобладает применение экстенсивных технологий. Ограниченность финансовых ресурсов в большинстве сельскохозяйственных организаций не позволяет им осуществлять закупку более дорогой, но обладающей большей производительностью и надежностью зарубежной техники [7].

Очевидно, что безусловным перспективным аспектом для выбора и высокой энергетической и экономической эффективности агротехнологий в растениеводстве, наряду с тщательным учетом наиболее значимых природно-климатических, агроэкологических, производственных и других факторов, является наличие современных машин для комплексной механизации растениеводства. Они должны обладать возможностями для всесторонней автоматизации сельскохозяйственных технологических процессов, что предопределяет их интеграцию с информационными технологиями, в том числе уровень подготовленности техники к автоматизации как объекта управления на основе цифровых и интеллектуальных технологий и др. [8].

Следовательно, объективно существующее большое разнообразие факторов, условий, особенностей производства хозяйств и их форм собственности, имеющийся состав и состояние МТП определяющим образом влияют на эффективность и конкурентоспособность хозяйства, обосновывают актуальность решения задачи по автоматизированному выбору технологий и технических средств, разработку необходимого программного обеспечения.

Цифровые технологии уже сегодня применяются: в планировании работ по техническому обслуживанию и ремонту; в проведении учета выполненных работ, расхода топлива, движения запасных частей; в фиксировании и ведении учета суммированной наработки для оптимизации календарных сроков постановки машин на техническое обслуживание и ремонт; для предоставления информационно-справочных материалов для всех заинтересованных пользователей сельскохозяйственной техники; для контроля технического состояния машин, определения остаточного ресурса на основании информации, передаваемой встроенными датчиками контроля и т. д.

В области автоматизированного формирования агротехнологий и технического обеспечения разрабатываются различные программные продукты, в том числе веб-ориентированные.

В ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (Борхошкиным О.В.) разработан программный комплекс, который обеспечивает использование в комплексе различных вариантов возделывания сельскохозяйственных культур. Количество этих вариантов зависит от определений агроприемов, их ресурсного обеспечения, почвенно-климатических условий полей, сортов и уровня программируемого урожая [9].

В ФГБНУ «Курганский НИИСХ» (Степных Н.В., Заргарян А.М., Жукова О.А.) создана база знаний, формализованная, в основном, на естественном вербальном языке в виде агрос-

правки, размещена на сайте института и включает следующие сведения: описание культур; характеристику почв; сроки посева культур; нормы высева семян; характеристику сортов; описание способов обработки почвы, посева и уборки; рекомендации по расчету доз удобрений; описание сорных растений; описание болезней культур; описание вредителей и другие материалы [10].

В работах Гостева А.В., Пыхтина А.И. и Любичко Н.И. в процессе адаптации агротехнологий к сложившимся природно-климатическим особенностям ландшафта, каждый агротехнологический прием оценивается по целесообразности его применения к текущим условиям с учетом знаний об истории ведения полей и их текущем состоянии. С учетом данного положения научно-обоснованный подбор наиболее рациональной системы удобрений под возделываемую культуру представляет собой многоступенчатый процесс подбора органических и минеральных удобрений, а также мелиорантов на основе анализа текущих почвенно-климатических и агротехнологических условий с использованием расчетного метода элементного баланса, исходя из запаса питательных веществ в почве и хозяйственного выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. Подбор наиболее оптимального способа основной обработки почвы ведется также на основе анализа почвенно-климатических и агротехнологических условий (с учетом гранулометрического состава почв, значений плотности почвы, способа почво-обработки под предшествующую культуру, вероятности протекания эрозионных процессов, засоренности полей и т. д.). Таким образом, с помощью разработанного алгоритма формируются ключевые агротехнологические приемы – внесение удобрений, а также основная обработка почвы, на которые впоследствии накладываются такие агроприемы, как протравливание семян, посев, мероприятия по защите растений и уборка [11].

В работе Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М. с помощью разработанной авторами компьютерной программы «Проектирование технологий выращивания сельскохозяйственных культур», предназначенной для разработки технологических карт и планирования растениеводства, ведутся расчеты укрупненных нормативов затрат по связанным технологическим операциям. Для создания укрупненных нормативов берутся типовые технологические карты, в которых заданы научно обоснованные параметры технологических операций (нормы высева и глубина заделки семян, дозы удобрений и средств защиты растений и другие). Используя информацию базы данных, веб-приложение рассчитывает и формирует таблицу по экономической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур по следующим показателям: материально-денежные затраты, себестоимость, прибыль, рентабельность, маржинальный доход, точка безубыточности по урожайности культуры. Полученные показатели позволяют сравнить и выбрать наиболее эффективные технологии. Для разработки производственного плана растениеводства следует использовать программу «Проектирование технологий выращивания сельскохозяйственных культур», в которой рассчитываются технологические карты и на их основе создаются таблицы производственного плана (валовой сбор продукции, площади посевов культур, урожайность, потребность в семенах, удобрениях, средствах защиты растений, горючем, электроэнергии, заработная плата с начислениями, затраты, прибыль) [12].

Как видно из анализа имеющихся программных средств для автоматизированного выбора технологий и технических средств в растениеводстве учитывается множество факторов, существенно влияющих на решение задачи, тем не менее необходимо также учитывать конкретные фитосанитарные и производственные условия хозяйства и значимые факторы окружающей среды данной территории, то есть требуется решение отдельных задач по выбору сорта возделываемой культуры применительно к конкретным почвенно-климатическим и природным условиям, способу посева (посадки), оптимальных сроков проведения работ, эффективных схем применения удобрений, химикатов, выбору комплексов машин, обеспечивающих качественное и высокопроизводительное выполнение работ, выбору наиболее рациональных форм организации производственных работ и учета затрат на выполнение всего комплекса работ [13, 14].

Таким образом, для эффективного возделывания зерновых культур необходимо наличие современных технических средств автоматизированного проектирования и мониторинга агротехнологий, путем разработки гибких алгоритмов и создания программных средств, базирующихся на теории обработки данных и знаний.

**Использованные источники:**

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Стат. сб. – М.: Росстат, 2020. – 1242 с.
2. Молчаненко С.А. Экономико-статистическая оценка устойчивого развития совместных предприятий // В мире научных открытий: материалы. XIV междунар. науч.-практ. конф. Центр научной мысли. – 2014. – С. 187–191.
3. Пустовалова К.А. Формирование машинно-тракторного парка в региональном АПК // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследования. – 2017. – № 28. – С. 172–176.
4. Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Белорусской Государственной Сельскохозяйственной Академии. – 2019. – № 2. – С. 101–105.
5. Khondoker A. Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country // Technology in society. – 2018. – Vol. 55. – P. 126–135.
6. Gostev A.V., Pykhtin A.I., Liudmila S. Program for the rational choice of highly cost-effective adaptive technology of grain cultivation for various conditions of the European part of the Russian Federation // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Vol. 18(2020)2. – No. 679. – P. 216–221. DOI:10.5937/jaes18-26312
7. Утенков Г.Л. Совершенствование затратного механизма агромашинных технологий возделывания зерновых культур сборник материалов // Междисциплинарная интеграция как двигатель научного прогресса: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибУПК. 2020 г. – Ч. 1. – С. 295-300.
8. Дегтярев Д.А. Особенности интеграции информационных технологий и систем машин в целях комплексной механизации растениеводства // Вестник Алтайского ГАУ. – 2020. – № 9(191). – С. 115-123.
9. Борхошкин О.В. Программный комплекс расчета технологических карт в растениеводстве // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: сборник науч. тезисов студентов. – Иркутск: Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского, – 2020. – С. 142-143.
10. Степных Н.В., Заргарян А.М., Жукова О.А. Проектирование технологий выращивания сельхозкультур // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы II междунар. науч.-практ. интернет-конф. с. Соленое Займище: ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. – С. 973-977.
11. Гостев А.В., Пыхтин А.И., Любицкий Н.И. Программное обеспечение рационального выбора адаптивных технологий возделывания зерновых культур как элемент цифровизации земледелия // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2019. – 23(6). – С.189-209. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-6-189-209
12. Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М. Экономическая оценка технологий выращивания сельскохозяйственных культур с помощью веб-приложения // Вестник курганской ГСХА. – 2020 г. – №1 (33). – С. 24-29.
13. Власенко А.Н., Шоба В.Н., Ким С.А., Каличкин А.В. Совершенствование технологий возделывания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Земледелия и химизация. – 2015. – №5. – С. 5-12.
14. Гостев А.В., Пыхтин А.И. Современные подходы к автоматизации рационального выбора адаптивных агротехнологий // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т.32. – С. 71-74.

УДК 631.452:332.2/3

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-11-16

*Кененбаев С.Б., Есенбаева Г.Л.,  
Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
г. Алматы, Республика Казахстан*

**СБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ – ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ  
ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

В статье приведены результаты исследований по использованию технологии сберегающего земледелия в Казахстане, в странах дальнего и ближнего зарубежья. Установлено, что адаптивно-ландшафтная система земледелия обеспечивает оптимальное размещение сельскохозяйственных культур и их агротехнологий; точное земледелие - получение максимальной прибыли в сельскохозяйственном производстве, экономию хозяйственных и природных ресурсов; биологическое земледелие - получение экологически чистых продуктов и воспро-



изводство плодородия почв; водосберегающая технология - рациональному использованию поливной воды, сокращению энергетических затрат и снижению экологической нагрузки на земельные ресурсы.

**Ключевые слова:** адаптивно-ландшафтная и биологическая система, точное земледелие, водосберегающая технология, земельные ресурсы.

На современном этапе развития земледелия в Республике Казахстан степень продовольственной безопасности, здоровье населения и уровень качества его жизни во многом будут определяться новейшими разработками в области альтернативного сельского хозяйства, сохранностью природных ресурсов и, в первую очередь, основного средства производства – земли. В последние годы учеными Казахстана проводятся исследования по системам сберегающего земледелия, обеспечивающим сохранность природных ресурсов, адаптивно-ландшафтной, точной, биологической и ресурсосберегающей.

Анализ зарубежной и отечественной научно-технической литературы показал, что проведение почвенно-ландшафтного обследования и проектирование адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ) появились в печати в 1991 году, и они широко используются в России, в Украине как в региональных, областных аспектах, так и на фоне определенных хозяйств в решении задач по планированию развития сельского хозяйства, производства сельскохозяйственной продукции, оптимального размещения сельскохозяйственных культур и агротехнологий их возделывания, оценки потенциальной урожайности и качества продукции, расчета потребности в производственных ресурсах и эффективности инвестиций на разных землях [1].

Адаптации систем в конкретные природные ландшафты используются в Китае, в Египте, для исследований пространственного распределения ежегодных потерь почв от эрозии в провинции Бурса в Турции, для отображения истории землепользования и защиты почв во времени и пространстве во Франции, для пространственного анализа и оптимизации землепользования в сельском хозяйстве провинции Цзянсу в Китае, оценки риска эрозии в регионе Зиндаги Mountain Pass – Чанкары в Турции и др. [2].

На юго-востоке Казахстана была разработана АЛСЗ на основе создания электронных карт, отражающая рельефные, экспозиционные, литологические, гидрологические условия и структуру почвенного покрова агроландшафтов. В процессе картографирования использованы оцифрованные топографические карты, разновременные космические снимки разного разрешения, материалы прошлых крупномасштабных почвенных обследований, землеустроительные планы, фондовые материалы. По данным группировки структур почвенного покрова земли сельскохозяйственного назначения объединены в группы по параметрам, имеющим конкретное агрономическое значение и в дальнейшем проведена их агроэкологическая оценка [3]. Ландшафтная дифференциация пахотных земель является начальным этапом развития адаптивно-ландшафтного земледелия юго-востока Казахстана.

В Северном Казахстане разработана агроэкологическая группировка и геоинформационная система земель (АгроГИС) на основе электронных карт (карта рельефа, карта крутизны и экспозиций склонов, карта микроструктур почвенного покрова, карта агроэкологических групп и видов земель и т. д.), которые отражают агроэкологические факторы, учитываемые при проектировании адаптивно-ландшафтной системы земледелия [4].

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур применительно к агроэкологическим группам и типам земель за счет адаптации в 1,4-1,7 раза повышает производства продукции, что является серьезным основанием и необходимостью проведения в более широких масштабах разработки АЛСЗ в природных зонах, типах и подтипах почв Казахстана.

В настоящее время во многих странах широкую популярность получила система точного земледелия (или как его иногда называют «прецизионное земледелие» – precision agriculture), т.е. управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений, основной целью которого является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов [5]. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды. Такой подход, как показывает меж-

дународный опыт, обеспечивает гораздо больший экономический эффект и, самое главное, позволяет повысить воспроизводство почвенного плодородия и уровень экологической чистоты сельскохозяйственной продукции. Точное земледелие позволяет сократить затраты на внесение удобрений, семена, ГСМ в среднем на 30 %.

Исследования по технологиям точного земледелия на основе дифференцированного воздействия на систему «почва-растение-окружающая среда» начато в 90-ых годах прошлого века. В настоящее время в США, в Германии, в Израиле, в Японии, в Китае активно ведутся работы по созданию технологий и технических средств для дифференцированного поверхностного и внутрипочвенного внесения минеральных, органических и жидких удобрений, мелиорантов в соответствии с требуемой нормой [5, 6].

По мнению Е.В. Труфляка, Е.И. Трубилина [5], рост и развитие растений проходит последовательные этапы, на каждом из которых формируются характерные органы и свойства. При этом меняется потребность растений в условиях питания, обеспечении теплом, светом, влагой. При систематическом наблюдении можно целенаправленно управлять формированием элементов продуктивности, величиной урожая и качеством продукции. Так, например, разработанные ими приемы непрерывного измерения важнейших показателей почвы и посевов с помощью современных методов обеспечили своевременное и дифференцированное проведение агромероприятий с использованием автоматизированных средств, биологических методов и информационного обеспечения.

Подобные исследовательские работы проводились в Российской Федерации в ФГБНУ АФИ, Всероссийском НИИ агрохимии, Московском государственном университете, в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, Украинском НИИ земледелия и других научных учреждениях [7, 8].

Исследованиями ученых Казахстана установлено, что точное земледелие это не только использование в сельскохозяйственном производстве разных современных технических средств, приборов и оборудования, технологий GPS, подробного картографирования, параллельного вождения и других, это также и использование принципиально новых сортов сельскохозяйственных культур, отвечающих требованиям интенсивного земледелия, отзывчивых на внесение высоких доз удобрений, устойчивых к полеганию, болезням и вредителям. Безусловно, точное земледелие также требует разработки рациональных приемов возделывания сельскохозяйственных культур для конкретных почвенно-климатических зон Казахстана [9].

Адаптация точного земледелия проводилась в НПЦЗХ им. А.И. Бараева на площади 1800 га. При этом применение технологий прецизионного земледелия позволили обеспечить экономию материальных ресурсов на 20-30 %, существенно повысили эффективность и экологические показатели использования земельных ресурсов [10].

На юго-востоке Казахстана (КазНИИЗР) изучались потенциальные возможности высоких урожаев сельскохозяйственных культур с использованием элементов точного земледелия, с учетом внутрипольной вариабельности обеспечения элементами питания почвы и растений по основным фазам развития озимой пшеницы, сои и кукурузы на зерно с последующей разработкой карт-программы для дифференцированного внесения удобрений [11].

В сельском хозяйстве для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур применяются довольно много химических веществ, минеральных удобрений, что не может не отразиться на почве. Биологическое же земледелие является одной из мер естественного сохранения плодородия почвы. Кроме того, развитие производства экологически чистых продуктов позволит сберечь природу, улучшить здоровье граждан, а также демографическую ситуацию в стране.

Биологическое земледелие можно рассматривать как один из элементов инновационного развития, при котором выводится на рынок органическая продукция с новыми потребительскими свойствами. Об интересе к нему свидетельствует расширение площадей занимаемых под биологическим земледелием, которые к 2018 г. в мире выросли до 70 млн. га, и увеличение спроса на экологически чистую продукцию. В настоящее время оно практикуется в 181 странах мира, то есть органическими активами располагают 93,3 % государств [12].

Многие научные институты в мире ведут научно-производственные опыты в сфере органического сельского хозяйства. Агротехнологии совершенствуются, активно внедряются инновации. Копится опыт и знания, налаживается система обучения и подготовки кадров, обмена и передачи опыта, создаются центры компетенции, растет кооперативное движение.

В ряде хозяйств в Воронежской и Ростовской областях России, при переходе на адаптивные биологизированные технологии за 3-4 года урожайность озимой пшеницы возросла с 35-37 до 85 ц/га, при рентабельности 200 %. В Башкирии и Зауралье на 100 га земли вырастили тритикале с урожайностью свыше 90 ц/га при среднерайонной урожайности пшеницы – 14 ц/га. Причем при получении высокой урожайности наблюдался рост органического вещества в почве [13].

В Казахстане состояние природно-сельскохозяйственных систем более благоприятно по многим экологическим позициям из выделенных пяти уровней (благоприятное, относительно благоприятное, удовлетворительное, напряженное и кризисное), всего 7 % относятся к напряженным, кризисным и более 90 % земель не загрязнены химикатами. Следовательно, Казахстан может стать одним из крупнейших в мире производителей аграрной экспортной, особенно экологически чистой продукции [14].

Установлена огромная роль растений в повышении биопродуктивности почвы на основе естественного механизма ее самовосстановления. Так, бобовые растения (донник белый, люцерна, вика мохнатая и др.) продуцируют от 2,3 до 10 т/га сухого вещества и фиксируют от 76 до 367 кг/га азота. Пожнивные остатки пшеницы связывают минеральный азот, стимулируя, таким образом, фиксацию атмосферного азота бобовыми культурами в следующей ротации. На протяжении более 25 лет, несмотря на длительную ротацию (8-польные – 3 ротации; 5- и 6-польные – 4-5ротаций, 3-польные севообороты – 8 ротаций) биологизированных севооборотов юго-востока Казахстана, наблюдался бездефицитный баланс гумуса [15].

Учеными Казахстана в области водосбережения установлена высокая эффективность капельного орошения при выращивании наиболее водозатратных полевых культурах, как рис и сахарная свекла [16]. При этом применение его способствовало повышению урожайности корнеплодов сахарной свеклы от 550 до 1067 ц/га. Наибольшие прибавки урожая корнеплодов отмечены на опытах, проведенных на светло-каштановых почвах предгорной зоны Илийского Алатау. Наиболее эффективным оказался способ капельного орошения с использованием мульчирующей пленки, где урожайность корнеплодов достигла от 950 до 1137 ц/га.

Несмотря на явные преимущества капельного орошения, значительные капитальные затраты на приобретение насосных станции и очистных сооружений, установка, монтаж и эксплуатация и их электроснабжение, на долю которых приходится около 60 % всех затрат, могут стать серьезным препятствием на пути к более широкому распространению этого несомненно перспективного способа полива.

В последние годы в научной литературе появились данные об использовании возобновляемых источников энергии для капельного орошения полевых культур. Ученые Индии сообщают об эффективности и перспективах совместного использования энергии ветра и солнца при капельном орошении растений манго. Глава американского фонда Solar Electric Light (SELF) Роберт Фрелинг доказал более высокую экономичность солнечной энергии в сравнении с дизельными установками. При этом система получила название «Солнечные огороды» и была успешно внедрена в поселениях Бенина. Система оказалась успешной с технической, экологической, а также экономической точки зрения [17].

С использованием уклона местности, энергии воды малых рек и энергии солнца в Казахском НИИ земледелия и растениеводства разработана технология самонапорных систем капельного орошения сельскохозяйственных культур на юго-востоке Казахстана. При этом использование конструкции водозаборного сооружения с предварительной очисткой оросительной воды оказалось экономически эффективным и целесообразным.

### **Выводы:**

Создание модели новой системы земледелия, основанной на сочетании методов фундаментальной и прикладной науки, трансферте и адаптации передовых мировых достижений

и разработка таких систем земледелия, которые сочетают эффективность традиционных и экологичность альтернативных систем, оказались наиболее экономически целесообразными, в частности:

1. Экологически сбалансированные устойчивые системы адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) для конкретных регионов, обеспечат экологически безопасное ведение земледелия и сохранения земельных ресурсов;

2. Разработанные автоматизированные системы управления технологическим процессом возделывания сельскохозяйственных культур на конкретном поле (точное земледелие) обеспечат получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов;

3. Биологическая система земледелия на основе минимизации использования синтетических удобрений, пестицидов, активного применения эффективных севооборотов, органических удобрений (навоз, компосты, пожнивные остатки, сидераты и др.), различных методов обработки почвы и др. обеспечат производство экологически чистой, экономически выгодной продукции и воспроизводство плодородия почвы;

4. Разработанная водосберегающая технология возделывания сельскохозяйственных культур способствует рациональному использованию поливной воды, сокращению энергетических затрат и снижению экологической нагрузки на земельные ресурсы.

#### Использованные источники:

1. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1130-1139.
2. Гостев, А.В. Дубовик Д.В. Адаптивно-ландшафтное земледелие в России: основные вызовы XXI века // сб. докладов междунар. науч.-практ. конф. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2018, – С. 3-13.
3. Kenenbayev S., Jorgansky A. Adaptive landscape agricultural development in the south-east of the Republik of Kazakhstan // Research on crops. Hissar, India: March 2018. – № 1. – Vol. 19. – P. 144–149.
4. Ирмулатов Б.Р., Алманова Ж.С. Опыт агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в северном Казахстане на примере Павлодарской области // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017., – № 5(59\*). – Ч. 2. – С. 199-203.
5. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И., Точное земледелие: учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стер. – СПб.: ЛАНЬ, 2019, – 376 стр.
6. Якушев В.П., Конев А.В., Якушев В.В. Геоинформационное обеспечение прецизионных экспериментов в земледелии // Вестник РАСХН. – 2015. – №3. – С. 11-13.
7. Дунаева Е.А., Елкина Е.С., Берталиев С.А. Особенности идентификации озимых зерновых средствами дистанционного зондирования земли // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – №4. – С. 17-49.
8. Морозова Т.С., Лисуков В.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от видов и доз удобрений в черноземе типичном в условиях ЧЦР // Проблемы и перспективы АПК. – 2018. – №4. – С. 119-127.
9. Куришбаев А.К., Токбергенов И.Т., Канафин Б.К., Соловьев О.Ю., Киян В.С., Швидченко В.К., Точное земледелие – новый этап в развитии сельскохозяйственного производства Северного Казахстана // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – 2019. – №4 (103). – С. 100-113.
10. Куришбаев А.К., Алманова Ж.С. Роль агроэкологической оценки земель в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Казахстане // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2015. – №2(85). – С. 65-72.
11. Оспанбекова А.О., Бастаубаева Ш.О., Сулейменова М.Ш. Разработать и внедрить эффективные технологии управления продукционным процессом кукурузы на зерно в системе точного земледелия // Исследования и результаты. Серия естественных и технических наук. – 2020. – № 3(1). – С. 290-296.
12. Organic Agriculture in Australia: Attaining the Global Majority // Journal of Environment Protection and Sustainable Development, – 2019, – 5(2): 70-74.
13. Морозова Т.С., Лисуков В.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от видов и доз удобрений в черноземе типичном в условиях ЧЦР // Проблемы и перспективы АПК. – 2018. – №4. – С.119-127.
14. Bस्ताубаева Sh.O. Sagitov R.K. Scientific Bases of Organic Agriculture and Soil Ecosystem Health // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Vol 12. Issue 2. DOI: <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.02.290/Q=2>.
15. Кененбаев С.Б. Роль биологических средств в органическом земледелии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. – Т. 50. – №3. – С. 103-110.
16. Оспанбаев Ж., Досжанова А.С., Абдразаков Е., Қожагелді Е. Тамшылатып суғару жағдайында аңыздық дақылдар өнімділігін қалыптастыру ерекшеліктері.. Журн. «Ізденістер, нәтижелер. Исследования, результаты», – 2021., – №1. – С. 283-293.

17. Оспанбаев Ж. Инновационные подходы устойчивого развития орошаемого земледелия Казахстана // Достижения и перспективы развития земледелия и растениеводства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Алматы: ТОО «Асыл Кітап», 2019. – С. 372-382.

УДК 631.31:004.942

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-16-22

*Мяленко В.И.,*

*Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово*

## **ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА РАБОЧЕГО ОРГАНА ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОГО ОРУДИЯ**

Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель рабочего органа земледельческого орудия, позволяющую рассчитать и предвидеть ожидаемое его поведение в период всего срока эксплуатации. Целью настоящей работы являлась разработка цепочки последовательных моделей, составляющих цифровой двойник рабочего органа земледельческого орудия. В качестве первой составляющей цепочки моделей алгоритма цифрового двойника определили методом ускоренных имитационных нагружений рабочего органа клинарыхлителя, принятого в качестве объекта исследования. Вторую составляющую выявили методом тестирования различных почв с определением силовых эквивалентов. При описании последующих составляющих учитывали физико-механические свойства почв и материалы (упрочнения) для изготовления рабочих органов. В результате исследований было установлено, что алгоритм построения цифрового двойника рабочего органа земледельческого орудия сложен из цепочки последовательных действий и представляет систему цифрового описания рабочего органа, обеспечивающую нормативный срок службы при эксплуатации. В качестве первой составляющей алгоритма приняли результаты имитационного погружения, которые регистрируют характер распределения нормальных сил по поверхностям трения. Во второй составляющей учитывали результаты определения силового эквивалента при нагружении рабочего органа в условиях реальной почвенной среды. Выявили возможность построения карт интенсивностей абразивного износа поверхности трения, прогнозных расчетов элементов конструкции. Третью и четвертую составляющие использовали для обеспечения нормативного срока службы рабочего органа, исходя из минимальных затрат при изготовлении, соотнесенных к единице выработки нормативного ресурса. Таким образом, полученный алгоритм построения цифрового двойника – удобный инструмент при создании новых конструкций рабочих органов земледельческих орудий.

**Ключевые слова:** земледельческое орудие, цифровой двойник, имитационная модель, метод имитационных нагружений, динамический винт, номограмма определения ресурса работоспособности.

**Введение.** Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель физического объекта, в данном случае рабочего органа земледельческого орудия, который воспроизводит его поведение в период реальной эксплуатации. Первоначальные характеристики и геометрические параметры рабочих органов постепенно изменяются в процессе эксплуатации земледельческих орудий вследствие абразивного износа или других причин, включая случаи поломок [1, 2]. Использование модели цифрового двойника позволяет предвидеть ожидаемое поведение рабочего органа в период эксплуатации и предотвратить возникновение критических ситуаций, не снижая качества выполнения технологического процесса за весь срок эксплуатации.

Для создания модели цифрового двойника необходимы достаточный опыт и данные о поведении рабочего органа в разных режимах реальной эксплуатации. К сожалению, это требует больших затрат времени наблюдения с учетом сезонности и технологического разнообразия работ, в результате которых объект уже морально устаревает и требует каких-то конструктивных изменений. Поэтому необходимы методы ускоренных процессов и имитаций, которые адекватно отражают реальные процессы и помогают создать электронный паспорт с уравнениями, табличными материалами и математическими моделями, характеризующими работу в реальных условиях [3]. В настоящее время это особенно актуально, когда периодически меняются технологии возделывания сельскохозяйственных культур и требуются надежные конструкции новых рабочих органов земледельческих орудий.

**Цель исследования** – разработать алгоритм последовательных моделей, составляющих цифровой двойник рабочего органа земледельческого орудия.

**Материалы и методы.** Целевая функция состоит из нескольких переменных, описывающих разные процессы, которые одновременно воздействуют на рабочий орган в процессе его эксплуатации. В ходе анализа оценивали оптимальные соотношения между переменными по конечному критерию – минимальным затратам на изготовление рабочего органа с обеспечением номинального ресурса работоспособности и качества выполнения технологического процесса [4].

Приборная база исследования включала стенд для ускоренных имитационных нагружений и устройства для пространственного динамометрирования рабочих органов в реальной среде эксплуатации. В качестве макетного образца опытного рабочего органа использовали клин-рыхлитель с лицевой поверхностью  $120 \times 120$  мм. Абразивная среда представляла рыхлую почвенно-песчаную структуру с влажностью 20-25 %, а угол рыхления клина –  $30^\circ$ .

Первая составляющая двойника получена на основе метода имитационных нагружений рабочего органа с последующим построением эпюр нормальных давлений, действующих со стороны обрабатываемой почвы. Вторую составляющую выявили методом тестирования различных почв с нахождением силовых эквивалентов внешнего нагружения. Далее использовали составляющие, учитывающие физико-механические свойства почв зон последующей эксплуатации, и выбирали материалы (упрочнения) для изготовления рабочего органа, обеспечивающие нормативный срок службы и качество выполнения технологического процесса. В качестве объекта исследования приняли макетный образец клина-рыхлителя, прошедший этапы научно-исследовательских работ и агробиологической оценки.

**Результаты и обсуждение.** При нахождении эпюр нормальных давлений применяли метод имитационных ускоренных нагружений, поскольку в условиях реальной эксплуатации требуются длительные сроки наблюдений, вызванные сезонностью работ и сложностью соблюдения идентичности при необходимых повторностях. Принцип измерения нормальных давлений, действующих со стороны почвы на рабочий орган, в нашей работе был основан на практическом применении закона Амонтона-Кулона, где интенсивность трения и, как следствие, абразивного износа пропорциональна нормальному давлению [5]. Предварительно изучили разные методы измерения, в частности метод искусственных баз и методы нанесения на поверхности трения легкоистираемых материалов покрытий – гальванических разных цветов или лакокрасочных [6]. В настоящей работе применяли имитационный метод (рисунок 1).

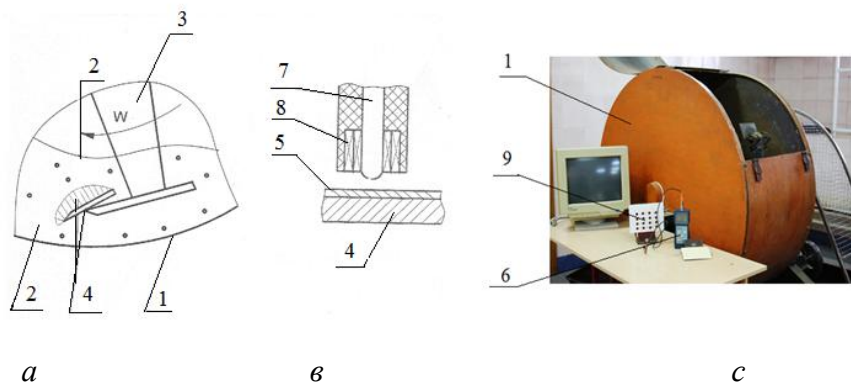


Рисунок 1. Стенд для ускоренных имитационных испытаний рабочих органов земледельческих орудий на абразивный износ: *a* – схема нагружения рабочего органа;

*в* – магнитоиндукционный измеритель толщины слоя легкоистираемого материала;

*с* – общий вид стенда;

1 – круговая камера; 2 – почвенно-песчаная среда; 3 – стойка; 4 – рабочий орган;

5 – легкоистираемый материал; 6 – магнитоиндукционный прибор; 7 – сердечник;

8 – катушка; 9 – кондуктор

Внутри круговой камеры, заполненной почвенно-песчаной средой, находится стойка с рабочим органом. На поверхность трения рабочего органа нанесен легкостираемый материал, толщина слоя которого измерялась магнитоиндукционным прибором с сердечником и катушкой с ориентированием по кондуктору. Значения величин нормальных давлений определяли, ориентируясь на закон Амонтона-Кулона:

$$N = \frac{\Delta H}{\operatorname{tg} \varphi \cdot K_c}; \quad (1)$$

где:  $N$  – нормальное давление,  $H$ ;

$\Delta H$  – точечная величина измеренного износа на поверхности трения рабочего органа,  $мм$ ;

$\varphi$  – угол трения,  $рад$ ;

$K_c$  – коэффициент сопротивляемости абразивному износу.

Полученные в разных точках длины  $L$  лицевой поверхности рабочего органа значения нормальных давлений  $N$  откладывали в масштабе на тех же точках с получением эпюры, описывающей  $N = f(L)$ . Для удобства дальнейшего обсуждения эпюру разместили в координатной плоскости  $XOY$  (рисунок 2).

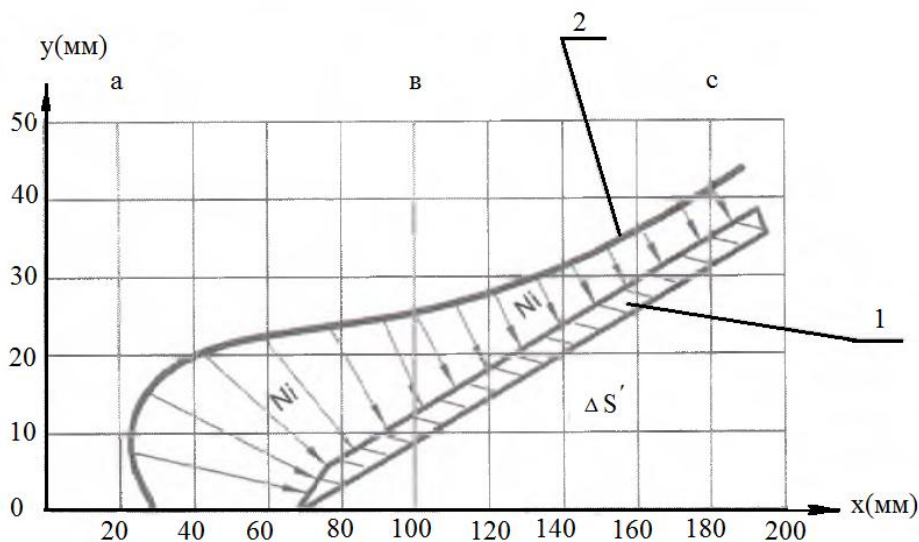


Рисунок 2. Эпюра нормальных давлений, действующая по поверхности трения клина-рыхлителя:

1 – рабочий орган; 2 – верхняя граница эпюры

Граница эпюры характеризует распределение нормального давления по всей длине поверхности трения и может быть описана следующим уравнением:

$$y = -0,0008x^4 + 0,043x^3 - 0,838x^2 + 7,232x - 20,608. \quad (2)$$

Судя по характеру распределения нормальных давлений, интервал эпюры от  $a$  до  $b$  более нагружен в сравнении с интервалом от  $b$  до  $c$  (рисунок 2). Вместе с тем вся площадь эпюры нормальных давлений по своему физическому смыслу представляет суммарную величину внешнего нагружения (давления), испытываемого рабочим органом. При этом площадь эпюры давления определяется исходя из уравнения:

$$S = \int_{20}^{180} f(x)dx - \Delta S' = \int_{20}^{180} (-0,0008x^4 + 0,043x^3 - 0,838x^2 + 7,232x - 20,608)dx - \Delta S' = 442,7 \text{ мм}^2, \quad (3)$$

где  $S$  – площадь эпюры,  $мм^2$ ;

$\Delta S'$  – площадь с отсутствием давления в пределах интервала интегрирования,  $мм^2$ .

Полученные зависимости (2) и (3) позволяют судить о характере изменения внешнего нагружения по поверхности трения, хотя реальные значения действующих нагрузок в конкретных средах эксплуатации орудий остаются неизвестными.

Вторую составляющую цифрового двойника нашли методом нагружения рабочего органа в условиях реального почвенного сложения (тестирование почв). С этой целью применили устройство для пространственного динамометрирования рабочих органов земледельческих орудий (рисунок 3).

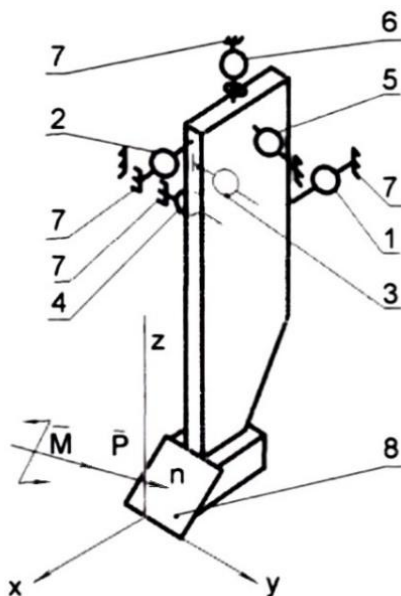


Рисунок 3. Схема устройства для пространственного динамометрирования рабочего органа:  
1-6 – тензометрические звенья; 7 – кронштейны; 8 – рабочий орган

Тензометрические звенья воспринимают пространственные силовые характеристики, действующие на рабочий орган со стороны почвы [8]. Расчетная схема определения силового эквивалента представляет собой следующую последовательность:

$$\begin{aligned}
 P_x &= \sum_{i=1}^6 P_{xi} = P_1 - P_2; \\
 P_y &= \sum_{i=1}^6 P_{yi} = P_3 + P_4 - P_5; \\
 P_z &= \sum_{i=1}^6 P_{zi} = P_6; \\
 M_x &= \sum_{i=1}^6 M_{xi} = P_6 \cdot h_{x6} - P_3 \cdot h_{x3} - P_4 \cdot h_{x4} + P_5 \cdot h_{x5}; \\
 M_y &= \sum_{i=1}^6 M_{yi} = P_3 \cdot h_{y3} - P_2 \cdot h_{y2} - P_6 \cdot h_{y6}; \\
 M_z &= \sum_{i=1}^6 M_{zi} = P_2 \cdot h_{z2} + P_3 \cdot h_{z3} - P_1 \cdot h_{z1} + P_4 \cdot h_{z4} - P_5 \cdot h_{z5};
 \end{aligned} \tag{4}$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_6$  – усилия, регистрируемые в соответствующих тензометрических звеньях, Н.;

$h_{x1}, h_{y2}, h_{z3}$  и т. д. – плечи направления усилий относительно осей координат, м;

$P_x, P_y, P_z, M_x, M_y, M_z$  – проекции главного вектора  $P$  и главного момента  $M$ , Н, Н·м.

Силовым эквивалентом являются главный вектор  $P$  и главный момент  $M$ , определяемые из системы уравнений (4). Для расчета центра давления на рабочий орган со стороны почвы



(точка  $n$ ) используем уравненные оси динамического винта и уравнение поверхности рабочего органа:

$$\begin{cases} \frac{M_x - (y \cdot P_z - z \cdot P_y)}{P_x} = \frac{M_y - (z \cdot P_x - x \cdot P_z)}{P_y} = \frac{M_z - (x \cdot P_y - y \cdot P_x)}{P_z}; \\ y = a + bx + cz. \end{cases} \quad (5)$$

где  $x, y, z$  – текущие координаты;

$a, b, c$  – постоянные уравнения поверхности рабочего органа.

Решение систем уравнений (5) позволяет определить координаты точки пересечения оси динамического винта с поверхностью рабочего органа (точка  $n$ ). Возвращаясь к эпюре нормальных давлений (рисунок 2), показывающей характер распределения нормальных давлений по лицевой поверхности рабочего органа при имитационном нагружении, и имея величины силового эквивалента, полученного в условиях реального нагружения, нетрудно установить величины реальных удельных давлений, ожидаемые в последующей практике эксплуатации рабочего органа:

$$\lambda = \frac{P}{S}; \quad (6)$$

где  $P$  – главный вектор, Н;

$\lambda$  – удельное давление, Н/мм<sup>2</sup>.

В зависимости (6) силовой эквивалент представлен только главным вектором  $P$ . Значения главного момента  $M$  здесь можно не учитывать, считая незначительным его влияние на величины нормальных давлений.

Например, полученная величина главного вектора в одном из наших измерений  $P = 872$  Н. Согласно зависимости (3) при площади эпюры  $S = 442,7$  мм<sup>2</sup> величина реального удельного давления определяется как  $\lambda = 1,97$  Н/мм<sup>2</sup> (рисунок 2).

Таким образом, сочетание имитационного моделирования и реального определения силового эквивалента дает возможность проведения прочностных расчетов конструкции рабочего органа по координатам центра давления, а также прогнозировать интенсивность абразивного изнашивания поверхности трения с построением карт абразивного износа (рисунок 4).

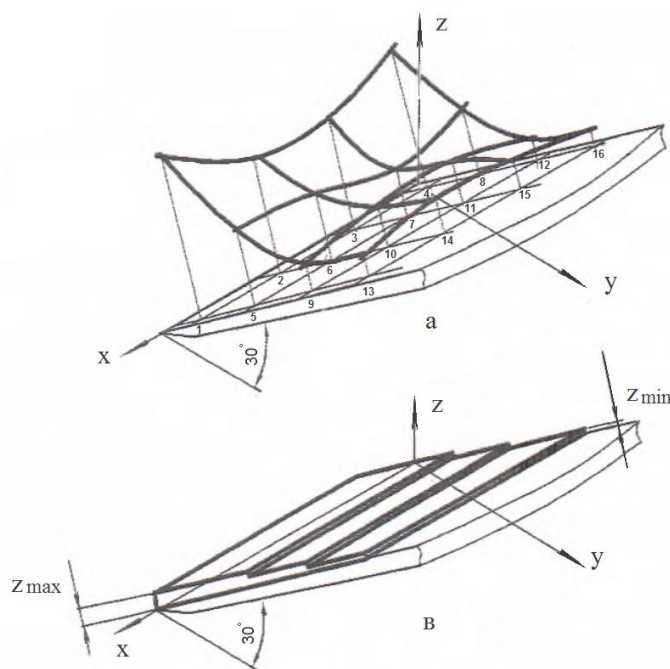


Рисунок 4. Карта абразивного износа поверхности трения клина-рыхлителя:  $a$  – эпюра интенсивностей износа;  $b$  – упрочнение износостойким материалом;  $Z_{\max}, Z_{\min}$  – толщина слоя упрочнения

В зависимости от нормативных требований к срокам службы рабочего органа карта износа позволяет дифференцировать толщину нанесения наплавочного материала.

Следующие две составляющие алгоритма цифрового двойника нацелены на выбор исходных материалов для изготовления рабочего органа и учета условий и свойств почв, где предполагается последующая эксплуатация земельного сельскохозяйственного орудия. В конечном счете, обеспечивается нормативный срок службы рабочего органа при неизменном качестве выполнения технологического процесса. Задача обеих составляющих заключается в обеспечении нормативного срока службы и решается путем выбора целесообразного соотношения между сортаментом материалов для изготовления (упрочнения поверхности трения) рабочего органа и учета абразивных свойств почвы зоны предполагаемой эксплуатации. При этом целесообразность выбора решения оценивается в нахождении минимального значения в соотношении суммы всех затрат на изготовление к единице нормативного срока службы рабочего органа.

Сегодня все почвы по изнашивающей способности можно разделить на три условных категории: первая – 1,3-3,0 г/га, вторая – 0,5-1,3 г/га, третья – 0,37-0,65 г/га применительно к стали Л 55 [8]. В то же время разные материалы, применяемые для изготовления поверхностей трения рабочих органов сельскохозяйственных орудий, также имеют разную относительную износостойкость. Принимая в качестве эталона сталь Л 53 за единицу, ко второй группе материалов можно отнести сплавы структуры аустенит + мартенсит и белый чугун – 2,5-3,5, а в третью группу войдут наплавочные материалы типа сормайт – 5,5 [9, 10]

Тогда последовательность выбора целесообразного материала для противостояния поверхности трения удобно проследить по формализованной номограмме (рисунок 5).

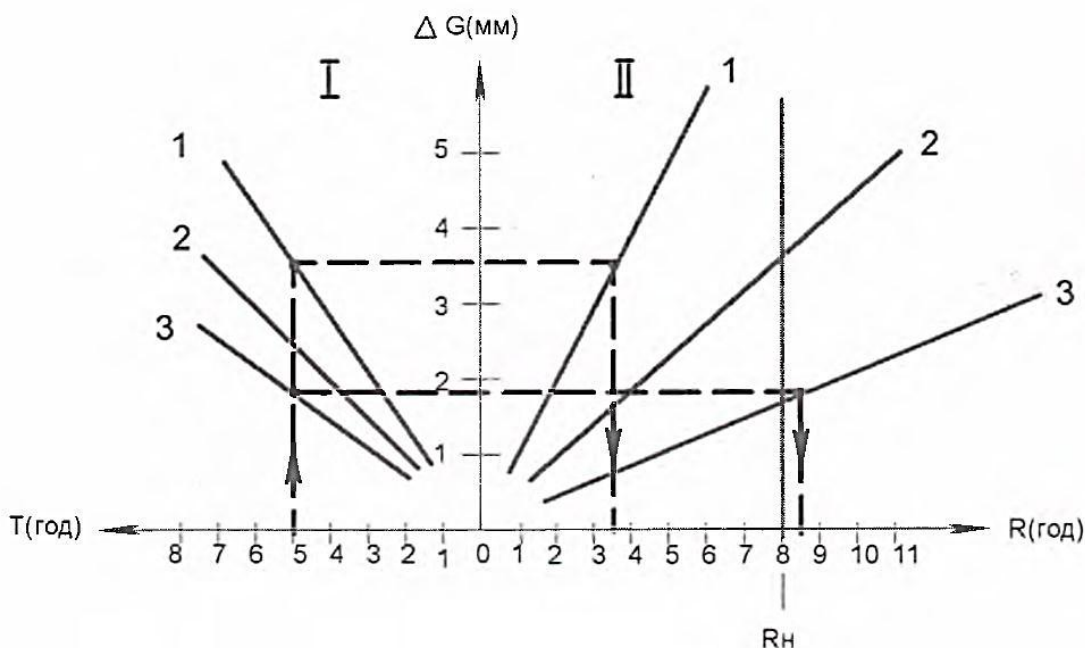


Рисунок 5. Формализованная номограмма выбора свойств почв и материалов рабочего органа:

$T$  – время (продолжительность) истирания поверхности трения рабочего органа (сталь Л 55);  $\Delta G$  – точечный вынос металла с поверхности трения;  $R, R_n$  – эксплуатационный и нормативный ресурс; I половина – 1, 2, 3 – почвы с различной изнашивающей способностью; II половина – 1, 2, 3 – группы материалов с различной относительной износостойкостью

На рисунке 5 в первой половине координатных осей номограммы сплошными линиями изображены лучи, характеризующие почвы с различной изнашивающей способностью, а во второй – материалы с различной относительной износостойкостью. Штриховыми ли-

ниями обозначен маршрут – ключ, начиная от учета свойств почв к выбору материалов, обеспечивающих нормативный ресурс.

**Выводы.** Алгоритм построения цифрового двойника рабочего органа земледельческого орудия сложен из цепочки последовательных действий и представляет систему цифрового описания рабочего органа, обеспечивающую нормативный срок службы при эксплуатации. В качестве первой составляющей алгоритма приняты результаты имитационного погружения, которые регистрируют характер распределения нормальных сил по поверхностям трения. Второй составляющей стали результаты определения силового эквивалента при нагружении рабочего органа в условиях реальной почвенной среды. Сочетание этих двух составляющих обеспечивает возможность построения карт интенсивностей абразивного износа поверхности трения. Кроме этого, можно найти центр внешнего давления на рабочий орган и провести прогнозные расчеты элементов конструкции.

Третья и четвертая составляющие нацелены на обеспечение нормативного срока службы рабочего органа, исходя из минимальных затрат при изготовлении, соотнесенных к единице выработки нормативного ресурса. Полученный алгоритм построения цифрового двойника – удобный инструмент при создании новых конструкций рабочих органов земледельческих орудий. Модели, составляющие алгоритма, могут быть усовершенствованы, усложнены и расширены для более адекватного отражения процесса движения рабочего органа в обрабатываемой среде.

#### **Использованные источники:**

1. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. – Киев: Феникс. 2008. – 266 с.
2. Скиркус Р., Янкаускас В., Гайдис Р. Моделирование рабочих контактных нагрузок почвообрабатывающего элемента // Трение и износ. 2016. – Т. 37. – №4. – С. 510-515.
3. Кабалдин Ю.Г., Шатагин Д.А., Кузмишина А.М. Разработка цифрового двойника режущего инструмента для механообрабатывающего производства // Тенденции развития науки и образования. 2018. – №45. – С. 50-57.
4. Снягов С.А., Куприяновский В.П., Куренков П.В., Намиот Д.Е., Степаненко А.В., Бубнов П.М., Распопов В.В., Селезнев С.П., Куприяновская Ю.В. Строительство и инженерия на основе стандартов BIM как основа трансформаций инфраструктур в цифровой экономике // International journal of open information technologies. 2017. – Т.5. – №5. – С. 46-79.
5. Кузнецова С.В. Преимущества применения технологии «цифровых двойников» в зарубежном и отечественном производстве // Проблемы экономики, финансов и управления производством. 2019. – №45. – С. 49-57.
6. Хрущев М.М., Бабичев М.Д. Абразивное изнашивание. – М.: Наука. 1970. – 252 с.
7. Мясенко В.И. Карта абразивного износа поверхности трения почворежущей детали // Трение и износ. 2020. – Т. 41. – №1. – С. 128-132.
8. Мясенко В.И., Маринов Н.А. Пространственное динамометрирование рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. – №5. – С. 22-26.
9. Севернев М.М., Подлекарев Н.Н., Сохадзе В.Ш., Китиков В.О. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин. – Минск: Беларуская Навука. 2011. – 334 с.
10. Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. Основы трибологии (трение, износ, смазка). – М.: Машиностроение. 2001. – 664 с.

УДК 631.15

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-22-25

*Шпедт А.А., Злотникова В.В.,  
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр  
Сибирского отделения Российской академии наук»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

В статье рассматривается значимость применения информационно-цифровых технологий в АПК, освещается государственная поддержка внедрения информационных систем в АПК, дается краткая характеристика

условий сельского хозяйства Красноярского края, делается обзор применения информационных систем в АПК Красноярского края.

**Ключевые слова:** информационно-цифровые технологии АПК, точное земледелие, цифровизация сельского хозяйства.

Сельскохозяйственное производство является самым уязвимым бизнесом, поскольку сильно зависит от погоды и природных явлений. В отличие от традиционного производства в сельском хозяйстве нельзя заранее структурировать все бизнес-процессы. Долгое время использование информационных технологий в АПК ограничивалось применением компьютеров и программного обеспечения (ПО), в основном, для управления финансами и отслеживания коммерческих сделок. Необходимость повышения эффективности и конкурентоспособности сельскохозяйственного производства обуславливает использование инновационных технологий для обеспечения внутреннего и международного рынка экологически чистой и безопасной продукцией, этому способствует цифровая трансформация АПК.

Сегодня информационно-цифровые технологии – это ключ к формированию устойчивого агропромышленного комплекса, развитию сельских территорий, повышению эффективности сельхозпроизводства. Благодаря технологиям стало возможно получать данные о каждом сельскохозяйственном объекте и его окружении, математически точно рассчитывать алгоритм действий и предсказывать результат.

Потенциал цифровизации сельского хозяйства – один из самых высоких среди всех отраслей экономики. Порядка 70 % фермерских хозяйств США, Канады, Западной Европы уже используют цифровые технологии для сельского хозяйства. В нашей стране спрос в этой сфере только формируется.

Обеспечить решение задачи по цифровизации АПК России призван разработанный Минсельхозом в 2019 году ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». Целью проекта является цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности труда на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 году [1]. Также важным фактором повышения конкурентоспособности сельского хозяйства являются меры по финансовой поддержке товаропроизводителей. Создание единой информационной системы для обращения за государственной поддержкой в сфере агропромышленного комплекса, обеспечит открытость и прозрачность предоставления субсидий и оценку их эффективности [2].

Сельское хозяйство Красноярского края находится в зоне рискованного земледелия. Выращиванием сельскохозяйственной продукции занимаются в центральных и южных частях края. В структуре земель Красноярского края земли сельскохозяйственного назначения составляют – 16,80 % (39757 тыс. га), из них пашни – 2960 тыс. га [3]. По данным Росреестра и Красноярскстата процент использования пашни на 2020 год составляет 64,3 % [4]. По урожайности зерновых и зернобобовых культур в 2020 году Красноярский край занимает 1 место среди субъектов Сибирского федерального округа и 25 место по России. Показатели урожайности зерновых и зернобобовых культур за 2000-2020 гг. проиллюстрированы на рисунке 1. Согласно экономическим показателям прибыль от реализации продукции сельского хозяйства Красноярского края имеет положительную тенденцию и увеличивается каждый год в среднем на 10 млн руб. [5].

Исследования в области изменения климата прогнозируют, что в России некоторые площади возделываемых земель станут более пригодными для сельского хозяйства, а другие – менее пригодными [6]. Ожидается, что в ближайшие десятилетия производство сельскохозяйственных культур в азиатской части страны, в том числе в Красноярском крае, будет только увеличиваться за счет повышения температуры и количества осадков, также прогнозируется рост урожайности [7]. Это мы наблюдаем уже сегодня.

Цифровизация системы земледелия и применение методов дистанционного зондирования Земли для оценки состояния и использования сельскохозяйственных угодий необходимы в пределах каждого агроландшафта. Под агроландшафтом понимается земельный массив,

состоящий из комплекса взаимодействующих природных компонентов, а также элементов системы земледелия с относительно автономными водными и тепловыми режимами с признаками единой экологической системы. В земледельческой части Красноярского края располагается 45 агроландшафтов. На основе информационно-цифровых технологий можно оценить природно-ресурсный потенциал территории и построить математические прогнозные модели урожайности сельскохозяйственных культур с учетом возможных рисков, обусловленных погодными аномалиями, развитием болезней, вредителей и сорняков [8].

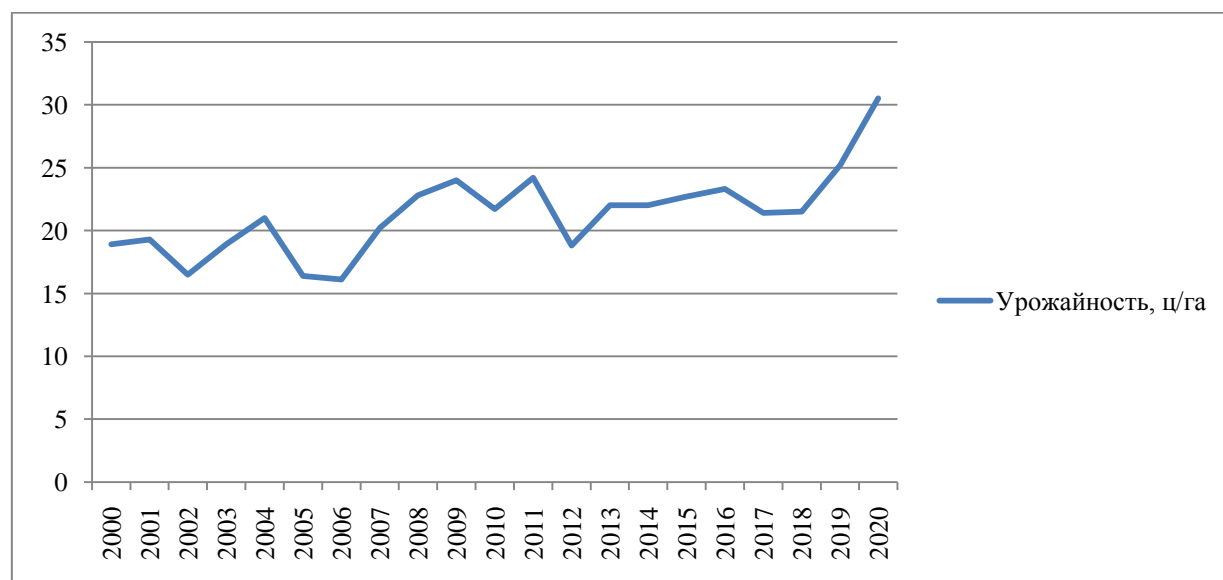


Рисунок 1. Урожайность зерновых и зернобобовых культур в Красноярском крае

Применение информационно-цифровых технологий в АПК Красноярского края с каждым годом растет. На сегодняшний день доля хозяйств, использующих элементы точного земледелия, составляет 9 %. Аграрии оборудуют сельхозтехнику системами параллельного и автоматического вождения (автопилот), спутникового мониторинга, применяют дифференцированное опрыскивание и внесение минеральных удобрений. Минсельхоз края разрабатывает механизм господдержки на приобретение элементов точного земледелия. Это квадрокоптеры для создания цифровых агроэкологических карт, мобильные метеостанции, оборудование для диагностики почв, средства навигации и другие специализированные программы [9].

Как известно, основным элементом технологии точного земледелия является внесение обоснованно дифференцированных доз удобрений и средств защиты растений в соответствии с пестротой почвенного покрова, текущим состоянием посевов и лимитирующих факторов плодородия [8]. Технологии точного земледелия успешно функционируют на сельхозпредприятии ООО «Агро-Альянс-Сибирь» Минусинского района Красноярского края. Рентабельность производства удалось увеличить за счет экономии средств на минеральные удобрения. Срок окупаемости цифровых технологий – один сезон.

Более того, на базе ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН проводятся исследования по использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для целей точного земледелия как части трехуровневой системы дистанционного зондирования Красноярского края. Полученные карты с пространственным распределением NDVI (нормализованного вегетационного индекса) позволяют рассчитать итоговую урожайность с тестовых полей и определить дозировку внесения удобрений. Таким образом, информация, полученная с использованием БПЛА может служить для оперативной оценки внутривоспольного состояния посевов и, с учетом погодных прогнозов, судить о перспективах получения планируемых урожаев [10]. На основе данных дистанционного зондирования Земли на территорию ОПХ «Минино», имеется в доступе серия информационных и технологических цифровых карт. Создана база геопространственных данных, содержащая актуальную информацию для функциониро-

вания цифровой системы земледелия хозяйства. Картографический веб-сайт организует доступ к разработанной базе данных через Интернет на основе современных стандартов и сервисов, что открывает возможности для разработки базы геопространственных данных для цифровизации системы земледелия Красноярского края [11].

На региональном уровне информационно-цифровые технологии не должны быть оторваны от региональной системы земледелия. Совмещение данных систем, их привязка друг к другу позволит усилить обе составляющие, полнее использовать возникшие в результате цифровизации аграрной отрасли возможности повышения продуктивности сельскохозяйственных землепользований и ослабить техногенную нагрузку в агроландшафтах [12].

Основными экономическими факторами развития АПК Красноярского края служат наличие свободных земельных ресурсов, высокая обеспеченность сельхозугодиями, в том числе пашнями, стабильно растущие объемы производства зерна, обеспечивающие устойчивую кормовую базу для развития животноводства и создающие основу для зерновой интервенции края на восточные рынки России, увеличивающие объемы внутреннего потребления продуктов питания [5]. Эти факторы, создают мощные стимулы для увеличения в крае производства сельскохозяйственной продукции. Поддержка государства, субсидирование затрат для внедрения современных технологий, даст огромный толчок для эффективного использования земельных, финансово-экономических и трудовых ресурсов.

Таким образом, повсеместное внедрение в практику и освоение эффективных информационных технологий в АПК Красноярского края, увеличит его конкурентоспособность и выведет сельскохозяйственное производство на новый уровень.

#### **Использованные источники:**

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформгортех», 2019. – 48 с.
2. Информационная система цифровых сервисов АПК Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (ИС ЦС АПК). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mcsxas.ru/digital-cx/interaktivnyy-modul/> (Дата обращения: 20.09.2021).
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году». – Красноярск, 2020.
4. Доклад о состоянии и использовании земель Красноярского края за 2019 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/upload/to/krasnoyarskiy-kray/2020> (Дата обращения: 20.09.2021).
5. Агропромышленный комплекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.krskstate.ru/2030/plan/4\\_1\\_2\\_2](http://www.krskstate.ru/2030/plan/4_1_2_2) (Дата обращения: 20.09.2021).
6. Климат: наблюдения, прогнозы и воздействия. Россия: отчет Метеорологического бюро Центра Хэдли. – Эксетер (Англия): Центр Хэдли. 2011. – 138 стр.
7. Как Россия побеждает в климатическом кризисе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nytimes.com/interactive/2020/12/16/magazine/russia-climate-migration-crisis.html> (Дата обращения: 20.09.2021).
8. Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Развитие системы земледелия Красноярского края: принципы рационального землепользования, ландшафтный подход, цифровизация // Региональные системы комплексного дистанционного зондирования агроландшафтов: материалы всерос. научн.-практ. сем. – Красноярск: изд-во ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН, 2018. – 106 с.
9. Технологии точного земледелия помогают аграриям Красноярского края экономить ресурсы. <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/tekhnologii-tochnogo-zemledeliya-pomogayut-agrariyamkrasnoyarskogo-kraja-ekonomit-resursy/>
10. Мальчиков Н.О., Ботвич И.Ю., Емельянов Д.В., Шевырнов А.П. Применение беспилотных летательных аппаратов при точном земледелии на территории Красноярского края. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: материалы 18-й Всероссийской открытой конф. – Москва: ИКИ РАН, 2020. – С. 344. DOI 10.21046/18DZZconf-2020a
11. Ерунова М.Г., Шпедт А.А., Якубайлик О.Э., Трубников Ю.Н. Геопространственная база данных цифровизации системы земледелия Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 7. – С. 56-61. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-10714.
12. Ерунова М.Г., Симакина А.С., Шпедт А.А., Вагнер В.В. Цифровая почвенная карта опытно-производственного хозяйства «Курагинское» Красноярского края. // Региональные системы комплексного дистанционного зондирования агроландшафтов: материалы III Всероссийского науч.-практ. семинара. – Красноярск: Изд-во ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН. 2021.

# ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ-ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, БАЗ ДАННЫХ И ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 632.4.01/.08:535.37

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-26-30

*Алтухов В.Г.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ

В статье сравниваются цветовые пространства RGB, HSV и CIELab с точки зрения сегментации изображений листьев растений, пораженных тем или иным заболеванием, с использованием порогового метода. В подобных задачах цветовые пространства HSV и CIELab имеют преимущество над RGB. Пороговый метод с использованием HSV и CIELab может применяться для определения площади пораженных листьев и здоровых их частей и для формирования наборов данных, используемых при машинном обучении.

**Ключевые слова:** сегментация изображений, пороговый метод, пораженные листья растений, HSV, CIE Lab, цветовые характеристики, определение площади, наборы данных, машинное обучение.

Сегментация изображений листьев растений на сегодняшний день является весьма востребованной областью, поскольку ее использование может быть полезным в мероприятиях по защите растений. Например, в качестве составляющей части системы поддержки принятия решений для обеспечения качественной и своевременной оценки степени поражения растений, что позволит агрономам объективно оценивать фитосанитарную ситуацию при возделывании сельскохозяйственных культур.

Существует множество подходов сегментации, основанных как на классических методах компьютерного зрения [1], так и на глубоком обучении [2]. Самым простым является пороговый метод, при котором выбирается определенный цветовой диапазон, принадлежащий к тому или иному классу объекта на изображении. В случае с сегментацией листьев растений необходимо точно выделить пораженные и здоровые участки листа и, что немаловажно – их границы. При всей своей простоте данный подход показал достаточно неплохие результаты в сравнении с использованием алгоритма K-means при сегментации пораженных областей листьев пшеницы [3]. Минусом является то, что процесс сегментации при этом нельзя сделать полностью автоматическим.

Сравнение различных цветовых пространств с точки зрения эффективности в задачах сегментации изображений классическими методами компьютерного зрения является предметом множества исследований [4-6]. В подобных задачах, как правило, используются цветовые пространства HSV и CIELab из-за некоторых своих преимуществ по сравнению с пространством RGB. Далее будут раскрыты преимущества и недостатки всех вышеперечисленных цветовых пространств на примере их использования при пороговом методе сегментации.

Рассмотрим цветовые пространства на примере изображения листа пшеницы на черном фоне (рисунок 1).





Рисунок 1. Изображение листа пшеницы, пораженной листовой ржавчиной

Данное изображение будет представлено в виде трехмерных и двумерных диаграмм рассеяния. Точки на данных диаграммах будут распределены по измерениям, в соответствии с каналами цветовых пространств.

### Цветовое пространство RGB

Цветовое пространство RGB представляет изображение с помощью подмешивания каждому пикселю красного (Red) зеленого (Green) и синего (Blue) цветов в определенной пропорции. Чем более интенсивный цвет подмешивается, тем более светлым становится пиксель. При смешивании всех RGB каналов максимальной интенсивности получается белый цвет, при минимальной интенсивности – черный. Цветовое пространство RGB используется в вычислительной технике для отображения цветов из-за своей относительной простоты. Но для задач сегментации оно является весьма неудобным.

Рассмотрим диаграммы на рисунке 2. Здесь, оранжевые точки, соответствующие пораженным участкам листа, рассредоточены по всем цветовым каналам, и имеют разные значения. Для того чтобы выделить их с хорошей точностью потребуется в лучшем случае три ограничителя диапазона (по одному на каждый канал, рисунок 3d), а при появлении других оттенков – шесть (по два на каждый канал). При этом их настройка будет весьма трудоемким процессом, а, следовательно, занимать большое количество времени.

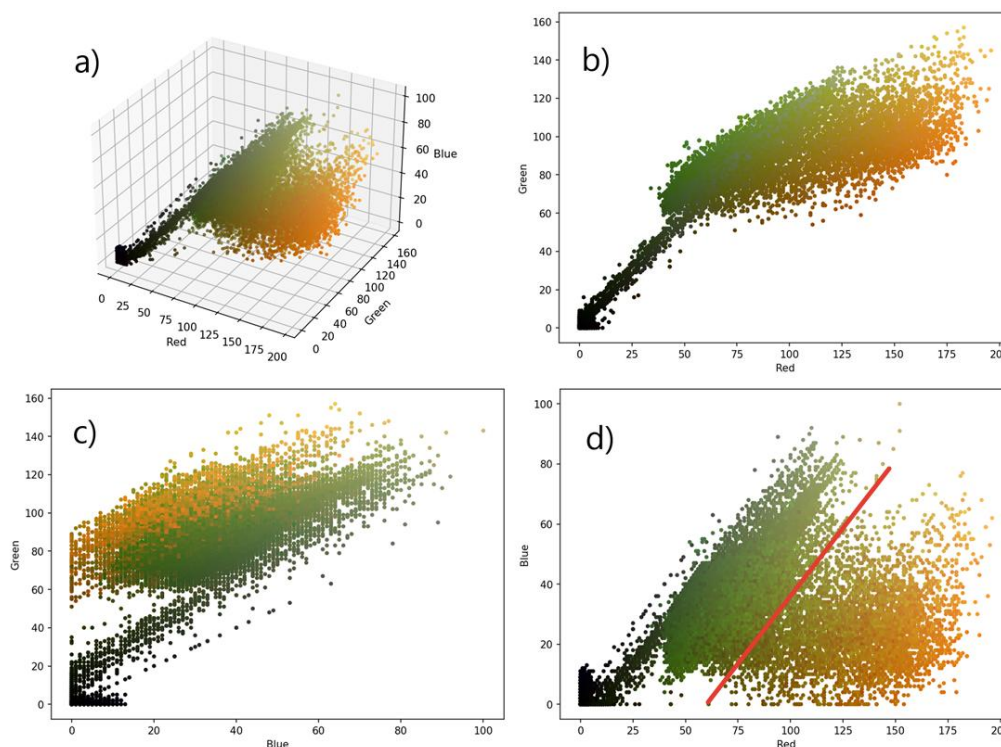


Рисунок 2. Диаграммы рассеяния RGB – а) трехмерная; б) двумерная, каналы G и R; в) двумерная, каналы G и B; г) двумерная, каналы B и R с ограничителем диапазонов



### Цветовое пространство HSV

Так как все изображения и графика представлены в формате RGB, переход к другим цветовым пространствам, в частности HSV [7], осуществляется применением определенных зависимостей.

Цветовое пространство HSV состоит из трех каналов: H (Hue) – преобладающий цвет, S (Saturation) – чистота цвета, V (Value) – яркость цвета. Здесь две составляющих отвечают за уровень освещенности изображения, и один – за цвет. Отсюда следует, что мы можем абстрагироваться от характеристик освещенности изображения и использовать только один – цветовой канал при сегментации объектов на изображении.

Диаграммы на рисунке 3 показывают (их всего две, так как за цвет отвечает лишь один канал), что цветовое пространство HSV способствует намного более сконцентрированному сосредоточению точек как оранжевого, так и зеленого оттенков. Здесь для того, чтобы выделить определенный цвет, нам достаточно ограничить значения плоскости Hue. В лучшем случае необходим один ограничитель, в более сложном – два (рисунок 3b). Точки черного цвета выделяться не будут, поскольку мы работаем в одном канале, а на диаграмме представлена его зависимость от канала Value.

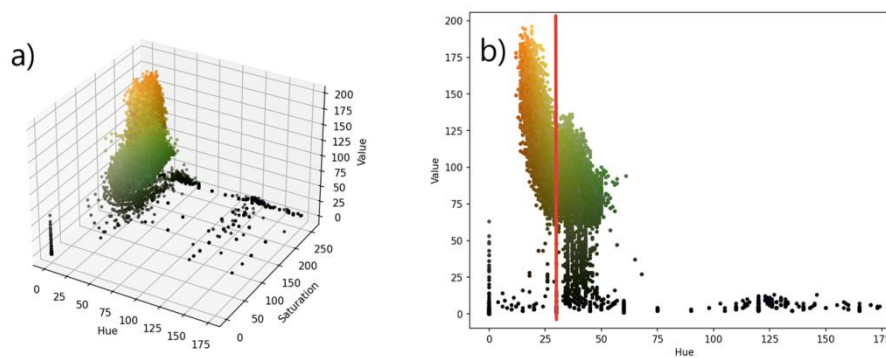


Рисунок 3. Диаграммы рассеяния HSV а) трехмерная, б) двумерная, каналы V и H с ограничителем диапазонов

Канал H цветового пространства HSV имеет диапазон от 0 до 179, который соответствует шкале оттенков, показанной на рисунке 4. Отсюда мы можем видеть, что оттенки красного цвета располагаются как в районе значений 0, так и 179.



Рисунок 4. Шкала оттенков канала Hue

Таким образом, в случае, если лист растения будет поражен заболеванием, проявление которого на изображении будет содержать оттенки красного (рисунок 5a), диаграмма рассеяния может выглядеть аналогично той, которая показана на рисунке 5b.

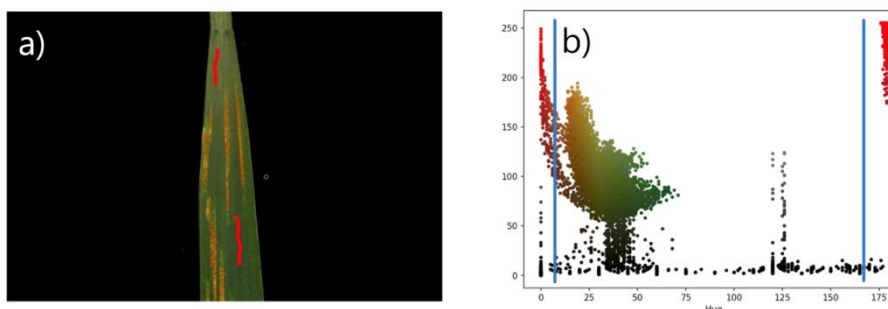


Рисунок 5. Результат добавления пикселей красного оттенка – а) изображение, б) двумерная диаграмма рассеяния изображения листа с ограничителями диапазонов

Из рисунка 5 можно сделать вывод, что в случае с оттенками красного может понадобиться как минимум два ограничителя диапазона или специальная логика, которая преобразует шкалу Hue в окружность, и ниже нуля будет отметка 179.

### Цветовое пространство CIELab

Принципы и закономерности перехода от цветового пространства RGB к пространству CIELab описаны в [8]. CIELab является цветоопонентным пространством, координаты которого представляют собой светлость цвета [при  $L^*$  (Lightness) = 0 отображается черный цвет, а при  $L^* = 180$  рассеянный белый цвет], его позицию в диапазоне от красного к зеленому (положительные значения  $a^*$  отображают красный цвет, тогда как отрицательные – зеленый) и от желтого к синему ( $b^*$  дает желтый при больших значениях и синий при отрицательных).

Диаграммы рассеяния пикселей, изображенные на рисунке 6 (их также две, поскольку мы работаем с двумя каналами, отвечающими за цветовые характеристики) дают понять, что пиксели пораженных участков концентрируются при больших значениях  $a^*$  и  $b^*$ , тогда как здоровые области листа при меньших. Следовательно, в данном конкретном случае нам необходим всего один ограничитель диапазона для сегментации пораженных участков.

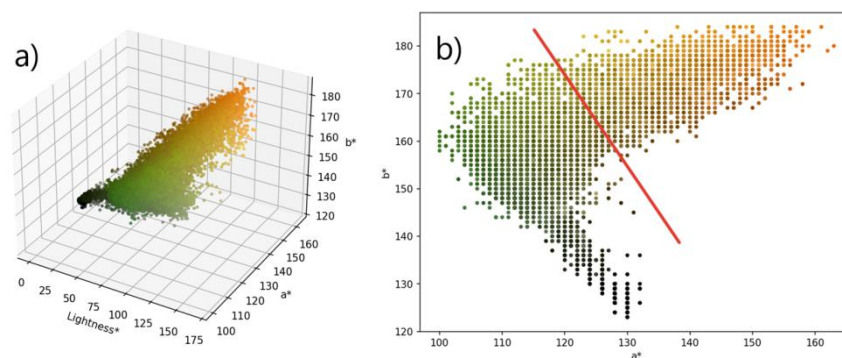


Рисунок 6. Диаграммы рассеяния CIELab – а) трехмерная, б) двумерная, каналы  $a^*$  и  $b^*$  с ограничителем диапазонов

Если изображение будет содержать участки с другими цветовыми оттенками (помехи и т. п.), одного и даже двух ограничителей может стать недостаточно, так как они захватят пиксели ненужных оттенков (рисунок 7b). Отсюда следует, что самым универсальным и эффективным способом для цветовой сегментации в CIELab будет использование так называемого «региона интересов», который будет иметь замкнутую форму (прямоугольник, круг и пр.) настраиваемого размера. Также из рисунка 7b видно, что недостаток HSV нивелирован и оттенки красного сконцентрированы в одной области диаграммы.

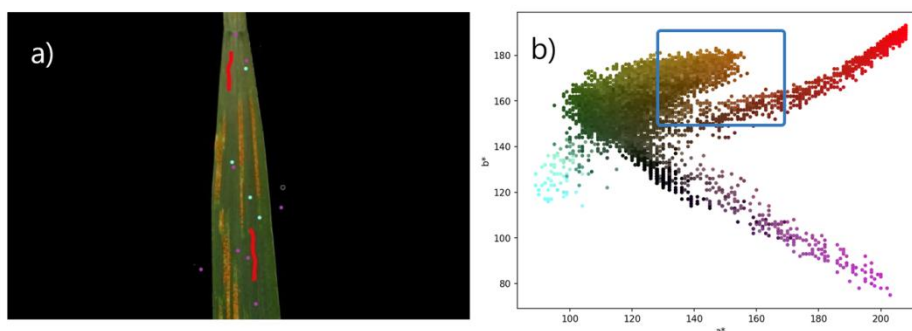


Рисунок 7. Результат добавления пикселей различных оттенков – а) изображение, б) двумерная диаграмма рассеяния изображения листа с «регионом интересов»

В результате сравнения вышеперечисленных цветовых пространств при использовании их в качестве основы для пороговой сегментации пораженных участков листьев растений, можно сделать вывод, что HSV и CIELab способны давать схожие результаты при разной реализации. В случаях отсутствия оттенков красного на изображении более простым и вы-

числительно оправданным способом будет использование пространства HSV, в противном случае оправданным будет использование CIE Lab. Хотя, в конечном итоге, оба метода требуют достаточно сложной реализации в случаях обработки изображений, содержащих вариативные цветовые оттенки (которые изменяются от изображения к изображению).

На сегодняшний день цветовые пространства HSV и CIE Lab при всех своих плюсах и минусах широко применяются в области сегментации изображений. При этом используется и пороговый метод сегментации изображений. Например, в работах [9, 10] он применяется для получения масок участков поражений листьев растений, которые в дальнейшем были использованы для обучения сверточных нейронных сетей. Таким образом, использование определенных цветовых пространств делает пороговый метод при всей его простоте хорошим инструментом при разработке более сложных интеллектуальных систем.

#### **Использованные источники:**

1. Singh A., Ganapathysubramanian B., Singh A.K., Sarkar, S. Machine Learning for High-Throughput Stress Phenotyping in Plants // Trends in Plant Science. – 2015. – Vol. 21(2). – P. 110–124. DOI: 10.1016/j.tplants.2015.10.015.
2. Singh A.K., Ganapathysubramanian B., Sarkar S., Singh A. Deep Learning for Plant Stress Phenotyping: Trends and Future Perspectives // Trends in Plant Science. – 2018. – Vol. 23(10). – P. 883-898. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.07.004.
3. Niu X., Wang M., Chen X., Guo S., Zhang H., He D. Image segmentation algorithm for disease detection of wheat leaves // Proceedings of the 2014 International Conference on Advanced Mechatronic Systems. – 2014. – P. 270-273. DOI: 10.1109/icamechs.2014.6911663.
4. Bora D., Gupta A., Khan F. Comparing the performance of L\* A\* B\* and HSV color spaces with respect to color image segmentation // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2015. – Vol. 5(2). – P. 192-203. arXiv:1506.01472.
5. Garcia-Lamont F., Cervantes J., López A., Rodriguez, L. Segmentation of images by color features: A survey // Neurocomputing. – 2018 – Vol. 292. – P. 1-27. DOI: 10.1016/j.neucom.2018.01.091
6. Hänsch, R., Wang, X., Hellwich, O. Comparison of different Color Spaces for Image Segmentation using Graph-Cut // Proceedings of the 9th International Conference on Computer Vision Theory and Applications. – 2014. – Vol. 1. – P. 301-308.
7. Chernov V., Alander J., Bochko V. Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color spaces // Computers & Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 46. – P. 328-337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.08.005>.
8. Kumah C., Zhang N., Raji R., Pan, R. Color Measurement of Segmented Printed Fabric Patterns in Lab Color Space from RGB Digital Images // Journal of Textile Science and Technology. – 2019. – Vol. 5. – P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.4236/jtst.2019.51001>
9. Lin K., Gong L., Huang Y., Liu C., Pan J. Deep Learning-Based Segmentation and Quantification of Cucumber Powdery Mildew Using Convolutional Neural Network // Frontiers in Plant Science. – 2019. – Vol 10. – P. 1-10. DOI: 10.3389/fpls.2019.00155.
10. Fang T., Chen P., Zhang J., Bing W. Crop leaf disease grade identification based on an improved convolutional neural network // Journal of Electronic Imaging. – 2020. – Vol. 29(1). – P. 1-17. DOI: 10.1117/1.JEI.29.1.013004.

УДК 634.72:631.572

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-30-33

*Боровикова Т.В., Петрук В.А.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

### **ИНТРОДУКЦИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ В УСЛОВИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

В статье дана оценка сортам смородины черной в коллекционном питомнике по устойчивости к болезням, вредителям, продуктивности при интродукции в Новосибирскую область.

**Ключевые слова:** интродукция, адаптация, смородина черная, сорта, болезни, вредители, продуктивность.

Смородина черная – наиболее популярная ягодная культура, хорошо зимует и стабильно плодоносит в Новосибирской области. Скороплодность и урожайность относятся к основным

достоинствами черной смородины (товарное плодоношение наступает на второй - третий год после посадки, лучшие сорта дают от 4 до 12,5 кг ягод с куста) [1, 2]. Плоды смородины черной являются универсальным диетическим продуктом и отличным сырьем для переработки. Смородина черная – поливитаминная культура, в ней содержится естественный концентрат комплекса витаминов, особенно витамина «С». Его содержание колеблется от 130-350 мг на 100 г продукции [3, 4, 5]. Одним из главных факторов интенсификации ягодоводства, повышения урожайности и увеличения валового сбора ягодной продукции является сорт. Внедрение в производство новых сортов с достаточным адаптивным потенциалом к почвенно-климатическим условиям приобретает особую актуальность.

В формировании сортимента важную роль играют селекционеры – основные поставщики сортов, адаптированных к местным условиям [6].

Большое значение имеет и интродукция сортов в разные почвенно-климатические условия, что дает возможность расширения сортимента. Интродуценты, обладающие высокой пластичностью, могут составить конкуренцию районированным сортам [7, 8, 9].

В лаборатории экспериментальных исследований (биополигон) СибФТИ СФНЦА РАН в 2014 году начата работа по интродукции ягодных культур.

Вся коллекция черной смородины представлена 39 сортами, из которых 20 районировано в Западно-Сибирском регионе [10].

Посадочный материал для коллекционного питомника был получен из НИИСС им. М.А. Лисавенко (г. Барнаул), ФГУП ОПХ «Минусинское», ОПХ Горно-Алтайское, ФГУП «Бакчарское», ООО «Евросемена», НЗПЯОС им. И.В. Мичурина, ИЦиГ СО РАН, Барабинского плодово-ягодного госсортоучастка, ЗАО Калачинский плодopитомник им. М.А. Лисавенко.

Исследования по интродукции проводились в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [11].

Коллекционный участок 2014 года включает в себя 39 сортов смородины черной (*Ribes nigrum*). Закладывался по схеме 3,0 x 1,5. Агротехника общепринятая. Химические средства защиты от болезней и вредителей не применялись. Агрофон естественный.

Климат местности, где проходят исследования, характеризуется как резкоконтинентальный, с продолжительными морозными зимами, быстрым нарастанием минусовых температур и частыми возвратными заморозками. Адаптация интродуцированных сортов к климатическим условиям проходит не одинаково, экологическая пластичность и способность плодоношения у коллекционных сортов разная.

Основными факторами, способствующими развитию болезней на смородине, является зараженный посадочный материал, повышенная влажность воздуха и почвы, загущенность насаждений, стрессы растений (весной - от резких перепадов температур и летом - из-за засухи), нарушение агротехники при обработке почвы [12-16].

В условиях Новосибирской области наиболее вредоносными болезнями на смородине черной являются антракноз (возбудитель – несовершенный гриб *Gloeosporium ribis* (Lib.) Mont. et. Desm), септориоз (возбудитель – несовершенный гриб *Septoria ribis* Desm.), из вредителей ощутимый урон урожаю наносят почковый клещ [13, 15, 16].

В России антракноз распространен во всех регионах, особенно вредоносен в северной части, в зонах с достаточным увлажнением и со средними температурами. Данное заболевание сопровождается смородину черную практически во всех зонах ее промышленного возделывания [13, 15, 16].

В наших условиях, во все годы исследований, коллекционные сорта смородины черной поражались антракнозом в разной степени. Большинство сортов Алтайской селекции имели поражение пятнистостями (антракноз, септориоз) до 3 баллов. Сильное поражение пятнистостями, когда поражено до 50 % листьев (3,1-4,0 балла) отмечено на сортах Алтайская ранняя, Алтайская поздняя, Мила, Садко, Софья, Сеянец Софьи, у районированного сорта Геркулес в 2020 году поражение составило свыше 50 % листьев (5,0 баллов).

Все сорта минусинской селекции средне поражались антракнозом и септориозом – от 2,6 до 3,7 баллов. Среднее поражение (3,7 балла) отмечено на сорте Ранняя Потапенко, селекции

Новосибирской ЗПЯОС. На сортах смородины черной селекции Южно-Уральского НИИ плодовоовощеводства и картофелеводства и Минусинской ОССиБ отмечено слабое поражение пятнистостями (до 2,0-2,3 балла) [17].

Таким образом, в коллекционном питомнике большую часть (62 %) составляют сорта, с поражениями пятнистостями до 3 баллов.

Абсолютно устойчивых сортов к поражениям пятнистостями не выявлено, в целом, все коллекционные сорта толерантны к септориозу и антракнозу.

Наличие галловой тли отмечено только на двух сортах: Минусинская сладкая и Поклон Борисовой (1,0 балл). Незначительное заселение побеговой тлей (до 1,0 балла) обнаружено у большинства сортов смородины.

Признаков повреждения почковым клещом на коллекционных образцах в течение первых 3 лет не отмечалось. С 2018 года отмечены первые признаки поражения данным вредителем на сортах Алтайская ранняя, Сладкоплодная, Созвездие, Русалочка, причем сорта Алтайская ранняя и Сладкоплодная имели до 30 % пораженных почек.

Достоинство любого сорта в производственных условиях оценивается количеством и качеством урожая. Урожайность – показатель, характеризующий ценность сорта, в значительной мере зависит от условий произрастания и уровня агротехники [18-24].

В задачу исследований входило выделить перспективные сорта, обладающие высокой продуктивностью.

Оценку урожайности сортов смородины проводили поустно, определяли массу ягоды, максимальную массу ягоды и урожай с куста [17].

На четвертый год после посадки сорта Алтайской селекции Сеянец Софьи и Экстрим в плодоношение не вступили. Не проявили своих качеств, заявленных учреждениями-оригинаторами, сорта Ядреная и Ожерелье. В первый год плодоношения у данных сортов отмечена небольшая урожайность с куста – до 110 грамм.

У сортов Алтайская поздняя, Галинка, Загадочная, Запоздалая, Компактная, Подарок Кузиору, Рита получен урожай выше 2 кг с куста. Наибольший урожай был получен у сортов Алтайская ранняя, Геркулес, Мила, Поклон Борисовой – 2,6; 2,8; 2,9; 2,7 кг с куста, соответственно. Все эти сорта Алтайской селекции.

Из нерайонированных сортов максимальная урожайность с куста получена у сорта Зеленая Дымка. Данный сорт можно рекомендовать для внесения в Госреестр селекционных достижений в Западно-Сибирском регионе.

Наименьшая средняя масса ягоды до 1,0 г была у сортов Краса Алтая, Минусинская сладкая, Ожерелье, Черный аист и Wellington.

Сорта Зеленая дымка, Валовая, Селеченская, Сибилла, Ранняя Потапенко выделились средней массой ягоды выше 1,5 г.

Максимальная масса ягоды была в пределах 0,57-2,50 г. У районированных сортов – Алтайская поздняя, Геркулес, Селеченская, Шаровидная, и нерайонированных – Длиннокистная, Запоздалая, Мила, Ранняя Потапенко и других отмечен максимальный вес ягоды свыше 2,0 г. Максимальный вес ягоды сорта Ожерелье составил всего – 0,57 г.

Иностраный сорт Wellington, по сравнению с Российскими сортами, значительно уступал и по урожаю (450 г/ куст) и по средней массе ягоды (0,72 г) [17].

В результате проведенных исследований из интродуцированных сортов выделены сорта наиболее адаптированные к условиям Новосибирской области и не уступающие по урожаю с куста районированным – это, Загадочная, Зеленая дымка, Запоздалая и Компактная.

В целом, коллекция интродуцированных сортов черной смородины характеризуется значительным разнообразием по устойчивости к болезням, вредителям, урожайности, крупноплодности. Наиболее успешно проходят акклиматизацию сорта Алтайской селекции. Все коллекционные сорта черной смородины представляют интерес для дальнейшего изучения.

#### **Использованные источники:**

1. Кулешов Е.П., Жидехина Т.В. Биологический потенциал ягодных культур и пути его реализации // Сборник материалов Международной конференции, – М., 2000. – С. 171–174.

2. Огольцова Т.П. Селекция черной смородины. Прошлое, настоящее, будущее. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1991. – 384 с.
3. Зотова З.С., Васильченко Т.В. Алтайские ягодники. – Барнаул: Алт. кн. из-во, 1971. – 146 с.
4. Куминов Е.П. Черная смородина в Восточной Сибири. – Красноярск: Красноярское кн. изд., 1983. – 88 с.
5. Соловьева А.Е. Научные основы питомниководства ягодных культур. – Новосибирск: СО Россельхозакадемии. 2008. – 280 с.
6. Ярославцев Е.И. Ягодные культуры в нечерноземной зоне. М: Россельхозиздат, 1982. – 254 с.
7. Чаплыгина Т.А. Сортоизучение смородины черной и смородины золотистой в условиях Самарского региона // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных, овощных культур и картофеля: сб. науч. трудов. – Челябинск: Южно-Урал. НИИ садоводства и картофелеводства, 2017. – С. 166-174.
8. Ильин В.С. Смородина: монография. – Челябинск: Южно-Урал. НИИ плодовоовощеводства и картофелеводства, 2007. – 370 с.
9. Сорокопудов В.Н., Мелькумова Е.А. Биологические особенности смородины и крыжовника при интродукции. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние, 2003. – 293 с.
10. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. – Т. 1. Сорты растений. – М., 2020. – 484 с.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых и орехоплодных культур. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
12. Зарубин А.Н., Некрасова С.О. Наличие вредителей на сортах черной смородины разного географического происхождения // Состояние и перспективы селекции плодовых культур: материалы междунауч. конф. – Минск, 2001. – С. 178-181.
13. Беляев А.А., Белых А.М., Цветкова В.П., Кузьмина А.А., Овчиникова Л.А., Штапов Т.В. Болезни и вредители садовых культур Новосибирской области, научно-практическое руководство по диагностике, профилактике и защитным мероприятиям. – Новосибирск: СибНИИРС, 2013. – 128 с.
14. Жидехина Т.В. Селекционная оценка сортообразцов смородины черной по устойчивости к почковому клещу // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ. – М.: ВСТИСП, 2009. – Т. XXII. – Ч.1. – С. 324-330.
15. Ивантеева А.С. Септориоз на смородине в Новосибирской области // Вредители и болезни культурных растений. – Новосибирск, 1981. – С. 57-65.
16. Сорокопудов В.Н. Селекция смородины и крыжовника на устойчивость к болезням и вредителям в Сибири: автореф. дис. ... док-ра. с.-х. наук. – Новосибирск, 2003. – 42 с.
17. Петрук В.А., Боровикова Т.В., Маркова И.Е. Проведение анализа по результатам полевых и лабораторных исследований и выделение сортов садовой земляники и смородины, перспективных для выращивания в Новосибирской области: Отчет НИР. – Краснообск, 2020. – 87 с.
18. Забелина Л.Н., Наквасина Е.И. Адаптивность сортов смородины черной в условиях низкогорья Алтая // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ. – М.: ВСТИСП, 2009. – Т. XXII. – Ч. 2. – С. 13-19.
19. Бурмистров А.Д. Ягодные культуры. – Л.: Агропромиздат, 1985. – С. 115–176.
20. Соловьева А.Е. Черная смородина в Новосибирской области. 40 лучших сортов с основами возделывания: лекция. – Новосибирск, 2008. – 16 с.
21. Ильин В.С. Результаты сорокалетних исследований по смородине и крыжовнику // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – №5. – С. 46–48.
22. Титова Г.Т. Сибирское плодоводство. – Новосибирск: Советская Сибирь, 1993. – 352 с.
23. Родюкова О.С. Сортоизучение смородины черной и красной в условиях Тамбовской области // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т. 22. – № 2. – С. 218-223.
24. Сазонов Ф.Ф. Селекция смородины черной в условиях юго-западной части нечерноземной зоны России: монография. – М.: ФГБНУ ВСТИСП; Саратов: Амират. 2018. – 304 с.

УДК 004.9:332.3

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-33-41

*Буклагин Д.С.,*

*Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК,  
Московской обл., р.п. Правдинский*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ**

В статье рассматривается использование геоинформационных систем для оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения, разработки рациональных схем использования земель, их охраны, принятия управленческих решений по развитию территорий.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, землеустройство, земельные ресурсы, оценка, информация, цифровая карта, мониторинг.

Производство сельскохозяйственной продукции в условиях изменения природно-климатических условий, снижения естественного плодородия земли, уплотнения почв, значительных потерь сельскохозяйственной продукции на всех этапах производства и потребления, влияния других факторов значительно повышает роль и значение землеустроительной науки [1].

В настоящее время только 30 % земельных участков на селе зарегистрировано и стоит на кадастровом учете, половина земельных участков (29,4 млн) на начало 2017 года не имела необходимого координатного описания границ, отсутствие которых не позволяет говорить о полноценном реестре прав на земельные участки, а значит и об их обороте [2].

«Умное землеустройство» направлено на получение и обработку необходимой информации для принятия управленческих решений по регулированию землепользования, повышению плодородия и охраны почв. Большие массивы обрабатываемой информации, сложные и многовариантные процессы функционирования землепользования, множество отраслей сельского хозяйства требуют применения цифровых землеустроительных технологий, современных баз данных, программных продуктов и интеллектуальных систем для решения производственных и проектных задач землеустройства [3].

Наиболее приемлемым и эффективным механизмом формирования устойчивого землепользования считается проведение землеустройства на эколого-ландшафтной основе в совокупности с адаптивно-ландшафтными системами земледелия.

Важным инструментом в создании землеоценочной основы являются геоинформационные системы (ГИС), а также ГИС-технологии, которые являются необходимым компонентом в системе комплексного управления хозяйством [4].

Данные, полученные в результате изучения с помощью ГИС-технологий состояния земель, становятся ориентиром для органов государственной власти и местного самоуправления при разработке нормативных правовых актов; федеральных целевых программ; генеральной схемы землеустройства; схем использования земель и установления порядка проведения землеустройства; планировании и определении перспектив рационального использования земель, их охраны; принятии управленческих решений по развитию территорий.

К основным направлениям использования ГИС в землеустройстве и земельном кадастре можно отнести [5, 6]:

- инвентаризация сельскохозяйственных угодий и производственных активов;
- мониторинг структуры посевных площадей, развития и оптимизации посевов сельскохозяйственных культур;
- систематическое наблюдение за состоянием земельных ресурсов, оценка и прогноз изменений их состояния под воздействием антропогенных и природных факторов (мониторинг земель);
- прогнозирование урожайности и планирование развития территорий на основе оценки ресурсного потенциала земель, организация эффективного земледелия;
- цифровое моделирование рельефа для управления, рационального использования и охраны земельных ресурсов;
- качественная оценка земель, изучение их природно-экологического и экономического потенциала, оценка изменений состояния природной среды под влиянием хозяйственной деятельности человека;
- территориальное планирование, направленное на определение назначения территорий, исходя из совокупности социологических, экономических, экологических и иных факторов в целях обеспечения устойчивого развития территорий, развития инженерной, транспортной и социальной инфраструктур;
- разработка проектов цифрового землеустройства;
- информационное обеспечение и ведение земельного кадастра.

Использование ГИС-технологий в землеустройстве позволяет не только хранить информацию по объектам землеустройства, но и регистрировать различные изменения и тенденцию таких изменений. Этот момент применения геоинформационных систем очень важен, т. к. именно землеустроительные предприятия есть источник сведений о вновь возникающих объектах кадастрового учета. ГИС-технологии решают некоторые землеустроительные задачи быстрее и эффективнее.

ГИС-технологии в землеустройстве позволяют использовать для ввода и обновления сведений в базе данных современные электронные средства геодезии и системы глобального позиционирования, поэтому они имеют самую точную и актуальную информацию.

Исходя из перспектив использования геоинформационных систем, нельзя не отметить задачи, возникающие при автоматизации ведения государственного земельного кадастра на всех уровнях кадастрового учета, решить которые невозможно без использования геоинформационных систем.

ГИС в землеустройстве используются для создания цифровых карт, планов местности и мониторинга земель. Карты, созданные с применением ГИС-технологий, отличаются следующими преимуществами от карт и планов, созданных традиционными методами [7]:

- автоматизацией получения географической информации о пространственных объектах, возможностью ее экспорта в другие программы для последующей обработки;
- достоверностью географической информации полученной на цифровой карте, соответствующей точности исходного материала независимо от квалификации проектировщика, погрешностей средств измерения, деформации бумаги;
- возможностью быстрой корректировки и обновления содержимого;
- допустимостью автоматического создания картограмм;
- осуществлением поиска объектов по их местоположению или по записи в базе данных.

Одним из основных направлений использования геоинформационных систем в землеустройстве является мониторинг земель, который представляет собой наблюдения за изменением качественного и количественного состояния земельного фонда и является элементом системы государственного экологического мониторинга.

Развитие использования ГИС-технологий в землеустройстве обусловлено следующими причинами [8]:

- возрастанием роли интернет-сервисов, основанных на использовании пространственных данных, в т. ч. данных дистанционного зондирования земли (ДДЗЗ);
- расширением рынка геоинформационных услуг в АПК за счет новых структур;
- увеличением оперативности получения ДДЗЗ, улучшением технических характеристик исходных данных, точности расчетов и прогнозов;
- увеличением востребованности программного обеспечения с открытым кодом (Open Source);
- возрастающей потребностью в услугах на основе пространственных данных;
- развитием облачных технологий;
- технической и организационной интеграцией технологических решений;
- развитием автоматизации и интеллектуализации процессов обработки и анализа данных (data mining);
- развитием мобильных ГИС-приложений и доступностью геокодирования объектов и явлений.

ГИС, предназначенные для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления окружающей средой, обеспечивают сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Они позволяют создавать базы данных с пространственной и семантической информацией.

Как правило, процесс внедрения крупной ГИС для создания земельных информационных систем может занимать от 5 до 7 лет и требует серьезных вложений, что связано со сбором,



сортировкой информации и необходимостью формирования больших баз данных. По оценкам специалистов в области геоинформационных технологий, затраты на сбор и ввод данных при реализации ГИС-проектов в 5-10 раз превышают затраты на аппаратно-программное обеспечение ГИС. Это объясняется тем, что существующие в настоящее время технологии автоматизированного ввода графических и текстовых данных обеспечивают ввод только около 20 % от общего объема данных [9].

ГИС применяются для составления тематических карт хозяйства, таких как карты использования земель, уклонов и экспозиций склонов, типов и характеристик почв, агрохимических данных, текущего состояния растений, урожайности и др. На основе анализа перечисленных карт дается оценка агроклиматических условий данного хозяйства, потребности в удобрениях и возможности возделывания сельскохозяйственных культур.

Обязательными модулями ГИС являются: графические и тематические базы данных; система ввода и хранения данных; преобразование систем координат и трансформация картографических проекций; система управления, анализа и моделирования; система вывода и предоставления данных; взаимодействие с пользователем. Общая схема использования ГИС при государственном мониторинге земель сельскохозяйственного назначения представлены на рисунок 1 [10].

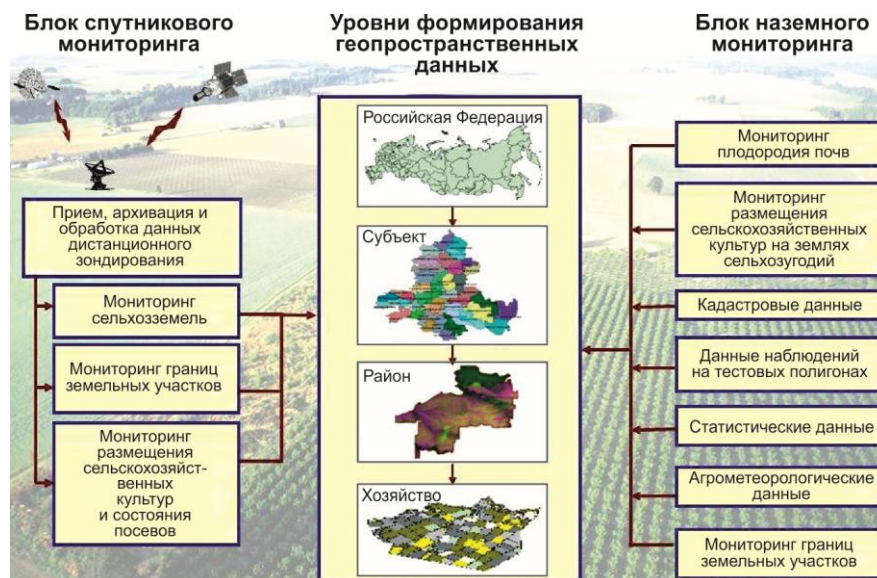


Рисунок 1. Структура государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения

По содержанию экономических задач и масштабам хозяйственной деятельности в сельском хозяйстве различаются три уровня управления: федеральный, региональный и местный (вплоть до отдельного хозяйства). Т. к. задачи управления на этих уровнях различны, различаются используемые данные и средства работы с ними [11].

На федеральном и региональном уровнях актуальными задачами являются – выработка сельскохозяйственной политики, лицензирование, контроль производства, прогнозирование валового сбора различных культур, мониторинг природных условий и использования земель, контроль отчетной информации, поступающей «снизу». Поэтому ГИС-пакет, предназначенный для решения задач федерального и регионального уровней, должен быть достаточно мощным, например, картографический интернет-сервер ArcIMS (или сравнимый по мощности программный продукт). Благодаря ArcIMS пользователи настольных ArcGIS получают доступ к картографическим материалам из любого места, где есть подключение к Интернету. ArcIMS может использоваться также во внутренних сетях организаций и обеспечивать доступ к картам на центральном сервере через Интернет.

На уровне отдельного хозяйства или группы хозяйств обработка полей происходит в зависимости от реальных потребностей, выращиваемых культур (куда и сколько внесли каж-

дого удобрения) и получаемых результатов (урожайность). Накопление статистики позволяет применять регрессионный, факторный и другие виды обработки информации путем использования средств пространственного анализа, которыми располагают современные ГИС. Примером средств пространственного анализа могут служить модули ArcGIS – Spatial Analyst и Geostatistical Analyst, которые позволяют по каждому элементарному участку анализировать влияние на урожайность рельефа местности, почвенного покрова, гидрологического режима, истории внесения агрохимикатов, а также выявлять проблемные участки.

В настоящее время наиболее популярными среди зарубежных ГИС являются MapInfo, ArcGIS, AtlasGIS, AutoCAD Map 3D, Autodesk MapGuide Studio, WinGIS, MGE, MapPoint и др., среди отечественных – GeoDraw, Sinteks ABRIS, ГИС «Хозяйство», «Панорама АГРО», «Карта 2011», мобильная ГИС электронного учета сельскохозяйственных земель «ГЕОУчетчик», информационно-аналитическая система «ГЕО-Агро», ГИАС «Управление сельскохозяйственным предприятием», «Агроэколог Онлайн», «ГИС Спутник Агро» и др.

В России наибольшую популярность имеют ГИС, реализованные на двух основных мировых ГИС-платформах – MapInfo компании Pitney Bowes и ArcGIS компании ESRI. Для использования в сельском хозяйстве чаще всего используется MapInfo Professional (рисунок 2) [12].

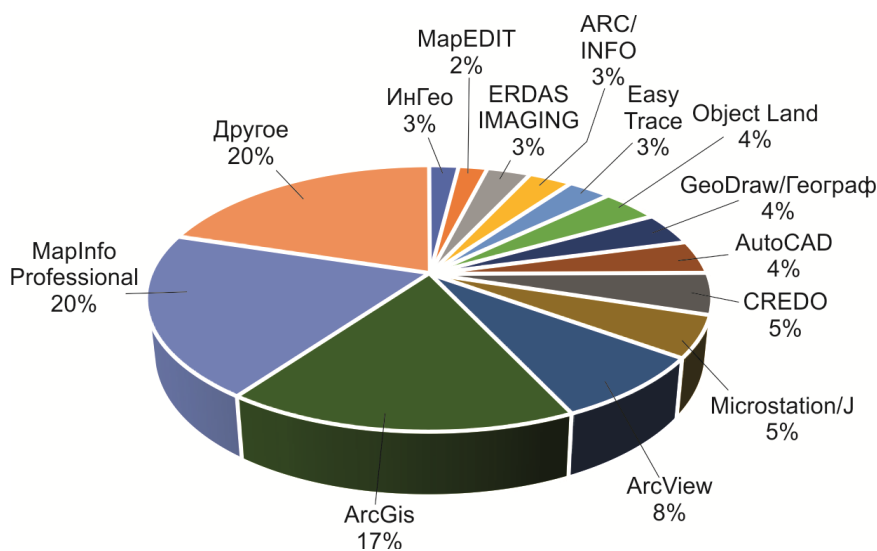


Рисунок 2. Использование ГИС в землеустройстве

Программное обеспечение ГИС – это совокупность взаимосвязанных программных модулей, обеспечивающих выполнение основных функций: создание электронных карт обследуемых полей; ведение базы данных с привязкой атрибутов к идентификаторам топографических объектов; возможность работы с GPS-приемниками; отображение текущих географических координат; навигация в заданную точку; отображение длины, расстояний, площади геообъектов и др. [13].

Для сельского хозяйства, а также для кадастрового учета и землеустройства разработано специальное программное обеспечение ГИС. К таким программам относятся ГЕО-Агро, ГИС «Панорама Земледелие», «Панорама-редактор», АРМ кадастрового инженера, Farm Works Site (Pro), SST Summit, SMS Desktop Software (Ad-vanced и Basic), JD Reports MAP АграрОфис, Agro-Net NG, Farm View Record Keeper и др. [14].

Электронные карты полей масштаба 1:10000, создаваемые в аграрных ГИС, дают наиболее точное и полное представление о сельскохозяйственных угодьях. Эту информацию можно получить с помощью ДДЗЗ бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние. Общей физической основой дистанционного зондирования является функциональная зависимость между зарегистрированными параметрами собственного или отраженного излучения объекта и его биогеофизическими характеристиками и пространственным положением. Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается

либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства. Процесс сбора данных дистанционного зондирования и их использование в ГИС схематически представлены на рисунок 3 [13].

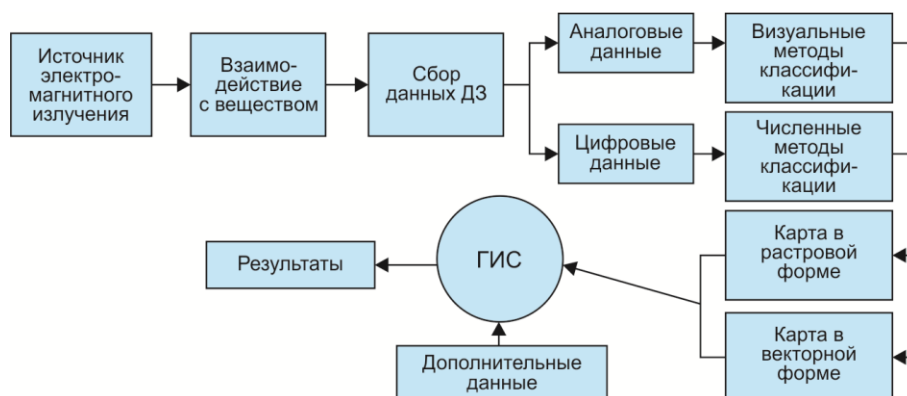


Рисунок 3. Интеграция данных дистанционного зондирования в ГИС

Методы ДЗ основаны на использовании сенсоров, которые размещаются на космических аппаратах и регистрируют электромагнитное излучение в форматах, приспособленных для цифровой обработки, в широком диапазоне электромагнитного спектра. В большинстве методов ДЗ используют инфракрасный диапазон отраженного излучения, тепловой инфракрасный и радиодиапазон электромагнитного спектра.

Для приема, регистрации, обработки, архивации, каталогизации и распространения информации с отечественных и зарубежных космических аппаратов ДЗЗ функционирует ряд компаний (научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ), компания «Совзонад», компания «Ракурс» и др.).

Использование материалов космической съемки отечественными аппаратами и открытыми данными зарубежных спутников позволяет оперативно решать задачи инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения, контроля качества севооборотов, определения границ земельных участков, состояния посевов, оценки и моделирования урожайности, цифрового моделирования рельефа почвы, по разработке проектов и другим задачам цифрового землеустройства.

Важной частью государственного мониторинга земель являются региональные информационные системы, обеспечивающие сбор и консолидацию данных о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на территории субъектов Российской Федерации.

Одним из основных направлений использования ГИС в землеустройстве является мониторинг земель, который представляет собой наблюдения за изменением качественного и количественного состояния земельного фонда и является элементом системы государственного экологического мониторинга.

Роль и значение ГИС для кадастровой и экологической оценки земель сельскохозяйственного назначения на основе агрохимических и почвенных показателей для более точного расчета стоимости земельных участков в настоящее время возрастает. Это связано с тем, что применение ГИС для цифровизации землеустройства, которая удовлетворяла бы всем требованиям специалистов агропромышленного комплекса наряду с пожеланиями специалистов земельного кадастра, органов власти (для предоставления им различной отчетности) и землевладельцев, не существует [15].

Все созданные ГИС, в основном, являются достаточно узкопрофильными и удовлетворяют запросам лишь одной-двух категорий специалистов. Наряду с этим существует задача в автоматизированных расчетах различных агрохимических, агрофизических, почвенных, экологических показателей на определенной площади. Некоторые ГИС выполняют эти функции, однако они нацелены исключительно на сельскохозяйственные нужды. При кадастровой оценке земель не рассчитываются все вышеперечисленные показатели, часто в расчет берутся лишь усредненные данные по району, к которому относится земельный участок.

Поэтому создание и внедрение ГИС с расчетом агрофизических, почвенных и экологических показателей в разрезе кадастровых участков приобретает большое значение.

Использование ГИС-технологий в землеустройстве и земельном кадастре направлено на принятие научно обоснованных проектных предложений, опирающихся на комплексный компьютерный анализ современного состояния земель и ориентированных на наиболее эффективное использование территорий, повышение производительности, экологичности и прибыльности использования земель.

Примером проектирования новых систем земледелия и наукоемких агротехнологий осуществляемых на основе материалов почвенно-ландшафтного картографирования и ГИС является опыт разработки «Центра агротехнологий» по агроэкологической оценке земель, приобретенный в процессе изысканий и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в различных регионах страны с использованием космических и информационных технологий [16].

Почвенно-ландшафтная съемка для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия выполняется, как правило, в масштабе 1:10000. Для этого используются цифровая топографическая основа того же масштаба, почвенные карты предыдущих обследований (если сохранились) и космические снимки с пространственным разрешением 1,0-6,5 м. Использование космических снимков в трех диапазонах сканирования – зеленом (0,50-0,59 мкм), красном (0,61-0,68 мкм) и ближнем инфракрасном (0,79-0,89 мкм) обеспечивает распознавание контуров почв, особенно в контрастных комбинациях – комплексах, сочетаниях, мозаиках.

В процессе съемки местоположение почвенных разрезов фиксируется приборами глобального позиционирования (ГЛОНАСС/GPS). Разрезы добуриваются до грунтовых вод или до глубины 6 м для диагностики гидрогеологического режима и литологических условий. Съемка проводится с использованием ноутбука или планшета с операционной системой Windows и установленной программой ГИС «Карта 2011» (ЗАО КБ «Панорама»). Проведению изыскательских работ предшествуют обмер полей и производственных участков с помощью ГЛОНАСС/DGPS-систем и составление электронной карты существующей полевой инфраструктуры. Результаты почвенно-ландшафтного картографирования и агроэкологической оценки земель выражаются в виде агрогеоинформационной системы (АгроГИС), включающей набор электронных карт, создаваемых в формате ГИС «Карта 2011».

Исходной позицией АгроГИС является цифровая модель рельефа на основе которой создается набор карт и картограмм, отражающих рельеф почвы, крутизну склонов, плодородие и гранулометрический состав почвы и др. Путем взаимного наложения полученных карт создаются карты пригодности полей под определенные культуры, с учетом плодородия почв формируются структура посевных площадей предприятия и севооборот, производится оценка возможности каждого поля по потенциальной урожайности с учетом прямых затрат по каждой культуре.

В результате разрабатывается наиболее эффективная агротехнология, позволяющая значительно увеличить урожайность и качество культуры, оптимизировать прямые затраты и снизить риски агропроизводства.

В качестве программного обеспечения этого процесса используются программы ГИС «Панорама АГРО» и ГИС «Карта 2011». Дальнейшее проектирование включает разработку систем севооборотов, пастбищеоборотов; систем обработки почвы, удобрения и защиты растений, а также соответствующей системы машин. На основе этих проектных решений разрабатываются пакеты наиболее эффективных агротехнологий для различных уровней интенсификации сельскохозяйственного производства.

Кроме рассмотренных в статье ГИС и программных продуктов при освоении цифровых технологий землепользования используются такие информационные продукты как: облачный онлайн-сервис «КосмосАгро»; геоинформационный сервис «Геоаналитика. Агро»; информационно-аналитическая система «ГЕО-Агро»; облачный сервис «История поля», а также разработанная Минсельхозом России Единая федеральная информационная система

о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (ЕФИС ЗСН), введенная в эксплуатацию в 2018 году, которая является основным цифровым ресурсом для управления эффективностью использования земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации [17].

### **Выводы**

Проведенный анализ показал, что Земли сельскохозяйственного назначения являются природным ресурсом, рациональное использование которого определяет эффективность сельского хозяйства, объемы производства продукции и состояние окружающей природной среды.

Использование показателей, определяющих состояние земель сельскохозяйственного назначения полученных в результате мониторинга земель, позволяют своевременно выявлять и применять методы управления земельными ресурсами, изменениям в хозяйственной деятельности сельхозтоваропроизводителей, оптимизировать землепользование и устойчивость земель сельскохозяйственного назначения.

Получение, обработка и использование большого объема многоаспектной информации, характеризующей систему землепользования вследствие значительного количества объектов и субъектов земельных отношений, могут обеспечить только автоматизированные информационные системы.

В связи с этим становится востребованным комплексный подход к ведению мониторинга в сфере земельно-кадастровых отношений с применением современных технических средств и технологий (геоинформационных систем и технологий, спутникового дистанционного зондирования земли, применения БПЛА, интеграции полученных с их помощью данных и т. д.).

Все большую значимость приобретают специализированные ГИС-системы и технологии, позволяющие оперативно отслеживать состояние вегетации, осуществлять мониторинг условий земледелия, таких как погода, агрометеорологические условия, плодородие, эрозия почвы и др. Результаты мониторинга предоставляются в виде интерактивных карт, графиков, диаграмм.

В России наибольшую популярность имеют ГИС, реализованные на основе двух мировых ГИС-платформах – MapInfo компании Pitney Bowes и ArcGIS компании ESRI. В сельском хозяйстве чаще всего используется MapInfo Professional.

Разработанная Минсельхозом России Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (ЕФИС ЗСН) обеспечивает достоверной информацией государственные органы исполнительной власти, местного самоуправления, а также сельхозтоваропроизводителей для выработки эффективных управленческих решений по развитию АПК и рационализации землепользования.

### **Использованные источники:**

1. Волков С.Н., Шаповалов Д.А., Нилиповский В.И. Международная интеграция в области землеустройства – новые подходы и перспективы // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*, 2020. – № 10 (177). – С. 5-13.
2. Волков С.Н., Шаповалов Д.А. Цифровое землеустройство – проблемы и перспективы // *ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ*, 2019. – Т. 3. – № 2, – С. 26-35.
3. Волков С.Н. Новые подходы и перспективы в области землеустройства // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*, 2020. – № 10 (177). – С. 1-4.
4. Лавренникова О.А., Бочкарев Е.А., Зудилин С.Н. Агроландшафтный подход к организации севооборотов с использованием ГИС-технологий // *Международный сельскохозяйственный журнал*, 2020. – № 1 (373). – С. 20-26.
5. Основные направления использования ГИС в землеустройстве и земельном кадастре. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberpedia.su/3x396f.html> (дата обращения: 14.04.2021).
6. Волков С.Н., Шаповалов Д.А. Цифровое землеустройство – проблемы и перспективы // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь – 2019: материалы конгресса*. – Новосибирск: Сибирский государственный университет геосистем и технологий. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://geosib.sgugit.ru/congress-materials/> (дата обращения: 14.04.2021).



7. Шафиева Э.Т., Ермолаева М.Х. Использование ГИС-технологий в землеустройстве // Технические науки, 2018. – №93-1. [Электронный ресурс]. URL: <https://novainfo.ru/article/?nid=15899> (дата обращения: 12.05.2021).
8. Тенденции развития геоинформационных технологий в землеустройстве [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoinfo.ru/files/cifrovoe-zemleustrojstvo-v-sisteme-apk.pdf> (дата обращения: 14.04.2021).
9. Сидорова Г.М. Автоматизированные системы кадастра недвижимости. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2015. – 96 с.
10. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения (состав и структура) [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosovetnik-pskovreg.ru/wp-content/uploads/2016/06/kadastr.jpg> (дата обращения: 13.05.2021).
11. Фарбер С.К., Вараксин Г.С., Байкалов Е.М. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве России // Вестник КрасГАУ, 2013. – № 3. – С. 103-106.
12. Уточнение границ землепользования с применением геоинформационных систем. [Электронный ресурс]. URL: <https://thepresentation.ru/yurisprudentsiya/utochnenie-granits-zemlepolzovaniya-s-primeneniem-geoinformatsionnyh-sistem> (дата обращения: 13.05.2021).
13. Щеголихина Е.А., Гольяпин В.Я. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.
14. Федоренко В.Ф., Мишуков Н.П., Буклагин Д.С., Гольяпин В.Я., Голубев И.Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.
15. Малышева Е.С., Костин И.Г., Хижняк Р.М. Применение геоинформационных систем для кадастровой и экологической оценки земель сельскохозяйственного назначения // Международный сельскохозяйственный журнал, 2021, – № 2 (380). – С. 14-18.
16. Проектирование систем земледелия в АгроГИС [Электронный ресурс]. URL: <http://agrotechcenter.ru/proyektirovaniye-sistem-zemledeliya-v-agrogis-1> (дата обращения: 14.04.2021).
17. Буклагин Д.С., Мишуков Н.П., Труфляк Е.В. Цифровые технологии в землепользовании и землеустройстве: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 96 с.

УДК 528.88

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-41-48

*Воронина П.В.<sup>1,2</sup>, Мамаш Е.А.<sup>1</sup>, Пестунов И.А.<sup>1</sup>, Кудряшова С.Я.<sup>3</sup>, Чумбаев А.С.<sup>3</sup>,  
<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий,  
<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет,  
<sup>3</sup>Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск*

## **ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

В работе представлены результаты картографического моделирования температурного режима земельного фонда Новосибирской области по спутниковым данным, полученным с помощью спектрорадиометра MODIS/Terra.

**Ключевые слова:** MODIS, обработка спутниковых данных, температура подстилающей поверхности, картографическое моделирование почв.

**Введение.** Рациональное использование земельного фонда любой территории невозможно без построения картографических моделей температурных полей земной поверхности. Анализ таких моделей позволяет выделить климатические особенности регионального почвенного климата, выявить уникальность климата почв и указать степень их возможного сельскохозяйственного и производственного назначения [1-4].

В процессе изучения температуры почвы одним из источников информации могут выступать данные космической съемки в тепловом инфракрасном диапазоне [5-7]. Такими данными могут быть, например, снимки, полученные с помощью спектрорадиометра MODIS, установленного на спутнике Terra. Регулярность повторяемости съемки и значительный охват изучаемой (порой весьма труднодоступной) территории составляет несомненное преимущество использования данных дистанционного зондирования (ДДЗ) низкого пространственного разрешения [8, 9].

Для такого сложного природно-антропогенного комплекса, как Новосибирская область, знание оценки теплообеспеченности земельного фонда способствует повышению эффектив-

ности использования всех категорий земель, независимо от их целевого назначения, а его температурный режим представляет собой инструмент в исследовании экологического состояния территории, ее рационального природопользования [10-14].

Целью настоящей работы является картографическое моделирование температурных полей подстилающей поверхности в границах Новосибирской области по спутниковым данным Terra/MODIS для исследования температурного режима и выявления его особенностей. Для реализации заявленной цели проведен анализ полученных после обработки спутниковых снимков пространственно-временных рядов температур для различных временных интервалов, в том числе, и их агрегация. Среднегодовая температура поверхности Земли является простейшим метеорологическим индикатором, в котором, как в фокусе, отражены важнейшие физические процессы, происходящие в атмосфере и в почве. Таким образом, среднегодовая поверхностная температура является показателем особенностей почвенного климата и взаимодействия двух взаимопроникающих сред – почвенной и растительной.

**Характеристика территории исследования.** Изучаемая территория – Новосибирская область, располагается в глубине обширного евразийского континента в центре России на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. Долина р. Обь разделяет область на две неравные части, наибольшая (западная) представляет однородную равнину, меньшая (восточная) – всхолмленные возвышения с определенным ростом высот в восточном и, особенно, юго-восточном направлениях. Площадь территории области 177,76 тыс. км<sup>2</sup>, ее протяженность с запада на восток – 642 км, с севера на юг – 444 км, заключена между 53°3' с. ш. до 57°25' с. ш. и 75° в. д. до 85°1' в. д. В пределах широкой полосы Обь - Иртышского междуречья в южной части Западно-Сибирской равнины расположена Барабинская лесостепь, территория которой представляет слабо приподнятую равнину (105-165 м н. у. м.), слегка наклоненную с северо-востока на юго-запад. Рельеф Барабы всхолмленный на севере и гривный или гривно-котловинный на юге. Ее характерным геоморфологическими особенностями являются заболоченные межгривные котловины, множество пресных и соленых озер, высокая степень залесенности и заболоченности на севере, которая резко снижается на юге [10, 12, 13]. Барабинская лесостепь – уникальный объект исследований в планетарном масштабе именно в силу равнинного характера своего рельефа, где практически в идеальном виде проявляется широтная биоклиматическая зональность. Это делает исследуемый регион перспективным для понимания динамики изменения зональности экосистем в условиях изменяющегося климата.

Расположенный на р. Обь г. Новосибирск является центром крупной агломерации, представляющей компактное скопление населенных пунктов, главным образом городских, местами срастающихся, объединенных в сложную многокомпонентную динамическую систему с интенсивными производственными, транспортными и культурными связями. Ядро агломерации образуют г. Новосибирск и примыкающие к нему города и поселки. Характерной особенностью Новосибирской городской агломерации является ее выраженная моноцентричность – площадь г. Новосибирска намного больше общей площади входящих в ее состав населенных пунктов. Развивающаяся городская агломерация оказывает мощное воздействие на объекты окружающей среды, в том числе является причиной образования островов тепла, которые приводят к изменению температурного режима урбанизированных территорий.

Таким образом, Новосибирская область, в целом, представляет собой сложный природно-антропогенный комплекс, а его температурный режим является одним из инструментов в исследовании экологического состояния территории [13, 14].

Область расположена в зонах южной тайги, смешанных лесов и лесостепи (рисунок 1). Климат Новосибирской области определяется как суровый: с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Суровость климата в первую очередь обеспечивается особенностями погодного режима в зимний период. В то же время строение рельефа внутренних частей и особенности подстилающей поверхности формируют местные климато-экологические различия, которые выражаются в характере растительности, снежного и почвенного покровов, густоте водной сети и т. д. [11].

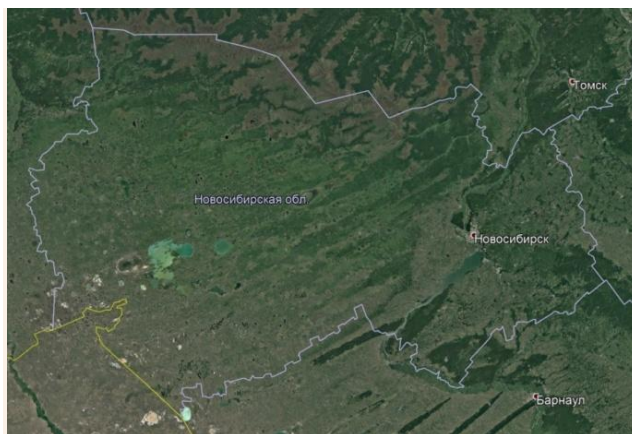


Рисунок 1. Новосибирская область – территория исследования (Google Earth Pro)

**Материалы исследования – пространственно-временные ряды данных.** Одной из особенностей настоящего исследования является извлечение данных спутникового зондирования из архива ФИЦ ИВТ по технологии hVault [16] и последующая работа с ними. В отличие от традиционной выгрузки отдельных сцен с последующим подключением к геоинформационной системе, что дает возможность визуализировать данные в виде наборов тематических слоев, но при этом затрудняет использование одновременно большого числа спутниковых снимков с применением сложных функций их обработки, технология hVault обеспечивает виртуальную интеграцию представленных в архиве данных в реляционной СУБД. В основе этой технологии лежит принцип представления данных в виде набора таблиц, содержащих данные спутниковых изображений или построенных на их основе информационных продуктов, с последующим анализом пространственно-временных рядов средствами СУБД. Отображение этих данных в таблицы производится следующим образом: каждой пространственной точке ставится в соответствие кортеж, содержащий географические координаты, временной интервал наблюдений и последовательность значений измеренных величин. В таком представлении извлечение и преобразование данных производится с помощью SQL-запросов, при этом для пользователя не имеет значение ни исходный формат хранения данных, ни их разделение на отдельные файлы. Программный модуль, реализующий этот принцип, разработан как расширение свободно распространяемой СУБД PostgreSQL [16].

В проведенном анализе пространственно-временных рядов ДДЗ использовались продукты, получаемые в результате обработки данных спектрорадиометра MODIS, установленного на спутнике Terra. Значения температуры восстанавливаются по измерениям интенсивности инфракрасного излучения, регистрируемого в каналах 31 (10.78-11.28 мкм) и 32 (11.77-12.27 12 мкм), по алгоритму [17], что составляет продукт MOD11A1. Содержащиеся в MOD11A1 данные представлены на регулярной сетке в синусоидальной проекции с размером ячейки ~1 км. При хороших (безоблачных) атмосферных условиях наблюдения алгоритм [17] обеспечивает точность восстановления температуры поверхности в пределах 1 К.

Для анализа пространственно-временных рядов температуры поверхности территории Новосибирской области рассчитаны средние значения температуры, измеренной в ночное и дневное время и их разности в точке: для всего года, в целом; для каждого календарного года с 2001 по 2014 гг.; для всего интервала с 2001 по 2014 гг., т. е. для 14 лет; и для весеннего периода с 10 апреля по 30 мая; также для каждого календарного года с 2001 по 2014 гг. (данные взяты из архива ФИЦ ИВТ). Среднее значение в точке за 14 лет вычисляется уже по посчитанным среднегодовым массивам. Это сделано для ускорения расчетов. Изучаемая территория покрывается 400000 точек. Можно с некоторой условностью сказать, что расчетная часть по технологии hVault эквивалентна одновременной работе с 365 снимками.

**Обсуждение результатов.** Среднегодовая температура поверхности почвы представляет метеорологический элемент, отражающий особенности теплообмена на протяжении года, и зависит от интенсивности солнечной радиации, особенностей циркуляции атмосферы и физических характеристик почвенного покрова. Для получения представления об измене-



ниях температурного режима Новосибирской области получим усредненную температуру поверхности сначала в географической точке территории за календарный год, а затем по всем рассматриваемым годам (с 2001 по 2014 гг.) (рисунок 2). По данным ночной съемки самая низкая минимальная средняя температура была в 2010 и 2012 гг., а самая высокая максимальная – в 2002 г. и чуть ниже в 2003 г. По данным дневной съемки самая низкая средняя температура была в 2010 г., а самая высокая – в 2010 и 2012 гг.

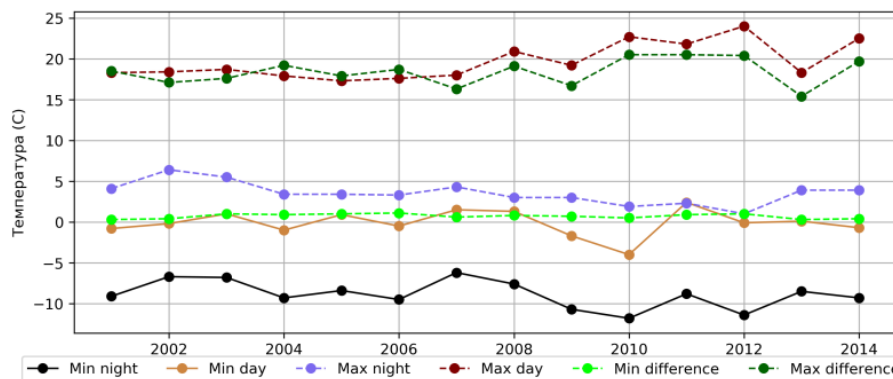


Рисунок 2. Средние поверхностные температуры по данным ночной и дневной съемок и их разность

По данным режимной сети Гидрометслужбы среднегодовая температура почвы на ее поверхности изменяется на 1-2°C, и при этом строго прослеживается зональность: 0°C – в подтайге, 1°C – в лесостепи и 2°C – в степи. Отмечается, что температуры поверхности засоленных почв на 1°C ниже, чем на незасоленных автоморфных.

По извлеченным пространственно-временным рядам поверхностной температуры определены средние значения в географической точке за один календарный год по данным ночной и дневной съемки и вычислены их разности. Такие расчеты проведены для каждого года с 2001 по 2014 гг. По полученным результатам можно судить о пространственной структуре температуры поверхности территории с позиции ее неоднородности, о качественных изменениях температурного режима от года к году.

На рисунке 3 и 4 показано распределение средней температуры по данным ночной, дневной съемки и их разности для 2002 г. и 2010 г., соответственно. Видно, что средние температуры значительно отличаются в эти годы, температуры подстилающей поверхности в 2002 г. выше, чем в 2010 г. Но как и в более суровом, так и в более мягком проявлении погодного режима отчетливо просматривается классическая широтная зональность распределения температуры поверхности, что весьма характерно для юго-востока Западной Сибири: с севера на юг, по зонам, наблюдается стабильное повышение и средних отрицательных, и средних многолетних минимальных температур, и абсолютного минимума температур. Таким образом, суровость зимнего периода возрастает с юга на север, что обуславливает и увеличение экологической нагрузки на организмы человека и животных во время зимних периодов [11].

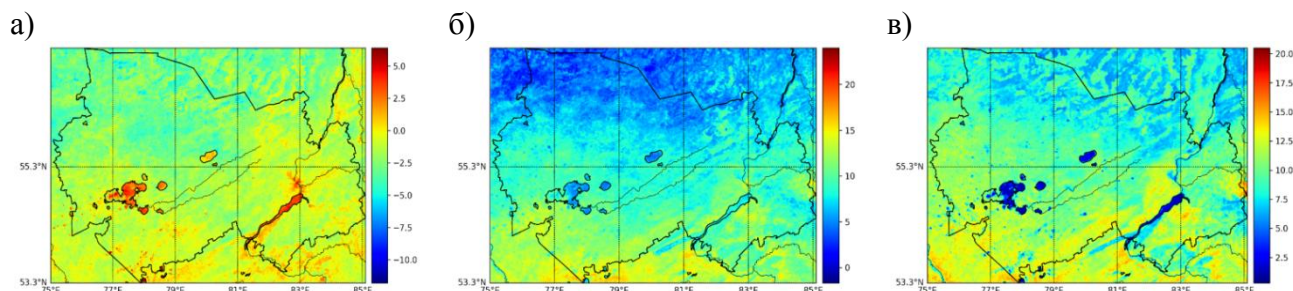


Рисунок 3. Распределение средней температуры за 2002 г. а) данные ночной съемки, б) данные дневной съемки, в) разность данных дневной съемки и ночной

На рисунке 5 представлено распределение усредненной среднегодовой температуры поверхности почв в системе зональных типов климата Новосибирской области. Сначала определено среднее значение температуры в пикселе по данным за один календарный год за период 2001–2014 гг., далее найдено среднее за 2001-2014 гг. по результатам съемки в ночное и дневное время. Те же действия выполнены для разности дневной и ночной температуры подстилающей поверхности. Здесь отчетливо прослеживается широтная зональность распределения температуры почв с юга на север от зоны типичной степи до зоны южной тайги (рисунки 5 а, 5 б). В пределах зональных подразделений также могут быть выделены подзональные типы почвенных климатов Барабинской низменности – в северной подзоне распространены подзолистые и серые лесные почвы, лугово-черноземные солонцеватые и солончакватые занимают ее центральную часть, и черноземы, выщелоченные и обыкновенные с остаточной солонцеватостью, преобладают в южной подзоне лесостепи. Температурные поля с близкими значениями температур, которые отмечаются на карте области, могут характеризовать разнообразие ландшафтных, антропогенных и других типов климата. Отмечаются термические ресурсы, не нашедшие отражения в генерализации зонального районирования, но которые могут быть выделены на картографических моделях, как имеющие самостоятельное экологическое значение. Средняя разность дневных и ночных температур меняется от больших на юге области к меньшим на севере, опять с четко выраженной широтной зональностью (рисунок 5 в).

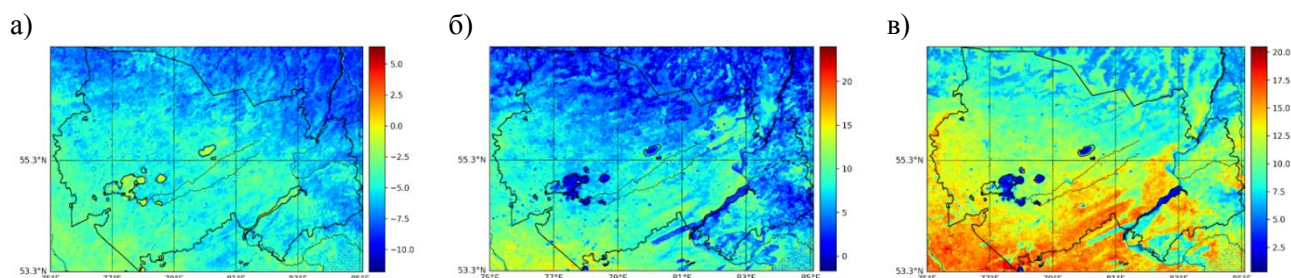


Рисунок 4. Распределение средней температуры за 2010 г. а) данные ночной съемки, б) данные дневной съемки, в) разность данных дневной съемки и ночной

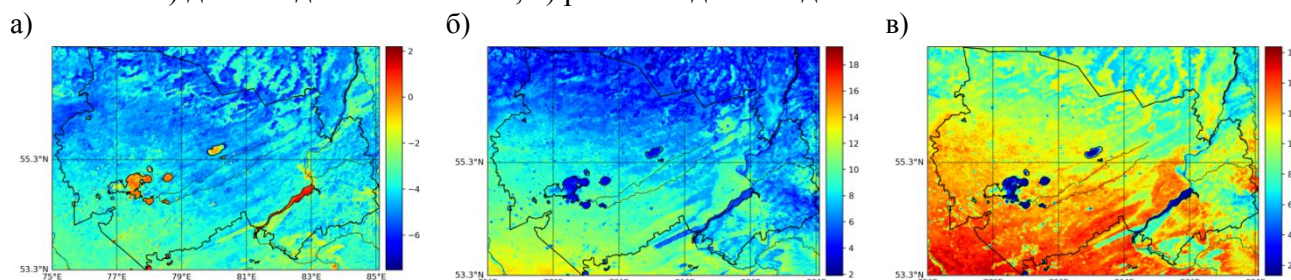


Рисунок 5. Распределение усредненной среднегодовой температуры подстилающей поверхности Новосибирской области за период 2001-2014 гг.:

а) данные ночной съемки, б) данные дневной съемки,  
в) разность данных дневной и ночной съемок

На температуру почвы оказывает влияние тип почвы, характер ее засоления, гранулометрический состав. Таким образом, среднегодовая температура подстилающей поверхности по всей территории Новосибирской области изменяется от 0 до 2°C. Годовые температуры автоморфных и полугидроморфных почв положительны, изменчивость их по территории составляет 2,3-1,8°C. Засоленные почвы в среднем за год холоднее незасоленных.

Ярко выраженная сезонная ритмичность всех компонентов природы в умеренном поясе, в котором располагается Новосибирская область, обуславливает и сезонный ход температуры почвы, и своеобразие факторов климатообразования, что отражается в специфике теплового режима почв. За начало теплого и холодного периодов в почве приняты даты перехода через нулевую температуру, в первом случае – от отрицательных, в другом – от положительных.



На рисунке 6 приведены графики изменения средней дневной и ночной температуры по региону для 2002 и 2010 гг. Заметим, что переход от отрицательных средних дневных значений к положительным происходит в апреле (в редких, аномальных, годах в марте), а ночные температуры меняют знак в апреле. Хотя, как мы видим на графиках (рисунок 6), отрицательные значения случаются и в мае.

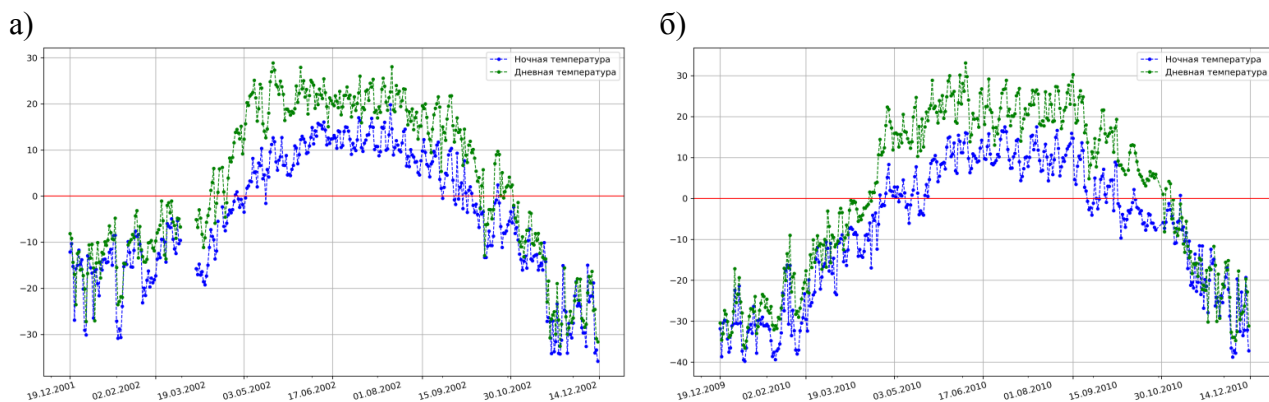


Рисунок 6. Средняя температура по региону за а) 2002 г, б) 2010 г.

Устойчивый переход от отрицательных температур к положительным знаменует начало теплого периода, что важно при сельскохозяйственном использовании земель. Однако провести исследование по установлению дня, когда на всей или части области и ночные, и дневные значения температуры поверхности становятся положительными, не представляется возможным ввиду значительных пропусков в анализируемых пространственно-временных рядах данных (и по пространству, и по времени). Тем не менее, нами предпринята попытка получить распределение температуры почвы в предполагаемые сроки весенней сезонной перемены знака значения температуры.

Большое значение для использования земель в сельскохозяйственных целях имеют сроки перехода ночной и дневной температуры через нулевую отметку. На рисунке 7 показаны результаты анализа весеннего изменения значений средней температуры вблизи дней изменения знака температуры. Рассмотрены три месячных периода: с 10 апреля по 10 мая 2010 г., с 20 апреля по 20 мая 2010 г. и с 1 мая по 30 мая 2010 г., для каждого периода получены средние в пикселе ночные и дневные температуры и их разности. Средние дневные температуры в указанные временные интервалы практически на всей территории становятся положительными, более того они значительно превышают  $10^{\circ}\text{C}$ , и мы их не приводим. А вот средние ночные температуры в пикселе еще отрицательные, но сравнивая три весенних периода, видно, что «потепление» поверхности происходит в широтно-зональном направлении (рисунок 7). В мае практически вся территория Новосибирской области оказывается уже в зоне положительных ночных температур (рисунок 7 в).

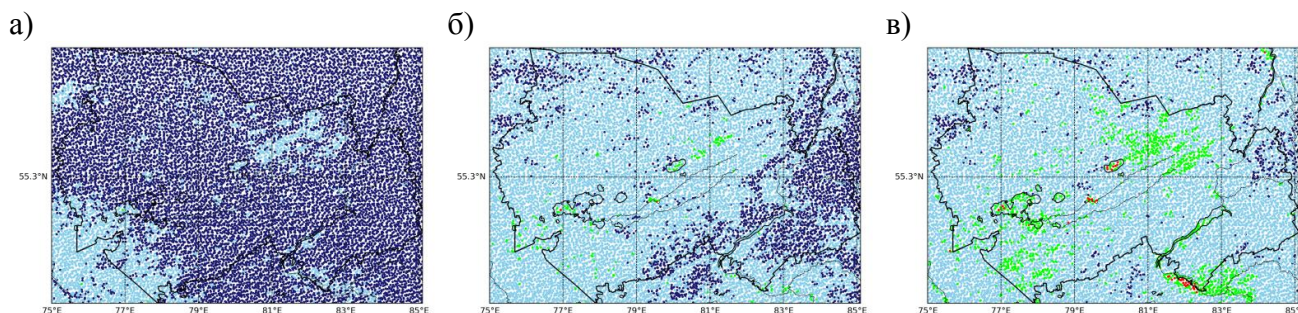


Рисунок 7. Распределение средней ночной температуры в пикселе за периоды:

а) 10.04–10.05.2010 г., б) 20.04–20.05.2010 г., в) 1.05–30.05.2010 г.

Соответствие цветов значениям температуры: темно-синий –  $T < 0^{\circ}\text{C}$ , светло-синий –  $0^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$ , зеленый –  $5^{\circ}\text{C} < T < 10^{\circ}\text{C}$ , красный  $T > 10^{\circ}\text{C}$

Уже в мае температура поверхности почвы испытывает более значительные колебания, чем зимой, что хорошо видно на рисунке 8. Температура почвы скорее и интенсивнее переходит к положительным значениям, чем южнее расположена зона. Как видим, и здесь хорошо прослеживается зональность.

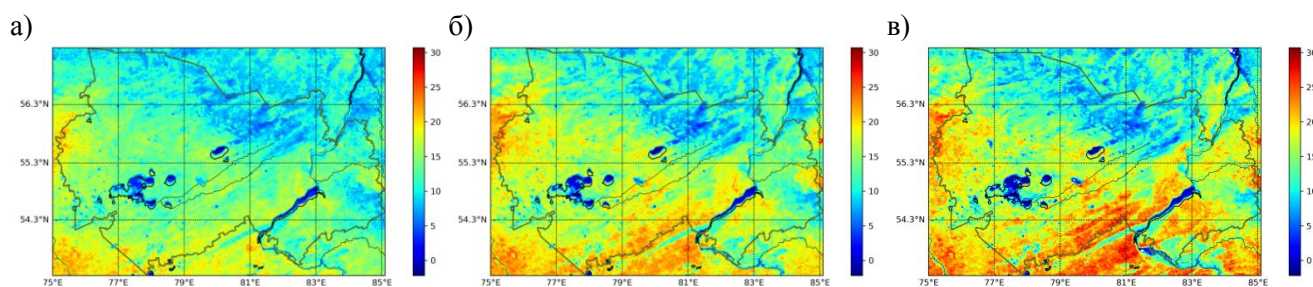


Рисунок 8. Распределение средней разности дневной и ночной температур в пикселе за периоды: а) 10.04–10.05.2010 г., б) 20.04–20.05.2010 г., в) 1.05–30.05.2010 г.

Для валидации данных Modis/Terra летом 2021 года на территории Новосибирской области, вблизи села Усть-Каменка Тогучинского района были установлены специализированные регистраторы температуры DS-1921 «Thermochron». Измерения проводились с 09.06.2021 по 20.09.2021. Датчики располагались в токах, где влияние рельефа местности было сведено к минимуму, поверхность однородная, заросшая травой. Для каждого датчика число извлеченных из архива соответствующих спутниковых измерений колебалось от 21 до 27 за весь исследуемый период. В остальное время территория находилась под влиянием облачности, либо данные не прошли проверку на качество. Типичные графики для дневных и ночных измерений представлены на рисунке 9. На приведенном рисунке средние разности температур составляют  $\sim 2,3^{\circ}\text{C}$  как в дневное, так и в ночное время, а коэффициент корреляции – выше 0,8.

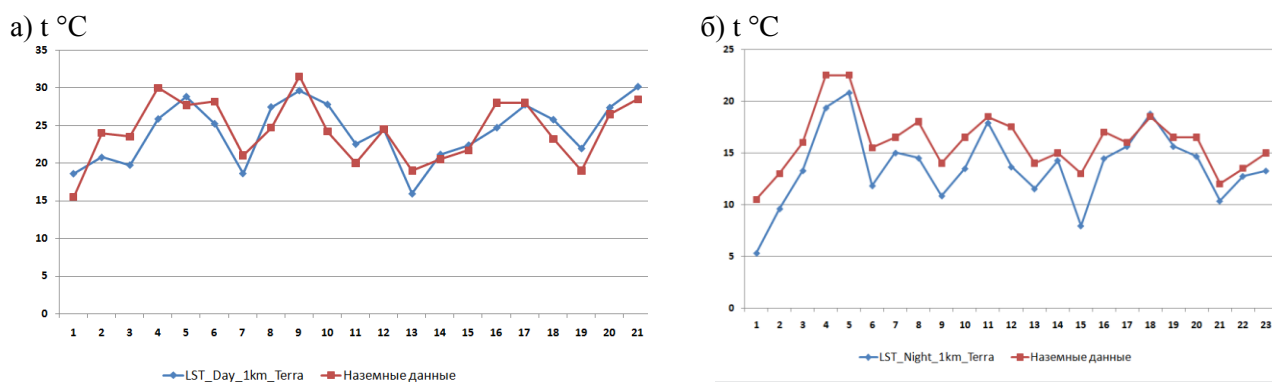


Рисунок 9. Графики дневных (а) и ночных (б) температур, полученных на основе наземных и спутниковых измерений (Modis/Terra) за период 09.06.2021–20.09.2021.

Горизонтальная шкала – номер измерения

Полученные результаты свидетельствуют не только о принципиальной достоверности спутниковых данных, но и позволяют судить о характере связи между наземными и спутниковыми данными. Так на основе данных ночной съемки мы видим, что в большинстве случаев наземные измерения превышают спутниковые, что может быть связано с тем, что поверхность земли остывает медленнее воздуха, а спутник улавливает влияние приземных воздушных масс.

**Заключение.** Температура поверхности почвы является важным индикатором в оценке нарушений климато-экологического взаимодействия. Полученные по результатам анализа пространственно-временных рядов спутниковых данных Terra/MODIS картографические модели термических ресурсов представляют интерес в оценке теплообеспеченности земельного фонда Новосибирской области, что дает возможность эффективного использования всех ка-

тегорий земель, независимо от их целевого назначения. Изучение температуры подстилающей поверхности позволяет также выявить особенности почвенного климата, что важно для рассмотрения экологических процессов и их взаимодействия с двумя взаимопроникающими средами – почвенной и растительной, и это также потребует анализа пространственно-временных рядов температуры подстилающей поверхности.

Полученные в ходе исследования результаты могут послужить основой для районирования территории области по степени безопасности природопользования.

#### Использованные источники:

1. Kudryasheva S.Ya., Chumbaev A.S., Pestunov I.A., Sinyavskiy Y.N., Chubarov D.L., Bezborodova A.N., Ermakov N.B. Cartographic Modeling of Soil Temperature Fields for Middle Siberia Transect Based on Conjoint Analysis of Automated Ground-based and Satellite Temperature Data // CEUR Workshop Proceedings, 2020. – Vol. 2534. – P.124-131. ISSN 1613-0073. [http://ceur-ws.org/Vol-2534/21\\_short\\_paper.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2534/21_short_paper.pdf).
2. Воронина П.В., Чубаров Д.Л., Добрецов Н.Н. Анализ временных рядов температуры поверхности Земли // Вычислительная математика и математическая геофизика: сб. трудов междунар. конф. посв. 90-летию со дня рождения акад. А.С. Алексеева. 2018. – С. 108-114.
3. Voronina P.V., Chubarov D.L., Dobretsov N.N. The Study of the Temperature Regime of the Novosibirsk Agglomeration According to the Satellite Sensing Data // CEUR Workshop Proceedings, 2020. – Vol. 2534. – P.327–333. ISSN 1613-0073. [http://ceur-ws.org/Vol-2534/55\\_short\\_paper.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2534/55_short_paper.pdf).
4. Воронина П.В., Чубаров Д.Л., Добрецов Н.Н. Тепловые аномалии Барабинской низменности. Первые результаты // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 4. – № 1. – С. 28-36.
5. Voogt J.A., Oke T.R. Thermal remote sensing of urban climates // Remote Sensing of Environment. – 2003. – No. 86. – P. 370-384.
6. Weng Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2009. – No. 64. – P. 335-344.
7. Weng Q., Quattrochi D.A. Thermal remote sensing of urban areas: An introduction to the special issue // Remote Sensing of Environment. – 2006. – No. 104. – P. 119-122.
8. Cheval S., Dumitrescu A. The July urban heat island of Bucharest as derived from MODIS images // Theoretical and Applied Climatology. – 2009. – No. 96. – P. 145-153.
9. Pu R., Gong P., Michishita R., Sasagawa T. Assessment of multi-resolution and multi-sensor data for urban surface temperature retrieval // Remote Sensing of Environment. – 2006. – No. 104. – P. 211-225.
10. Почвенно-климатический атлас Новосибирской области. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. – 121 с.
11. Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 228 с.
12. Кравцов В.М., Донукалова Р.П. География Новосибирской области. – Новосибирск: Инфолио-пресс, 1999. – 205 с.
13. Западно-Сибирская низменность. М.: География, 1963. – 262 с.
14. Кузнецов А.В., Кузнецов Н.А. Охотничьи угодья Новосибирской области. - 3-е изд., доп. и перераб. – Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 1987. – 232 с.
15. Shokin Y.I., Pestunov I.A., Chubarov D.L., Kikhtenko V.A., Mamash E.A., Dobretsov N.N., Voronina P.V., Sinyavsky Y.N. Information System for Satellite Data Acquisition, Archiving and Analysis as an Instrument for Monitoring of Objects of Artificial and Natural Origin // CEUR Workshop Proceedings, 2020. Vol. 2534. P.229-240. ISSN 1613-0073. [http://ceur-ws.org/Vol-2534/39\\_short\\_paper.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2534/39_short_paper.pdf).
16. Шокин Ю.И., Добрецов Н.Н., Мамаш Е.А., Кихтенко В.А., Воронина П.В., Смирнов В.В., Чубаров Д.Л. Информационная система приема, обработки и доступа к спутниковым данным и ее применение для решения задач мониторинга окружающей среды // Вычислительные технологии. – Т. 20. – № 5. – С. 157-174.
17. Wan Z., Dozier J. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. – Vol. 34. – No. 4. – P. 892-905.

УДК 631.3:004.04

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-48-51

*Гарафутдинова Л.В.,  
СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

## **ИНТЕГРАЦИЯ ГИС И МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕШЕНИЙ**

При принятии важных и сложных пространственных решений, связанных с землепользованием, необходима соответствующая информация и инструменты для понимания свойственных им компромиссов. Многокритер-

риальный анализ решений (МКАР) – это семейство методов, которые дают возможность лицам для принятия решения с некоторой долей вероятности оценить множество критериев. Эти методы для анализа пространственных проблем интегрированы с географическими информационными системами (ГИС).

**Ключевые слова:** ГИС, МКАР, оценка пригодности земель, альтернативы.

Оценка пригодности земель сельскохозяйственного назначения для производства растениеводческой продукции и оптимизации размещения культур по рабочим участкам является ключевым аспектом сельскохозяйственного планирования и принятия решений. Оценка должна проводиться по ряду критериев, связанных с пространственно распределенными природными условиями и социально-экономическими потребностями. В виду того, что способы поддержки принятия решений по этой проблеме являются довольно сложными, возникает потребность в их формализации с использованием доступной информации и инструментов ее анализа.

Для этих целей разработан комплекс методов, объединенных под общим названием «Многокритериальный анализ решений» (МКАР), а для анализа оптимального использования различных пространственно распределенных ресурсов эти методы интегрируются с ГИС [1, 2].

МКАР преимущественно используется как инструмент для принятия решений в непрямых управленческих ситуациях, касающихся множества критериев (объектов), возникающих при рассмотрении производственных, экономических и экологических ситуаций, а в некоторых случаях и всех в совокупности. Основная идея МКАР заключается в помощи лицу, принимающему решения, посредством анализа набора альтернатив и выбора среди них наиболее предпочтительной [3].

МКАР включает в себя несколько методов анализа альтернатив (критериев) для принятия решения. Основные из них следующие: метод простого аддитивного взвешивания (SAW), метод TOPSIS, методы ELECTRE, PROMETHEE, метод анализа иерархий (МАИ) [4]. Представленные методы благодаря своей простоте в реализации доступны широкому кругу лиц, что позволяет использовать МКАР во многих дисциплинах без особой подготовки.

Суть метода простого аддитивного взвешивания (SAW) заключается в поиске суммы взвешенных оценок производительности по каждой альтернативе по всем атрибутам [5]. Принятие решения с использованием данного метода основывается на составлении рейтинга альтернатив.

Основная идея метода TOPSIS заключается в том, что есть идеальная и неидеальная альтернативы. После заданных в пространстве критериев выбирается наилучшая альтернатива, которая должна быть близка к идеальному решению, и быть дальше всех от неидеального решения [6]. Метод был представлен в 1981 году Хвонгом и Юном.

Метод ELECTRE предложен профессором Бернаром Руа в середине 1960-х годов. Суть методов ELECTRE заключается в использовании при расчетах индексов согласия и несогласия. Одним из преимуществ данного метода является наличие шкалы относительной важности критериев [7].

Предложенный в начале 1980-х годов Жан-Пьер Брансом метод PROMETHEE, заключается в отражении плюсов и минусов альтернатив, позволяя выбирать альтернативу из некоего набора критериев. Представленный метод основан на простой концепции, что делает его простым в применении. Для метода PROMETHEE нужны два критерия для ранжирования: веса рассматриваемых критериев и информация о предпочтениях экспертов, участвующих в анализе [8].

Метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати, позволяет для получения относительных весов использовать попарное сравнения критериев. Для упрощения и структурирования представленной проблемы с помощью МАИ необходимо разбить ее на отдельные составные части и выделить для каждой проблемы главную цель. Достижение главной цели МАИ – построение дерева решения проблемы [9].

При выборе необходимой информации и адаптации ее для эффективного управления хозяйством может быть использована автоматизированная информационная система на основе



ГИС. ГИС – это инструмент для пространственного отображения и анализа, сбора и хранения данных, используемый для решения задач, связанных с землей. Существует большое количество пакетов ГИС с возможностью интеграции МКАР: ArcGIS, IDRISI, CommonGIS, QGIS и др. Большинство из них в бесплатном доступе, но с ограниченной функцией МКАР. Полный пакет МКАР доступен в платной версии IDRISI, CommonGIS.

Взаимосвязь многокритериального анализа и геоинформационных систем используется при принятии решений и основывается на анализе моделей, связанных с оценкой земли. Внедрение данного подхода предоставляет возможность в некоторой мере усовершенствовать процесс оценки земель. Ведь основной задачей является выбор участка с желаемыми условиями, определенными критериями отбора. Усиливающий эффект взаимодействия генерируется с помощью данных методов, который приводит к повышению эффективности пространственного анализа данных при выборе принятия решения. Выбор рабочего участка для ведения сельскохозяйственной деятельности это критическое решение, которое может кардинально повлиять как на прибыль, так и на убыток в сельскохозяйственной деятельности. Данная оптимизация зачастую включает в себя большое количество факторов принятия решений, которые иногда противоречат друг другу. Хотя данные инструменты и играют большую роль в выборе решений проблем в сельскохозяйственном производстве, но и каждый выбранный инструмент имеет свои ограничения, и они не могут взаимодействовать по отдельности. Поэтому ГИС с использованием МКАР уделяется все больше внимания [10].

МКАР на основе ГИС облегчает выбор, расчет и анализ пространственных критериев, такие как уклон, расчлененность рельефа, эродированность, расстояние до рабочего участка, показатели агрохимического состава почвы. Интерфейс ГИС позволяет активировать все функции МКАР. С ГИС могут быть интегрированы практически все методы МКАР. Большинство методов МКАР могут использоваться лишь при небольшом количестве альтернатив из-за вычислительных ограничений. Это ограничивает исследователя в выборе метода МКАР в пространственно ориентированных задачах. С уменьшением количество альтернатив при принятии решения появляется риск некачественного анализа [11]. Содержащийся в информационных слоях ГИС атрибут можно взвесить и оценить как положительный или отрицательный фактор для реализации определенной цели. Также его можно оценить в сочетании или в зависимости от других факторов и в соответствии с этим противопоставить, усилить или отменить [12].

Следовательно, интеграция ГИС и МКАР с целью оценки пригодности земель сельскохозяйственного назначения для производства растениеводческой продукции является одним из приоритетных способов поддержки принятия решений. Работая с большим объемом пространственных данных при выбранных весах и альтернативах, МКАР, интегрированный с ГИС, помогает принять оптимальное взвешенное решение. Внедрение данного подхода в сельскохозяйственную деятельность позволит принимать решения, нацеленные на эффективность и результативность производства.

#### Использованные источники:

1. Kalichkin V.K., Pavlova A.I., Logachova O.M. GIS-based multi-criteria analysis of the suitability of Western Siberian forest-steppe lands // *Annals of GIS*. – 2021. – Vol. 27. – № 2. – P. 225-237.
2. Seyedmohammadi J., Sarmadian F., Jafarzadeh A.A., McDowell R.W. Development of a model using matter element, AHP and GIS techniques to assess the suitability of land for agriculture // *Geoderma*. – 2019. – Vol. 352. – P. 80-95.
3. Петросян М.О., Зеленков П.В., Ковалев И.В., Ефремова С.В. Методы многокритериального анализа решений // *Решетневские чтения*. – 2016. – С. 76-77.
4. Rouyendegh B D, Bac U and Erkan T E Sector Selection for Erp Implementation To Achieve Most Impact on Supply Chain Performance By Using Ahp-Topsis Hybrid Method. – 2014. Vol. 21. – № 5. –P. 933–937.
5. Jayanti E., Penerapan metode simple additive weighting dalam sistem pendukung keputusan perekrutan karyawan (studi kasus : pt. perkebunan nusantara iii medan) // *Pelita Informatika budi Darma*. – 2015. – Vol. 9. – № 3. – P. 149–154.
6. Perdana, Nuri Guntur and Widodo, Tri (2013) *Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Beasiswa Kepada Peserta Didik Baru Menggunakan Metode TOPSIS*. Semantik. – 2013. – Vol. 3. – № 1. – P. 265-272.
7. Горячева, Н.А. К вопросу о выборе метода сравнения для поиска средства реализации для автоматизации деятельности организации // *Цифровизация как драйвер развития науки и образования: сб. статей междунар.*

- науч.-практ. конф., Петрозаводск, 21 января 2021 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2021. – С. 73-76.
8. Muhammet G., Erkan C., Alev T.G., Ali F.G. A fuzzy logic based PROMETHEE method for material selection problems // Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Science. – 2018. – Vol. 7. – № 1. P. 68-79.
9. Корнилов Д.А., Первышин М.Н., Корнилова Е.В. Выбор предпочтительного варианта потребительского инвестирования на основе метода анализа иерархий (МАИ) // Иннов: электронный научный журнал. – 2016. – № 4(29). – С. 8.
10. Каличкин В.К., Логачёва О.М., Сигитов А.А., Гарафутдинова Л.В. Интеграция геоинформационной системы и методов многокритериального анализа решений для оценки пригодности земель сельскохозяйственного использования // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 50(6). – С. 93-105.
11. Greene R., Devillers R., Luther J.E., Eddy B.G. GIS-based multiple-criteria decision analysis // Geography Compass. – 2011. – Vol. 5. – № 6. – P. 412-432.
12. Родригес В.С., Мокрова Н.В. Многокритериальная оценка альтернатив территориального планирования при строительстве плотин с использованием технологий географических информационных систем // Отходы и ресурсы. – 2020. – Т. 7. – № 1. – С. 11.

УДК 026:63:316.3:[63:001.89](571.1/5)

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-51-55

*Гарке Т.М., Кретова Е.А., Мельникова Т.Н.,  
СибНСХБ – филиал ГПНТБ СО РАН, г. Новосибирск*

### **СИБИРСКАЯ НАУЧНАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИБЛИОТЕКА – ФИЛИАЛ ГПНТБ СО РАН КАК СОЦИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ В СИСТЕМЕ НАУЧНЫХ КОММУНИКАЦИЙ АГРАРНОЙ НАУКИ СИБИРИ**

Рассмотрено взаимодействие СибНСХБ и научных организаций сельскохозяйственного профиля Сибири в системе научных коммуникаций. Определены основные тенденции в реализуемых библиотекой процессах информационного сопровождения научных исследований.

**Ключевые слова:** Сибирская научная сельскохозяйственная библиотека, информационное сопровождение научных исследований, аграрная наука, научные организации сельскохозяйственного профиля Сибири, информационная среда, библиотечные сервисы.

В условиях продолжающегося реформирования науки Сибирская научная сельскохозяйственная библиотека – филиал ГПНТБ СО РАН (далее СибНСХБ) направляет основные усилия на сохранение единого информационного пространства аграрной науки Сибири и поддержание своей аутентичности [1]. В 2017-2020 гг. нами были проведены два научных исследования, направленные на изучение состояния и развития системы информационного обеспечения аграрной науки и образования Сибири с учетом изменений, происходящих в экономической, научной и информационной сферах [2, 3].

Речь идет об изучении состояния информационного обеспечения 32 научных организаций аграрного профиля Сибири, ранее подведомственных Сибирскому отделению Россельхозакадемии, а с 2015 года объединенных во вновь созданные Федеральные исследовательские центры (ФИЦ) и Федеральные научные центры (ФНЦ), расположенные на территориях Новосибирской, Омской, Томской, Тюменской, Иркутской, Читинской областей, Забайкальского, Красноярского, Алтайского краев, республик Тыва, Хакасия, Алтай, Бурятия, Саха (Якутия) (рисунок 1).

На первом этапе были собраны данные об изменении их организационно-правовых форм и научной деятельности. Полученная информация была особым образом систематизирована в специально разработанном технологическом модуле САБ ИРБИС, на базе которого был создан электронный справочник научных организаций. В него были включены данные о научных темах, численности научных сотрудников с указанием их ученой степени и звания, наличии и состоянии библиотек или информационных подразделений в научных организациях, исторические справки. Возможности технологического модуля позволили распределить научные темы по направлениям сельского хозяйства (растениеводству, животноводству,



земледелию, ветеринарии, переработке сельскохозяйственной продукции, механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства, кормопроизводству, экономике сельского хозяйства) и провести анализ их соответствия подпрограммам, представленным в «Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг.» [4]. Выявленные перспективные и актуальные научные темы легли в основу разработки нового профиля комплектования библиотеки, аналитико-синтетической обработки документов, создания новых и актуализации существующих информационных ресурсов СибНСХБ, а также информационного обслуживания ученых.



Рисунок 1. Зона информационного обслуживания СибНСХБ – филиала ГПНТБ СО РАН

На втором этапе изучались индивидуальные информационные предпочтения ученых. Из 880 сотрудников 32 научных организаций аграрного профиля Сибири в анкетировании, проводившемся в ходе исследования, приняли участие 201, то есть 23 % от их общего числа, что позволяет считать исследование репрезентативным. В опросе приняли участие респонденты всех должностей от директора до аспиранта, различных возрастных групп, уровней квалификации и стажа работы. В ходе анкетирования изучались научные интересы респондентов, предпочтительные формы и способы получения информации, виды и характер используемых изданий, приоритетные источники, формат представления информации, частота посещения традиционной библиотеки, сайтов, сложности в поиске информации и заинтересованность в поддержке библиотечного специалиста. Особенно важным для нас была оценка респондентами значимости СибНСХБ как незаменимого социального института в системе научных коммуникаций.

Сегодня изменяются информационные потребности пользователей научной информации, научно-издательская среда, формируются новые модели научной информационной культуры и информационного поведения, реализуются новые формы взаимодействия участников системы научной коммуникации [5].

СибНСХБ как часть этой системы выполняет следующие функции: сбор, хранение и углубленная аналитико-синтетическая обработка научных изданий, формирование коллекции трудов научных организаций сельскохозяйственного профиля Сибири, информационное сопровождение научных исследований, участие в мероприятиях научных институтов, проведение на базе СибНСХБ специализированных семинаров по повышению информационной культуры научных сотрудников, а также предоставление площадки библиотеки для научных мероприятий, дискуссий, публичных лекций для читателей. Библиотека стремится поддерживать постоянную связь с учеными и создавать для них комфортную информационную среду.

Проведенное исследование подтвердило значимость СибНСХБ в системе научных коммуникаций. Подавляющее большинство респондентов (60 %) лично посещают библиотеку с разной степенью периодичности. Помимо личных посещений мы предоставляем научным сотрудникам возможность получать информацию или издания в помощь научным исследованиям посредством организованной нами службы информаторов, в состав которой входят представители лабораторий институтов. Выполняя функции посредников между библиотекой и научными подразделениями, они передают информационные запросы ученых и осуществляют доставку документов из фонда СибНСХБ на их рабочие места. Сотрудники региональных научных организаций посещают СибНСХБ во время командировок, часто совмещенных с проведением совещаний и конференций в г. Новосибирске и в р. п. Краснообск, а также получают информацию по электронной рассылке.

Наиболее востребованными информационными ресурсами, продуктами и услугами библиотеки отмечены:

- электронные каталоги, в которых отражаются публикации ученых с представлением сведений обо всех авторах, являющихся сотрудниками научных организаций сельскохозяйственного профиля Сибири, независимо от их количества и выполняемых ими функций (редактор, составитель, ответственный за выпуск и т. д.) в авторском или редакционном коллективе, что особенно актуально при отсутствии картотек трудов сотрудников в научных организациях. Новые поступления еженедельно отражаются в «Информационном бюллетене СибНСХБ», который распространяется в бумажном и электронном виде;

- «Авторитетный файл заголовков коллективного автора», обеспечивающий поиск всех изданий научной организации, независимо от ее наименования в разные исторические периоды, давая возможность получить полный список трудов ученого или научной организации за считанные минуты;

- полнотекстовые базы данных: «Сельское хозяйство. Сельскохозяйственная наука: публикации из электронных СМИ», отражающая наиболее важные и значимые материалы по всем направлениям развития и состояния сельскохозяйственной науки и производства с учетом регионального аспекта. На ее основе ежемесячно выпускается «Дайджест прессы»; «СО Россельхозакадемии – центр аграрной науки Сибири», который включает исторические материалы о создании, направлениях его деятельности, в том числе Краснообска как научного городка, «Развитие аграрной науки Сибири» содержит текстовые, фото- и видеоматериалы о деятельности научных и образовательных организаций сельскохозяйственного профиля, о международном сотрудничестве, научно-технической продукции и внедрении научных достижений в деятельность предприятий АПК Сибири;

- базы данных публикаций ведущих ученых, на основе которых издается серия библиографических указателей «Деятели сельскохозяйственной науки Сибири», организуются персональные выставки к юбилейным датам ученых;

- библиографические базы данных по актуальным темам аграрной науки;

- виртуальный читальный зал, обеспечивающий доступ к «Электронной библиотеке диссертаций РГБ», удаленный доступ к зарубежным и отечественным ресурсам.

Учеными были отмечены виды информационной работы, в которых им в первую очередь необходима помощь библиотечных специалистов: работа с библиографическими менеджерами; выявление организаций и наиболее продуктивных авторов, работающих по теме; ана-

лиз динамики документопотока по теме; определение публикационной активности; ретроспективный тематический поиск; оформление списков литературы; выбор журнала для публикации статьи.

Почти половина участников опроса заявила о готовности использовать библиотеку для популяризации своих научных достижений. Идею участия библиотеки вместе с учеными в качестве соисполнителя гранта поддержали 9 % респондентов (а это не мало).

Значительная часть респондентов выразила удовлетворенность качеством услуг, предоставляемых СибНСХБ, и поблагодарила библиотеку за многолетнее и тесное сотрудничество: «СибНСХБ работает отлично»; «В целом молодцы. Работа сотрудников СибНСХБ заслуживает уважения»; «Спасибо вам за то, что вы есть. Я немало узнал об услугах СибНСХБ. На поиск информации уходит много времени. Любому ученому нужен доступ к полным текстам, не обязательно “свежим”». Обобщая все сказанное нашими учеными, можно отметить, что при всех возможностях Интернета научная библиотека остается надежным, стабильным и достоверным каналом получения научных знаний.

На протяжении более двадцати лет СибНСХБ являлась неотъемлемой частью системы научных коммуникаций СО Россельхозакадемии. Она осуществляла информационное сопровождение фундаментальных научных исследований по сельскохозяйственной тематике, создавала отраслевые информационные ресурсы по актуальным научным темам. Библиотека принимала участие в научных программах и проектах СО Россельхозакадемии, представляя отчет о своей деятельности на научных сессиях, а также в публикуемых основных итогах работы Сибирского отделения Россельхозакадемии, работала в составе Объединенного научного информационного совета СО Россельхозакадемии, проводя через него свои предложения, в т. ч. по приобретению необходимых информационных ресурсов. По ее инициативе было разработано и внедрено «Положение об обязательном бесплатном экземпляре СО Россельхозакадемии». Контроль за его выполнением осуществлялся со стороны Президиума через специальное приложение в ежегодных научных отчетах институтов.

В процессе научной реформы ранее установленные связи между научными организациями были нарушены. В 2017 году СибНСХБ в ходе реорганизации была объединена с ГПНТБ СО РАН и стала ее филиалом. В настоящее время СибНСХБ проходит сложный этап переосмысления своей роли и задач, но, несмотря на существующие трудности, продолжает выполнять свою миссию в едином информационном пространстве аграрной науки Сибири.

В современном мире изменяется роль, место и статус научных библиотек в научно-исследовательской инфраструктуре. Согласно новой парадигме, изложенной в ряде источников [6, 7], происходит смещение внимания от услуг для читателя к услугам для автора, что приводит к увеличению степени интеграции библиотеки в академическую среду и предоставлению пользователям нового расширенного набора сервисов по поддержке исследований.

В перспективе необходима разработка новой модели взаимодействия СибНСХБ и научных организаций сельскохозяйственного профиля Сибири. Библиотека видит себя в качестве партнера, осуществляющего информационное сопровождение научного исследования на всех его этапах: сбор информации по теме, предоставление доступа к ресурсам и коллекциям документов, оформление научной работы, публикация, распространение, анализ и оценка научной эффективности исследования и использование его результатов при принятии решений.

#### **Использованные источники:**

1. Мельникова Т.Н., Гарке Т.М., Кретова Е.А. Сохранение аутентичности отраслевой научной библиотеки в условиях реорганизации (на примере Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки): информационный бюллетень РБА. – 2017. – № 79. – С. 122-125.
2. Гарке Т.М., Кретова Е.А., Мельникова Т.Н. Деятельность СибНСХБ-филиала ГПНТБ СО РАН по сохранению единого информационного пространства аграрной науки Сибири // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. АГРОИНФО-2018: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: Академиздат, 2018. – С. 201-206.
3. Гарке Т.М., Кретова Е.А., Мельникова Т.Н. Анализ информационных предпочтений ученых-аграриев Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. – 2020. – № 3. – С. 54-69.

4. Гарке Т.М., Кретова Е.А. Использование авторитетного файла как многофункционального инструмента: опыт Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки-филиала ГПНТБ СО РАН // Инновации и продовольственная безопасность. – 2021. – № 3. – С. 95-102.
5. Галявиева М.С. О новой роли научных библиотек в современной информационной среде научной коммуникации // Вестник КазГУКИ. – 2014. – № 1. – С.104-108.
6. Галявиева М.С. Научные библиотеки в информационном сопровождении и поддержке научных исследований: основные тенденции // Труды ГПНТБ СО РАН. – 2017. – № 12-1. – С. 221-227.
7. Richardson J., Nolan-Brown T., Loria P., Bradbury S. Library Research Support in Queensland: A Survey // Australian Academic & Research Libraries. – 2012. – Vol. 43, – № 4. – P. 256-277.

УДК 631.527:004.4: 004.032.26

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-55-60

*Гребенникова И.Г., Чанышев Д.И.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

## **БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ АДАПТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Методами многомерной статистики на основе результатов селекционных исследований определены биометрические показатели и выявлены источники хозяйственно ценных признаков растений яровой гексаплоидной тритикале, адаптированной для условий Западной Сибири.

**Ключевые слова:** тритикале яровая, многомерный статистический анализ, хозяйственно ценные признаки, продуктивность, адаптивность.

### **Введение**

Высшей целью селекции и конструирования адаптивных агроэкосистем является сочетание высокой потенциальной продуктивности и экологической устойчивости – основы формирования величины и качества урожая [1]. Практическая селекция позволила преодолеть существовавшее долгое время убеждение, что отбор на устойчивость к абиотическим и/или биотическим стрессам неизбежно приводит к снижению потенциальной урожайности в благоприятных условиях внешней среды. И хотя более устойчивые к действию экологических стрессоров сорта и гибриды обычно имеют меньшую потенциальную продуктивность, отрицательная корреляция между этими двумя комплексными признаками вовсе не обязательна и может быть преодолена [1]. Наибольшее значение в формировании высоких величины и качества урожая играют степень продуктивности и устойчивости на «критических» этапах роста и развития растений [1].

Яровая тритикале – это культура, отличающаяся большим потенциалом урожайности, повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, что определяет ее пищевое и кормовое достоинство [2]. В тритикале удачно сочетаются высокая экологическая пластичность ржи и урожайность пшеницы [3, 4]. Однако распространение тритикале в западно-сибирском регионе сдерживается значительными колебаниями урожайности и отсутствием адаптированных сортов, отвечающих разнообразным требованиям производства. Изучение качественно новых генетических источников и выделение особо ценных признаков или их комплексов на естественном фоне позволит существенно повысить эффективность создания перспективного селекционного материала, адаптированного к условиям внешней среды. Важнейшим условием эффективного использования потенциала исследуемых образцов является знание зависимостей между зерновой продуктивностью, морфобиологическими и хозяйственно ценными признаками растений [5]. Изучение этих зависимостей позволит определить, за счет каких элементов структуры урожая можно более эффективно повысить продуктивность растений, прогнозировать увеличение эффективности отбора по отдельным признакам и выделить высокоадаптивные селекционные образцы яровой тритикале в условиях Западно-Сибирской лесостепи Приобья.

### Материалы и методы

Для детальной оценки хозяйственно ценных признаков и особенностей реакции на изменения погодных условий в течение периода с 2018 по 2020 гг., включительно, нами были проведены испытания трех сортов яровой пшеницы и четырех селекционных форм яровой гексаплоидной тритикале на земельных участках биополигона СибФТИ СФНЦА РАН и опытного поля СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН (таблица 1).

Таблица 1

#### Характеристика сортов, включенных в эксперимент

№ п/п	Культура	Название образца	Группа спелости	Происхождение	Наиболее ценные признаки сорта
1	Мягкая яровая пшеница	Новосибирская 15	ранне-спелый	Новосибирск, СибНИИРС	Устойчив к полеганию, средnezасухоустойчив. Умеренно восприимчив к твердой головне. Сильно восприимчив к бурой и стеблевой ржавчинам, к мучнистой росе.
2		Новосибирская 31	средне-ранний	Новосибирск, СибНИИРС	Устойчив к полеганию, средnezасухоустойчив. Умеренно восприимчив к бурой ржавчине и септориозу. В полевых условиях пыльной головней поражался сильно.
3		Сибирская 12	средне-поздний	Новосибирск, СибНИИРС	Устойчив к полеганию, засухоустойчив. Умеренно восприимчив к септориозу, сильно восприимчив к пыльной головне, бурой ржавчине и мучнистой росе.
4	яровая тритикале	К-3992	ранне-спелый	Санкт-Петербург, ВИР	Колос среднеплотный, остистый. Устойчив к полеганию. Колосья вторичных побегов поражаются спорыньей.
5		Kissa (к-3721) (полуостистая форма)	средне-спелый	Мексика	Отобраны полуостистые формы. Колос плотный. Хорошо выполненное зерно. Устойчив к полеганию. Засухоустойчив. Мучнистой росой не поражен.
6		Укро (к-3644)	средне-спелый	Россия, Украина	Колос крупный, плотный, остистый. Хорошо выполненное зерно. Устойчив к полеганию. Засухоустойчив. Мучнистой росой не поражен.
7		Сирс57× Укро	позднеспелый	Новосибирск, ИЦиГ	Получен в результате диаллельных скрещиваний. Низкостебельный, устойчив к полеганию. Колос плотный, безостый. Мучнистой росой не поражен.

Ускорение процесса испытания генотипов для их дифференцирования по уровню экологической пластичности было выполнено с помощью следующих агротехнических приемов: 1) параллельного испытания набора селекционного материала по множеству хозяйственно ценных признаков в различных почвенных условиях двух земельных участков; 2) проведение полевого опыта в трех вариантах длительности светового дня. Растения выращивались на естественном фоне. Так как уровень нестабильности сорта зависит не только от его наследственных особенностей, но и от степени разнообразия условий экологических испытаний [6], данный подход позволил наиболее полно охватить весь возможный спектр условий среды и получить более полную информацию о параметрах стабильности образцов.

При селекции на адаптивность к факторам с непредсказуемой изменчивостью (количество и распределение осадков, температуры) довольно сложно выявить генотипы, адаптированные к широкому диапазону изменчивости условий среды. Представление о комплексе желательного для нового сорта сочетания признаков можно получить при анализе длительно пересеваемых в конкретной климатической зоне популяций с высоким адаптивным потенциалом, наиболее отчетливо проявляющемся на фоне действия неблагоприятных факторов. Сдвиг частот в пользу наиболее приспособленных к местным условиям генотипов происходит вследствие гетерозиготности тритикале и способности адаптироваться за счет эффекта буферного действия генетической разновидности [7]. В конце эксперимента имеется обогащенная ценными и перспективными генотипами популяция, которая может стать материалом для питомника индивидуального отбора.

Биометрический анализ проводился с использованием следующих методик: 1) методики определения экологической пластичности и стабильности образцов Eberhart & Russell [8] и Nassar & Huehn [9]; 2) мультифакторный корреляционный анализ, применяемый для выявления

ния и объективной оценки взаимосвязей между различными признаками исследуемых образцов. Расчет парных корреляций признаков осуществляли методом Пирсона с оценкой статистической значимости по t-критерию Стьюдента [10]; 3) метод кластерного анализа – применялся для сравнения исследуемых образцов по комплексу признаков и выбора группы растений, наиболее соответствующих желаемому биотипу для конкретных условий произрастания [11].

### Результаты

В таблице 2 приведены значения стабильности исследуемых образцов. В соответствии со статической концепцией стабильности [12] наиболее стабильным оказался гибрид тритикале Сирс 57хУкро, имеющий минимальное значение коэффициента вариации ( $\sigma=11,0$ ) и максимальное значение коэффициента гомеостатичности ( $H=42,6$ ).

Также стабильность образцов определялась по двум методикам: 1) методика Eberhart & Russell, широко используемая для оценок специфики взаимодействия генотип×среда в программах сортоизучения и основанная на расчете коэффициента линейной регрессии на индекс среды ( $b_i$ ), характеризующего экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии ( $s^2_{di}$ ), определяющего стабильность сорта в различных условиях среды [8]; 2) методика Nassar & Huehn, основанная на относительном ранжировании данных и расчете непараметрического показателя стабильности  $S_2$  [9].

Таблица 2

Показатели стабильности и адаптивности исследуемых образцов

Сорт	$\sigma$	$H$	$b_i$	$s^2_{di}$	$S_2$
Новосибирская 15	20,97	8,86	0,68	0,0009	3,36
Новосибирская 31	23,43	6,81	1,35	0,0004	3,61
Сибирская 12	16,11	15,90	0,97	0,0012	3,50
К-3992	16,65	13,96	0,48	0,0029	8,44
Сирс 57 х Укро	11,00	42,55	0,79	0,0002	1,61
Укро	15,13	15,34	1,08	0,0034	4,44
Kissa п/о	17,11	10,41	1,66	0,0010	6,36

Вычисления по данным экспериментальных исследований выявили большие различия между селекционными образцами по их реакции на изменения условий среды от  $b_i = 0,48$  (К-3992) до  $b_i = 1,66$  (Kissa п/о), что характеризует специфику адаптивности образцов, принадлежащих различным эколого-географическим группам. Регрессионный подход к оценке параметров стабильности яровой тритикале позволил определить, что сорт Укро ( $b_i=1,08$ ) с коэффициентом регрессии наиболее близким к единице, имеет среднюю отзывчивость на изменение условий среды. Такая оценка генотипов свидетельствует об их агрономической (динамической) стабильности, то есть о проявлении средней реакции на изменения условий среды. Изменение показателей у сорта соответствует изменению условий: на хорошем агрофоне – они высокие, на низком – имеют тенденцию к уменьшению.

Из литературных данных известно, что значение  $b_i >> 1$  может положительно характеризовать сорт, если это обусловлено высокой отзывчивостью на благоприятные условия, но являться отрицательным показателем, если причина этого – восприимчивость к стрессам [13]. Таким образом, для характеристики адаптивности сортов условием правильного использования оценок  $b_i$  является необходимость рассмотрения величин этого параметра с учетом уровней урожайности [14]. Величина средней урожайности интегрально описывает уровень потенциалов продуктивности и адаптивности изучаемых генотипов.

Анализ значений урожайности, приведенный в таблице 3, показал высокую вариабельность продуктивности образцов тритикале в разные годы и сроки сева. Проявления взаимодействий генотип-среда значительно усложняет процесс отбора образцов на адаптивность к непредсказуемым изменениям внешних условий и выбор наиболее продуктивных сортов для возделывания в данных условиях. Высокая степень таких взаимодействий приводит к смене рангов урожайности генотипов.

Таблица 3

Средние значения урожайности (ц/га) трех сортов яровой пшеницы и четырех форм яровой тритикале при трех сроках сева, 2018-2020 гг.

Сорт	2018			2019			2020			среднее	ранг
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Новосибирская 15	18,8	36,5	28,5	41,7	31,0	31,2	39,8	34,3	29,3	32,4	7
Новосибирская 31	28,5	55,1	29,9	56,0	47,2	40,2	75,4	58,1	44,2	48,3	4
Сибирская 12	31,8	54,4	45,9	62,4	45,9	38,9	61,8	57,5	45,0	49,3	3
К-3992	40,6	36,9	17,3	45,4	37,0	28,6	43,8	28,7	17,8	32,9	6
Сирс 57 х Укро	25,9	26,2	19,2	53,3	53,1	39,4	57,1	46,5	34,8	39,5	5
Укро	41,2	94,0	32,0	46,3	57,1	41,5	70,2	56,8	49,0	54,2	2
Kissa п/о	38,3	78,0	27,3	74,6	50,8	26,1	79,3	59,8	55,9	54,5	1
Среднее ( $\bar{X}_i$ , ц/га)	32,2	54,5	28,6	54,3	46,0	35,1	61,1	48,8	39,4	44,4	

По совокупности полученных результатов среднеспелые образцы Укро и Kissa п/о показали высокую устойчивость процессов формирования урожая при неблагоприятных погодных условиях. Большая урожайность формировалась, в основном, за счет большего количества зерна и массы семян с колоса. Урожайность Kissa п/о в среднем выше, чем у всех остальных изучаемых образцов, с том числе и скороспелого К-3992. Образцы Укро и Kissa п/о могут сочетать повышенную реализацию потенциала в оптимальных условиях и толерантность к стрессам и, следовательно, отличаются оптимальным сочетанием генетических систем потенциальной продуктивности и экологической устойчивости, которые по данным Жученко А.А. контролируются различными комплексами генов и наследуются относительно независимо, что свидетельствует о принципиальной возможности сочетания их в одном сорте в процессе селекции [1].

Скороспелый сорт К-3992 имеет низкий потенциал урожайности и наименьшее значение параметра индекса среды ( $b_i=0,48$ ), что обусловлено его слабой отзывчивостью на благоприятные условия.

Второй показатель стабильности – варианса отклонения от линии регрессии – характеризует гибридную форму Сирс 57хУкро как наиболее стабильную в опыте, а сорт Укро – как наименее стабильный. Непараметрический показатель  $S_2$  дал аналогичную оценку стабильности.

Результаты проведенной серии испытаний показали, что хотя в зависимости от погодных условий все изученные сорта сменяют свои ранги по сравнению со средними за период исследования оценками, однако тритикале характеризуется лучшей адаптивностью и способна давать больший урожай по сравнению с пшеницей.

На основе многолетних данных селекционных исследований были рассчитаны парные корреляции 10 признаков: длина стебля, длина колоса, число колосков в колосе, плотность колоса, число зерен в колосе, масса зерна колоса, масса 1000 зерен, число стеблей с делянки, урожайность, число дней всходов-колошения. Анализ корреляций позволил сделать вывод, что признаки «длина колоса», «число зерен в колосе», «число колосков в колосе», «масса зерна колоса» и «число дней всходов-колошения» образуют корреляционную группу, как для пшеницы, так и для тритикале. Между всеми парами признаков данной группы наблюдается высокий уровень корреляционных зависимостей ( $0,46 < r_{ij} < 0,91$ ). Средняя линейная зависимость наблюдается между признаками «масса 1000 зерен» и «плотность колоса» у пшеницы ( $r = 0,31$ ) и между признаками «масса 1000 зерен» и «длина стебля» у тритикале ( $r = 0,5$ ). Урожайность показала высокий уровень корреляции с признаком «число стеблей с делянки» для обеих культур ( $r = 0,68$ ;  $r = 0,71$ ) (рисунок 1а).

Для наглядного представления корреляционных групп был выполнен кластерный анализ на основе корреляционной матрицы сходства. Проведенный анализ по пшенице и тритикале позволил сгруппировать признаки и, объединив их, выделить наиболее близкие (рисунок 1б).

В результате выявлены три кластера взаимосвязанных признаков, имеющих схожий набор признаков внутри кластера и достоверные различия с другими кластерами.

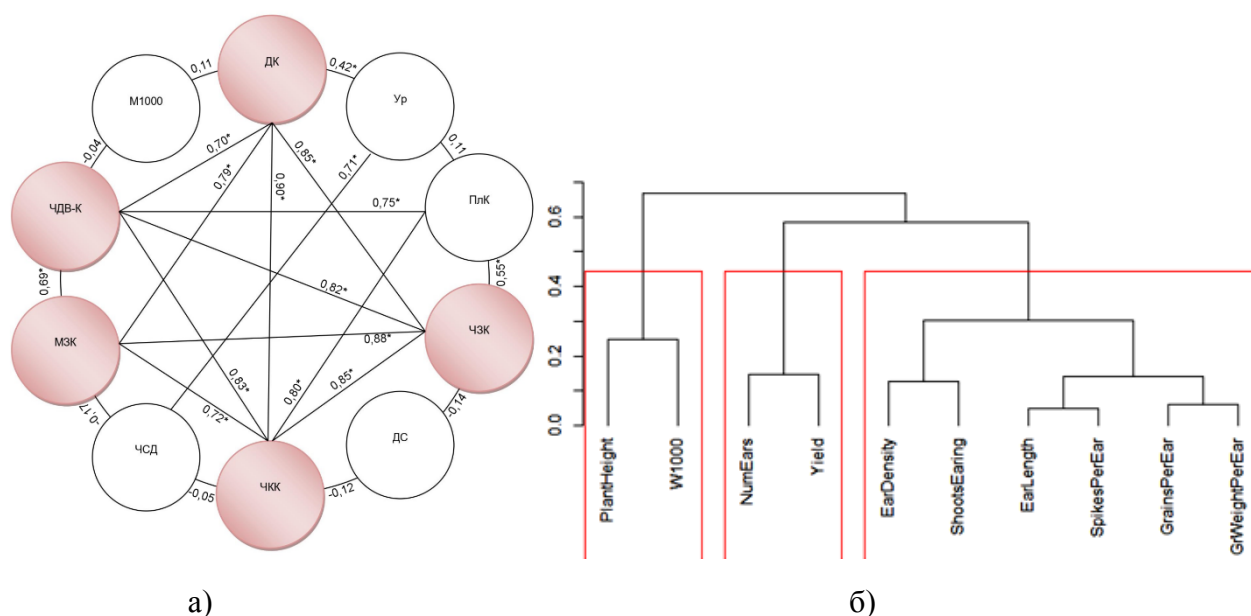


Рисунок 1. Выявленные взаимосвязи количественных признаков селекционных образцов яровой тритикале при трех сроках сева за период исследования:

а) корреляционным анализом, б) кластерным анализом

Анализ матрицы корреляций и дендрограмм распределения количественных признаков показали, что на урожайность зерна образцов яровых тритикале из изученных нами элементов структуры урожая наибольшее влияние оказывали число стеблей с делянки, масса зерна с колоса, длина колоса, число зерен в колосе и число колосков в колосе. Параметры высоты растений и массы 1000 зерен в меньшей степени оказывают влияние на продуктивность растений. Данные исследований показывают, что при разных сроках сева критические этапы развития растения проходят в различных режимах по обеспечению светом, теплом и влагой, что изменяет метамерность всего растения, а в итоге значительно влияет на продуктивность растения. В целом, все исследуемые образцы показали высокую способность развиваться при различных условиях внешней среды. Результаты исследований позволили определить вектор отбора сорта для включения в гибридизацию, применительно к сложным климатическим условиям Западной Сибири.

#### Использованные источники:

1. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трех томах. – М.: Изд-во Агрорус, 2009.
2. Brzozowska I., Brzozowski J., Cymes I. 2018. Effect of weather conditions on spring triticale yield and content of macroelements in grain. *J. Elem.*, 23(4): 1387-1397. DOI: 10.5601/jelem.2018.23.1.1589.
3. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses // *Food Chemistry*. – 2018. – Vol. 241. – P. 468-479.
4. Feng Z., Qi Z., Du D. et al Characterization of a new hexaploid triticale 6D(6A) substitution line with increased grain weight and decreased spikelet number // *The Crop Journal*. – 2019. – Vol. 7(5). – P. 598-607.
5. Dogan R., Senyigit E. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in hexaploid triticale (x Triticosecale Wittmack) genotypes under mediterranean conditions//*J. Biol. Environ. Sci.* –2016. – Vol. 10(28). – P. 21-27.
6. Lin C.S., Binns M.R., Lefkovitch L.P. Stability analysis: where do we stand? // *Crop Science*. – 1986. – Vol. 26. – № 5. – P. 894-900.
7. Коваль С.Ф., Коваль В.С., Чернаков В.М. Что такое модель сорта.– Омск: ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 277с.
8. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability Parameters for Comparing Varieties // *Crop Sci.* 1966. – Vol. 6. – № 1. – P. 36–40.
9. Nassar R., Huhn M. Studies on Estimation of Phenotypic Stability: Tests of Significance for Nonparametric Measures of Phenotypic Stability // *Biometrics*. 1987. – Vol. 43. – № 1. – P. 45–53.
10. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 416 с.



11. Ефимов В.М., Ковалева В.Ю. Многомерный анализ биологических данных. – СПб, 2008. – 98 с.
12. Cheshkova A.F., Stepochkin P.I., Aleynikov A.F., Grebennikova I.G., Ponomarenko V.I. A comparison of statistical methods for assessing winter wheat grain yield stability// Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii=Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2020. – Vol. 24(3). – P. 267-275. DOI 10.18699/VJ20.619.
13. Habgood, R.M. Estimation of genetic diversity of self-fertilizing cereal cultivars based on genotype-environment interactions // Euphytica. – 1997. –Vol. 26 (2). – P. 485-489.
14. Мартынов С.П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур // С.-х. биология. – 1989. – № 3. – С. 124-128.

УДК 632.4.01/08:535.37

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-60-64

Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск

### КРОСС-АДАПТАЦИЯ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ ГИПЕРТЕРМИИ И ИНФИЦИРОВАНИИ *Bipolaris sorokiniana* Shoem.

В статье приводятся результаты исследований адаптивных реакций 10-суточных проростков сортов пшеницы Новосибирская 18, Новосибирская 44, Сибирская 21 и Омская 18 при комбинированном стрессе. Установлено, что предварительная гипертермия семян повышала устойчивость проростков по типу кросс-адаптации к последующему действию *B. sorokiniana* (снижение УЭП до 71,9 %, ИРБ до 29,7 %, ингибирования накопления биомассы и роста до 95,4 %). Выявлена сортовая специфика формирования адаптивных реакций при совместном действии стрессоров. Протекторный эффект гипертермии наиболее выражен у сортов Новосибирская 18 и Омская 18.

**Ключевые слова:** мягкая яровая пшеница, кросс-адаптация, обыкновенная корневая гниль злаков, гипертермия.

**Введение.** В селекции и растениеводстве необходимо изучение адаптивного потенциала сорта одновременно к нескольким стрессовым факторам среды. В Сибирском регионе одними из лимитирующих урожайность пшеницы факторов являются резкие колебания температур, особенно в ранневесенний период вегетации, и различного вида инфекции. Одним из наиболее распространенных заболеваний является обыкновенная корневая гниль злаков, возбудителем которой *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (сокр. *B. sorokiniana*) заселено 70-75 % пахотных черноземов Западной Сибири, что на 10-15 % снижает урожай и ухудшает его качество [1]. В последние годы появились сообщения об усилении вредоносности болезни в лесостепи Западной Сибири [2].

Известно о неоднозначной реакции растений на комбинированный биотический и абиотический стресс – от усиления до компенсации негативного влияния стрессоров, возникающего при их одновременном действии [3, 4]. При последовательном действии стрессоров возникает кросс-адаптация – процесс повышения устойчивости организма к конкретному стрессовому фактору в результате адаптации к фактору иной природы. По современным представлениям кросс-адаптация базируется в первую очередь на функционировании в растениях общих (неспецифических) механизмов устойчивости к двум или нескольким факторам различной природы. Эти механизмы направлены на экономию энергетических и структурных ресурсов растительных организмов в стрессовых условиях [5]. Предполагается, что индуцирование кросс-адаптации обусловлено перекрытием сигнальных путей и систем растений, в первую очередь антиоксидантной защитной системы [6, 7].

Цель исследований – изучить адаптивные реакции сортов мягкой яровой пшеницы при отдельном и совместном действии возбудителя обыкновенной корневой гнили и повышенной температуры для оценки их устойчивости.

**Материалы и методы.** Экспериментальная работа выполнена в лаборатории изучения физических процессов в агрофитоценозах Сибирского физико-технического института СФНЦА РАН.

Для изучения адаптивных реакций проводили вегетационные опыты (водные культуры) в лабораторных условиях на проростках районированных сортов яровой пшеницы: Новосибирская 44, Новосибирская 18, Сибирская 21 – селекции СибНИИРС–ИЦиГ СО РАН и Омская 18 – селекции Омского АНЦ.

Варианты опытов:

- а) контроль (семена без прогрева) и повышенная температура (прогрев семян при + 43°C);
- б) семена без прогрева + инфицирование *B. sorokiniana*;
- в) прогрев семян + инфицирование *B. sorokiniana*.

Прогрев предварительно отобранных и простерилизованных семян проводили в течение 20 минут в горячей воде на водяной бане по методике ВИР [8]. Инфицирование семян проводили в фазе прорастания (на третьи сутки культивирования) конидиальной суспензией смеси среднепатогенных изолятов *B. sorokiniana*, приготовленной на 0,1%-ном водном агаре (по одной капле на зерно).

Уровни стрессовых нагрузок – конидиальная суспензия *B. sorokiniana* 5000 конидий на зерно и температура + 43 °С – определены нами в специально проведенных вегетационных опытах, как позволяющие дифференцировать сорта пшеницы сибирской селекции при оценке их устойчивости к данным стрессовым факторам [9, 10].

Далее проростки выращивали в климакамере «Биотрон-7» в рулонной культуре на водопроводной воде при фотопериоде «день – ночь» 16 и 8 часов соответственно, освещенности 20000 и 0 лк («день – «ночь»), температуре 22 °С и 18 °С («день – «ночь»), влажности 60 %.

Адаптивную реакцию 10-суточных проростков сортов пшеницы оценивали по комплексу показателей: изменению проницаемости клеточных мембран по удельной электропроводности (УЭП) настоев листьев, индексу развития болезни (ИРБ), линейным размерам и накоплению сырой и сухой биомассы ростков и корней [11]. Удельную электропроводность измеряли на лабораторном кондуктометре edge EC, HANNA Instruments (Германия).

Реакцию сорта определяли по относительному изменению измеряемых параметров проростков после экспозиции растений на стрессорах. Чем меньше изменения параметров, тем выше устойчивость сорта в исследуемой группе сортов. Повторность опытов 4-6-кратная. Репрезентативная выборка – 200 проростков в каждом варианте опыта. Экспериментальные данные математически обрабатывались с помощью стандартных статистических программ. Ошибка среднего не превышала 3-5 %. Проведено три серии экспериментов.

### **Результаты и обсуждения.**

*Адаптивные реакции сортов пшеницы при инфицировании B. sorokiniana без предварительного прогрева семян.* При действии возбудителя корневой гнили у злаковых растений модифицируются процессы запасаения энергии, дыхания, активности ферментов, нарушается целостность мембран, что приводит к частичной утечке электролитов из клеток [12]. Уровень толерантности сортов к патогену определяется их реакцией на стресс во время роста и развития.

Инфицирование непрогретых семян конидиальной суспензией изолятов *B. sorokiniana* привело к увеличению степени поражения первичных корней и coleoptиле проростков, ИРБ достоверно увеличился у всех сортов в диапазоне от 81,2 % (сорт Новосибирская 44) до 180,7 % (сорт Новосибирская 18) по сравнению с контролем (таблица 1). Действие патогена вызывало нестабильность клеточных мембран листьев проростков, показатель УЭП у всех сортов увеличился от 22,9 % (сорт Сибирская 21) до 65,7 % (сорт Новосибирская 18) по сравнению с контролем. При этом наблюдалось синхронное изменение показателей УЭП и ИРБ. При действии патогена на ростовые процессы и накопление сырой и сухой биомассы выявлена различная сортовая реакция. Патоген не влиял на рост и накопление сырой и сухой биомассы проростков сортов Сибирская 21 и Новосибирская 44 за исключением показателей сырой и сухой биомассы корней и проростка у сорта Новосибирская 44 – достоверное снижение на 17,1–29,7 % по сравнению с контролем. У сортов Новосибирская 18 и Омская 18 отмечено достоверное снижение роста и накопления биомассы по сравнению с контролем, наиболее выраженное у сорта Новосибирская 18, особенно сухой биомассы ростков и сырой

биомассы корней (36,1 % и 37,2 %, соответственно). В результате проведенного ранжирования изменения показателей проростков, устойчивость сортов к *B. sorokiniana* изменялась в ряду по убыванию: Сибирская 21 – Новосибирская 44 – Омская 18 – Новосибирская 18.

Таблица 1

Показатели проростков сортов яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana*, без нагрева семян ( $M \pm m$ )

Вариант	Показатели				
	Индекс развития болезни (%)	Удельная электропроводность (См/м)	Длина проростка (мм)	Сырая биомасса проростка (мг)	Сухая биомасса проростка (мг)
Новосибирская 44					
Контроль	1,6±0,02	4,3±0,01	24,6±0,7	176,4±3,4	24,0±0,6
<i>B. sorokiniana</i>	2,9±0,03*	5,9±0,01*	21,9±0,4*	145,6±1,5*	19,9±0,3*
Новосибирская 18					
Контроль	1,5±0,01	3,5±0,01	33,4±0,5	185,1±5,2	25,0±1,3
<i>B. sorokiniana</i>	4,2±0,03**	5,8±0,01*	25,3±1,2*	128,1±2,2*	16,0±0,1*
Омская 18					
Контроль	2,5±0,03	4,4±0,02	27,3±0,7	190,0±1,4	23,9±0,6
<i>B. sorokiniana</i>	6,0±0,03*	6,5±0,03*	22,7±0,4*	153,1±1,0*	19,4±1,1*
Сибирская 21					
Контроль	1,8±0,02	4,8±0,02	25,9±0,9	165,9±3,5	23,1±1,3
<i>B. sorokiniana</i>	4,0±0,03*	5,9±0,01*	26,9±1,1	174,7±2,8	22,9±0,4
Примечание * – различия с контролем достоверны на 5-процентном уровне значимости; ** – различия с контролем достоверны на 1-процентном уровне значимости					

У более устойчивого сорта Сибирская 21 при действии патогена наблюдали только достоверное изменение трех показателей – увеличение УЭП, ИРБ и сухой биомассы корней на 22,9 %, 122,0 % и 15,7 %, соответственно, при недостоверном изменении остальных показателей.

*Адаптивные реакции сортов пшеницы при инфицировании B. sorokiniana после предварительного прогрева семян.* Известно, что температура влияет на устойчивость растений к болезням. Высокая температура чаще подавляет иммунитет растений или их устойчивость к болезням [13, 14]. В наших экспериментах после предварительного прогрева семян и последующего их инфицирования *B. sorokiniana* мы наблюдали кросс-адаптацию, выраженную как ослабление патологического действия возбудителя болезни на проростки, а также сортовую специфику проявления ответных реакций (таблица 2).

Таблица 2

Показатели проростков сортов яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana*, с нагревом семян до + 43°C ( $M \pm m$ )

Вариант	Показатели				
	Индекс развития болезни (%)	Удельная электропроводность (См/м)	Длина проростка (мм)	Сырая биомасса проростка (мг)	Сухая биомасса проростка (мг)
Новосибирская 44					
Контроль	1,4±0,03	5,7±0,01	21,5±0,06	147,1±2,9	19,2±0,5
<i>B. sorokiniana</i>	2,2±0,04*	2,9±0,01*	21,6±0,8*	136,9±2,0*	19,8±0,4
Новосибирская 18					
Контроль	1,2±0,02	3,8±0,04	28,4±0,07	157,0±1,6	21,6±1,0
<i>B. sorokiniana</i>	3,1±0,09**	3,1±0,01	28,1±2,2	134,3±1,2*	20,1±0,5
Омская 18					
Контроль	1,7±0,03	4,1±0,01	24,7±1,2	173,0±4,1	24,3±1,4
<i>B. sorokiniana</i>	3,9±0,04*	4,7±0,01*	24,5±0,8*	160,0±2,0	21,3±0,4*
Сибирская 21					
Контроль	1,4±0,02	6,9±0,01	22,6±1,8	149,1±6,3	20,6±1,3
<i>B. sorokiniana</i>	2,7±0,05*	5,5±0,02*	22,9±0,3	141,0±3,1	20,4±0,7
Примечание * – различия с контролем достоверны на 5-процентном уровне значимости; ** – различия с контролем достоверны на 1-процентном уровне значимости					

Установлено снижение ингибирования следующих показателей: УЭП у всех сортов в диапазоне от 12,0 % (сорт Сибирская 21) до 71,9 % (сорт Новосибирская 18); ИРБ у всех сортов от 12,6 % (сорт Новосибирская 18) до 29,7 % (сорт Новосибирская 44); роста и накопления сырой и сухой биомассы у сортов Новосибирская 18, Омская 18 от 34,0 до 95,4 % по сравнению с вариантом без прогрева семян. У сортов Сибирская 21 и Новосибирская 44 достоверного влияния предварительной гипертермии семян на рост и накопление биомассы проростков не выявлено.

Таким образом, у сортов Новосибирская 18 и Омская 18 наблюдалась более выраженная реакция на биостресс в отсутствии гипертермии семян, и в то же время более сильная адаптационная способность к действию патогена после температурного закаливания семян, особенно у сорта Новосибирская 18 (рисунок 1).

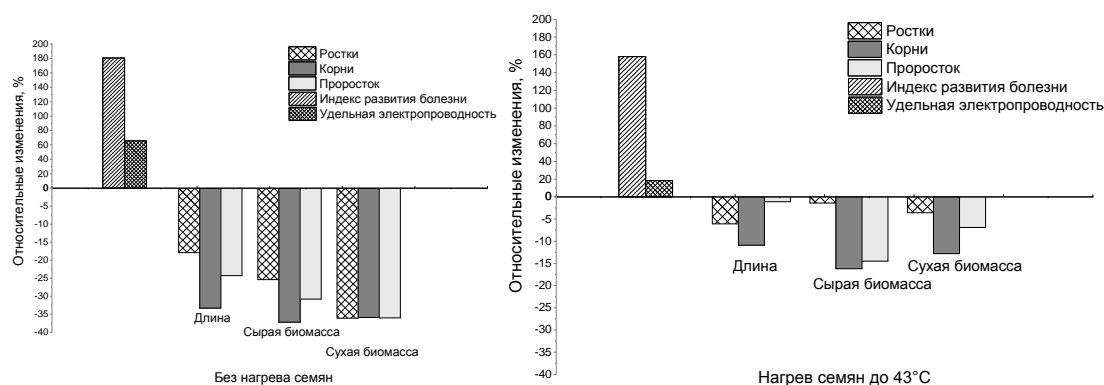


Рисунок 1. Изменение параметров проростков сорта Новосибирская 18 при инфицировании *B. sorokiniana*

Сорта Сибирская 21 и Новосибирская 44 оказались более устойчивыми к действию патогена также после прогрева семян – достоверно изменялись только показатели УЭП и ИРБ по сравнению с контролем. Однако кросс-адаптация проявлялась и у них, как снижение ингибирования достоверно меняющихся показателей УЭП, ИРБ и сухой биомассы ростков, корней и проростков в диапазоне от 23,8 % до 91,7 % по сравнению с вариантом без прогрева семян. Можно предположить, что предварительный прогрев семян активизирует защитные механизмы растений и поддерживает их длительное время в активном состоянии. Последующее действие патогена повышает уровень сигнальных молекул и уже активизированные защитные системы пытаются предотвратить развитие биотического стресса.

### Выводы.

Действие *B. sorokiniana* на проростки четырех сортов пшеницы вызывало в основном снижение адаптационной способности и потерю устойчивости сортов, выраженную как ингибирование роста и накопления сырой и сухой биомассы до 37,2 %, увеличение ИРБ и УЭП до 180,7 % и 65,7 %, соответственно, по сравнению с контролем. Выделен более устойчивый сорт к *B. sorokiniana* – Сибирская 21.

Предварительная гипертермия семян повышала устойчивость проростков (по типу кросс-адаптации) к последующему действию *B. sorokiniana*. Это выражалось в снижении ингибирования УЭП до 71,9 %, ИРБ до 29,7 %, снижении ингибирования накопления биомассы и ростовых процессов до 95,4 % по сравнению с вариантом без прогрева семян. Наиболее выражен стимулирующий эффект гипертермии при последующем действии *B. sorokiniana* у сортов Новосибирская 18 и Омская 18.

### Использованные источники:

1. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Эпифитотимологические основы систем защиты растений: монография. – Новосибирск, 2002. – 566 с.
2. Васильева Н.В., Синешков В.Е. Причины усиления распространения корневых гнилей всходов яровой пшеницы в лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 4(41). – С. 13-18.

3. Suzuki N., Rivero R.M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R. Abiotic and biotic stress combinations // *New Phytologist*. – 2014. – Vol. 203(1). – P. 32–43. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.12797>
4. Zandalinas S.I., Mittler R., Balfagón D., Arbona V., Gómez-Cadenas A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures // *Physiologia Plantarum*. – 2018. – Vol. 162. – P.2–12. DOI: [10.1111/pp1.12540](https://doi.org/10.1111/pp1.12540).
5. Кузнецов В.В. Общие системы устойчивости и трансдукция стрессорного сигнала при адаптации растений к абиотическим факторам // *Вестник Нижегородского университета*. – 2001. – Т. 48. – № 5. – С. 65–69.
6. Колупаев Ю.Е., Горелова Е.И., Ястреб Т.О. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы // *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія: Біологія. – 2018. – Вип. 1. – С. 6–33.
7. Zhong-Guang L., Ming G. Mechanical stimulation-induced cross-adaptation in plants: An overview // *Journal Plant Biology*. – 2011. – Vol. 54. – P. 358–364. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12374-011-9178-3>
8. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: метод. рекомендации /под. ред. Г.В. Удовенко. – Л., 1988. – 228 с.
9. Пат. RU №2625027, 11.07.2017. Способ определения относительной устойчивости сортов мягкой яровой пшеницы к возбудителю обыкновенной корневой гнили злаков / Гурова Т.А., Альт В.В., Луговская О.С.
10. Гурова Т.А., Луговская О.С., Свежинцева Е.А. Адаптивные реакции проростков пшеницы, дифференцирующие сорта при гипертермии // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2019. – Т.49. – №3. – С. 31-40. DOI: [10.26898/0370-8799-2019-3-4](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-3-4)
11. Гурова Т.А., Денисюк С.Г., Луговская О.С., Свежинцева Е.А., Минеев В.В. Методические положения ранней диагностики устойчивости яровой пшеницы и ячменя к совокупному действию стрессоров. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – 62 с.
12. Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е. Адаптация сортов пшеницы при гипертермии, хлоридном засолении и инфицировании *Bipolaris sorokiniana* Shoem. // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2020. – № 6. – С. 12-25. DOI: [10.26898/0370-8799-2019-6-2](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-6-2)
13. Ramegowda V, Senthil-Kumar M. The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination // *Journal of Plant Physiology*. – 2015. – Vol. 176. – P. 47–54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.11.008>
14. Абрамчик Л.М., Сердюченко Е.В., Пашкевич Л.В., Макаров В.Н., Зеневич Л.А., Кабашникова Л.Ф. Стрессовые реакции зеленых проростков ячменя в условиях инфицирования патогенным грибом *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem и повышенной температуры // *Вестні нацыянальнай акадэміі навук Беларусі*. – 2015. – №2. – С. 38–43.

УДК 632.4.01/08:535.37

DOI: [10.26898/agroinfo-2021-64-69](https://doi.org/10.26898/agroinfo-2021-64-69)

Гурова Т.А.<sup>1</sup>, Елкин О.В.<sup>1</sup>, Дубровская О.А.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
<sup>2</sup>ФИЦ ИВТ СО РАН, г. Новосибирск

## ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОРАЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ МУЧНИСТОЙ РОСОЙ

В лабораторных экспериментах с помощью гиперспектральной камеры были получены спектральные характеристики трех сортов яровой пшеницы сибирской селекции, пораженных мучнистой росой (*Blumeria graminis* (DC.) Speer) в полевых условиях. Установлена сортоспецифичность отражательной способности листьев пшеницы, инфицированных мучнистой росой при одинаковой степени поражения. Выявлено изменение отражательной способности листьев в зависимости от степени поражения болезнью. Определен наиболее информативный спектральный признак (вегетационный индекс) для обнаружения мучнистой росы.

**Ключевые слова:** болезни пшеницы, мучнистая роса, гиперспектральные данные, спектральные характеристики, вегетационные индексы.

**Введение.** Мучнистая роса пшеницы особо вредоносное заболевание, широко распространенное во всем мире, в России, а также в Западной Сибири [1, 2]. Возбудитель мучнистой росы *Blumeria graminis* (DC.) Speer. развивается преимущественно на молодых активно вегетирующих растениях. Признаки болезни проявляются на листьях, междоузлиях стебля и колосковых чешуйках в виде белого, рыхлого мучнистого налета, состоящего из конидиеносцев и конидий гриба [3].

Вредоносность болезни проявляется в уменьшении ассимиляционной поверхности листьев, что приводит к преждевременному их усыханию, задержке колошения, ослаблению

склеренхимы стеблей, уменьшению длины и озерненности колоса, щуплости зерна и разрушению колоса. В отдельные годы недобор урожая от мучнистой росы может составлять более 15-20 %, а в годы эпифитотий до 50 % и более [4, 5].

Существующие стандартные методы фитосанитарного мониторинга основаны на визуальной диагностике развития и распространения болезней посевов пшеницы. Обследование посевов на пораженность мучнистой росой приурочивают к периодам всходы–кущение и выход в трубку–колошение. Проводят осмотр растений в 10-15 точках по диагонали обследуемого поля. При этом подсчитывается количество просмотренных растений [6]. Степень развития болезни устанавливают, как средний показатель поражённости растений, в котором учтено число (процент) больных растений и степень (балл) поражения. В зависимости от культуры и размера посевной площади, которая зачастую очень велика, использование такого метода может быть достаточно трудоемким.

В настоящее время ведутся активные исследования по разработке методов и подходов дистанционной диагностики болезней растений, основанных на использовании гиперспектральной визуализации отражательной способности растений [7, 8]. Показано, что методы гиперспектральной визуализации могут применяться для обнаружения и диагностики мучнистой росы [9, 10]. Установлены различные спектральные особенности пораженных листьев растений. По гиперспектральным данным, полученным для одного сорта озимой пшеницы, определен вегетационный индекс (PMI), идентифицирующий мучнистую росу [11, 12].

Цель наших исследования – выявить информативность спектральных характеристик отражательной способности листьев яровой пшеницы сортов сибирской селекции для обнаружения (распознавания) их поражения мучнистой росой с учетом генотипов сортов и степени поражения растений.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в лабораторных условиях. Использовались растения пшеницы, выращенные на естественном инфекционном фоне. Образцы растений пшеницы, здоровой и пораженной мучнистой росой (возбудитель *Blumeria graminis* (DC) Speer), отбирали на тестовых площадках СибНИИРС – филиала института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук и Сибирского физико-технического института (Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук). Местоположение: Новосибирская область, Новосибирский р-н, пос. Мичуринский и р.п. Краснообск. Исследуемые сорта яровой пшеницы – Сибирская 12, Сибирская 21, Новосибирская 44. Фазы вегетации культуры – кущение и выход в трубку-колошение.

Оценивали следующие варианты:

- 1) контроль (зеленый лист без видимых признаков поражения);
- 2) мучнистая роса с видимыми признаками поражения: слабое и среднее поражение 10-50 % и сильное поражение – 50-100 %.

Репрезентативная выборка – 20-25 растений в каждом варианте опыта.

Гиперспектральные изображения пшеницы для анализа были получены с помощью гиперспектральной камеры Photonfocus MV1-D2048x1088-HS05-96-G2-10 в диапазоне длин волн 475-900 нм. Спектральное разрешение камеры составляет 3 нм и включает 150 полос. Пространственное разрешение сенсора составляет 2048x1088 пикселей.

Предварительный визуальный контроль качества гиперспектральных изображений осуществлялся с помощью программы Photonfocus Studio software. Для массовой обработки изображений использовались библиотеки языка Python. Извлечение данных по интенсивности спектральных линий и их статистический анализ осуществляли с помощью пакета ENVI. Сглаживание спектров было выполнено при помощи фильтра Савицкого-Голая. При получении спектральных кривых проводили сегментацию изображений и использовали средние значения спектральных яркостей выделенных сегментов по нескольким изображениям.

При анализе растений для обнаружения мучнистой росы рассчитывали 11 вегетационных индексов, применяемых для обнаружения заболеваний: NBNDVI, RVSI, PSRI, NRI, PRI, SIPI, PhRI, TCARI, MTVI1, TVI, PMI, описанных ранее в [13].

**Результаты и обсуждение.** Специфичность кривых спектральной отражательной способности растительности, позволяющая с достаточной точностью распознавать болезни сельскохозяйственных культур, зависит от типа патогенеза как реакции растений на внедрение и развитие возбудителей болезней. Для растительных объектов характерна низкая отражательная способность в синей и красной областях спектра, некоторое увеличение ее в зеленой области, и резко выраженный максимум в ближнем инфракрасном диапазоне.

На рисунке 1 представлены полученные спектральные кривые листьев растений сортов пшеницы Сибирская 12 и Новосибирская 44, здоровых и инфицированных мучнистой росой (*Blumeria graminis*) с одинаковой степенью поражения.

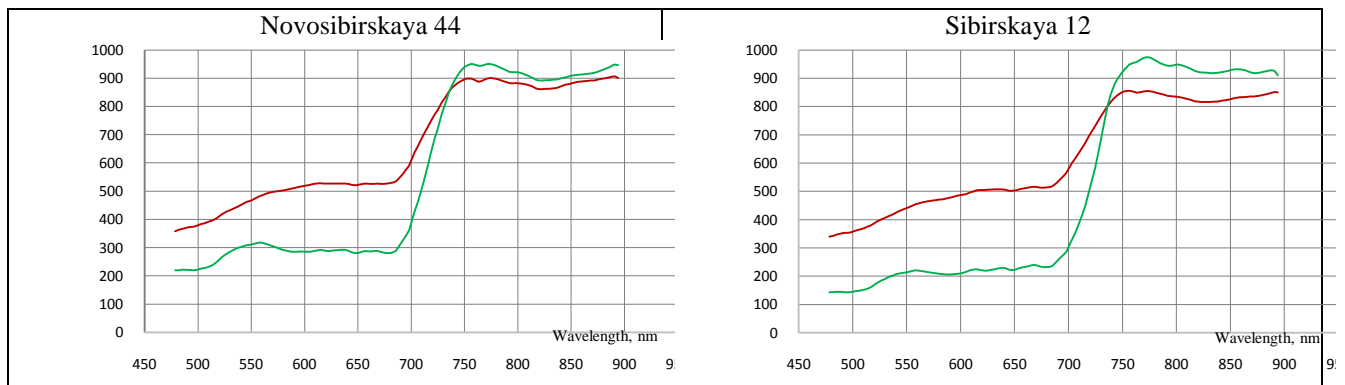


Рисунок 1. Спектральные кривые здоровых листьев (зеленая кривая) и пораженных мучнистой росой (*Blumeria graminis*) со степенью поражения 50-100 % двух сортов пшеницы (красная кривая)

Формы спектральных кривых здоровых и больных листьев у всех исследованных сортов для нормализованных спектров похожи. В видимой части спектра (470-680 нм) значение коэффициента отражения здорового листа в красной крайней области имело минимум, что обусловлено поглощением света пигментами (хлорофилл).

В ближней инфракрасной области отражательная способность здоровых листьев повышалась, что связано с внутренним рассеянием света мезофиллом. На границе видимой красной и ближней инфракрасной части спектра в диапазоне 690-740 нм наблюдалось резкое увеличение значений спектральных характеристик у растений. Начиная с пиковых значений в районе 760 нм, при увеличении длин волн в диапазоне 760-880 нм во всех случаях наблюдалось небольшое снижение отражательной способности. Это может быть связано с содержанием влаги в растениях.

Пораженные мучнистой росой листья всех сортов пшеницы отличались от здоровых более высокими значениями отражательной способности в видимом диапазоне спектра (480-730 нм) и более низкими – в ближнем инфракрасном диапазоне спектра (740-880 нм), что свидетельствовало об ухудшении их физиологического состояния.

Нами установлена сортоспецифичность отражательной способности листьев пшеницы, пораженных мучнистой росой при одинаковой степени поражения. Так относительные изменения отражательной способности здоровых и пораженных листьев неустойчивого сорта Сибирская 12 более выражены по сравнению с устойчивым сортом Новосибирская 44 как в видимом, так и в ближнем инфракрасном диапазонах спектра. При этом относительные изменения коэффициентов отражения составляли у сорта Сибирская 12 в точках 513 нм, 685 нм и 781 нм (использовались для расчета индекса PMI) 176,0, 119,0 и 11,7 %, а у сорта Новосибирская 44 – 66,4, 85,4 и 4,9 %, соответственно. Защитные системы устойчивого сорта Новосибирская 44 обладают большей лабильностью, что снижает развитие деструктивных процессов у этого сорта при патогенезе мучнистой росы.

При анализе спектральных кривых листьев пшеницы с различной степенью поражения мучнистой росой установлено изменение отражательной способности листьев в зависимости от тяжести заболевания (рисунок 2). Чем сильнее степень поражения (50-100 %), тем выше

отражательная способность листьев в видимой области спектра. Противоположный результат наблюдали в ближней инфракрасной области: отражательная способность листьев тем выше, чем меньше степень поражения (10-50 %). Выделены участки с наибольшими различиями между здоровыми листьями и листьями в различной степени пораженными мучнистой росой. Это участки 550-680 нм и 760-880 нм. Аналогичные результаты получены при исследовании спектральных характеристик пшеницы – здоровой и пораженной бурой листовой, стеблевой и желтой ржавчиной, септориозом, гельминтоспориозом [14].

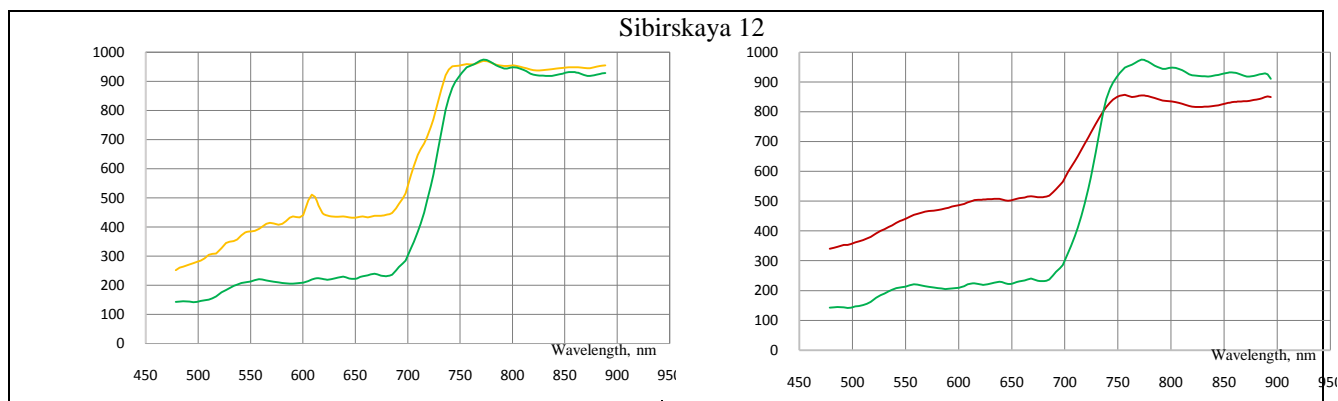


Рисунок 2. Спектральные кривые здоровых листьев пшеницы (зеленая кривая) и пораженных в различной степени мучнистой росой (*Blumeria graminis*) (10-50 % – желтая кривая, 50-100% – красная кривая)

Так как видимая и инфракрасная области электромагнитных спектров имеют тесную связь с уровнем физиологического стресса в растениях, появляется возможность использования некоторых диапазонов волн для обнаружения болезней растений даже до появления видимых симптомов.

В результате анализа различных вегетационных индексов, ранее используемых при диагностике и мониторинге развития других заболеваний пшеницы [13], а также на основе анализа спектральных характеристик, полученных в лабораторном эксперименте, было выбрано 11 вегетационных индексов для идентификации мучнистой росы (*Blumeria graminis*), представленных в таблице 1.

Таблица 1  
Вегетационные индексы, используемые для идентификации мучнистой росы на листьях пшеницы

Индекс	Название индекса	Формула*
NRI	Nitrogen reflectance index	$\frac{R_{570} - R_{670}}{R_{570} + R_{670}}$
NBNDVI	Narrow-Band Normalized Difference Vegetation Index	$(R_{850} - R_{680}) / (R_{850} + R_{680})$
RVSI	Red-Edge Vegetation Stress Index	$[(R_{712} + R_{752}) / 2] - R_{732}$
PSRI	Plant Senescence Reflectance Index	$\frac{(R_{Red} - R_G) / R_{Nir}}{(R_{678} - R_{500}) / R_{750}}$
PMI	Powdery Mildew Index	$\frac{R_{515} - R_{698}}{R_{515} + R_{698}} - 0.5 R_{738}$
PRI	Photochemical/Physiological Reflectance Index	$(R_{531} - R_{570}) / (R_{531} + R_{570})$
SIPI	Structural Independent Pigment Index	$(R_{800} - R_{445}) / (R_{800} + R_{680})$
PhRI	Physiological Reflectance Index	$(R_{550} - R_{531}) / (R_{550} + R_{531})$
MTVII	Modified Triangular Vegetation Index	$1.2 [1.2 (R_{800} - R_{550}) - 2.5 (R_{670} - R_{550})]$
TCARI	Transformed Chlorophyll Absorption And Reflectance Index	$3 [(R_{700} - R_{670}) - 0.2 (R_{700} - R_{550}) \frac{R_{700}}{R_{670}}]$
TVI	Triangular Vegetation Index	$0.5 \cdot [120 \cdot (R_{Nir} - R_G) - 200 \cdot (R_{Red} - R_G)]$ $0.5 \cdot [120 \cdot (R_{750} - R_{550}) - 200 \cdot (R_{670} - R_{550})]$

\*  $R_x$  – отражательная способность на соответствующей длине волны или в соответствующем диапазоне спектра: B (Blue – 450-520 нм), G (Green – 520-600 нм), Red (630-690 нм), RE (700-730 нм), Nir (760-900 нм)



Анализ гистограмм значений вегетационных индексов, показал (рисунок 3), что индекс PMI является наиболее информативным для обнаружения мучнистой росы на листьях яровой пшеницы по данным гиперспектральной съемки. Аналогичные результаты получены в работе [12] для идентификации мучнистой росы на озимой пшенице. Для определения информативных признаков нами использованы каналы 10 (513 нм), 67(685 нм) и 98 (781 нм) гиперспектральной камеры Photonfocus.

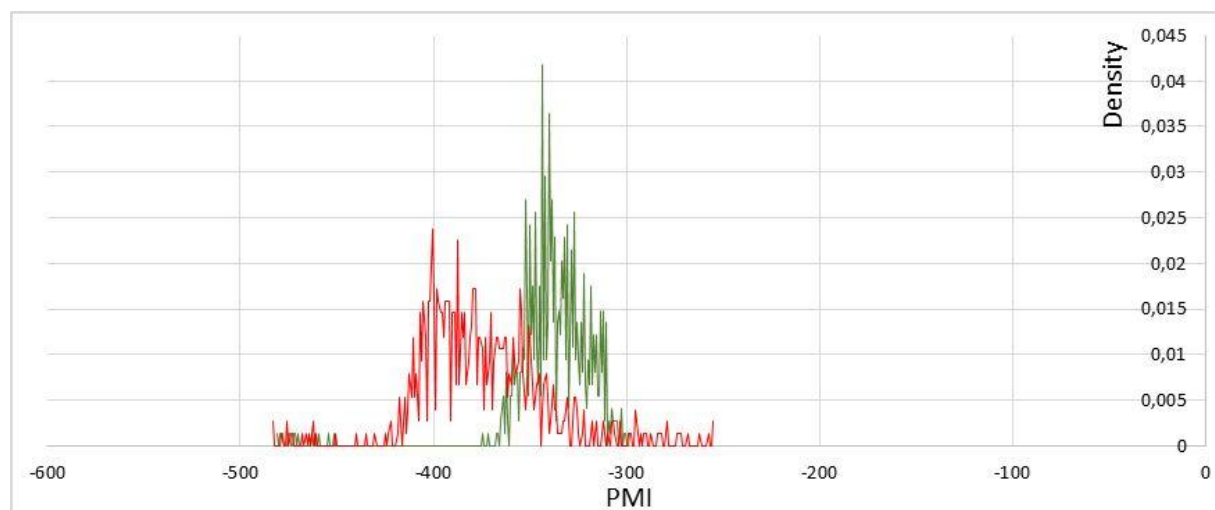


Рисунок 3. Гистограмма значений вегетационного индекса PMI (индекс мучнистой росы): здоровые листья пшеницы (зеленая кривая) и пораженные мучнистой росой (*Blumeria graminis*) (красная кривая)

**Заключение.** В результате проведенных лабораторных экспериментов, обработки и анализа гиперспектральных данных получены спектральные характеристики сортов пшеницы сибирской селекции (Новосибирская 44, Сибирская 21, Сибирская 12) – здоровых проростков и пораженных мучнистой росой (*Blumeria graminis* (DC) *Speer*). Установлена сортоспецифичность отражательной способности листьев пшеницы, инфицированных мучнистой росой при одинаковой степени поражения. Чем устойчивее сорт, тем меньше относительные изменения отражательной способности листьев. Выявлено изменение отражательной способности листьев в зависимости от тяжести заболевания. Чем сильнее степень поражения, тем выше отражательная способность листьев в видимой области спектра. Чем меньше степень поражения, тем выше отражательная способность листьев в ближней инфракрасной области. Анализ гистограмм 11 вегетационных индексов, которые широко используются при обнаружении различных болезней пшеницы, показал, что индекс PMI являются наиболее информативным признаком при обнаружении мучнистой росы на листьях по данным гиперспектральной съемки.

#### Использованные источники:

1. Ray M., Ray A., Dash S., Mishra A., Achary K.G., Nayak S and Singh S. Fungal disease detection in plants: traditional assays, novel diagnostic techniques and biosensors. // Biosens Bioelectron. – 2017. – Vol. 87. – P. 708-723.
2. Койшыбаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур. Анкара: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2016. – 28 с.
3. Неклеса Н.П. Мучнистая роса зерновых культур // Защита и карантин растений. – 2002. – №5. – С. 46-47.
4. Долженко В.И., Власенко Н.Г., Власенко А.Н. и др. Зональные системы защиты яровой пшеницы от сорняков, болезней и вредителей в Западной Сибири. Новосибирск: ГНУ СибНИИЗиХ, 2014. – 124 с.
5. Аветисян Г.А., Аветисян Т.В. Влияние микроэлемента марганца на устойчивость растений мягкой пшеницы к возбудителю мучнистой росы // Бюллетень ГНБС. – 2021. – Вып. 138. – С.134-138.
6. Ченкин А.Ф., Захаренко В.А., Белозерова Г.С. Фитосанитарная диагностика. – М.: Колос, 1994. – 320 с.
7. Forster A., Behley J., Behmann J., Roscher R. Hyperspectral Plant Disease Forecasting Using Generative Adversarial Networks(Conference Paper) International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) July 2019, N. 8898749. – P. 1793–1796 DOI: 10.1109/IGARSS.2019.8898749

8. Mahlein A.-K., Kuska M.T., Behmann J., Polder G., Walter A. Hyperspectral sensors and imaging technologies in phytopathology: State of the art (Review) // Annual Review of Phytopathology. – 2018. – Vol. 56. – P. 535–558. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080417-050100
9. Abdulridha J., Ampatzidis Y., Roberts P., Kakarla S.C. Detecting powdery mildew disease in squash at different stages using UAV-based hyperspectral imaging and artificial intelligence // Biosystems Engineering. – 2020. – Vol. 197. – P. 135–148. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2020.07.001
10. Zhao J., Fang Y., Chu G., Yan H., Hu L., Huang L. Identification of leaf-scale wheat powdery mildew (*Blumeria graminis* F. sp. tritici) combining hyperspectral imaging and an SVM classifier // Plants. – 2020. – Vol. 9. – No. 936 – P. 1–13 DOI: 10.3390/plants9080936
11. Yao Z.-F., Lei Y., He D.-J. Identification of Powdery Mildew and Stripe Rust in Wheat Using Hyperspectral Imaging // Spectroscopy and Spectral Analysis. – 2019. – Vol. 39. – Issue 3. – P. 969–976 DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)03-0969-08
12. Lin F., Wang D., Zhang D., Yang X., Yin X. and Wang D. Evaluation of spectral disease index PMI to detect early wheat powdery mildew using hyperspectral imagery data // Int. J. Agric. Biol., 2018. – Vol. 20. – P. 1970-1978.
13. Дубровская О.А., Гурова Т.А., Пестунов И.А., Котов К.Ю. Обзор современных методов обнаружения болезней на посевах яровой пшеницы по данным дистанционного зондирования // Сибирский вестник сельскохозяйственных наук. – 2018. – Т. 48. – № 6. – С. 76-89.
14. Бекмухамедов Н. Э., Карабкина Н. Н. Изменение спектральных характеристик растений яровой пшеницы, зараженных грибковыми болезнями // Сельское, лесное и водное хоз-во. – 2013. – № 10. [Электронный ресурс]. URL: <http://agro.snauka.ru/2013/10/1169>. (дата обращения: 20.06.21).

УДК 338.462:338.431

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-69-73

*Епанчинцев В.Ю., Шумакова О.В.,  
ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина*

## **ИНФОРМАЦИОННО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

В статье проанализированы особенности функционирования информационно-консультативных систем в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства. Раскрыты вопросы оптимизации бизнес-процессов за счет цифровых технологических агрорешений. Экономический эффект в форме повышения прибыли достигается за счет улучшения качества прогнозирования и мониторинга тенденций, следствием чего является минимизация затрат и операционных потерь, а также улучшение качества принимаемых управленческих решений.

**Ключевые слова:** информационно-консультативные системы, цифровая трансформация, сельское хозяйство, умное растениеводство, умное животноводство, экономический эффект.

Предоставление хозяйствующему субъекту аграрного бизнеса комплекса необходимых взаимодополняющих сервисов с максимально возможным функционалом в едином комфортном для клиента пространстве становится «идеальной целью» создания цифровой экосистемы сельского хозяйства. В двадцатых годах XXI века цифровые сервисы в агропромышленном комплексе (далее АПК) по экономическому содержанию являются средствами труда, обеспечивающими при определенных условиях достижение высокого уровня маржинальности сельскохозяйственного производства [1]. Благодаря данному инструменту решается комплексная задача удовлетворения базовых потребностей пользователей цифровых сервисов в ключевых отраслях АПК (таблица 1).

Необходимо отметить, что понятия «зоотехническая служба» и «агрономическая служба» применимы к хозяйствующим субъектам, имеющим более 1000 условных голов скота и достаточное количество гектаров условной уборочной площади соответственно. Как правило, это крупные сельскохозяйственные организации и вертикально-интегрированные структуры (агрохолдинги). В иных случаях конечными пользователями цифровых сервисов будут зоотехники и агрономы, а также специалисты ИТ-службы, выполняющие трудовую функцию в отраслях животноводства и растениеводства [5].

Цифровые решения для агробизнеса с учетом сегментации конечных пользователей сервисов

Цифровые решения в отраслях сельского хозяйства		Целевая аудитория
Умное растениеводство	Умное животноводство	
Контроль земельных активов; мониторинг климата, состояния почв; контроль точного позиционирования агрегата в поле	Идентификация и учет поголовья животных; оптимизация селекционной работы	– подразделения информационных технологий (далее ИТ-служба) сельскохозяйственных организаций и агрохолдингов; – зоотехнические, агрономические службы сельскохозяйственных организаций и агрохолдингов; – крестьянские фермерские хозяйства (далее К(Ф)Х); индивидуальные предприниматели (далее ИП)
Постановка задач технике [2]; контроль уборки урожая; автоматическое получение данных с датчиков о площади обработанных полей	Контроль данных с меток скота, мониторинг состояния здоровья, передвижения животных; оптимальное временное регулирование кормления и вакцинации	
Поиск выгодных каналов сбыта		– сельскохозяйственные организации; – К(Ф)Х; ИП
Получение финансовой поддержки		К(Ф)Х, ИП

В то же время глобальные тренды мировой экономики накладывают свой отпечаток на процесс цифровой трансформации АПК за счет значительного увеличения темпов роста населения в мировом масштабе, что открывает новые возможности для агроэкспорта российской сельскохозяйственной продукции и обуславливает необходимость ускорения темпов интенсификации сельского хозяйства (рисунок 1.).

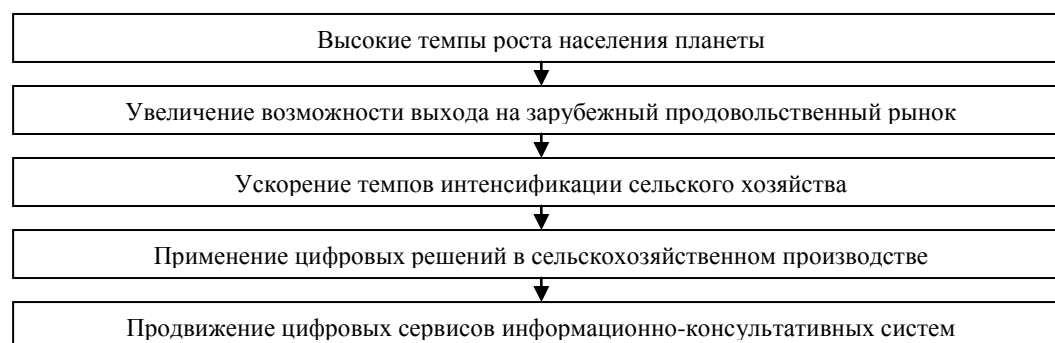


Рисунок 1. Взаимосвязь продвижения цифровых сервисов информационно-консультативных систем с глобальными трендами мировой экономики

В свою очередь, интенсификация может достигаться за счет инновационных способов ведения сельскохозяйственного производства и, как следствие, нового формата производственных отношений. В то же время, поскольку основные способы интенсификации агротехнологий к настоящему времени в основном исчерпаны, повышение уровня маржинальности сельскохозяйственного производства технически возможно только за счет внедрения и тиражирования цифровых технологий. Конечно, возможно пойти экстенсивным путем. В частности, более 10% посевных площадей не задействованы в обороте земель сельскохозяйственного назначения [4]. Однако эти земли использовать экономически невыгодно, так как даже при значительном объеме инвестиций, выручка от реализации продукции с этих площадей не окупит текущих производственных затрат. Поэтому целесообразность решения в пользу экстенсивного метода по увеличению валового сбора сельскохозяйственных культур сводится к нулю.

В эпоху цифровых агрорешений одной из основных составляющих средств производства становится цифровой код [6]. Соответственно, если хозяйствующий субъект приобретает доступ к большим данным (недоступным другим участникам аграрного рынка) и получает возможность формирования на их основе как оперативной, так и предиктивной бизнес-аналитики, то он получает значительные конкурентные преимущества на конкретном рынке сельскохозяйственной продукции (зерновом, молочном, мясном или смежных отраслей, связанных с инфраструктурным обеспечением сельского хозяйства). Раскроем экономическое содержание этих преимуществ более подробно по пяти направлениям, представленным ниже [1]:

- повышение уровня экономической эффективности агротехнических и зоотехнических мероприятий относительно «нецифровизированных» хозяйствующих субъектов АПК;
- обеспечение возможности постоянного мониторинга эффективности технологических процессов в динамике;
- минимизация производственных и финансовых рисков за счет увеличения точности планирования (предиктивная аналитика);
- повышение производительности труда;
- экономия материальных, трудовых и финансовых ресурсов за счет автоматизации типовых технологических процессов.

В связи с этим цифровая трансформация влечет за собой не только кардинальные изменения системы управления АПК, но и передел агропродовольственного рынка. Субъекты аграрного бизнеса, которые в настоящее время не применяют цифровые решения (вследствие чего не имеют качественной аналитики) в скором времени станут аутсайдерами отраслевых рынков [3]. С большой долей вероятности они будут поглощены компаниями, получающими более точные данные, освоившими и внедрившими продвинутое «умные» технологии по принципу «производство не только в поле, но и в офисе» [6]. Экономический эффект при этом достигается как за счет сокращения затрат труда, так и снижения уровня непроизводительных материальных затрат. Например, экономии (до 90%) средств защиты растений посредством повышения агротехнической эффективности их применения. Кроме того, снижается вредное воздействие на плодородие почвы благодаря минимизации отрицательных экологических последствий используемых препаратов. Таким образом, квалифицированное планирование, непрерывный мониторинг и текущий оперативный контроль технологического процесса в отраслях животноводства и растениеводства на определенном этапе их автоматизации и цифровизации обеспечивает существенный прирост уровня маржинальности производства. В скором времени соответствие требованиям данного комплексного подхода станет принципиальным условием выживания на рынке сельскохозяйственной продукции хозяйствующих субъектов аграрного бизнеса.

При этом со стороны органов государственной власти происходит интеграция всех информационно-консультативных систем в одно ядро. На начало 2010 года в Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации было около 50 разрозненных разноплановых, созданных на разных платформах информационных систем. К 2018 году произошла унификация до семи систем, которые собирают около 13000 показателей в цепочке «производители – платформа – пользователи» [1, 7]. В то же время, с точки зрения управления большими данными имеется достаточно серьезная проблема федерального уровня. Она заключается в том, что отсутствует единый методический подход к процессу сбора данных различными ведомствами. Например, по земельным отношениям это данные Росреестра (как государственного субъекта на рынке земли), данные Росстата (полученные в процессе сельскохозяйственной переписи и оперативного мониторинга) и данные региональных министерств сельского хозяйства. В результате информация из одного источника нередко не соответствуют ни одному из двух других. В качестве решения по унификации данных создан сервис «личный кабинет сельхозтоваропроизводителя», через который достигается двойной эффект. Во-первых, функционирование сервиса для сбора данных от производителей сельскохозяйст-

венной продукции. Во-вторых, оперативное предоставление им качественной информационной услуги на бесплатной основе по следующим направлениям:

- возможные существующие каналы реализации сельскохозяйственной продукции;
- применяемые технологии в целях снижения себестоимости продукции на основе реестра программного обеспечения российских производителей, который публикуется бесплатно в разрезе запросов (например, по технологии боронования, по подбору персонала) [8];
- решение вопросов, заказываемых через портал Госуслуг, например получение выписки о плодородии почвы (упрощенное название документа).

Очевидно, что «идеальная модель» функционирования информационно-консультативных систем должна обеспечивать фермеров и сельскохозяйственные организации на каждом этапе технологического процесса производства качественными рекомендациями определенного консультанта, способного и готового направить и подсказать потенциальному потребителю услуг, как действовать в той или иной ситуации и (или) какую технологию внедрить. Это позволит достичь синергетического эффекта за счет взаимодополнения функций упорядочения и унификации источников данных, с одной стороны, и поступления в общество максимально обогащенных данных, которые позволяют принимать эффективные решения и использовать новые технологии, с другой стороны.

Следовательно, задачей информационно-консультативных систем на государственном уровне является обеспечение условий достижения мультипликативного эффекта от внедрения новых технологий и снижения себестоимости сельскохозяйственной продукции. Для этого необходимо выдать максимально открытый набор данных разработчикам, структурам аграрного консалтинга, чтобы они на основе данных, которые аккумулирует государственный регулятор АПК, предлагали и реализовывали свои услуги хозяйствующим субъектам аграрного бизнеса в целях реального снижения себестоимости продукции. При условии спроса на данные услуги в результате решаются ключевые задачи по увеличению объема продаж, в том числе на экспорт с получением валютной выручки, а также по повышению уровня качества трудовой жизни персонала в отраслях АПК.

Таким образом, в условиях цифровой трансформации информационно-консультативные системы позволяют оптимизировать бизнес-процессы за счет цифровых технологических решений всего цикла сельскохозяйственного производства. Экономический эффект в форме повышения прибыли и рентабельности достигается за счет улучшения качества прогнозирования и мониторинга тенденций, следствием чего является минимизация затрат и операционных потерь. При этом объединение технологий в цифровую экосистему позволяет получать синергетический эффект, который выражается улучшением качества принимаемых управленческих решений в отраслях агропромышленного комплекса.

#### **Использованные источники:**

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Аналитический центр Минсельхоза России» [Электронный ресурс]. – официальный интернет-портал. – Режим доступа: <https://www.mcsxas.ru/> (дата обращения: 30.07.2021).
2. Голова Е.Е. Инвестиции в АПК Омской области: региональный аспект // Сибирская финансовая школа. – Омск, 2019. – № 2 (133). – С. 32-34.
3. Демишкевич Г.М., Чепик Д.А. Совершенствование инновационной инфраструктуры в аграрной сфере для ускорения цифровизации агропромышленного комплекса // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – М., 2020. – № 12 (69). – С. 72-81.
4. Конончук В.В. Моделирование инновационного устойчивого развития регионального АПК // Экономика сельского хозяйства России. – М., 2021. – № 1. – С. 80-86.
5. Корабейников И.Н., Корецкая И.М. Опыт развития информационно-консультационных систем в муниципальных районах // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург, 2014. – № 4 (165). – С. 74-81.
6. Моторин О.А., Горбачев М.И., Петренко А.П., Суворов Г.А. О внедрении современных информационно-технологических решений в сельское хозяйство // Управление рисками в АПК. – М., 2019. – № 4. – С. 105-122.
7. Помогаев В.М., Алещенко В.В. Развитие системы информационно-консультационного обеспечения АПК в условиях формирования регионального агропищевого кластера (на материалах Омской области) // Вестник Омского государственного аграрного университета. – Омск, 2016. – № 2 (22). – С. 294-301.

8. Шевченко Е.В., Стукач В.Ф. Технологическая платформа – модель инновационного взаимодействия государства, промышленности, науки и образования // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2021. – № 4-4 (106). – С. 183-187.

УДК 004.822:004.89

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-73-77

*Загорулько Ю.А., Ахмадеева И.Р., Шестаков В.К.,  
Институт систем информатики им. А.П. Еришова СО РАН, г. Новосибирск*

## **ПОСТРОЕНИЕ ОНТОЛОГИЙ НАУЧНЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ПАТТЕРНОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

В статье представлен подход к разработке онтологий научных предметных областей, базирующийся на системе паттернов онтологического проектирования. Такие паттерны предназначены для формального описания решений типовых проблем, возникающих при разработке онтологий. Их применение позволяет не только обеспечить согласованное представление всех сущностей онтологии и избежать многих ошибок онтологического моделирования, но и сэкономить ресурсы, затрачиваемые на разработку онтологий.

**Ключевые слова:** научная предметная область, онтология, онтологическое моделирование, паттерн онтологического проектирования.

В настоящее время наиболее эффективным и популярным средством концептуализации и формализации научных предметных областей (НПО) являются онтологии [1]. Формализация семантики предметной области в виде онтологии служит не только целям компактного и непротиворечивого ее описания, она также формирует понятийный базис для представления всей совокупности знаний о ней. Например, в системе информационной поддержки научной деятельности в терминах онтологии может быть описана семантика используемых в ней данных и информационных ресурсов, а в экспертной системе и СППР – экспертные правила, прецеденты и другие компоненты базы знаний.

Разработка онтологий научных предметных областей является довольно сложным и трудоемким процессом. Для его упрощения и облегчения предложены различные методы и подходы. В последнее время интенсивно развивается подход, использующий паттерны онтологического проектирования (Ontology Design Patterns, сокращенно – ODPs) [2-4]. Согласно нему паттерны онтологического проектирования (паттерны ОП) представляют собой документально зафиксированные описания проверенных на практике решений типовых проблем онтологического моделирования.

Паттерны ОП имеют в качестве своих прародителей шаблоны проектирования (design pattern), широко используемые в разработке программного обеспечения. Аналогично шаблонам проектирования, паттерны ОП предназначены для описания решений типичных проблем, возникающих при разработке онтологий [4].

В зависимости от проблем, для решения которых предназначены паттерны ОП, различают структурные паттерны (Structural ODPs), паттерны соответствия (Correspondence ODPs), паттерны содержания (Content ODPs), паттерны логического вывода (Reasoning ODPs), паттерны представления (Presentation ODPs) и лексико-синтаксические паттерны (Lexico-Syntactic ODPs). На рисунке 1 представлена упрощенная типология паттернов ОП, предложенная в проекте NeOn [5].

При разработке онтологий инженерами знаний в основном используются структурные паттерны, паттерны содержания и паттерны представления.

Структурные паттерны либо фиксируют различные способы решения проблем, вызванных ограничениями выразительных возможностей языков описания онтологий, либо задают общую (модульную) структуру и вид онтологии. Паттерны первого типа называются логиче-

скими паттернами (Logical ODPs), паттерны второго типа – архитектурными паттернами (Architectural ODPs).

Паттерны содержания задают способы представления типовых фрагментов онтологий, на основе которых могут строиться онтологии конкретных предметных областей.

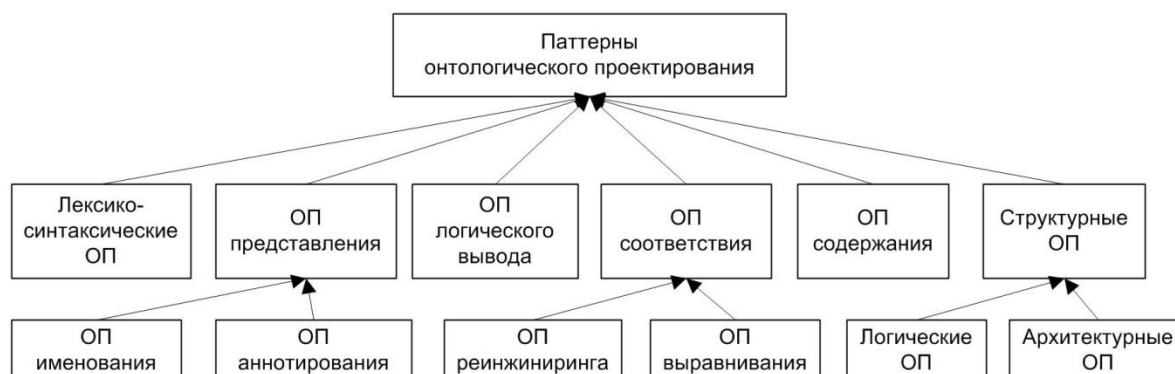


Рисунок 1. Типология паттернов онтологического проектирования

Паттерны представления определяют рекомендации (правила) по именованию и аннотированию элементов онтологии, применение которых должно повысить читаемость онтологии, а также удобство и простоту ее использования.

Лексико-синтаксические паттерны применяются для автоматизации процесса построения (пополнения) онтологии на основе текстов на естественном языке. Они задают отображения языковых структур в элементы онтологии (классы, свойства, индивидумы).

В настоящее время создано и развивается несколько каталогов паттернов ОП. Наиболее представительный из них размещен на портале Ассоциации ODPA (Association for Ontology Design & Patterns) [6], созданном в рамках проекта NeOn [5].

Для поддержки процесса построения онтологий научных предметных областей нами разработана система паттернов онтологического проектирования [7], включающая четыре типа паттернов: структурные логические паттерны, паттерны содержания, паттерны представления и лексико-синтаксические паттерны. При этом одна часть этих паттернов является универсальной, другая часть ориентирована непосредственно на представление научных знаний. Все упомянутые паттерны ОП реализованы на языке OWL [8].

Необходимость в использовании структурных логических паттернов возникла из-за недостатка в языке OWL выразительных средств для представления сложных сущностей и конструкций, актуальных при построении онтологий НПО, в частности, областей допустимых значений, многоместных и атрибутированных отношений (бинарных отношений с атрибутами).

Рассмотрим структурный паттерн, разработанный для представления атрибутированных отношений (см. рисунок 2).

Следует заметить, что на рисунках, задающих графическое представление паттернов, приведенных ниже, классы обозначаются в виде эллипсов, а их индивиды (экземпляры) и атрибуты – в виде прямоугольников. Связи между объектами показываются сплошной прямой линией, а связи с атрибутами – прерывистой. При этом обязательные классы, атрибуты и индивиды представляются заштрихованными фигурами, обведенными жирной линией. Для представления обязательных связей также используется жирная линия.

Центральное место в данном паттерне занимает служебный класс *Отношение с атрибутами*, с которым связываются классы, моделирующие аргументы бинарного отношения. При этом атрибуты бинарного отношения моделируются свойствами данного класса (в нотации языка OWL либо *DataProperty*, либо *ObjectProperty*). Для представления конкретного типа отношения вводится новый класс, являющийся наследником класса *Отношение с атрибутами*. Подобным образом построен паттерн для многоместного отношения.

Для единообразного и непротиворечивого представления используемых в НПО понятий и их свойств были разработаны паттерны содержания, описывающие основные понятия ба-



зовых онтологий. Благодаря этому, разработка онтологии конкретной НПО в основном состоит в специализации паттернов содержания и построении на их основе фрагментов целевой онтологии.

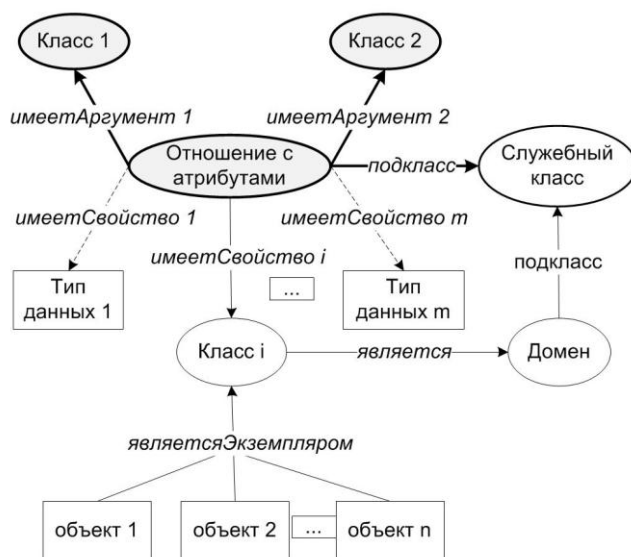


Рисунок 2. Структурный паттерн бинарного атрибутивного отношения

В систему включены паттерны содержания для представления следующих понятий: *Объект исследования, Предмет исследования, Метод исследования, Раздел науки, Научный результат, Научная деятельность, Проект, Персона, Организация, Публикация* и др.

При разработке паттернов содержания для каждого из них был определен набор квалификационных вопросов, представляющих его содержание [4]. С помощью этих вопросов был выявлен обязательный и факультативный состав онтологических элементов паттерна и описаны требования к ним, которые были представлены в виде аксиом и ограничений.

В качестве примера приведем паттерн содержания, предназначенный для описания выполняемого проекта. Графическое представление этого паттерна приведено на рисунке 3. В этом паттерне отражено требование, состоящее в том, что при описании любого проекта необходимо указать его полное название, дать ссылку на объект исследования, изучению/обработке которого посвящен данный проект, на раздел науки, по теме которого проект выполняется, а также на полученный в ходе выполнения проекта научный результат.



Рисунок 3. Паттерн описания проекта

Фактически, паттерны содержания являются фрагментами онтологии, которые после специализации содержащихся в них понятий и дополнения необходимыми понятиями и свойствами становятся составными частями разрабатываемой онтологии.

Паттерны представления, входящие в систему, большей частью служат для задания правил именования и аннотирования элементов онтологии, подобных общепринятым правилам разработки онтологии в редакторе Protégé [9].

В предлагаемом подходе, базирующемся на совместном использовании паттернов ОП различного типа, предполагается автоматическое построение лексико-синтаксических паттернов на основе паттернов содержания и структурных логических паттернов.

На данный момент разработаны лексико-синтаксические паттерны (шаблоны) для извлечения информации о научной деятельности из сети Интернет [10]. Каждый такой паттерн представляет собой XML-документ, в котором для класса онтологии, описанного паттерном содержания, указаны текстовые маркеры, сигнализирующие об обнаружении на обрабатываемой HTML-странице описания объекта данного класса, его отношений и атрибутов. В шаблонах для каждого типа извлекаемой информации указываются обработчики, реализующие алгоритмы обхода и анализа соответствующих фрагментов интернет-страниц.

В качестве примера лексико-синтаксического паттерна приведем шаблон для извлечения информации о проекте с сайта (странички) научно-исследовательского проекта. Этот шаблон строится на основе паттерна содержания, описывающего проект, и имеет следующий вид:

```
<Class Name= «Проект» engine = FragmentSearch >
  <Marker Term = «О проекте» PType=Menu FragType=Page />
  <Marker Term = «Проект» PType=Head FragType=Block />
  <Attr Name= «Название» type= string engine = NameEntity >
    <Marker Term = «Проект» PType=link FragType=LinkText/>
    <Marker Term = «Проект» PType=sentence FragType=QuoteText/>
    <Marker Term = «Проект» PType=Head FragType = Head />
  </Attr>
  <Attr Name = «Описание» type=text >
    <Marker Term = «Аннотация» PType = Head FragType=Block />
    <Marker Term = «О проекте» PType=Menu FragType=Page />
  </Attr>
  <Relation Name = «ОписываетсяВ» >
    <Marker Term = «Публикации» PType= Menu FragType=Page />
    <Marker Term = «Литература» PType= Head FragType=Block />
    <Object Name = «Публикация» engine = PublicationList />
  </Relation>
  <Relation Name= «УчастствуетВ_Персона_Проект» >
    <Marker Term= «Об участниках» PType=Menu FragType=Page />
    <Marker Term= «Список участников» PType= Head FragType=Block/>
    <Object Name= «Персона» engine = PersonList />
  </Relation> </Class>
```

Данный шаблон позволяет извлекать такие атрибуты класса *Проект*, как *Название* и *Описание*, а также аргументы отношений *УчастствуетВ\_Персона\_Проект* и *ОписываетсяВ*, т. е. объекты, описывающие соответственно участников проекта и публикации о проекте.

Параметр маркера Term позволяет задать термин тезауруса, характеризующий смысл извлекаемой информации (например, список публикаций или участники проекта); параметр PType задает тип фрагмента, в тексте которого должен располагаться указанный термин (например, меню или заголовок), а параметр FragType – тип фрагмента, из которого будет извлекаться информация (например, блок или страница).

Для систематизации информации о разработанных паттернах ОП и обеспечения к ней содержательного доступа инженерам знаний – разработчикам онтологий НПО – разработан информационно-аналитический интернет-ресурс «Паттерны онтологического проектирова-

ния». Концептуальной основой данного ресурса является разработанная нами онтология паттернов ОП. Эта онтология содержит формальные спецификации понятий данной области знаний, типов паттернов, методов и средств их разработки и применения. По этим спецификациям строятся структуры для представления информации о реальных объектах моделируемой области знаний, интегрируемых информационных ресурсах и методах разработки и использования паттернов. На основе онтологии также организуется удобная навигация по контенту ресурса и содержательный поиск необходимой информации.

В заключение отметим, что использование паттернов онтологического проектирования при разработке онтологии НПО позволяет: обеспечить единообразное и согласованное представление всех сущностей онтологии, сократить число ошибок онтологического моделирования, повысить «понимаемость» онтологии разработчиками, обеспечить возможность коллективной разработки онтологий и сэкономить человеческие ресурсы.

Данный подход успешно применялся при разработке онтологий для таких научных областей, как «Поддержка принятия решений в слабоформализованных областях» [11], «Активная сейсмология» [12], «Поддержка решения вычислительно сложных задач математической физики на суперкомпьютерах» [13] и др.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-07-00762).

#### **Использованные источники:**

1. *Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems*. R. Sharman, R. Kishore, and R. Ramesh (Eds.). – New York: Springer, 2007. – 930 p.
2. Gangemi A., Presutti V. *Ontology Design Patterns* / A. Gangemi, V. Presutti // *Handbook on Ontologies*. Staab, S. and R. Studer (Eds.). – Berlin: Springer Verlag, 2009. – P. 221-243.
3. Blomqvist E., Hammar K., Presutti V. *Engineering Ontologies with Patterns: The eXtreme Design Methodology* / E. Blomqvist, K. Hammar, V. Presutti // *Ontology Engineering with Ontology Design Patterns. Studies on the Semantic Web*. Hitzler, P., and A. Gangemi, K. Janowicz, A. Krisnadhi, V. Presutti (Eds.). – IOS Press, 2016. – P. 23-50.
4. Karima N., Hamma, K., Hitzler P. *How to Document Ontology Design Patterns* / N. Karima, K. Hammar, P. Hitzler// *Advances in Ontology Design and Patterns*, 32. – IOS Press, Kobe, Japan, 2017. – P. 15-27.
5. NeOn Project. – [http://neon-project.org/nw/Welcome\\_to\\_the\\_NeOn\\_Project.html](http://neon-project.org/nw/Welcome_to_the_NeOn_Project.html) (дата обращения: 01.09.2019).
6. Портал ассоциации ODPА (Association for Ontology Design & Patterns). – <http://ontologydesignpatterns.org> (дата обращения: 01.09.2019).
7. Zagorulko Y., Borovikova O., Zagorulko G. *Development of Ontologies of Scientific Subject Domains Using Ontology Design Patterns* / Y. Zagorulko, O. Borovikova, G. Zagorulko // *Communications in Computer and Information Science*. – Heidelberg: Springer, Cham, 2018. – Vol. 822. – P. 141-156.
8. Antoniou G., Harmelen F. *Web Ontology Language: OWL* / G. Antoniou, F. Harmelen // *Handbook on Ontologies*. Staab, S. and R. Studer (Eds.). – Berlin: Springer Verlag, 2009. – P. 91-110.
9. Noy N., McGuinness, D. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology* / N. Noy, D. McGuinness // – Stanford, 2001. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.
10. Загорулько Ю.А., Ахмадеева И.Р., Серый А.С. Автоматизация сбора информации о научной деятельности для тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов // *Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных: XVII Международная конференция DAMDID/RCDL'2015* (Обнинск, 13-16 октября 2015, Россия): труды конференции / под. ред. Л.А. Калиниченко, С.О. Старкова. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. – С. 105-111.
11. Загорулько Г.Б. Разработка онтологии для интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях / Г.Б. Загорулько // *Онтология проектирования*. – 2016. – Т. 6, – № 4 (22). – С. 485–500.
12. Braginskaya, L., Kovalevsky, V., Grigoryuk, A., Zagorulko, G. *Ontological approach to information support of investigations in active seismology* / L. Braginskaya, V. Kovalevsky, A. Grigoryuk, G. Zagorulko // *The proceedings of the 2nd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC)*, Vladivostok, Russky Island, Russia, 25-29 September 2017. – P. 27-29.
13. Snytnikov A.V., Glinskiy B.M., Zagorulko G.B., Zagorulko Y.A. *Ontological approach to formalization of knowledge in computational plasma physics* // *Third Virtual Workshop on Numerical Modeling in MHD and Plasma Physics: 12-16 October 2020, Novosibirsk, Russia*. *Journal of Physics: Conference Series*, 2020. – Vol. 1640, – P. 012013. doi:10.1088/1742-6596/1640/1/012013

*Зяблицева И.В.,  
СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

В статье проанализированы объемы сельскохозяйственного производства, численность сельского населения по регионам Сибирского федерального округа за 2019 год, представлено техническое и технологическое оснащение средствами вычислительной техники и телекоммуникаций, показана необходимость внедрения цифровых технологий, способствующих повышению эффективности сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** Сибирский федеральный округ, регион, сельскохозяйственное производство, цифровые технологии, эффективность, социально-экономическое развитие.

Сибирский федеральный округ (СФО) составляет 25,5 % территории России и включает десять регионов. Агропромышленный комплекс – одна из лидирующих отраслей округа, являющегося крупнейшим производителем продовольствия на востоке страны. Наличие разнообразных природно-климатических, социально-экономических и других условий в субъектах СФО, а также существенных различий в ресурсном потенциале и уровне социально-экономического развития оказывает влияние на состояние сельскохозяйственного производства и обуславливает специфику каждого региона.

В 2019 г. округ занял четвертое место среди регионов Российской Федерации по производству продукции сельского хозяйства. При этом наибольший объем производства сельскохозяйственной продукции был в Алтайском крае. Этому способствуют благоприятные климатические условия, наличие сельскохозяйственных земель, численности сельского населения. Похожие условия для ведения сельского хозяйства у Омской и Новосибирской областей, расположенных на втором и третьем месте, соответственно (таблица 1).

Таблица 1

Объемы сельскохозяйственного производства и численность  
сельского населения регионов СФО, 2019 г.

Субъекты РФ	Продукция сельского хозяйства в фактических ценах <sup>1</sup> , млн руб. [1, С.737]	Доля регионов в производстве сельскохозяйственной продукции в СФО	Численность сельского населения на 01.01.19, чел. [2]	Численность сельского населения, % от СФО
СФО	591447	100,0	4 412 899	100,0
Республика Алтай	10646	1,8	155 021	3,5
Республика Тыва	6388	1,1	148 960	3,4
Республика Хакасия	13626	2,3	162 614	4,0
Алтайский край	144540	24,4	1 010 199	22,3
Красноярский край	84865	14,4	645 046	14,6
Иркутская область	62154	10,5	509 739	11,6
Кемеровская область	47807	8,1	373 345	8,5
Новосибирская область	92988	15,7	583 214	13,2
Омская область	98012	16,6	528 551	12,0
Томская область	30422	5,1	296 210	6,9

<sup>1</sup> В хозяйствах всех категорий

В настоящее время в условиях возрастающей потребности в продуктах питания агропромышленному комплексу Сибирского федерального округа отводится значительная роль в обеспечении населения продовольствием. Динамичное развитие аграрного производства требует внедрения высокоэффективной системы земледелия, современных технологий сбора и обработки информации, необходимой для решения многочисленных производственных и управленческих задач [3].

Поскольку активное внедрение цифровых технологий способствует повышению эффективности сельского хозяйства, снижению себестоимости продукции, привлечению в отрасль специалистов новых профессий и, в итоге, – повышению уровня жизни в селе, то задача по техническому и технологическому оснащению в регионах средствами вычислительной техники и телекоммуникаций становится особенно актуальной (таблица 2).

Таблица 2

Техническое и технологическое оснащение средствами вычислительной техники и телекоммуникаций в регионах Сибирского федерального округа, 2019 г.

Субъекты РФ	Число персональных компьютеров в организациях		Организации, использовавшие специальные программные средства, от общего числа обследованных организаций, %	Доля организаций, имевших веб-сайт в сети Интернет, в общем числе организаций, % [4]	Число подключенных абонентских устройств мобильной связи на 1000 человек населения, ед. [2, С. 1005]
	Всего на 100 работников	С доступом к сети Интернет на 100 работников			
СФО	49	35	20,9	84,3	1887,0
Республика Алтай	59	39	8,0	90,5	1465,7
Республика Тыва	52	35	5,3	74,5	1369,8
Республика Хакасия	50	35	13,2	81,6	2106,1
Алтайский край	44	32	18,6	90,0	1719,1
Красноярский край	48	34	16,9	84,5	1853,8
Иркутская область	48	34	20,2	79,2	1995,5
Кемеровская область	38	27	18,8	87,6	1802,1
Новосибирская область	59	44	37,5	85,7	2076,6
Омская область	50	34	16,0	83,3	1959,8
Томская область	62	46	19,8	80,6	1816,9

Таким образом, по числу персональных компьютеров на 100 работников в организациях регионов СФО выделяются Томская, Новосибирская области, Республика Алтай. Скорее всего, это обусловлено различием в финансировании приобретения оргтехники. Повторяется ситуация по числу персональных компьютеров на 100 работников с доступом к сети Интернет. Здесь различия данного показателя могут быть обусловлены как разными тарифами на услуги доступа к сети Интернет, так и общим уровнем развития региона.

Республика Алтай и Алтайский край имеют наилучший показатель доли организаций, имевших веб-сайт в сети Интернет, в общем числе организаций; в Новосибирской и Иркут-

ской областях больше всего организаций, использовавших специальные программные средства.

По числу подключенных абонентских устройств мобильной связи на 1000 человек населения лучшая ситуация в Республике Хакасии, Новосибирской области, хуже – в Республиках Тыва и Алтай.

Внедрение цифровых технологий в агропромышленный комплекс ведет к сокращению затрат, в несколько раз повышается производительность и эффективность труда, поэтому для современного АПК жизненно необходимо использование достижений научного прогресса. Возрастающая потребность в продуктах питания требует активного продвижения цифровизации во всех регионах Сибирского федерального округа. Например, благодаря внедрению цифровых технологий в АПК Новосибирской области элементы точного земледелия используют 125 хозяйств на площади 797,4 тыс. га (34,4 % посевных площадей), элементы точного животноводства используют 27 хозяйств с поголовьем 92833 голов (охват 26,5 %) [5].

Однако внедрение цифровых технологий в сельских районах зачастую сопровождается определенными проблемами: доля сельского населения сокращается, в селах отсутствует инфраструктура, в том числе базовая ИТ-инфраструктура, не хватает определенных технических знаний и навыков. Для повышения эффективности и конкурентоспособности агробизнеса необходим синтез научных разработок с практическим сельскохозяйственным производством.

#### Использованные источники:

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: статистический сборник [Электронный ресурс] – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region\\_Pokaz\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LkooETqG/Region_Pokaz_2020.pdf) (дата обращения: 20.08.2021).
2. Численность населения России на 1 января 2019 года [Электронный ресурс] – URL: <https://gilsocmin.ru/ru/content/> (дата обращения: 20.08.2021).
3. Информационные технологии как средство повышения эффективности сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-kak-sredstvo-povysheniya-effektivnosti-selskohozyaystvennogo-proizvodstva/viewer/> (дата обращения: 16.08.2021).
4. Доля организаций, имевших веб-сайт в сети Интернет, в общем числе организаций [Электронный ресурс] – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/43528> (дата обращения: 16.08.2021).
5. Андрей Травников выступил за стимулирование цифровых технологий в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] – URL: <https://novosibirsk.bezformata.com/listnews/tcifrovih-tehnologiy-v-selskom-hozyaystve/95091448/> (дата обращения: 20.08.2021).

УДК 619, 636.03, 004.77

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-80-84

*Лукьянов П.Б.,*

*Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва*

### **ДИАГНОСТИКА БОЛЕЗНЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ «КОРАЛЛ»**

В статье приведены решения по диагностике болезней сельскохозяйственных животных, реализованные в экспертных системах «КОРАЛЛ – Диагностика болезней» для КРС, свиней и птицы. Экспертная система ориентирована на два типа пользователей – Эксперта, заполняющего базы знаний, и Пользователя, использующего эту базу при диагностике болезней. Описаны связи между болезнями и их признаками, болезнями и способами лечения, мерами профилактики и оздоровления, рассмотрена процедура диагностики болезни.

**Ключевые слова:** диагностика болезней сельскохозяйственных животных, информационные системы в ветеринарии, экспертная система, система управления стадом, автоматизированное определение болезней.

В настоящее время активно развиваются различные диагностические информационные системы для использования в животноводстве. В зависимости от типа решаемой задачи компьютерные программы автоматизируют процедуру проведения диагностики болезней [1-7],

позволяют вести учет, планировать ветеринарные мероприятия, а также выполнять анализ состояния отдельного животного выбранной группы или стада в целом.

Цель исследования заключалась в разработке экспертных систем и внедрении их в практику работы ветврачей для помощи в диагностике болезней животных. Были решены следующие задачи:

- 1) структурированы связи между болезнями и их признаками; животными и возможными болезнями; болезнями и возбудителями, переносчиками; болезнями и способами лечения, профилактики, оздоровления для различных видов и групп животных; болезнями и поражаемыми системами, этиологией;
- 2) формализован алгоритм проведения диагностики болезни по заданным признакам болезни с возможностью интерактивного уточнения результатов диагностики;
- 3) разработан программный комплекс для заполнения Экспертом структурированной информации по болезням и выделенным связям; реализован алгоритм диагностики болезни с возможностью коррекции признаков болезни и уточнения диагноза.

Программа «КОРАЛЛ – Диагностика болезней» выполнена как двухуровневая экспертная система. На первом уровне, уровне Эксперта, разработаны механизмы для формирования базы фактов и знаний по болезням, их признакам, поражаемым системам, способам и средствам лечения и т. д. Эксперт (опытный ветеринарный врач, специалист по диагностике болезней) работает с базой фактов и знаний, заполняя определенный набор справочников и задавая различные связи между ними (рисунок 1).

На рисунке 1 представлено дерево связей, структурированное по следующим уровням: «Вид животных» -> «Группа животных» -> «Вид болезни (Заразная / Незаразная)» -> «Тип болезни» -> «Название болезни» -> «Синонимы». Когда Эксперт переходит на уровень «Название болезни», ему становятся доступны для заполнения дочерние ветви дерева для выбранной болезни: «Признаки», «Поражаемые системы», «Меры борьбы», «Этиология». Для заразных болезней открываются ветви «Возбудитель» и «Переносчики».

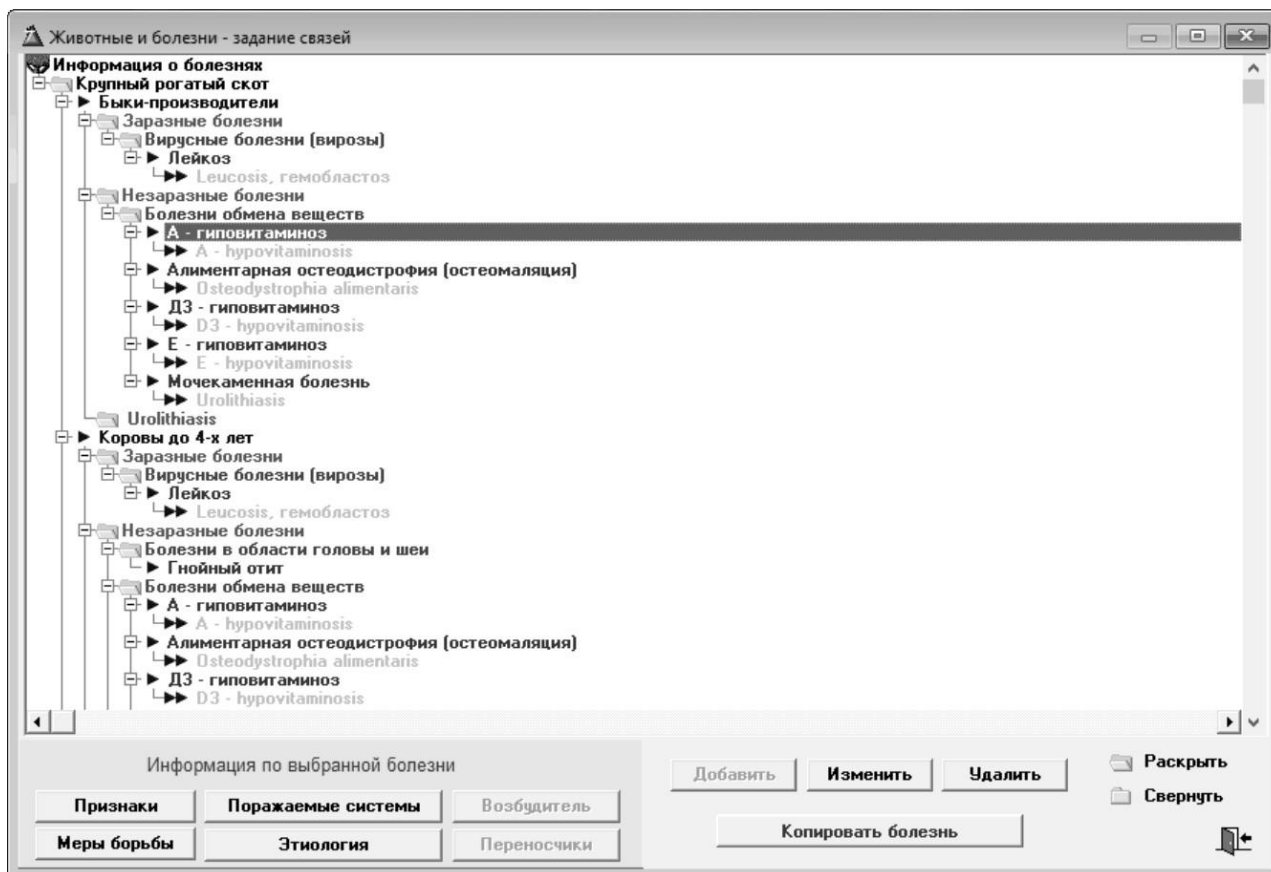


Рисунок 1. Задание связей в режиме Эксперта



Для удобства работы Эксперт может перенести дочерние ветви, заполненные для одной болезни, в ветвь другой болезни и затем корректировать данные. Задача Эксперта – поддерживать базу знаний в актуальном состоянии, расширять и уточнять данные по болезням, схемам лечения, препаратам, способам профилактики и т. д.

На основании информации, внесенной Экспертом, Пользователь экспертной системы может проводить диагностику болезней, выбирая из списка возможных признаков болезни те, которые присутствуют у конкретного заболевшего животного. Рассмотрим подробнее последовательность действий Пользователя при выполнении диагностики.

1. Выбирается группа животных, к которой относится диагностируемое животное.
2. Для выбранного животного Пользователь отмечает признаки болезни (рисунок 2).
3. После нажатия на кнопку «Определить болезнь» выводится экран с перечнем возможных болезней в порядке уменьшения вероятности болезни. Вероятность определяется на основании набора отмеченных признаков и уникальности признака для данной болезни. Выбрав интересующую болезнь, Пользователь может уточнить признаки.
4. По каждой из возможных болезней Пользователю доступны следующая информация: меры лечения и профилактики (рисунок 3), поражаемые системы и этиология (рисунок 4), литература.

Кроме режима диагностики, Пользователю доступны справки:

- Животные – Болезни – Признаки
- Животные – Признаки – Болезни
- Животные – Болезни – Меры борьбы
- Животные – Болезни – Переносчики
- Болезни – Животные – Признаки
- Болезни – Литература и др.

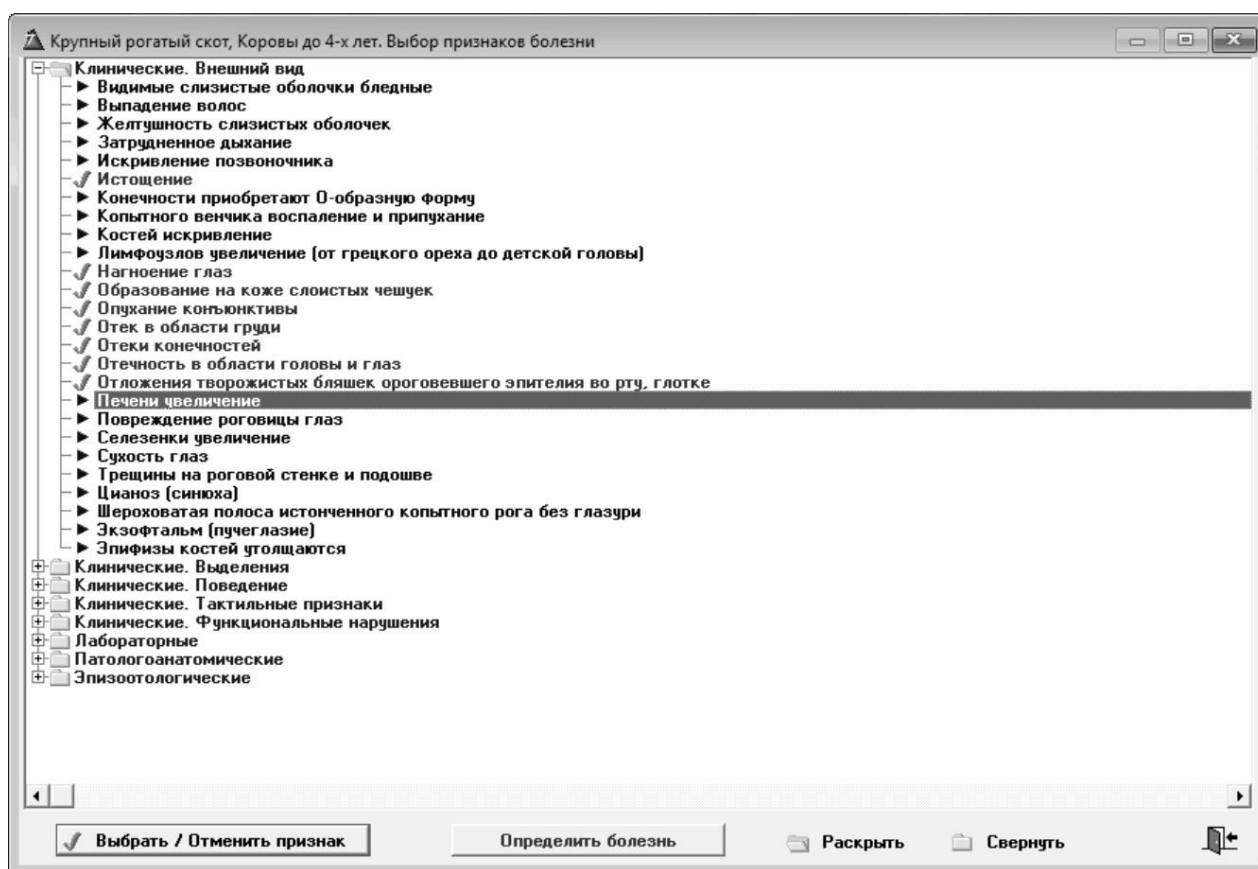


Рисунок 2. Задание признаков болезни у животного

В результате использования программ КОРАЛЛ по диагностике болезней специалист, работающий с животными на ферме, имеет все возможности качественно улучшить показа-

тели своей работы, переводя ее на новый уровень. При наличии доступа к сети Интернет использование программ может быть более гибким, так как появляется возможность размещать программы на облачном сетевом диске. В этом случае доступ к программам осуществляется с любого компьютера, соответственно, возможности использования программ еще более расширяются.

Программы КОРАЛЛ размещены на сайте [www.korall-agro.ru](http://www.korall-agro.ru). На странице <https://www.korall-agro.ru/free.html?url=free.html> можно скачать и пользоваться экспертными системами «КОРАЛЛ – Диагностика болезней», это программа бесплатная.



Рисунок 3. Подробная информация по лечению болезни

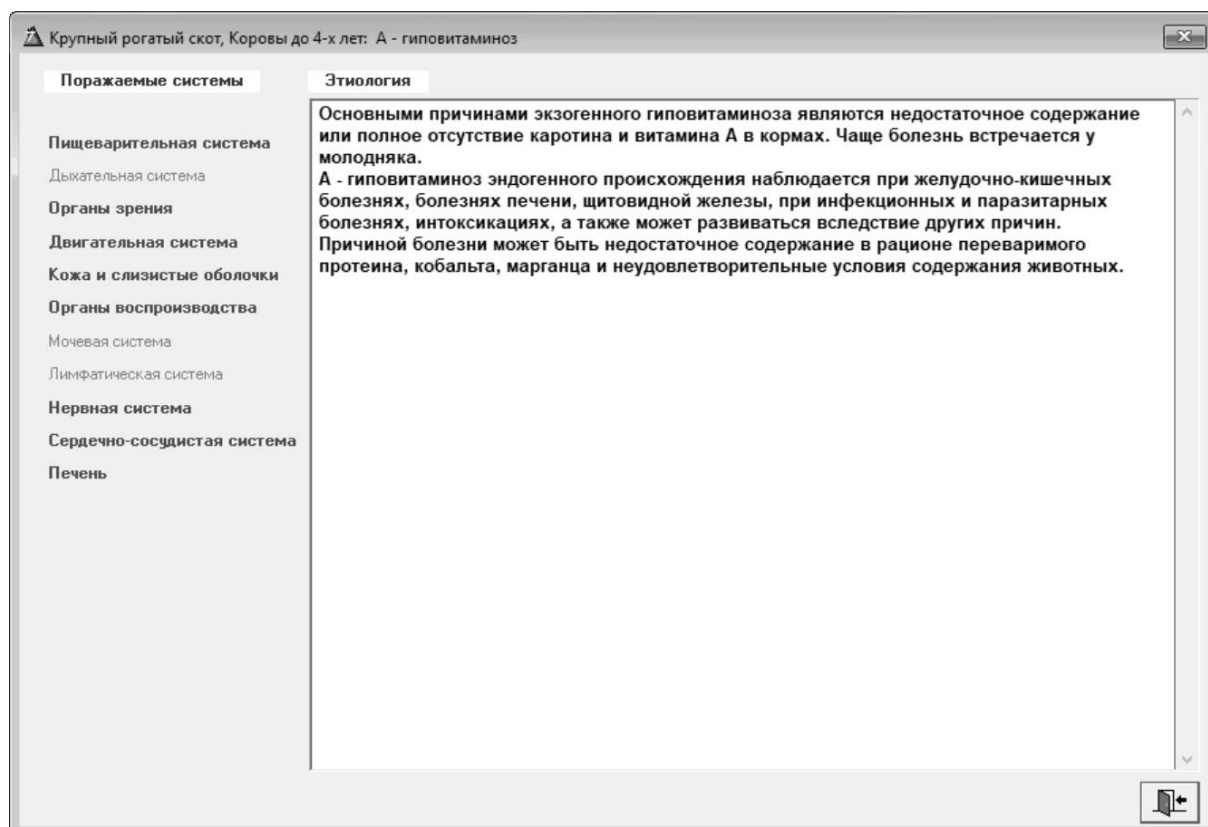


Рисунок 4. Поражаемые системы и этиология по выбранной болезни

#### Использованные источники:

1. Шопагулов О.А. Использование экспертных систем в ветеринарии // Сейфуллинские чтения – 15: Молодежь, наука, технологии – новые идеи и перспективы: материалы междунар. науч.-теорет. конф., приуроченной к 125-летию С. Сейфуллина. – Нур-Султан, 2019. – Т. I, – Ч. 2 – С.134-136.
2. Гринь В.А., Семенов К.А., Соболев В.А., Кузьминов Н.Д. Экспертная система диагностики гепатопатий у животных с использованием данных о состоянии крови // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. Краснодар, 2019. – Т. 8. – № 3. – С. 169-173.
3. An equine disease diagnosis expert system based on improved reasoning of evidence credibility / H. Gao, G Jiang, X Gao, [et al] // Information Processing in Agriculture. – 2019. – Vol. 6, Issue 3. – P. 414-423.

4. Anjara F. Expert System for Diseases Diagnosis in Living Things: A Narrative Review / F. Anjara, A.A. Jaharadak // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1167, Issue 122. – Article № 012070.
5. Comparative analysis of cow disease diagnosis expert system using Bayesian network and Dempster-Shafer method / Aristoteles, K. Adhianto, R. Andrian, Y.N. Sari // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2019. – Vol. 10, Issue 4. – P. 227-235.
6. Mohan A. Animal disease diagnosis expert system using convolutional neural networks / A. Mohan, R. Raju Deepak, P. Janarthanan // Proceedings of the International Conference on Intelligent Sustainable Systems, ICISS. – 2019. – P. 441-446.
7. Nusai C. A mobile expert system for disease diagnosis of dairy cow / C. Nusai, W. Chankeaw, B. Sangkaew // 8th Annual IEEE/SICE International Symposium on System Integration, SII. – 2015, Article № 7405063. – P. 690-695.

УДК 004:528.91; 631.58:001.891.57

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-84-86

*Малыгина О.И., Понн Е.С.,*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск*

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

В статье показаны возможности применения различных геоинформационной систем и современных цифровых технологий различного назначения для информационного обеспечения сельскохозяйственных земель. Показаны возможности различных цифровых технологий в управлении сельхозпредприятием, определении неиспользованных территорий, а также возможные решения для возвращения сельхозземель в хозяйственный оборот. Цифровизация сельского хозяйства позволит найти наилучшие решения для исследования индивидуальных свойств и характеристик земельных участков, а также планирования направлений их хозяйственного использования. Информационно-цифровые технологии должны обеспечить сохранность естественного плодородия ценных сельскохозяйственных угодий и использование их по прямому назначению, не допуская нерационального.

**Ключевые слова:** геомоделирование, сельскохозяйственная ценность почв, ориентированное землепользование, неиспользуемые земли, цифровизация.

Современный уровень развития цифровых технологий различного назначения неразрывно связан с возможностями улучшения ситуации устойчивого развития различных территорий. В рамках устойчивого развития территорий мы видим, что одну из наиболее крупных проблем в нашей стране занимает рациональное использование земельных ресурсов. По площади сельскохозяйственных угодий Российская Федерация занимает третье место в мире, но, к сожалению, не все эти площади используются в полной мере или совсем не используются.

Данная проблема характерна для всех субъектов Российской Федерации, вследствие того, что уровень цифровизации сельского хозяйства не очень высок и пока что не соответствует принятым стандартам. С каждым годом мы видим, что сельское хозяйство предпринимает различные шаги для повышения своей цифровой грамотности и цифровой оснащённости. Такие шаги предпринимаются не только на уровне отдельных руководителей сельхозпредприятий, но и на уровне Министерства сельского хозяйства [1].

Так Министерство сельского хозяйства воплощает в жизнь программу «Цифровое сельское хозяйство». Данный проект должен помочь увеличить производительность сельхозпредприятий вдвое к 2024 году. Цель этого проекта заключается во внедрении современных цифровых технологий и программного обеспечения для коренных изменений в сельском хозяйстве, вследствие технологического прорыва и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях. Первым этапом проекта стало создание национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство» – приказ приступить к ее формированию был издан в феврале 2020 года [4]. В переходе сельскохозяйственной отрасли страны на «цифровую платформу» принимают участие Госкорпорация Ростех и Министерство сельского хозяйства России.

Внедрение цифровизации в сельском хозяйстве на современном экономическом этапе

в нашей стране поможет повысить эффективность и устойчивость управления путем своевременного и обоснованного принятия решений на всех уровнях. Данные технологии информатизации помогут сделать упор на современные способы производства и использование полученной информации о состоянии земель и земельных ресурсов, а также прогнозирование возможных изменений на данных территориях в сельском хозяйстве.

Из отчетов международных и отечественных экспертов видно, что применение современных информационных цифровых технологий серьезно влияет на формирование оптимальных условий для проведения различных почвенных и агротехнических мероприятий [3].

Главной проблемой цифровизации сельского хозяйства является недостаточное количество специалистов в этой области, работающих на сельхозпредприятиях и использующих современные цифровые решения и технологии. Подготовка таких специалистов необходима в связи с тем, что многие годы сельское хозяйство являлось убыточным производством, и многие сельхозпредприятия были вынуждены сократить площади обрабатываемых земель и, соответственно, число работающих специалистов. Но в последнее время кадровый голод привел к резкому росту развития цифровых технологий на селе и повышению квалификации необходимых рабочих кадров. Такие специалисты должны обладать новыми знаниями в области «облачных технологий», «больших данных», беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), точного земледелия, навигации и многих других. Ежегодно в России проходит Федеральный ИТ-форум агропромышленного комплекса России «Smart Agro: Цифровая трансформация в сельском хозяйстве». На этом форуме для руководителей и специалистов демонстрируются передовые российские и мировые цифровые технологии для управления во всех областях сельского хозяйства.

Современная цифровизация сельского хозяйства направлена на создание полных баз данных по всем направлениям сельхозпроизводства с выделением отдельного тематического слоя на оцифровку различных данных о земле, которые подлежат строгой структуризации. Такого рода информация должна располагаться в специализированных информационных ресурсах как основа базовой информации о сельхозпредприятии и его имуществе. Такие базы данных должны помогать проводить курс на решение многих производственных задач, включая мониторинг и анализ данных, а также различного рода надзорные действия над землями сельскохозяйственного назначения, включая процессы восстановления земель, в т. ч. мелиорацию и другие культуротехнические мероприятия. Это поможет структурировать знания о земельно-производственном факторе при принятии организационно-управленческих решений.

В число возможных информационных решений по цифровой трансформации сельского хозяйства могут входить следующие технологии:

- создание серверов по получению и хранению «больших данных» об объектах сельскохозяйственных предприятий (земля, культуры, урожай, животные, техника, удобрения);
- создание экспертных групп по цифровому планированию сельскохозяйственного производства;
- создание на региональном уровне агломераций цифрового комплексного освоения территории и ведению хозяйственной деятельности;
- создание программ по оптимизации землепользования, вовлечение неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйственный оборот;
- создание отечественного программного обеспечения и цифровых продуктов для управления сельхозпредприятием;
- внедрение технологий «умного сельхозпроизводства» с применением цифровых решений;
- внедрение картографической и навигационной составляющих в программные комплексы управления сельхозпроизводством;
- создание интеллектуальной системы, осуществляющей сбор, анализ, обновление информации о состоянии почвенных и земельных ресурсов;
- создание систем, осуществляющих контроль и мониторинг систем землепользования

и адаптивно-ландшафтного земледелия, их воздействия на окружающую среду и сельский социум [5].

Одной из главных задач информатизации сельского хозяйства является возвращение в севооборот и сельхозпроизводство неиспользуемых земель. По оценкам экспертов в настоящий момент в России не используется около половины всей площади сельскохозяйственных земель, а это от 40 млн до 80 млн гектар. Принятые Правительством РФ в 2020 году нормативные акты четко определили признаки неиспользуемых сельскохозяйственных земель. Данные признаки позволят не только четко выделить такие земли, но и помочь принять решение об их дальнейшей судьбе. Это может быть как рекультивация и ввод в площади для севооборота, так и использование земли для других нужд сельского хозяйства.

Квалификация признаков неиспользования неразрывно связана с определением площадей, картированием и определением плодородия таких почв. Все эти процедуры осуществляются с помощью современных цифровых технологий. Так, например, определение характеристик участка по внешним мониторинговым признакам, таким как неиспользование пашни, возделывание конкретных сельскохозяйственных культур, качество обработки почвы и др. возможно при использовании космических снимков высокого разрешения или результатов съемки с БПЛА. Также при помощи данных технологий возможно выявление наличия на земельном участке построек, имеющих признаки самовольных, загрязнения земельного участка химическими веществами, захламления земельного участка на площади 20 % и более (определяется нормативными документами) и многое другое [2].

Главной задачей выявления признаков неиспользования земель сельскохозяйственного назначения является возвращение этих земель в оборот, что для сельского хозяйства предоставляет новые рабочие места, государству даст увеличение производства агропродукции для внутреннего рынка и на экспорт, увеличит налоговые поступления в бюджет.

В настоящий момент многие земельные участки находятся не только в руках сельхозпредприятий, но и у частных лиц, и корпораций, не занимающихся сельским хозяйством, приобретающих такие земельные участки в качестве инвестиций и не использующих их по целевому назначению. Цифровизация поспособствует выявлению таких земель и их изъятию у нерадивых собственников. Цифровизация сельского хозяйства позволит провести инвентаризацию таких земель значительно быстрее и точнее, а также выявить конкретные земельные участки, наиболее подходящие для сельского хозяйства. До 2030 года государство планирует ввести в оборот 12 млн га таких земель.

Также процесс инвентаризации позволит занести в реестр всех собственников неиспользуемых земельных участков и, в случае отказа от использования этих земель по целевому назначению, передавать их под сельхозпроизводство по заявительному признаку. Это позволит передать большой процент неиспользуемых земель в руки заинтересованных сельхозпредприятий или частных фермерских хозяйств.

По мнению экспертов цифровизация поможет агропромышленному комплексу России совершить мощный скачок вперед за счет внедрения в оборот неиспользуемых земель.

#### **Использованные источники:**

1. Дубровский А.В. Возможности применения геоинформационного анализа в решении задач мониторинга и моделирования пространственных структур // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5. – С. 220-224.
2. Земля до востребования. [Электронный ресурс]. URL: <http://rg.ru/2020/09/24/pravitelstvo-opredelilo-priznaki-neispolzuemyh-selhozzemel.html>. (дата обращения: 25.09.21).
3. Сельскохозяйственная ценность почв. [Электронный ресурс]. URL: <http://resources.arcgis.com/ru/communities/soils/02ms00000005000000.htm>. (дата обращения: 25.09.21).
4. Стратегия цифровой трансформации сельского хозяйства. Утв. Правительственной комиссией по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 25.06.2021 N 20). [Электронный ресурс]. URL: <http://legallacts.ru/doc/strategija-tsifrovoi-transformatsii-selskogo-khozjaistva-moja-tsifrovaja-ferma>. (дата обращения: 25.09.21).
5. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

*Молородов Ю.И.<sup>1</sup>, Слепцов Е.А.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>ФИЦ ИВТ СО РАН, <sup>2</sup>НГУ, г. Новосибирск*

## **ТЕХНОЛОГИИ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА**

В статье рассматриваются вопросы использования технологий смешанной реальности для использования ее с пространственной моделью Кузбасского Ботанического сада. Уникальность экспонатов, выделенная территория и разнообразие природной среды обусловили необходимость использования таких технологий.

**Ключевые слова:** новые технологии, технологии виртуальной и дополненной реальности, цифровая фабрика, Индустрия 4.0, четвертая промышленная революция.

Первые попытки создания интерактивных устройств, позволяющих взаимодействовать с имитируемой реальностью или дополняющей реальность накладываемой информацией, предпринимались еще в начале XX века. Сама концепция смешанной реальности (континуум реальности-виртуальности), элементами которой являются Augmented reality (AR) и Virtual reality (VR) в современном представлении, является достаточно молодой (24 года), равно как и рынок самих технологий виртуальной и дополненной реальности. И хотя понятия и концепции виртуальной и дополненной реальности не претерпели радикальных изменений за последние 30 лет, их технологии прошли значительный эволюционный путь, как в плане совершенствования устройств и программного обеспечения, так и контента, и уже пережили несколько скачков роста. Их применение не ограничится лишь сферой развлечений и игр. Многие эксперты считают, что технологии виртуальной и дополненной реальности наряду с BigData, облачными технологиями, искусственным интеллектом и некоторыми другими станут ключевыми технологиями четвертой промышленной революции. Технологии дополненной и виртуальной реальности могут лечь в основу новой вычислительной платформы. Уже сегодня проекты на их основе помогают не только создавать концептуально новые рынки, но и менять существующие [1].

Технологии смешанной реальности для работы с 3D-объектами сельскохозяйственных угодий и пр. базируются на использовании фотограмметрического подхода, в основе которого лежат форматы данных, их преобразование, импорт, экспорт в программные комплексы 3D-моделирования. Для достижения успеха необходимо использовать программные комплексы для работы в смешанной реальности, обосновывать выбор необходимых программных средств: Blender, Unreal Engine, Unity и др. Эти технологии могут успешно использоваться для работы с реальными объектами: 3D-моделями сельскохозяйственных угодий, угольных разрезов, рек и ботанических садов.

Необходимо обеспечить возможности получения пространственной информации на основе фотографирования объектов летательными аппаратами, ввод этой информации, а также необходимые геометрические преобразования, экспорт, создание комплексных проектов.

В рамках реализации указанных технологий рассмотрены также некоторые программы и инструменты, которые можно использовать при создании трехмерных моделей, технологий работы с виртуальной и дополненной реальностью.

**Цель исследования** – провести анализ имеющихся моделей для описания и создания 3D-объектов, разработать технологию их информационного моделирования с использованием программно-аппаратных средств. В основном в VR мирах можно взаимодействовать с трехмерными моделями объектов. Для создания трехмерных объектов наиболее популярными программами являются Maya, Cinema 4D, 3ds Max, Blender [8]. Также трехмерные объекты можно получить путем фотограмметрии – метод извлечения геометрической информации из двухмерных изображений или видео.

Фотограмметрия находит большое применение в различных видах деятельности: создании топографических карт и ГИС; геологических изысканиях; охране окружающей среды (изучение ледников и снежного покрова, бонитировка почв и исследование процессов эрозии, наблюдения за изменениями растительного покрова, изучение морских течений); в проектировании и строительстве зданий и сооружений; в археологических раскопках; киноиндустрии; автоматизированном построении пространственных моделей объекта по снимкам; в военном деле и т. д.

В данной работе рассмотрены только некоторые программы и инструменты, которые можно использовать при создании трехмерных моделей, технологий работы с виртуальной и дополненной реальностью.

**Фотограмметрия и облако точек.** Фотограмметрия — научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их фотоизображениям [2]. Существует два основных направления в фотограмметрии: создание карт и планов Земли (и других космических объектов) по снимкам (фототопография), и решение прикладных задач в архитектуре, строительстве, медицине, криминалистике и т. д. (наземная, прикладная фотограмметрия).

Таблица 1

Сравнения наиболее популярных программ для работы с фотограмметрией

Программа	Платформа	Тип фотограмметрии	Источник данных	Цена
Socet set	Windows	аэрофотосъемка, со спутника	фото	
3DF Zephyr	Windows	аэрофотосъемка, БПЛА	фото, видео, лазерное сканирование	\$\$4,200
OpenDroneMap	macOS, Linux, Windows	аэрофотосъемка, БПЛА	фото	
PhotoModeler	Windows	аэрофотосъемка, БПЛА	фото, видео, лазерное сканирование	\$995-\$2995
Pix4Dmapper	macOS, Linux, Windows	аэрофотосъемка, БПЛА	фото, видео	
RealityCapture	Windows	аэрофотосъемка, БПЛА	фото, видео, лазерное сканирование	€99-15000
Metashape	macOS, Linux, Windows	аэрофотосъемка, БПЛА, со спутника	фото, видео, лазерное сканирование	\$179–3,499
IMAGINE Photogrammetry	Windows	аэрофотосъемка, БПЛА, со спутника	фото	
Photosynth	Windows	вблизи	фото	
Ames Stereo Pipeline	Linux, OSX	аэрофотосъемка, со спутника	фото	

Облако точек — набор вершин в трехмерной системе координат. Эти вершины, как правило, определяются координатами X, Y, Z, и предназначены для представления внешней поверхности объекта. Облака точек создаются 3D-сканерами и фотограмметрическими методами обработки изображений. 3D-сканеры в автоматическом режиме замеряют большое количество точек на поверхности сканируемого объекта и зачастую генерируют на выходе облако точек в виде цифрового файла данных. Таким образом, облако точек представляет собой множество точек, полученных в результате 3D-сканирования объекта. В результате процесса



трехмерного сканирования облака точек используются для многих целей, в т. ч. для создания трехмерных САД-моделей для производственных деталей, для метрологии и контроля качества, а также для множества других целей, связанных с визуализацией, компьютерной анимацией, рендерингом и приложениями массовой кастомизации.

**Программы для работы с фотометрией и облаками точек.** Программы для работы с фотограмметрией различаются множеством факторов. Можно разделить эти программы по типу входных данных, масштабируемости входных данных, возможности автоматизации процесса, платформы ОС, платностью или бесплатностью программы (таблица 1).

**Геоинформационные системы.** Геоинформационная система (географическая информационная система, ГИС) — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах. Понятие геоинформационной системы также используется в более узком смысле — как инструмента (программного продукта), позволяющего пользователям искать, анализировать и редактировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах.

**Получение трехмерной модели из облака точек.** В настоящее время можно воспользоваться функционалом фотограмметрии для создания трехмерных моделей объектов, даже полученных смартфоном. Однако для более точных и/или детализированных результатов пользуются программами аналогичными 3DF Zephyr, Agisoft Metashape, Reality Capture и Meshroom [8, 9].

Создание облака точек – процесс, трудоемкий, и он требует больших вычислительных мощностей для быстрого создания облака точек. Облако точек можно построить разреженное либо плотное. При строительстве разреженного облака – получаем результат быстрее, но менее детализированным, чем при работе с плотным облаком точек.

**Пример работы в Agisoft Metashape.** Популярной функцией программы Agisoft Metashape [3] является работа с облаком точек. Рассмотрим на примере облака точек полученного с помощью аэрофотосъемки беспилотного летательного аппарата – DJI Mavic 2 Pro (у/н u017810) с камерой Hasselblad L1D-20c с разрешением 20 мегапикселей [10]. Съемка проводилась в три этапа.

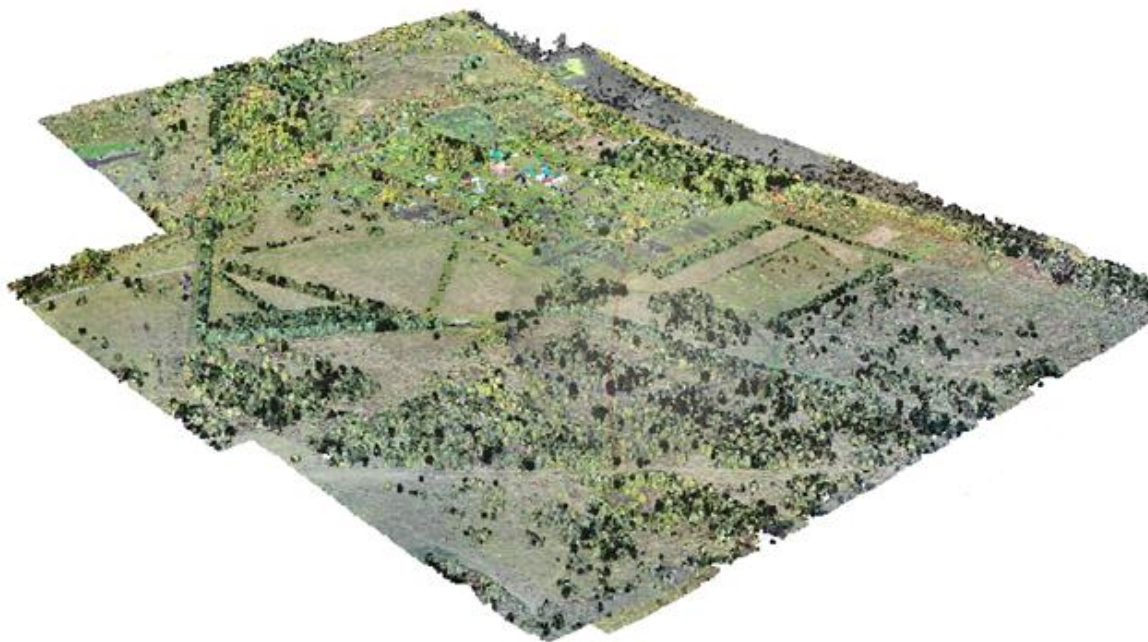


Рисунок 1

Ботанический сад был поделен на 3 части, поэтому было отснято 3 полигона с площадями 17 Га, 27 Га и 22 Га. Это связано с тем, что коптер от одной батареи летает около 25–28

минут (было 3 батареи), этого как раз хватило, чтобы отснять территорию в 20-25 Га с высоты 100 метров. Средняя скорость полета – 8 м/с, угол наклона камеры – 90°, процент перекрытия изображений – 70 %. Суммарное время полета составило примерно 90 минут. В результате было получено 973 изображения в формате JPEG набором метаданных в формате EXIF – параметры камеры, а также географические координаты и высота над уровнем моря.

План полета составлялся в программе Pix4DCapture (установленной на DJI Smart Controller). Обработка полученных фотографий осуществлялась при помощи ПО: Pix4Dmapper и Agisoft Metashape. В результате сканирования 3D-объекта, мы получаем облако точек (рисунок 1).

Облако точек (точечная модель) представляет собой набор точек, полученных в результате 3D-сканирования объекта реального мира и представляющих поверхность этого объекта в трехмерной системе координат. Точки облака обычно представлены координатами XYZ, которые просто записаны в файле.

При сильном приближении можно увидеть больше точек, выбранных из облака точек (рисунок 2).



Рисунок 2

**Геоинформационная система** (географическая информационная система, ГИС) – система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах. Это понятие часто используется в более узком смысле — как программный продукт, позволяющий пользователю искать, анализировать и редактировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах.

**Программы для работы геоинформационными системами.** С помощью этих программ можно: автоматически вводить данные методом сканирования печатных карт или заполнения координат, а также по снимкам со спутников. Манипулировать сведениями – масштабированием, отбором определенных параметров. Сводить всю информацию в таблицы и управлять, таким образом, таблицами баз данных (БД). Имеется инструмент для анализа географии, экологии, населенности территорий, загруженности дорог и многого другого. Возможна визуализация получаемого изображения [5].

В основном, программы, работающие с геоинформационными системами, отвечают международным стандартам ISO 19100. Основные отличия программ составляет функционал и визуальный интерфейс. Среди них можно выделить бесплатную программу QGIS с открытым кодом для создания геоинформационных систем. Имеется, также и коммерческий вариант профессиональной программы, разрабатываемой АО КБ «Панорама» [5, 6].

**Пример работы в QGIS.** В QGIS можно оперировать многими форматами файлов, также подключать к нему модули, которые могут заметно расширить функционал программы [5]. Используя шейпфайл (shapefile), в котором записана информация в виде полигонов с атрибутами, можно использовать функционал программы для просмотра выбранных полей данных над полигонами (рисунки 3, 4). Реализована возможность отображения с помощью программного модуля OpenStreetMap открытой карты территории вместе с просматриваемым шейпфайлом. Именно в нем и прописаны необходимые атрибуты полигонов и привязка к местности.

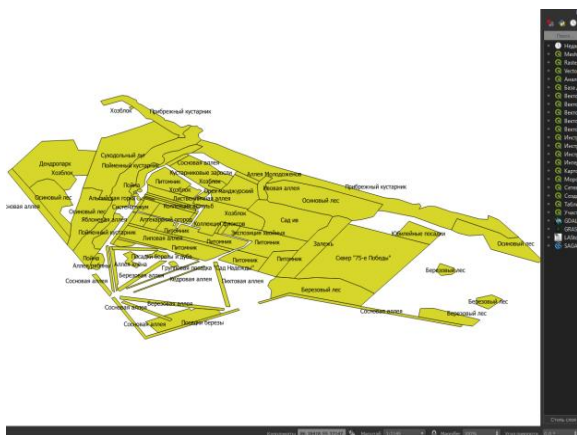


Рисунок 3

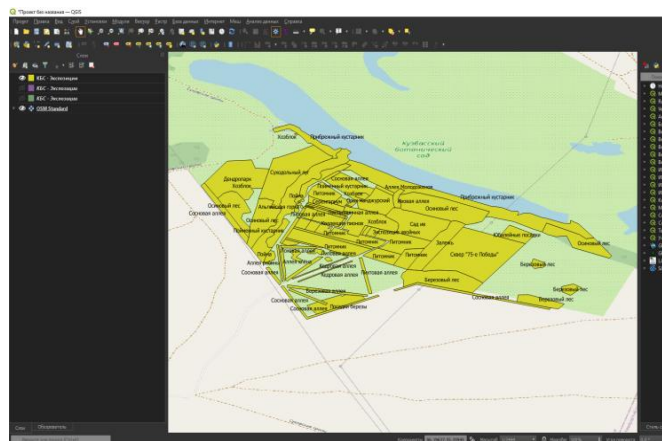


Рисунок 4

**Среды разработки для создания трехмерной графики и игр.** В настоящее время для средств игровой индустрии фирмой Microsoft разработана линейка программных продуктов. Среди них можно выделить: **Blender** – профессиональное свободное открытое и бесплатное программное обеспечение для создания трехмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, средства анимации, моделирование, постобработки и монтажа видео со звуком, компоновки с помощью «узлов». **Unreal Engine** – бесплатный игровой движок, разрабатываемый и поддерживаемый компанией Epic Games. Он содержит набор инструментов для разработки игр, имеющий широкие возможности: в т. ч. и для создания двухмерных игр на мобильных устройствах. **Unity** – платформа для создания высококачественных 2D- и 3D-игр для множества платформ: смартфонов, компьютеров, консолей, ТВ, VR, AR и веба. Стоимость подписки варьируется от бесплатной для «начинающих» – до \$125 в месяц для профессионалов. Программа принадлежит американской компании Unity Technologies.

**Пример работы в Unity.** Возможностей в игровом движке Unity достаточно для реализации нашего проекта. Программирование скриптов для интерактивного взаимодействия в Unity происходит на языке C#. При создании скрипта в файле изначально устанавливается шаблон, имеющий подключение необходимых библиотек и две процедуры под названиями Start и Update. То, что написано в блоке процедуры Start, выполняется при запуске программы, а то, что в Update – с каждым кадром.

На рисунках 5-6 представлены фрагменты трехмерной модели, полученные ранее, и импортированные в проект Unity. Импортируем в наш проект готовую 3D-модель ботанического сада. Она появляется в панели компонентов. Переносим ее в панель объектов. Видим, как модель появляется на сцене относительно начала локальной системы координат. Для наглядного вывода добавим на сцену в верхнем левом углу экрана два текстовых поля: одно для вывода местоположения персонажа, а второе для вывода координат его «взгляда». Таким образом, во время работы приложения, когда персонаж передвигается, каждый кадр обновляются его координаты и транслируются в текстовое поле, а при нажатии на клавишу мыши по какому-либо объекту на сцене (по модели ботанического сада), выводятся координаты, соответствующие местоположению данного объекта относительно начала координат.



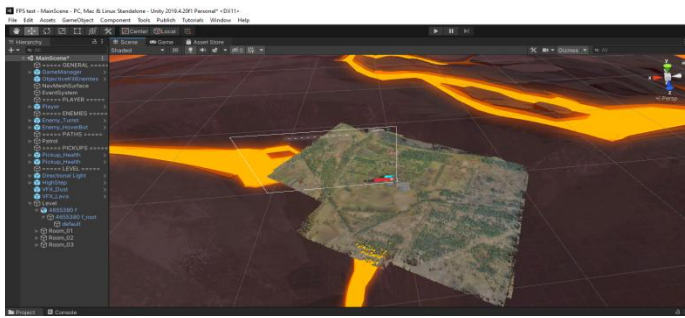


Рисунок 5



Рисунок 6

**Заключение.** Программы для работы с фотограмметрией, облаками точек, геоинформационными системами, а также среды разработки игр обладают большим функционалом. В каждой из этих специализаций программ есть аналогичные программы, отличающиеся функционалом, возможностями и лицензией на программное обеспечение. Выбор необходимых программных средств, в основном, определяется удобством, функционалом, отказоустойчивостью и лицензией распространения.

#### Использованные источники:

1. Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения. Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – Вып. 3, – С. 88-107.
2. K. Hammoudi, F. Dornaika, B. Soheilian, N. Paparoditis. Extracting Wire-frame Models of Street Facades from 3D Point Clouds and the Corresponding Cadastral Map. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (IAPRS), – Vol. 38/ – Part 3A. – P. 91-96, Saint-Mandé, France, 1-3 Сентября 2010.
3. Руководство пользователя Agisoft Metashape. Agisoft LLC. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_7\\_ru.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_7_ru.pdf) (дата обращения: 19.05.2021).
4. Определение «Географическая информационная система» на сайте ГИС-Ассоциации дата публикации январь 2004. ГИС-Ассоциация. 2002-2016 гг.
5. Руководство пользователя QGIS на сайте QGIS. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.qgis.org/ru/docs/> (дата обращения: 09.05.2021).
6. Капралов Е., Кошкарев А., Тикунов В., Лурье И., Семин В., Серапинас Б., Сидоренко В., Симонов А. Геоинформатика. – Москва: Academia, 2010. В 2 книгах.
7. Руководство пользователя Unity на сайте Unity3d. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/> (дата обращения: 11.05.2021).
8. Antonín Šmíd. Comparison of Unity and Unreal Engine. Czech Technical University in Prague. Май 2017.
9. Kaitlyn Kingsland. A Comparative Analysis of Two Commercial Digital Photogrammetry Software for Cultural Heritage Applications. Institute for Digital Exploration University of South Florida, – Tampa, – USA. 2019.

УДК: 631.1:004.04

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-92-97

*Нечаев А.И.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

### **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

В статье приведен анализ состояния проблемы построения и реализации структуры информационно-управляющей системы (ИУС) возделывания зерновых культур. На основании информационного обзора показано, что методы на основе функционального (теоретического) динамического имитационного моделирования или использование эмпирических имитационных моделей для построения и реализации структуры ИУС неприемлемы. Рассмотрена возможность реализации ИУС как системы поддержки принятия решения (СППР), DSS-системы (Decision Support Systems) на основе методов теории принятия решения (ТПР).

**Ключевые слова:** агротехнологии, математическое моделирование, информационно - управляющая система, DSS-система, система поддержки принятия решения.

Автоматизация управления возделыванием зерновых культур преследует цель внедрения цифровых технологий, в частности, информационно-управляющих систем (ИУС) для расчета параметров агротехнологии, определяющей проведение технологических операций на поле. Проблема создания ИУС в настоящее время не решена, поскольку многие процессы в объекте управления (ОУ) не описаны в аналитической форме, достаточной для синтеза реализуемой структуры ИУС.

Анализ состояния проблемы построения и реализации структуры ИУС возделывания зерновых культур с точки зрения методов теории управления, системного и компартментального подхода рассмотрены в [1]. В качестве ОУ рассматривается почва, возделываемая культура и экология используемого участка агроландшафта. При этом установлено:

- ИУС относится к классу систем адаптивного управления с прогнозированием многомерных динамических стохастических объектов. Выявлено новое качество системы управления: наличие контура управления, определяющие устойчивость, поддержание плодородия почвы и экологии в севообороте, и контура управления агрофитоценозом возделываемой культуры.

- аналитическое описание процессов агробиосистемы на современном уровне базируется на компартментальном подходе. Взаимосвязь и содержание компартмента описывает процесс переноса энергии и массы в системе «почва – растительный покров – приземный слой воздуха» на основе функционального (теоретического) динамического имитационного моделирования.

- в рамках компартментального подхода создан ряд систем, использующих методы функционального динамического имитационного моделирования. Это: семейство моделей WOFOST (Нидерланды); наиболее распространенная в мире система поддержки и принятия агротехнологических решений DSSAT – The Decision Support System for Agrotechnology Transfer (США); DSSAT Cropping System (CSM) – проект фирмы IBSNAT (США); система моделирования APSIM – Agricultural Production Systems SIMulator (Австралия) и модель продуктивности посевов AGROTOOL (Россия).

Таким образом, на современном уровне аналитическое описание процессов агробиосистемы носит ограниченный характер и не позволяет аналитически описать процессы управления в ИУС. Использование эмпирических моделей неприемлемо, поскольку смена культуры или природно - климатической зоны потребует разработку новой модели с включением стадий исследования и верификации. Поэтому, реализацию ИУС следует рассматривать как систему поддержки принятия решения (СППР).

Для анализа и выработки предложений в СППР используют методы теории принятия решения (ТПР). При принятии решений применяют весь арсенал методов современной прикладной математики. Это могут быть: информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, рассуждение на основе прецедентов, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование, экспертные системы, онтологический подход и другие.

Для обоснования выбора метода принятия решения в соответствии с ТПР рекомендуется рассмотреть степень структуризации или формализации проблемной ситуации [2]. Понятие степени структуризации проблемы, введенное Г. Саймоном и А. Ньюэллом, связано с различным сочетанием количественной и качественной, объективной и субъективной информации, описывающей проблему.

В [1] показано, что процесс управления оперирует информацией, содержащей как количественные, так и качественные оценки проблемы при отсутствии строгих математических моделей, аналитических зависимостей, что позволяет отнести проблему по степени структуризации к слабоформализованным предметным областям.

Управление возделыванием заключается в прогнозировании наилучших управляющих воздействий на объект управления, формируемых из множества альтернатив с помощью функции выбора с участием лица принимающего решение (ЛПР) до начала полевых работ

и их применение в текущем сезоне. В качестве функции выбора (критерия выбора) рекомендуется использовать показатель эколого-экономической эффективности, отражающий величину чистого дохода (или прибыли) с учетом предотвращенного экологического ущерба [1, 3].

Расширенное понятие «альтернативы» включает в себя прогнозируемое состояние объекта и системы управления для ее оценки методами теории принятия решения при выполнении ограничений. Ограничениями являются: неустойчивое состояние плодородия почвы, недостаточное плодородие почвы для саморегуляции, нарушение условий органогенеза культуры.

Используя представление параметров объекта и системы управления в виде элементов множества  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$ , где  $x_n$  – значение  $n$ -ого параметра представим альтернативу в виде совокупности основных подмножеств, связанных с плодородием почвы и параметрами культуры:

-  $H_p, B_p, FH_p, L_p, FSp$  – соответственно, множества химических, биологических, физико-химических и водно-физических, ландшафтно-экологических, фитосанитарных параметров почвы, ОСТ 10 294-2002-ОСТ 10 297-2002 «Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации»;

-  $Hk, Bk, FSk$  – соответственно, множества химических, биологических, фитосанитарных параметров культуры. Основные свойства культуры содержатся в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию [8], биохимический состав растений определен в [9].

-  $AS_w, AK_w, AS_e, AK_e$  – соответственно, множества параметров агротехнологий управления возвратом (выносом) химико-биологических компонент в почву в цикле севооборота и возделывания культуры, управления фитосанитарным состоянием поля и культуры. Суммарное накопление питательных элементов в общей биомассе является общим или биологическим выносом, который складывается из хозяйственного (вынос с биомассой, удаляемой с поля при уборке урожая) и остаточного (пожнивно-корневые остатки) [10]. Расчет биологического выноса проводят по формуле:

$$B = \sum(C_i \cdot M_i) \cdot 10 \quad (1)$$

где  $B$  – вынос питательного элемента, кг/га;  $C_i$  – содержание питательного элемента в отдельных органах, %;  $M_i$  – масса отдельных органов, т/га;

-  $ARM$  – множества параметров агроклиматических и агрометеорологических условий, [4-6]: фотосинтетическая активная радиация (ФАР), термические ресурсы территории, условий влагообеспеченности вегетационного периода, коэффициент увлажнения, сумма атмосферных осадков на период календарного года, гидротермический коэффициент;

-  $AZ$  – множества параметров агроклиматической зоны [7];

-  $AS_s$  – множества параметров севооборота;

-  $MTP$  – множества параметров машинно-тракторного парка.

Все альтернативы разбиты на две группы: альтернативы прогнозирования состояния устойчивости и плодородия почвы в цикле севооборота  $AT_s$ , и прогнозирования агрофитоценоза культуры  $AT_k$ .

Оценка устойчивости органического вещества почвы предложена в [11] на основе математической теории катастроф. Модели теории катастроф описывают резкие скачки (бифуркация) системы из одного состояния в другое. Предложенная модель позволяет рассчитать критерии устойчивости для различных типов почв и провести прогнозирование возможных равновесных состояний по значению параметров круговорота углерода.

Обеспечение уровня плодородия почвы следует из балансового уравнения выноса и возврата химических элементов почвы (2):

$$P_{ks} = P_{ns} - P_{vn} + P_{ats} + P_{atk} + P_{ud} \quad (2)$$

ГДЕ:  $P_{ns}$ ,  $P_{ks}$ ,  $P_{vn}$ ,  $P_{ats}$ ,  $P_{atk}$ ,  $P_{ud}$  – множества элементов почвы нормированной концентрацией, соответственно, на начало, конец сезона, выноса элементов питания, возврат агротехнологией севооборота, возврат агротехнологией агрофитоценоза культуры, внесение удобрений.

При этом минимальный запас биохимических элементов почвы на начало сезона

$p_{nsmmin}$  определяется минимальным содержанием элементов  $p_{ssmin}$ , обеспечивающим собственное воспроизводство в цикле севооборота и оптимальным содержанием  $p_{asopt}$ , обеспечивающим рост и развитие растений (органогенез), определяемая минимальным и максимальным значение (3, 4).

$$p_{nsmmin} = p_{ssmin} + p_{asopt} \quad (3)$$

$$p_{asmmax} \geq p_{asopt} \geq p_{asmmin} \quad (4)$$

Определим прогнозируемое множество химических параметров почвы  $Hp^*$  как результат прямого произведения исходного состояния  $Hp$  с множеством весовых коэффициентов ( $wk$ ) прогнозируемого преобразования  $k_j^*$ , где  $j=0, \dots, m-1$ ,  $m$  – число множеств параметров альтернативы, связанное с изменением  $Hp$  почвы:

$$Hp^* = Hp \cdot \left(1 + \sum_{j=0}^{m-1} k_j^*\right) \quad (5)$$

Описание взаимосвязи множеств параметров альтернативы показано в таблице 1.

Таблица 1

Взаимосвязь множеств параметров альтернативы

Множество параметров		Тип параметра	Цикл регулирования	Тип преобразования
Входных	Выходных			
$Hp$	$Hp^*$	хим. параметры почвы	севооборот, сезон	$wk$
$Bp$	$Hp$	гумус	севооборот	$wk$
$FHp$	$Uk$	pH	севооборот	$wk$
$Lp$	$Uk$	деградация	севооборот	$wk$
$FSp$	$Uk, MTP$	сорняки, болезни	сезон	$ASe, AKe$
$Hk$	$Hp$	вынос	сезон	$wk$
$Bk$	$Uk$	среда обитания	сезон	$wk$
$FSk$	$Uk, MTP$	болезни	сезон	$wk$
$ARM$	$Hp, FHp, Lp, FSp, FSk$	Климат, метео		$wk$
$AZ$		Параметры климатической зоны		Ограничение диапазона параметров альтернативы
$ASs$		Параметры севооборота		$wk$

Таким образом, СППР представляет собой множество альтернативных вариантов, включающих в себя подмножества параметров в соответствии с таблицей 1. При этом формирование значений параметров и коэффициентов преобразования альтернативы производится ЛПР (экспертами). Альтернатива может содержать точные значения параметров и коэффициентов преобразования или диапазоны их значений или вероятностное распределение параметров, определяемое вероятностным характером агроклиматических и агрометеорологических условий.

Все альтернативы разбиты на две группы: альтернативы прогнозирования состояния устойчивости и плодородия почвы в цикле севооборота,  $ATs$ , и агрофитоценоза культуры  $ATk$ .

Для определения оптимального решения по критерию эколого - экономической эффективности формируется рабочий состав массива альтернатив, удовлетворяющий ограничительным условиям агроклиматической зоны выбранного участка агроландшафта (поля), состоящий из массива альтернатив  $ATs$  и массива  $ATk$ . Массив  $ATs$  должен удовлетворять критерию устойчивости и саморегулирование плодородия почвы в цикле ротации севооборота с учетом предшественника или внесения органических удобрений. Для каждой альтернативы  $ATs$  определяется прогнозируемое множество  $Hp^*$  и плотности  $p_{ssmin}$ . Массив альтернатив  $ATk$ , определяет агротехнологические воздействия разной интенсивности при поддержании



множества  $H_r^*$ , достаточного для агрофитоценоза культуры с учетом выноса элементов культурой и сорняками, соотношения (3, 4).

Каждая альтернатива определяет урожайность культуры изменениями базовой в соответствии с коэффициентом преобразования агротехнологии.

В случае точного значения параметров альтернатив определение оптимального решения по критерию эколого-экономической эффективности осуществляется вычислением стоимости валового урожая и издержек на его получение, например, методом целочисленного линейного программирования (симплекс-метод). Для нечеткого или вероятностного описания параметров альтернативы для определения оптимального решения необходимо использовать метод нечетких множеств или вероятностные методы.

Отметим, что в состав СППР входят информационные ресурсы, например, каталог базовых агротехнологий, каталог технико-экономических параметров МТП и др.

Структура СППР может быть создана на основе современных DSS-систем. В структуре выделяют четыре основных компонента:

информационные хранилища данных (Data Warehouse) – предметно-ориентированная информационная база данных;

средства и методы извлечения, обработки и загрузки данных (ETL – Extract Transform Load) – один из базовых процессов управления хранилищами данных; многомерная база данных и средства анализа OLAP (OnLine Analytical Processing) – подход к аналитической обработке данных, базирующийся на их многомерном иерархическом представлении;

средства Data Mining – способ анализа информации в базе данных с целью отыскания аномалий и трендов без выяснения смыслового значения записей. Структура DSS-системы показана на рисунке 1.

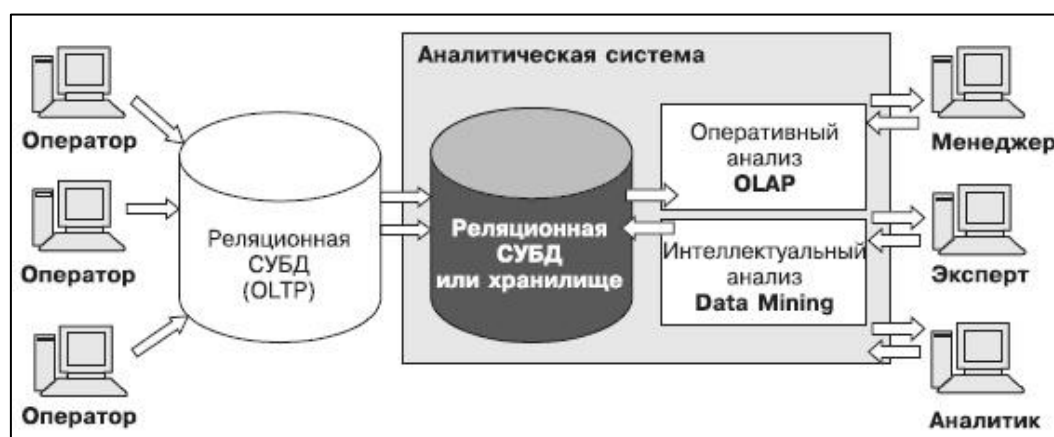


Рисунок 1. Структура DSS-системы

#### Использованные источники:

1. Нечаев А.И. Структура информационно-управляющей системы возделывания зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021, – Т. 51, – № 2, – С. 96–106.
2. Петровский А.Б. Теория принятия решений: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.
3. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии: учебник. – СПб.: Лань, 2015. – 464 с.
4. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том I. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: Изд-во ВНИИГМИ-МЦД, 2011. – 808 с.
5. Грингоф И.Г. Павлова В.Н. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том III. Часть 1. Основы агроклиматологии. Часть 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство. – Обнинск: Изд-во ВНИИГМИ-МЦД, 2013. – 384 с.
6. ГОСТ 17713-89. Сельскохозяйственная метеорология. Термины и определения.
7. Кирюшин В.И., Власенко А.Н. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. – Новосибирск: СибНИИЗХим СО РАСХН, 2002. – 387 с.
8. Государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. URL: [www.gossortrf.ru](http://www.gossortrf.ru) (дата обращения: 01.09.2021).

9. Шеуджен А.Х. Агрохимия. Ч. 4. Фундаментальная агрохимия: учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 529 с.
10. Самсонова Н.Е. Агрохимия: удобрения и основы их применения. – Смоленск: Смоленская ГСХА, 2018. – 106 с.
11. Давлетшина М.Р. Анализ устойчивости почв методами математического моделирования: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. – Уфа: Башкирский ГАУ. 2003. – 24 с.

УДК 63.631.471:52.528.873.041.3

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-97-99

*Павлова А.И.,  
СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

## **ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ**

В статье рассматриваются вопросы цифрового картографирования сельскохозяйственных земель с применением географических информационных систем и данных дистанционного зондирования, полученных в результате аэрофотосъемки местности с применением беспилотного летательного аппарата.

**Ключевые слова:** цифровая пространственная модель землепользования, цифровая почвенная карта, географические (геоинформационные) системы, данные дистанционного зондирования Земли, беспилотные технологии, мультиспектральная аэрофотосъемка.

Для разработки цифровых пространственных моделей землепользований актуально применение данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Аэрофотосъемка местности с применением беспилотного летательного аппарата позволяет получать актуальную информацию о пространственных границах земельных участков, о состоянии почв и растительности. Это необходимо для разработки пространственных баз данных. При этом наиболее трудоемкая работа связана с цифровой обработкой снимков, связанной с построением орфотопланов и дешифрированием различных объектов природного и антропогенного происхождения. Для целей сельского хозяйства требуется разработка электронных карт полей, почвенных карт и карт агрохимического состояния почв. В ходе цифрового почвенного картографирования привлекаются вегетационные индексы (ВИ).

Наиболее известные ВИ основаны на вычислениях с использованием двух участков электромагнитного диапазона длин волн: красной и ближней инфракрасной, как наиболее информативных участках кривой спектральной отражательной способности растений и почвенного покрова. В красном диапазоне электромагнитного спектра (от 0,62 до 0,75 мкм) фиксируется максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, в ближней инфракрасной зоне (от 0,75 до 1,3 мкм) – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Высокая фотосинтетическая активность ведет к более низким показателям спектральной отражательной способности в красной области спектра и большим показателям в ближней инфракрасной. Это позволяет распознавать на снимках растительность [1]. Основное достоинство ВИ состоит в относительной простоте их вычисления с помощью ГИС и программ, предназначенных для обработки ДДЗЗ. Области применения ВИ разнообразны. В работе выполнен анализ наиболее известных ВИ для цифрового почвенного картографирования.

Работы выполнены на территории опытной станции «Элитная» – филиала СФНЦА РАН (Новосибирский район, Новосибирской области). Территория исследований расположена на плоской равнине. В качестве исходных материалов в работе использована почвенная карта-схема, космический снимок Sentinel-2A, а также цифровые снимки, полученные в ходе выполнения аэрофотосъемки местности с середины мая по июнь 2021 г.

В результате исследований была выполнена аэрофотосъемка местности с применением беспилотного летательного аппарата самолетного типа Supercam S250F, оснащенного мультиспектральной фотокамерой Parrot Sequoia с четырьмя спектральными каналами: зеленый

(530-570 нм), ближний инфракрасный (770-810 нм), красный (640-680 нм), красный край (red\_edge) (730-740 нм).

Фотограмметрическая обработка аэрофотоснимков выполнена с использованием Pix4Dmapper Professional. С помощью программного комплекса ENVI 5.5 были созданы карты индексов вегетации.

В литературе при использовании мультиспектральных космических снимков для цифрового почвенного картографирования применяются следующие ВИ: нормализованный относительный индекс вегетации (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI); нормализованный относительный водный индекс (Normalize Difference Water Index, NDWI); оптимизированный почвенный вегетационный индекс (Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index, OSAVI); вегетационный индекс растительности с поправкой на почву (Soil-Adjusted Vegetation Index, SAVI); преобразованный вегетационный индекс с поправкой на почву (Tranformed Soil-Adjusted Vegetation Index, TSAVI); улучшенный вегетационный индекс (Enhanced vegetation index2, EVI2).

Часто используемый вегетационный индекс NDVI изменяется в диапазоне от  $-1$  до  $+1$ . Для растительности имеет положительные значения. Чем выше проективное покрытие и высота растительного покрова, тем выше значения индексов. Значения индексов существенно зависят от видового состава растительности, проективного покрытия, цвета почвы, угла наклона и экспозиции поверхности. NDVI применяют для картографирования почв, оценки состояния посевов, прогнозирования урожайности культур и др. Для открытых почв NDVI принимает небольшие значения – менее  $0,1$  (рисунок 1).

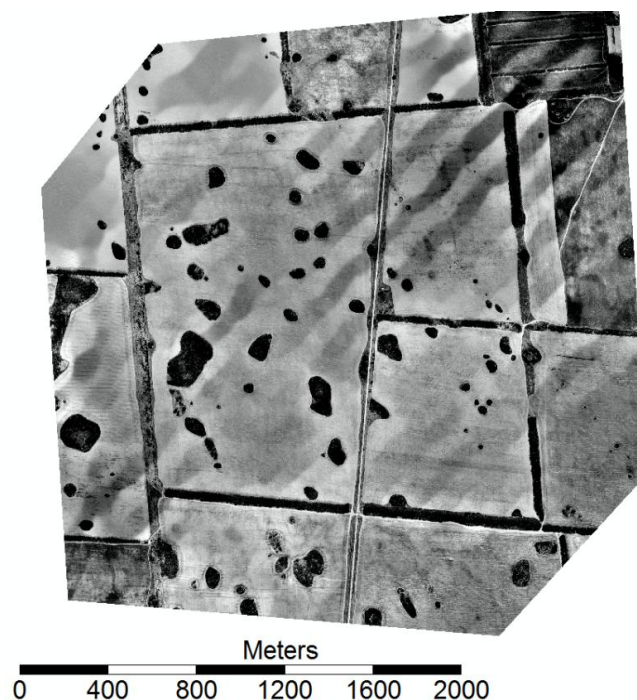


Рисунок 1. Карта индекса вегетации NDVI

Вегетационный индекс SAVI часто используется при дешифрировании пустынных областей, имеющих незначительное покрытие растительностью. Почвенный ВИ SAVI служит для распознавания растительности и уменьшения влияния почвы (влажность почвы, цвет почв и др.) с помощью коэффициента коррекции спектральной яркости почвы:

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} (1+L), \quad (1)$$

где NIR – значение спектральной яркости в ближней инфракрасной зоне спектра;  
 RED – значение спектральной яркости в красной зоне спектра;  
 L – значение покрытия зеленой растительностью.

Значения показателя  $L$  непостоянны. Для расчета SAVI использован почвенный фактор  $L=0,2$ .

В работе получены карты индексов OSAVI, TSAVI, EVI2, используемых для дешифрирования почвенного покрова и сельскохозяйственных земель. Преобразованный почвенный вегетационный индекс TSAVI использован для минимизации влияния яркости почвы. При его вычислении считают, что линия почвы имеет произвольный уклон [3].

В ходе исследований были также рассчитаны ВИ, основанные на использовании зеленого участка спектра и края красного участка (red edge): NDRE (Normalized Difference Red Edge Index), CI red\_edge (Chlorophyll Index Red Edge), GNDVI. На рисунке 2 приведена карта индекса вегетации NDRE.

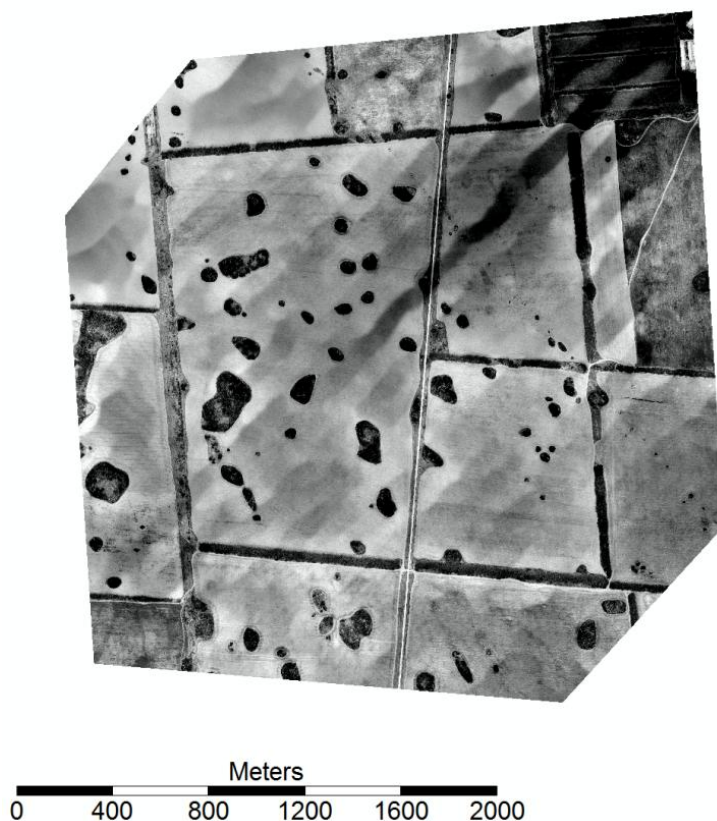


Рисунок 2. Карта индекса вегетации GNDVI

Таким образом, применение беспилотных технологий выполнения аэрофотосъемки позволило оперативно получить растровые карты ВИ, пригодные для дешифрирования сельскохозяйственных земель и почв.

Достоинством методики дешифрирования почв на основе ВИ является относительная простота математических вычислений. Однако для ВИ в большинстве случаев не разработаны стандартизированные шкалы. Поэтому дальнейшие исследования направлены на обоснование выбора ВИ для цифрового почвенного картографирования и их интерпретацию для разных типов почв.

#### Использованные источники:

1. Miura T., Huete A., Yoshioka H. An empirical investigation of cross-sensor relationships of NDVI and red/near-infrared reflectance using EO-1 Hyperion data // *Remote Sensing of Environment*. – 2006. – Vol. 100. – Is2. – pp. 223–236.
2. Huete A.R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) // *Remote sensing of Environment*. – 1988. – № 25. – pp. 295–309.
3. Baret F., Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment // *Remote Sensing of Environment*. – 1991. – Vol. 35. – pp. 161–173.

*Петухов Д.А., Свиридова С.А.,  
Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ)*

## **РАЗРАБОТКА СБОРНИКОВ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СУБСИДИРУЕМОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

В статье представлена информация о разработанных в КубНИИТиМ сборниках с результатами анализа эффективности применения субсидируемой государством сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** субсидируемая сельскохозяйственная техника, сборник, экономическая оценка, эффективность.

Одной из основных целей обеспечения продовольственной безопасности страны является гарантированное и устойчивое снабжение перерабатывающих предприятий сырьем, а населения – продовольствием, не подверженным влиянию внешних и внутренних неблагоприятных воздействий [1].

Утвержденная Президентом России в январе текущего года новая редакция Доктрины продовольственной безопасности страны [2] предусматривает повышение урожайности сельскохозяйственных культур, сохранение, восстановление и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения, их рациональное использование, соблюдение технологий производства сельскохозяйственных культур, что невозможно осуществить без применения надежной и высокопроизводительной сельскохозяйственной техники нового поколения отечественного производства.

В настоящее время в условиях импортозамещения наиболее востребованной и доступной для сельхозтоваропроизводителей является с.-х. техника отечественного производства, субсидируемая из федерального бюджета в рамках Постановления Правительства № 1432 (далее – программа 1432) [3].

Программа 1432, действующая с 2013 г., является одной из ключевых мер господдержки модернизации отечественного агропромышленного комплекса. Так, по данным Минпромторга России за время ее действия российские заводы увеличили отгрузки сельскохозяйственной техники в 3,3 раза, их доля на внутреннем рынке выросла с 24 % до 52 % [4].

Сельхозтоваропроизводители страны функционируют в различных природно-климатических условиях, имеют разные организационные структуры, финансовые и материальные возможности, поэтому вопрос приобретения наиболее эффективных моделей техники из перечня субсидируемой с точки зрения конкретных факторов производства является для них наиболее актуальным.

Для решения данного вопроса Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ) начиная с 2017 г. в рамках научно-исследовательских работ (НИР) занимается разработкой сборников по эффективности применения субсидируемой сельскохозяйственной техники (рисунок 1).

В сборниках КубНИИТиМ, выпущенных в рамках выполнения НИР в 2017-2020 гг., приведена информация по техническим, функциональным, эксплуатационно-технологическим и экономическим показателям субсидируемой техники. Показатели экономической оценки определены по единой методологии, на основе единых нормативных данных с использованием современного программного обеспечения в соответствии с действующими стандартами по экономической оценке сельскохозяйственной техники. Таким образом, соблюдается принцип сопоставимости относительных показателей при сравнительном анализе. Сборники содержат все показатели экономической оценки в табличном и графическом виде, а также их анализ.

В сборниках представлена субсидируемая техника в соответствии со списками фирм, размещенными на сайте Минсельхоза РФ. Перечень фирм и перечень субсидируемой техники меняются по годам, чем обусловлено основное отличие сборников.



Рисунок 1. Общий вид обложки сборника

Базой исходных данных для разработки сборников выбраны протоколы приемочных и периодических испытаний сельскохозяйственной техники системы МИС Минсельхоза РФ за следующие временные периоды:

- для сборника 2017 г. – за 2008 – 2016 гг.;
- для сборника 2018 г. – за 2009 – 2017 гг.;
- для сборника 2019 г. – за 2010 – 2018 гг.;
- для сборника 2020 г. – за 2019 г., для зерноочистительной техники – за 2013 и 2019 гг.

В сборник 2017 г. включена систематизированная информация по 101 марке с.-х. техники по следующим видам: тракторы, разбрасыватели минеральных удобрений, опрыскиватели, плуги, комбайны зерноуборочные, бороны, культиваторы, сеялки.

Информация, представленная в сборнике 2017 г., вошла в подготовленное совместно со специалистами ФГБНУ «Росинформагротех» информационное издание «Результаты анализа эффективности субсидируемой сельскохозяйственной техники» [5], дополнительно содержащее разделы по основным принципам рационального агрегатирования, влиянию почвенных условий на эксплуатационные показатели агрегатов, результатам оценок пахотных агрегатов, агрегатов для посева зерновых культур и их анализ.

Указанное информационное издание было разослано в 2018 г. в адреса двухсот организаций Краснодарского и Ставропольского краев, Ростовской области: управления сельского хозяйства, научно-исследовательские институты, высшие учебные заведения, крупные коллективные хозяйства.

В сборнике 2018 г. представлена информация по 121 марке с.-х. техники по следующим видам: разбрасыватели минеральных удобрений, разбрасыватели органических удобрений, сеялки, опрыскиватели, зерноуборочные комбайны, кормоуборочная техника, культиваторы для сплошной обработки почвы, бороны, чизельные плуги, машины для посадки и уборки картофеля.

Сборник 2019 г. содержит информацию по 96 маркам с.-х. техники следующих видов: культиваторы для сплошной обработки почвы, бороны, плуги, сеялки зерновые пневматического принципа действия, комбайны зерноуборочные, кормоуборочная техника. Указанная информация вошла в подготовленное совместно со специалистами ФГБНУ «Росинформагротех» информационное издание, выпущенное в 2020 г. под грифом Минсельхоза РФ [6].

Сборник 2020 г. содержит информацию по следующим техническим средствам: культиваторы, бороны, плуги, сеялки, разбрасыватели минеральных удобрений, опрыскиватели, зерноуборочные комбайны, кормоуборочная техника, техника для доработки зерна [7].

В сборнике 2020 г. впервые представлена техника для доработки зерна. Приведем краткую информацию о трех машинах зерноочистительных производства АО «Кузембетьевский ремонтно-механический завод»: МЗК-7С, УЗМ-30/15С и УЗМ-30/15 [8].



Техническая характеристика машин представлена в таблице 1, функциональные показатели по результатам испытаний на операции «Первичная очистка» – в таблице 2, показатели экономической оценки – в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 1

## Техническая характеристика машин для очистки зерна

Показатель	Значение показателя		
	МЗК-7С	УЗМ-30/15С	УЗМ-30/15
Потребляемая (установленная) мощность, кВт	7,02	13,08	4,10
Количество вентиляторов, шт.	1	1	1
Габаритные размеры в рабочем положении, мм:			
длина	6485	7100	4000
ширина	2685	6180	2450
высота	3460	3620	3600
Масса, кг	890	1660	980

Таблица 2

## Функциональные показатели машин для очистки зерна

Показатель	Значение показателя		
	МЗК-7С	УЗМ-30/15С	УЗМ-30/15
Производительность за 1 ч времени, т/ч:			
основного	7,37	15,63	15,37
сменного	6,87	13,66	13,99
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	0,95	0,69	0,22
Содержание зерна основной культуры, %	98,11	98,59	97,18
Вынос зерна основной культуры в отходы, %	1,86	1,03	0,41
Дробление зерна, %	0,14	0,18	0,09

Таблица 3

## Показатели экономической оценки машин зерноочистительных (на 6000 т)

Показатель	Значение показателя		
	МЗК-7С	УЗМ-30/15С	УЗМ-30/15
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	0,95	0,69	0,22
Цена машины зерноочистительной, руб.	608 333	797 500	545 833
Затраты труда, чел.-ч	900	420	420
Потребность:			
в МТА, шт.	5	3	3
в обслуживающем персонале, чел.	5	3	3
в электроэнергии, тыс. кВт·ч	5,70	4,14	1,32
в капитальных вложениях, тыс. руб.	3 042	2 393	1 638
Эксплуатационные затраты, тыс. руб.	466	274	210

Расчеты по определению показателей экономической оценки машин для очистки зерна проведены на количество зерна 6000 т (валовой сбор с площади 1000 га при урожайности 6 т/га), агросрок – 14 дней, продолжительность работы в день – 14 часов. В расчетах использованы цены на технику без НДС.

Из трех испытанных зерноочистительных машин наименьшая трудоемкость механизированных работ на операции «Первичная очистка» получена при работе УЗМ-30/15С и УЗМ-30/15 (0,07 чел.-ч/т). При работе МЗК-7С трудоемкость механизированных работ получена значительно выше – в 2,1 раза.



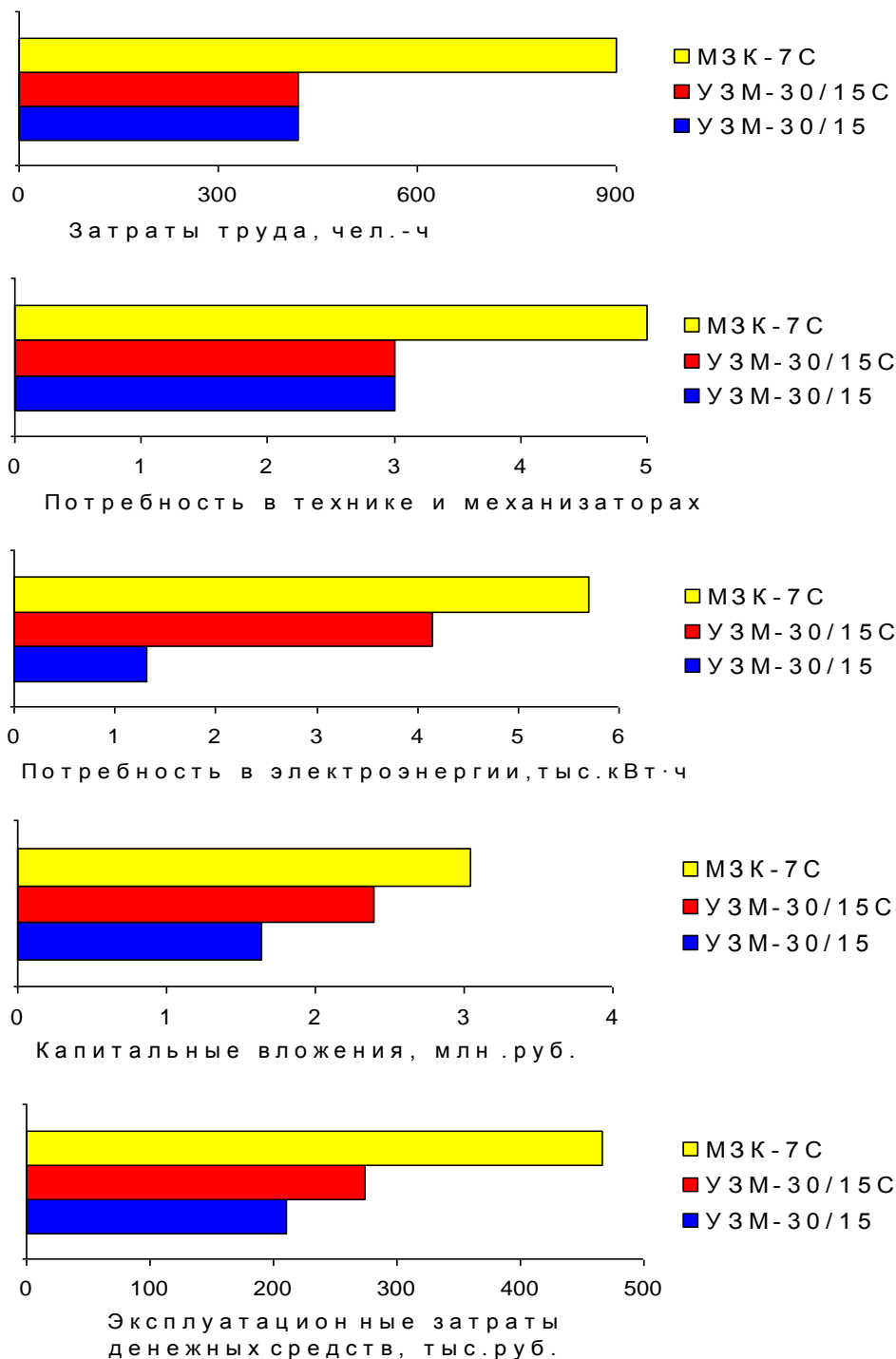


Рисунок 2. Показатели экономической оценки машин зерноочистительных на операции «Первичная очистка»

Наименьшая потребность в технике и обслуживающем персонале для выполнения заданного объема работ наблюдается при применении УЗМ-30/15 и УЗМ-30/15С – три машины зерноочистительные и три рабочих. Для МЗК-7С потребность в технике и обслуживающем персонале выше на 66,7 %.

Наименьшая потребность в электроэнергии отмечена при работе УЗМ-30/15С (1,32 тыс. кВт·ч на 6000 т). При применении двух других зерноочистительных машин потребность в электроэнергии значительно выше: в 3,1 раза – для УЗМ-30/15С, в 4,3 раза – для МЗК-7С.

Из трех машин наименьшая потребность в капитальных вложениях в необходимое количество техники для выполнения заданного объема работ наблюдается при применении УЗМ-30/15 (1,64 млн руб.). При использовании других зерноочистительных машин потребность

в капитальных вложениях выше: на 46,1 % – для УЗМ-30/15С, на 85,7 % – для МЗК-7С.

Минимальные удельные эксплуатационные затраты денежных средств получены при работе УЗМ-30/15 (35 руб./т). При использовании двух других зерноочистительных машин эксплуатационные затраты значительно выше: на 30,5 % при работе УЗМ-30/15С, в 2,2 раза – при работе МЗК-7С.

Таким образом, по критериям минимума капитальных вложений и минимума эксплуатационных затрат денежных средств на операции «Первичная очистка» наиболее эффективной из трех машин зерноочистительных является УЗМ-30/15.

Разработанные сборники обеспечивают системное представление, анализ и доведение результатов испытаний сельскохозяйственных машин и орудий до сельхозтоваропроизводителей и предназначены для руководителей, специалистов агропромышленного комплекса, научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов сельскохозяйственных вузов. Их применение будет способствовать увеличению уровня информационного обеспечения сельхозтоваропроизводителей, а также содействовать повышению эффективности перевооружения АПК РФ новейшими образцами высокопроизводительной с.-х. техники отечественного производства.

Ознакомиться со сборниками можно на официальном сайте ФГБНУ «Росинформагротех» в разделе «Электронные копии изданий» по ссылке: <https://rosinformagrotech.ru/data/elektronnye-kopii-izdaniy>.

#### **Использованные источники:**

1. Кулагина Н.А. Роль экономической безопасности АПК в обеспечении национальной безопасности страны / Н.А. Кулагина // Актуальные вопросы экономических наук. – Новосибирск: ООО «Центр развития научного сотрудничества». 2010. – № 16-1. – С. 53-58.
2. Указ № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://static.kremlin.ru>. (дата обращения: 01.09.2021).
3. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2012 г. N 1432 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru>. (дата обращения: 01.09.2021).
4. Утверждена программа субсидирования скидок на сельскохозяйственную технику [Электронный ресурс]. URL: <http://minpromtorg.gov.ru>. (дата обращения: 21.09.2021).
5. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Дробин Г.В., Скорляков В.И., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Пронина А.С., Юзенко Ю.А., Воронин Е.С., Слесарев В.Н., Горячева И.С. Результаты анализа эффективности субсидируемой сельскохозяйственной техники: информ. издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 240 с.
6. Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Назаров А.Н., Иванов А.Б., Чумак Е.В., Князева А.А. Результаты анализа эффективности применения субсидируемой сельскохозяйственной техники: информ. издание. – М.: Росинформагротех, 2020. – 208 с.
7. Мишуров Н.П., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Назаров А.Н., Юрченко Т.В., Чумак Е.В., Горячева И.С. Эффективность применения субсидируемой сельскохозяйственной техники. Вып. 2: информ. издание. – М.: Росинформагротех, 2020. – 152 с.
8. Свиридова С.А., Петухов Д.А. Эффективность применения приспособлений для очистки зерна // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2020. – 16 с.

УДК 631.3:004.04

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-104-107

*Риксен В.С., Лужных Т.А., Каличкин В.К.,  
СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

## **СОЗДАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ**

Одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности планирования сельскохозяйственного производства является использование интеллектуальных технологий для систематизации агротехнологических знаний, путем создания специализированного программного комплекса по хранению и представле-

нию знаний в области растениеводства. В статье рассмотрены актуальные вопросы создания базы знаний интеллектуальной системы, предназначенной для информационной поддержки деятельности оператора по внесению минеральных удобрений. Актуальность этого направления связана с возросшими требованиями к современному земледелию в целом, которое должно быть ресурсосберегающим и экологически безопасным. Для построения базы знаний было выбрано программное обеспечение LogicGem, простой в использовании инструмент для создания, редактирования, проверки и компиляции логики таблицы решений.

**Ключевые слова:** база знаний, азотные удобрения, экспертная система, поддержка решений.

Цифровые технологии прочно вошли в жизнь общества, включая производственные и непроизводственные сферы экономики. Не стало исключением и сельское хозяйство, которое сталкивается с множеством трудностей и проблем. В основе модернизации аграрного сектора лежит переход к «интеллектуальному» сельскому хозяйству, основанному, в том числе, на использовании автоматизированных экспертных систем принятия решений [1, 4].

На результаты сельскохозяйственного производства аграрного предприятия влияет множество неопределенных факторов, таких как погодные условия, экстремальные природные события, нашествие вредителей растений и т. д. Непредсказуем и рынок сельхозпродукции. В таких неопределенных условиях производства, характерных для сельского хозяйства, традиционные методы решения задач для планирования выпуска продукции и принятия управленческих решений зачастую малоэффективны. При этом системы, основанные на знаниях – экспертные системы и системы искусственного интеллекта, позволяют выявлять закономерности и правила в развитии процессов, недоступные для обнаружения формальными способами исследований.

Важнейшей частью экспертной системы являются базы знаний как модели поведения экспертов в определенной области знаний с использованием процедур логического вывода и принятия решений, иными словами, базы знаний – совокупность моделей, правил и фактов (данных), позволяющих провести анализ и сделать выводы при решении сложных интеллектуальных задач в некоторой предметной области [2, 5].

Основой баз знаний являются таблицы решений. Таблица решений – это карта, представляющая отношения комбинаций условий к комбинациям действий. Данные в записях условий вместе с данными в записях действий читаются сверху вниз по столбцам. Данные, сгруппированные в каждом столбце, называются правилом. В разрабатываемой базе представление знаний осуществляется при помощи правил продукционной модели, то есть определяются посылки «если» и заключения «то» [3].

Создание базы знаний поможет транслировать опыт и знания лучших специалистов в области агрохимии. Знания не хранятся в головах опытных сотрудников, а принадлежат отрасли, накапливаются и передаются. Помимо этого, сокращаются временные ресурсы на всевозможные объяснения и обучение сотрудников [6, 7].

Цель настоящей работы заключается в апробации подхода к созданию экспертных систем поддержки принятия управленческих решений (СППР) через базы знаний (БЗ).

В процессе исследования были применены методы проектирования информационных систем, в том числе базы знаний, методы имитационного моделирования и статистической обработки данных. Материалы включают в себя производственно-экономические показатели деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей и экспериментальные данные по агрохимии азота в системе почва-растение-удобрение и др.

Программный инструмент логического процессора LogicGem разработан, чтобы предоставить простой в использовании способ создания, редактирования, проверки и компиляции логики таблицы решений.

Таблицы решений, также известные как логические таблицы, веками использовались для представления логики в табличной форме. Они по-прежнему являются предпочтительным методом обработки, поскольку обеспечивают быстрый и простой способ чтения, понимания и выполнения процедур.

На рисунке 1 показаны компоненты таблицы решений. Данная база знаний содержит следующие условия: «предшественник пар?», «предшественник зерновая культура?», «обес-

печенность азотом низкая?», «обеспеченность азотом средняя?», «обеспеченность азотом высокая?», «почвы дерново-подзолистые?», «почвы черноземные?», «уровень интенсификации производства экстенсивный?», «уровень интенсификации производства ординарный?», «уровень интенсификации производства интенсивный?». Таблица действия содержит градации доз азотных удобрений и урожайности зерновых культур.

Rule:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C1	Предшественник пар?	y	y	y	n	n	n	y	y	y	n	n	n	y	y	y	y	y	y
C2	Предшественник зерновая культура?	n	n	n	y	y	n	n	n	y	y	n	n	n	n	n	n	n	n
C3	Обеспеченность азотом низкая (1-10 мг/кг)?	n	n	n	y	y	y	n	n	n	y	y	n	y	y	y	y	y	y
C4	Обеспеченность азотом средняя (10-15 мг/кг)?	y	y	y	n	n	n	y	n	n	n	n	y	n	n	n	n	n	n
C5	Обеспеченность азотом высокая (более 15 мг/кг)?	n	n	n	n	n	n	n	y	y	n	n	n	n	n	n	n	n	n
C6	Почвы дерново-подзолистые?	y	y	y	y	y	y	n	n	n	n	n	n	y	y	y	n	n	n
C7	Почвы черноземные?	n	n	n	n	n	n	n	y	y	y	y	y	n	n	n	y	y	y
C8	Уровень интенсификации производства экстенсивный?	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n
C9	Уровень интенсификации производства ординарный?	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n
C10	Уровень интенсификации производства интенсивный?	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y	n	n	y
	*																		
A1	Дозы удобрений 0 кг д.в/га							1	1	1									
A2	Дозы удобрений 8-10 кг д.в/га										1								
A3	Дозы удобрений 10-20 кг д.в/га		1		1							1					1	1	
A4	Дозы удобрений 20-30 кг д.в/га					1									1				
A5	Дозы удобрений 30-40 кг д.в/га												1						
A6	Дозы удобрений 40-60 кг д.в/га																		1
A7	Дозы удобрений 60-80 кг д.в/га																		
A8	Урожайность зерновых 7-16 ц/га	2			2	2		2			2			2		1		2	
A9	Урожайность зерновых 17-20 ц/га		2									2			2			2	
A10	Урожайность зерновых 21-40 ц/га			2				2		2		2		2		2		2	2
	*																		

Рисунок 1. Таблица решений по выбору дозы азотных удобрений для зерновых культур

Первая комбинация условий и действий читается сверху вниз из столбца правил следующим образом: если условие 1 истинно, а условие 2 ложно и условие 3 ложно, условие 4 истинно, условие 5 ложно, условие 6 истинно, условие 7 ложно, условие 8 истинно, условие 9 ложно, условие 10 ложно, то необходимо выполнить действие 1, затем действие 8. Всего в таблице решений содержится восемнадцать правил.

```

C:\Program Files\LogicGem\база 2.java
// база 2.lgt
{
  if ((Предшественник пар?)) {
    if (!(Предшественник зерновая культура?)) {
      if (!(Обеспеченность азотом низкая (1-10 мг/кг?))
      {
        if ((Обеспеченность азотом средняя (10-15 мг/кг?))
        {
          if (!(Обеспеченность азотом высокая (более
15 мг/кг?)) {
            if ((Почвы дерново-подзолистые?)) {
              if (!(Почвы черноземные?)) {
                if ((Уровень интенсификации производства
экстенсивный?)) {
                  if (!(Уровень интенсификации
производства ординарный?))
                  && (!(Уровень интенсификации
производства интенсивный?)) {
                    Дозы удобрений 0 кг д.в/га;
                    Урожайность зерновых 7-16
ц/га;
                  }
                }
              else {
                if ((Уровень интенсификации
производства ординарный?)) {
                  if (!(Уровень интенсификации
производства интенсивный?)) {
                    Дозы удобрений 10-20
кг д.в/га;
                    Урожайность зерновых
17-20 ц/га;
                  }
                }
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
    
```

Рисунок 2. Программный код сгенерированный LogicGem на языке java

После составления таблицы решений нужно выполнить определенные операции проверки. Функции логической обработки, доступные из меню «Логика», - это компоненты, которые предоставляют средства для проверки структурной логики таблицы решений. Эти функции выявляют и исправляют повторяющиеся, противоречивые или неоднозначные правила. Кроме того, эти функции служат для создания, анализа и доведения логической таблицы до совершенства. Вышеупомянутая таблица решений применения азотных удобрений прошла проверку на двусмысленность, устранение неоднозначности и является логически совершенной.

Завершающим процессом создания базы знаний является компилятор, который завершает процесс таблицы решений путем кодирования готовой таблицы на одном из поддерживаемых языков программирования. Сгенерированный программный код можно скопировать и вставить в редактор программирования и скомпилировать в исполняемый код для целевой вычислительной среды. На рисунке 2 показан сгенерированный программный код на языке java, в дальнейшем данный код будет использован для разработки экспертной системы.

В дальнейшем планируется пополнение базы знаний данными по применению средств защиты растений на зерновых культурах, агротехнических приемов и др. В результате будет построена экспертная система по поддержке сельхозтоваропроизводителей Западной Сибири.

#### **Использованные источники:**

1. Алферьев Д.А. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // АгроЗооТехника. – 2018. – Т. 1. – № 4. – С. 5.
2. Бендик Н.В. Разработка базы знаний для сельскохозяйственных товаропроизводителей Иркутской области// Цифровые технологии и системы в сельском хозяйстве: материалы междунар. научно-практ. конф. – Иркутск, 2019. – С. 30-36.
3. Димитров В.П., Борисова Л.В., Нурутдинова И.Н. Формирование базы знаний интеллектуальной системы для технологической регулировки зерноуборочного комбайна // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – № 3 (19). – С. 3-14.
4. Коптелов А., Оситнянко О. Информационные технологии в сельском хозяйстве // Агробизнес: информатика – оборудование – технологии. – 2010. – № 12. – С. 60–64.
5. Курзаева Л.В. К вопросу об актуальности разработки базы знаний интеллектуальной системы поддержки управления требованиями к результатам обучения ИТ-специалистов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-3. – С. 513-517.
6. Borisova L.V., Nurutdinova I.N., Dimitrov V.P. Fuzzy Logic Inference of Technological Parameters of the Combine-Harvester, WSEAS TRANSACTION on SYSTEMS. – 2015. – V.14., pp. 278-285.
7. Krakovsky Yu. M. Cyberattack intensity forecasting on informatization objects of critical infrastructures // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 481 (2019) p.

УДК 631.3:004.04

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-107-109

*Риксен В.С., Лужных Т.А.,  
СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫБОРА СОРТА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Потребность в инструментах, способствующих научно обоснованному выбору адаптивных сортов и гибридов, учитывающих агротехнологические и почвенно-климатические особенности, обусловлена тенденциями современного высокотехнологичного аграрного производства. Их внедрение в сельское хозяйство будет способствовать получению стабильных и рентабельных урожаев зерновой продукции. В статье представлена программа, позволяющая на основании выбранных критериальных позиций, произвести научно-обоснованный выбор сорта или гибрида 5 зерновых культур, включенных в Реестр селекционных достижений и допущенных к возделыванию на территории Российской Федерации. Данное программное обеспечение способствует адаптивному подбору сорта на основании данных, полученных на госсортоучастках ФГБУ «Госсорткомиссия», и информации, предоставленной оригинаторами (патентообладателями).

**Ключевые слова:** зерновые культуры, сорт, гибрид, программное обеспечение.

Устойчивые, высокие по качеству и количеству урожая зерновых культур формируются, начиная с подбора сортов (гибридов) с высоким адаптивным потенциалом. Сорта (гибриды) сельскохозяйственных культур следует возделывать в условиях, на которые они положительно отзываются, при применении соответствующей агротехники [1]. Поэтому потребность в создании объективной и быстрой оценки с целью подбора сортового материала, обладающего наивысшей адаптивностью к условиям произрастания, в сельскохозяйственном производстве возрастает [2].

Наиболее доступным и дешевым вариантом повышения рентабельности производства при возделывании любой сельскохозяйственной культуры является использование современных сортов (гибридов), эффективно использующих питательные вещества и влагу, что на сегодняшний день неоднократно доказано [3, 4].

Однако это не означает, что правильно подобранный сорт (гибрид) позволяет снизить качество агротехники в хозяйствах, так как максимальную отдачу любой сорт дает при благоприятно складывающихся погодных и агротехнических условиях.

Целью проводимых исследований на базе лаборатории предиктивных агротехнологий с использованием методов искусственного интеллекта СФНЦА РАН являлась разработка принципов и алгоритмов автоматизированной технологии подбора сортов и гибридов зерновых культур, а также создание специализированного программного обеспечения в рамках комплексных научных исследований по созданию научно-обоснованной системы поддержки сельхозтоваропроизводителей по рациональному выбору высокорентабельных адаптивных технологий возделывания зерновых культур для условий Западной Сибири.

При проведении исследований использовали системный подход, логический и математический анализ накопленного материала, метод экспертных оценок, теорию систем управления базами данных, методологию проектирования информационных систем.

Объект исследования – сорта и гибриды ведущих зерновых культур Западной Сибири.

В рабочем режиме программного обеспечения (рисунок 1) пользователь выбирает интересующую его культуру, затем задает значения параметров и получает список рекомендуемых сортов (гибридов) с описанием. Описание сорта, как и культуры, представляет собой rtf-документ. В документ о сорте включена информация: название сорта (гибрида), регионы допуска, год включения в Госреестр селекционных достижений, оригинаторов (патентообладателей), среднюю урожайность в результате проведенных Госсортоиспытаний, визуальные отличия в строении вегетативных органов, а также степень устойчивости к болезням и вредителям.

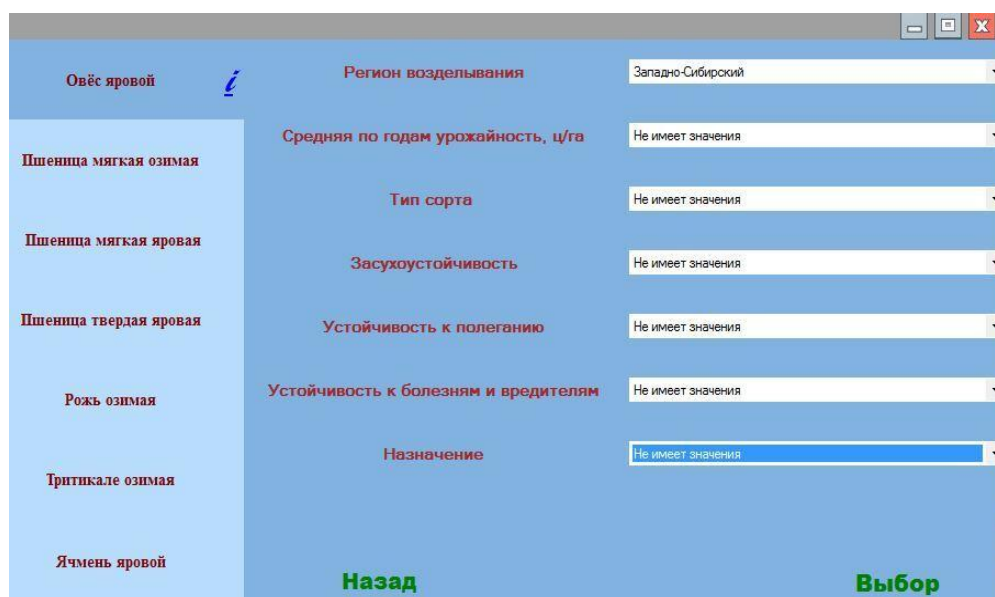


Рисунок 1. Рабочий интерфейс приложения для подбора сорта (гибрида) сельскохозяйственных культур

Данная программа апробирована на большом количестве различных наборов исходных данных, в результате в 96 % случаев программой давались рекомендации, совпадающие с мнением ученых-экспертов.

В результате проведенной научно-исследовательской работы построен алгоритм, разработана структура базы данных и создано программное обеспечение, позволяющее на основании задаваемых пользователем показателей получить перечень наиболее целесообразных к возделыванию сортов/гибридов основных зерновых культур для условий Сибири.

#### **Использованные источники:**

1. Иванов Д.А., Рубцова Н.Е. Адаптивные реакции сельскохозяйственных растений на ландшафтные условия Нечерноземья. – Киров, 2007. – 356 с.
2. Боме Н.А., Земцова Е.С., Колоколова Н.Н., Королев К.П., Боме А.Я., Вайсфельд Л.И., Петрова А.А. Генетические ресурсы растений как фактор повышения устойчивости агроэкосистем в Западной Сибири // Реализация методол. и метод. идей проф. Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптив.-ландшафт. систем земледелия: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – Т. 2. – С. 28-32.
3. Гусева Л.В. Влияние сорта на повышение экономической эффективности выращивания зерновых культур в условиях Среднего Урала // Общие вопросы мировой науки. – Люксембург, 2017. – С. 49–53.
4. Радченко Л.А., Радченко А.Ф. Урожайность и качество зерна сортов пшеницы озимой в условиях степного Крыма // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 1 (9). – С. 71–79.

УДК 338. 635

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-109-112

*Рябухина Т.М.,  
СибНИИЭСХ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

### **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАКРЫТОГО ГРУНТА**

В статье рассматриваются вопросы применения современных технологий в производстве овощей закрытого грунта. Потенциал овощеводческой отрасли округа и в частности Новосибирской области позволяет, если не полностью, то, по крайней мере, в большей степени обеспечить свое население овощной продукцией. Совершенствование производства овощей закрытого грунта тесно связано с научно-техническим прогрессом, который охватывает все технологические процессы выращивания овощных культур; подбор сортов и гибридов, систем полива и подкормки растений; создание биологически обоснованного микроклимата и его регулирования; современные и ресурсосберегающие технологии.

**Ключевые слова:** производство овощных культур, тепличные комбинаты, овощной рынок региона, современные инновационные технологии, плановые показатели.

Овощи являются для человека ценнейшими продуктами питания и источниками витаминов, грубых волокон, биологически активных веществ и аминокислот. Потребление овощей благоприятно действует на здоровье человека. В связи с ростом численности населения в мире растет потребность в увеличении объемов производства овощных культур. Тепличные комплексы в России считаются перспективным направлением, так как необходимо снабжать население свежими овощами и зеленью круглый год.

В 2019 году хозяйствами, поставляющими на стол сибиряков овощи закрытого грунта, было произведено 42 тыс. т овощной продукции. Это позволило удовлетворить потребности региона в овощах закрытого грунта. Норма потребления овощных культур закрытого грунта составляет 15 кг на человека. Региональные производители почти полностью закрывают потребность области в зеленных культурах. Потребность по огурцу закрыта на 66 %, а потребность в томатах – на 31 %.

В Российской Федерации из 525,9 тыс. га посевной площади овощей закрытого грунта 35,1 тыс. га приходится на Сибирский федеральный округ и 4,4 тыс. га на Новосибирскую область.



Посевные площади овощей закрытого грунта Новосибирской области, занимая 0,8 % от всей площади под овощными культурами Сибирского федерального округа, производят 25 % от всего валового сбора овощей. Это обусловлено ростом урожайности в овощеводческих хозяйствах (таблица 1).

Таблица 1

Динамика урожайности овощных культур закрытого грунта в тепличных комбинатах  
Новосибирской области, ц/га

Наименование организаций	2017 г.	2018 г.	2019 г.
ООО «Емельяновский»	1610	1540	1680
ООО ТК «Новосибирский»	7567	8810	8821
ООО ТК «Толмачевский»	-	290	7461
ООО «Сады Гиганта»	5599,2	5600,0	5536,1

В регионе работают следующие крупные тепличные комбинаты: ООО «Емельяновский», ООО «Сады Гиганта», ООО «Толмачевский», ООО «Обской», ООО «Новосибирский». Последние три входят в агрохолдинговую структуру ООО «Управляющая компания Горкунов». ООО «Обской» введен в эксплуатацию в 2020 году.

Средняя урожайность для тепличных хозяйств составляет 25-40 кг/м<sup>2</sup>. В группе компаний «Горкунов» урожайность томатов в среднем за год составляет 45-55, а огурцов – 110 кг/м<sup>2</sup>. Современные Тепличные комбинаты – это сложные автоматизированные высокотехнологические системы, с замкнутыми циклами производства, использующие все современные достижения в области семеноводства, овощеводства, гидротехники, технологии «Интерпланта» [1, 2].

В Сибирском федеральном округе производится до 1,5 млн т овощей ежегодно. Ориентируясь на рекомендуемые нормы питания, для обеспечения населения округа необходимо в два раза больше, 2,7-3,0 млн т овощей. Потенциал овощеводческой отрасли округа и, в частности, Новосибирской области позволяет, если не полностью, то, по крайней мере, в большей степени обеспечить свое население овощной продукцией.

Совершенствование производства овощей закрытого грунта тесно связано с научно-техническим прогрессом, который охватывает все технологические процессы выращивания овощных культур; подбор сортов и гибридов, систем полива и подкормки растений; создание биологически обоснованного микроклимата и его регулирования; современные и ресурсосберегающие технологии выращивания.

В группе предприятий ООО «Управляющая компания Горкунов» используют следующие технологии при производстве овощных культур: [3, 4].

- механизированная система посадки семян;
- голландская технология выращивания томатов путем прививки культурных растений на дикий корень;
- система капельного полива с повторным использованием дренажа, питательного раствора;
- культуры выращиваются методом проточной гидропоники;
- система искусственного досвечивания;
- система подкормки углекислым газом;
- технология «Интерпланта».

Так, система подвесных лотков для выращивания растений – это принципиально новый, подход к изменению всей технологии выращивания овощных культур, дающий возможность внедрения передовых научно обоснованных приемов агрономии, агрохимии и селекции.

Форма лотков и их специальное химически устойчивое покрытие делают подачу питательного раствора и сбора дренажа закрытым циклом, т.е. осуществляется централизованный сбор, обеззараживание дренажного раствора и повторное его включение в компьютеризированную систему полива и питания растений. Возможность цикличности использования дренажа обеспечивает требования экологии окружающей среды и позволяет на 30 % уменьшить расходы на минеральные удобрения и воду. Благодаря возможности подвеса лотков к конструкциям теплиц, заметно улучшается микроклимат за счет свободной вентиляции воздуха под лотками, уменьшается возможность поражения и распространения заболеваний растений, что значительно увеличивает урожайность и качество овощной продукции. Система выращивания в подвесных лотках обеспечивает удобство для обслуживания растений и значительно сокращает трудозатраты.

Система горизонтального зашторивания с применением современных материалов для экранов создает в теплице оптимальный микроклимат и на 45 % сокращает затраты на тепло. Материал для системы зашторивания специально подбирается в зависимости от выращиваемой культуры и от условий местного климата, т. к. в зимний период необходимо снижать потери теплоэнергоресурсов, а в жаркий летний период необходимо притенять растения от перегрева для создания более благоприятных условий для роста и плодоношения. Усовершенствованная система закрытия и открытия шторных экранов «Smart-Slip» позволяет обеспечить максимальное равномерное натяжение материала и его плотное прилегание к фермам конструкций и обеспечивает эффективное использования тепла.

Гидропонный метод выращивания овощных культур на нейтральных субстратах малого объема с капельной системой полива позволяет использовать новые разработки в программировании управления микроклиматом теплицы в целом и увязать схему полива растений в зависимости от прихода солнечной радиации.

Система подачи и выработки углекислого газа для подкормки растений полностью компьютеризирована и взаимосвязана с работой котельного оборудования. Управление технологическим процессом, создание микроклимата в теплице обеспечивается путем автоматизации систем: отопления, зашторивания, полива и питания, освещения, подачи углекислого газа, испарительного охлаждения.

Система автоматического управления микроклиматом в значительной степени модернизирована на основе последних достижений в области программирования и управления всеми технологическими процессами, что позволило создать и широко использовать в практической деятельности единого информационного центра. Современное развитие технологий в области передачи информации (интернет, мобильная связь) обеспечивает дистанционный контроль и управление всем технологическим процессом в теплице с любого места, где есть доступ к сотовой связи и интернету.

Проект строительства первой очереди предусматривает оснащение современным оборудованием, что в большей степени позволит грамотно и эффективно применять последние достижения в области физиологии растений, агрохимии и внедрять передовые технологии выращивания овощных культур.

Все нововведения в области использования новейшего оборудования и технологии позволяют: увеличить объемы производства овощей; расширить ассортимент овощной продукции; обеспечить реализацию свежей овощной продукции круглогодично; выращивать экологически безопасную продукцию.

Собственная выработка тепла котельной и работа котлов в автоматизированной взаимосвязи со всем производственным технологическим процессом дает значительное снижение себестоимости продукции и уменьшение срока окупаемости проекта.

За счет расширения площадей в ТК «Новосибирский» на 8,2 га рассчитаны планируемые производственно-экономические показатели по сельскохозяйственным культурам на 2022-2024 гг.

Площадь всех овощных культур увеличится на 47,7 %. К 2024 году производство огурца составит 10884,1 т, производство томата составит 6395,1 т, производство томата черри соста-

вит 57,8 т, производство томата органза составит 125,4 т. Производство перца составит 1,3 т. Производство салата составит 2095,4 т.

Таблица 2

Плановые производственно-экономические показатели сельскохозяйственных культур ТК «Новосибирский»

Культура	2022 год			2023 год			2024 год		
	Площадь, кв.м	Урожайность, кг/кв.м.	Производство, кг	Площадь, кв.м	Урожайность, кг/кв.м.	Производство, кг	Площадь, кв.м	Урожайность, кг/кв.м.	Производство, кг
Огурец	90701,1	105	9523615,5	90701,1	110	9977121	90701,1	120	10884132
Томат	112195,9	53	5946382,7	112195,9	55	6170774,5	112195,9	57	6395126,4
Черри (томат)	1290,9	49,7	64157,7	1290,9	44,2	57057,8	1290,9	44,8	57832,3
Органза (томат)	2581,8	48,3	126561	2581,8	44	115407	2581,8	48,6	125475,5
Перец	258,5	1,8	465,3	258,5	3,7	956,4	258,5	5,4	1395,9
Салат	10680,2	187	1997197,4	10680,2	144,3	1541152,8	10680,2	196,2	2095455,3

Урожайность большинства овощных культур увеличится. В 2024 году урожайность огурца составит 120 кг/кв.м. Урожайность томата составит 57 кг/кв. м. Урожайность черри составит 44,8 кг/кв. м. Урожайность органзы составит 48,6 кг/кв. м. Урожайность перца составит 5,4 кг/кв. м. Урожайность салата составит 196,2 кг/кв.м.

Планируется увеличить посадки перца, выращивать баклажаны, раннюю белокочанную и пекинскую капусту, и даже землянику. В 2020 году тепличные хозяйства группы компаний «Горкунов» размещены на площади: 17,2 га – ООО ТК «Новосибирский»; 17,0 га – ООО ТК «Толмачевский»; 7,1 га – ООО ТК «Обской». Планируется строительство следующей очереди ООО ТК «Обской», а также филиалов в других сибирских регионах, например, открытие тепличного комбината в г. Бийске Алтайского края.

Продукция тепличных комбинатов продается не только в Новосибирской области, но и вывозится в Красноярский и Забайкальский края, в Иркутскую, Кемеровую области.

Для современного потребителя присутствие на столе свежих овощей, желательно отечественного производства, стало естественной потребностью, неотъемлемой частью рациона. Спрос – рождает предложение, а что выберет покупатель: импорт или овощи местных производителей, зависит от множества факторов. Региональные овощеводы предлагают пока неширокий ассортимент овощей, выращенных в закрытом грунте, но можно надеяться, что скоро на прилавках мегаполиса и региона появятся новые наименования овощной продукции, выращенной местными аграриями.

#### Использованные источники:

1. Чернова С.Г. Состояние и перспективы развития овощеводства в Сибирском федеральном округе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – №1(48). – С. 99-105.
2. Официальный сайт Sibkray.ru. – [Электронный ресурс]. URL: <http://sibkray.ru/news/2/874795/> (Дата обращения 11.04.2021).
3. Официальный сайт группы компаний «Горкунов». – [Электронный ресурс]. URL: <http://gorkunov.com/o-gruppe.htm> (Дата обращения 11.04.2021).
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: стат. сб. – М.: Росстат, 2019. – 1204 с.

*Сероклинов Г.В.<sup>1</sup>, Гунько А.В.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск,  
<sup>2</sup>ФБГОУ ВПО НГТУ, г. Новосибирск*

## **СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА БИОПОТЕНЦИАЛОВ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

В данной статье рассмотрены методика и результаты экспериментальных исследований мониторинга биопотенциалов растений в процессе их роста на примере проростков пшеницы при действии на них повышенной и пониженной температур. Приведена методика предварительной обработки полученных реализаций изменения биопотенциалов и результаты статистических исследований. Получена регрессионная зависимость биопотенциала проростков пшеницы «Новосибирская 41» при воздействии на них повышенной и пониженной температур от возраста этих растений.

**Ключевые слова:** биопотенциал, стрессоры, температура, мониторинг, возраст растения.

Как известно при воздействии на растение различных стрессоров, например температуры, в нем возникают изменения биопотенциалов, которые вызывают функциональные изменения в жизнедеятельности растения. При исследовании биопотенциалов злаковых культур выявлено, что измеренные с помощью автоматизированного измерительного комплекса сигналы могут для разных образцов одного вида и сорта, значительно отличаться [1, 2]. Это отличие может быть обусловлено как индивидуальными особенностями данного образца, так и физическими условиями проводимого эксперимента. Например, местом расположения электрода, неплотным прилеганием контакта или различным расстоянием между электродами, возрастом растения и иными причинами. В результате полученные экспериментальные данные имеют значительный разброс, что приводит к существенным отличиям информационно-значимых параметров исследуемых образцов. Повышение статистической значимости результатов исследований требует увеличения размера выборки, что имеет следствием рост материальных и временных затрат. В данной работе обсуждаются результаты влияния возраста проростков пшеницы (объектов исследования) на изменения биопотенциала при проведении экспериментов и возможности корректировки полученных результатов с его учетом.

Существует предположение, что все электрические сигнал-индуцированные функциональные изменения зависят от метаболизма растения и изменяются уже на стадии проростка. Было показано, что быстрое и кратковременное повышение устойчивости растений к стрессовым факторам (несколько минут после стимуляции) является конечным результатом индуцированных электрическими сигналами функциональных изменений [3]. В связи с этим биопотенциалы, возникающие при воздействии температуры на проростки разного возраста, будут формироваться в условиях произошедших функциональных изменений жизнедеятельности растения, и будут отличаться друг от друга. Следовательно, можно предположить, что при повторном проведении эксперимента (измерении) для более старшего растения сигнал биопотенциала будет отличаться от измеренного ранее.

Экспериментальные исследования по оценке влияния возраста проростков на биопотенциалы растений при воздействии температуры выполнялись с использованием автоматизированной системы для проведения экспериментальных исследований биологических структур «АвтоЭкспИ» [2], разработанной в СибФТИ СФНЦА РАН и дополнительно оборудованной устройством формирования температурного профиля (УФТП). УФТП выполнено на основе элемента Пельтье и позволяет формировать различные профили температуры, которые воздействуют на растения, размещаемые на лабораторном столике.

Исследования проводились в следующем порядке. Растение размещалось на лабораторном термостоліке УФТП, приведенном на рисунке 1.

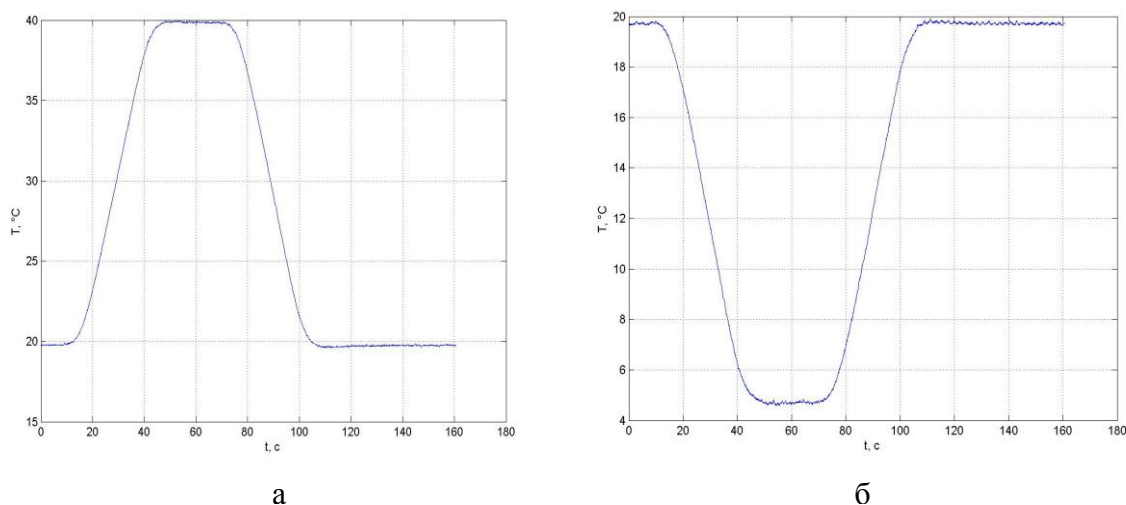


Рисунок 1. Общий вид лабораторного столика

По характеру расположения электродов в установке использован униполярный способ отведения потенциала действия (ПД). При данном способе один электрод (измерительный) располагается на поверхности побега проростка, а второй – (электрод сравнения) – в области его корней (в кювете с питательным раствором). Место контакта датчика и растения для улучшения контакта смазывается электропроводящим гелем. Лабораторный столик с экспериментальным растением размещались в климатической камере, температура воздуха в которой устанавливалась  $20 \pm 1^\circ \text{C}$ . Такая же температура устанавливалась в зоне температурного воздействия лабораторного столика.

Экспериментальные исследования проводились на проростках пшеницы сорта «Новосибирская 41» возрастом от 10 до 19 суток, на которые воздействовали повышенной и пониженной температурой, профили которых приведены на рисунке 2. Эксперименты проводились на 10 растениях, которые выращивались и содержались в климатической камере «Биотрон-8» в лабораторных условиях в период проведения исследований.

Эксперимент проводился следующим образом. Включалась автоматизированная система для проведения экспериментальных исследований «АвтоЭкспИ». С клавиатуры ПЭВМ системы запускался цикл измерения ПД и температуры в соответствии с алгоритмом, согласно которому через 6 секунд после включения запускалось формирование заданного температурного профиля, воздействующего на растение. Сигналы, полученные в результате измерения биопотенциала проростка и действующей температуры в течение всего времени измерения записывались в базу данных. Алгоритм измерения предусматривал съем и фиксирование изменяющихся сигналов биопотенциала (реакции растения на воздействие раздражителя) и температуры в течение 160 секунд.

Рисунок 2. График температурного профиля с заданными параметрами при значении температур; а)  $40^\circ \text{C}$ , б)  $5^\circ \text{C}$

Полученные экспериментальные данные экспортировались в среду Matlab и обрабатывались с применением алгоритмов, использующих векторизованные вычисления. В процессе предварительной обработки производилась фильтрация реализации записанного сигнала ПД, вычисление среднего значения установившегося значения сигнала [( $U_{\text{cp. уст.}}$ ) до момента воздействия на растение (5,3-5,8 сек)], центрирование сигнала, нормализация сигнала по температуре и оценка скорости его изменения (дифференцирование сигнала). В качестве определяющих параметров на полученных в процессе обработки реализациях взяты: минимальное ( $U_{\text{min}}$ ) и максимальное ( $U_{\text{max}}$ ) значения сигнала во время и после воздействия на растения изменения температуры на интервале (7,5-157 сек). При обработке результатов предварительного анализа сигналы  $U_{\text{max}}$  и  $U_{\text{min}}$  были отцентрированы по выражениям:

$$U_{\text{max. ц}} = U_{\text{max}} - U_{\text{cp. уст.}}; \quad U_{\text{min. ц}} = U_{\text{min}} - U_{\text{cp. уст.}}$$

В результате были получены абсолютные значения биопотенциалов растений, характеризующие их реакцию на внешние воздействия (стрессоры), которые использовались при проведении последующего статистического анализа. В ходе проведенной статистической обработки были определены: среднее значение абсолютной величины биопотенциала проростков, его среднее отклонение и дисперсия при различном их возрасте. Результаты вычислений приведены в таблице 1 – для повышенной температуры и в таблице 2 – для пониженной.

Таблица 1

Статистические показатели посуточного изменения биопотенциалов проростков пшеницы «Новосибирская 41» при воздействии повышенной температуры

T = 40 °C	U <sub>max. ц</sub> (В)				
Возраст проростка (сутки)	10	12	14	17	19
Среднее значение	0,008	0,006	0,005	0,004	0,004
Среднее отклонение	0,00311	0,00122	0,00124	0,00122	0,00047
Дисперсия	0,0000130	0,0000027	0,0004841	0,0000027	0,0000005

Таблица 2

Статистические показатели посуточного изменения биопотенциалов проростков пшеницы «Новосибирская 41» при воздействии пониженной температуры

T = 5 °C	U <sub>max. ц</sub> (В)				
Возраст проростка (сутки)	10	12	14	17	19
Среднее значение	0,013	0,012	0,015	0,023	0,021
Среднее отклонение	0,00639	0,00499	0,00916	0,00908	0,01333
Дисперсия	0,0000598	0,0000352	0,0001420	0,0001455	0,0002525

По полученным результатам были построены регрессионные зависимости средних значений биопотенциалов проростков пшеницы «Новосибирская 41» при воздействии повышенной и пониженной температуры от возраста растений.

При воздействии повышенной температуры зависимость имеет вид:

$$Y = 0,0261 - 0,0025 * x + 6,8612 * 10^{-5} * x^2, \quad (1)$$

где Y – среднее значение  $U_{\text{max. ц}}$  (В), x – возраст проростка (сутки).

График данной зависимости приведен на рисунке 3.

При воздействии пониженной температуры зависимость имеет вид:

$$Y = 0,0464 - 0,0056 * x + 0,0002 * x^2, \quad (2)$$

График данной зависимости приведен на рисунке 4.

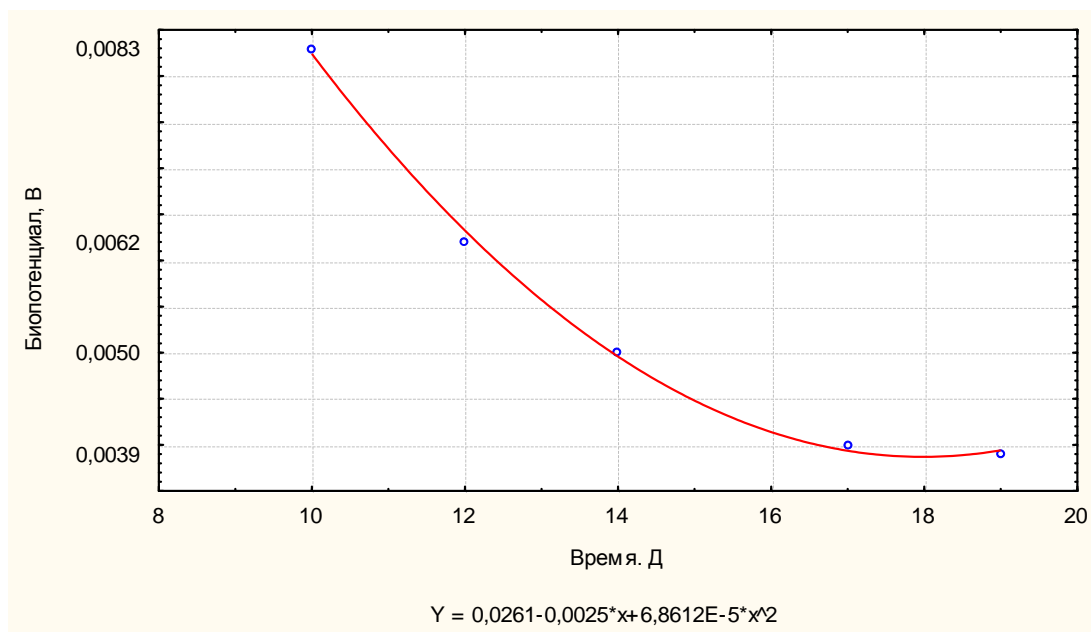


Рисунок 3. График зависимости биопотенциала проростков пшеницы «Новосибирская 41» при действии повышенной температуры от их возраста

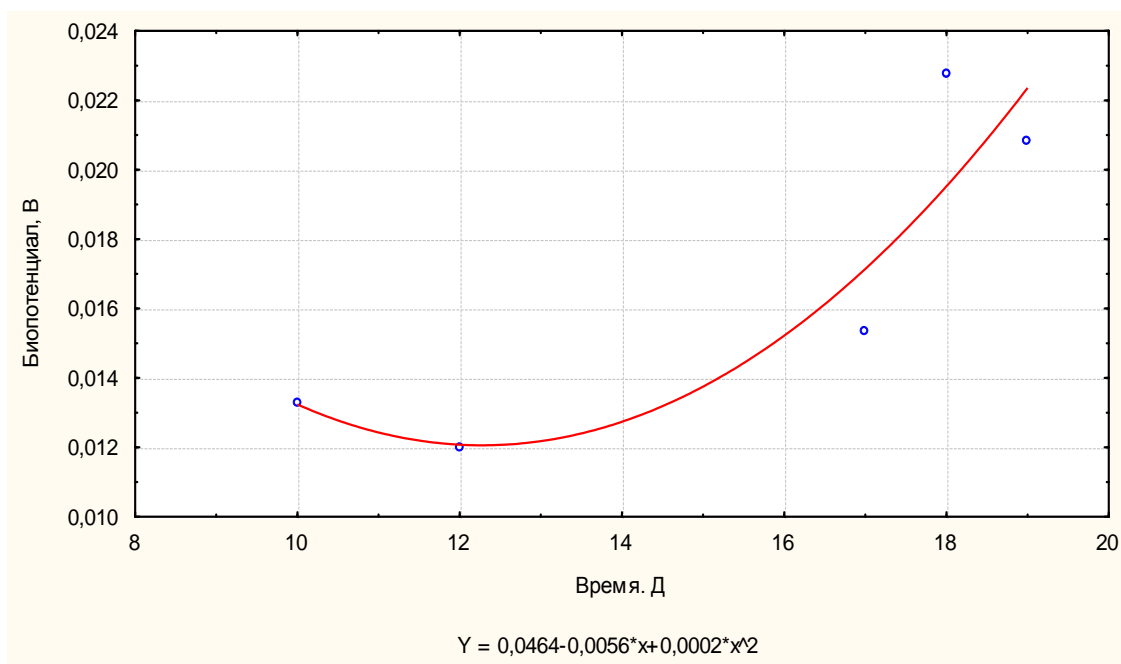


Рисунок 4. График зависимости биопотенциала проростков пшеницы «Новосибирская 41» при действии пониженной температуры от их возраста

Из представленных данных и графиков зависимостей (1) и (2) усредненных максимальных значений биопотенциалов проростков при температурных воздействиях видно, что с изменением возраста растений уровень их сигнала ПД изменяется. Полученные с использованием ПО «Статистика» регрессионные зависимости носят нелинейный (квадратичный) характер, падающий при воздействии повышенной температуры и – нарастающий при воздействии пониженной. Получение представленных результатов стало возможным благодаря формированию при проведении экспериментальных исследований идентичных возмущающих воздействий, формируемых новым УФТП, вошедшим в состав автоматизированного комплекса для проведения экспериментальных исследований «АвтоЭкспИ». Полученные результаты опровергают сделанные ранее утверждения [4], что возраст проростков существенного влияния на величину биопотенциалов не оказывает. Поэтому при проведении продол-



жительных экспериментов с проростками злаковых культур необходимо при статистической обработке полученных данных учитывать изменения измеренных сигналов биопотенциалов, полученных в разные дни эксперимента. Кроме того, необходимо провести исследования, аналогичные представленным в данной работе, на пшенице других сортах и на других злаковых культурах.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований значений биопотенциалов при воздействии на проростки пшеницы сорта «Новосибирская 41» пониженной и повышенной температуры показано наличие зависимости величины биопотенциалов от возраста объекта (проростка), который подвергается воздействию. Полученные по результатам исследований зависимости биопотенциала от возраста проростка выражаются квадратичной функцией, убывающей при воздействии повышенной температуры и возрастающей при воздействии пониженной.

#### **Использованные источники:**

1. Сероклинов Г.В., Гунько А.В. Информационные технологии в исследовании биопотенциалов растений при действии стрессоров // Вычислительные технологии. – 2016. – Т. 21. – Спец. вып. 1. – С. 94-103.
2. Сероклинов Г.В., Гунько А.В., Добровольский Н.А. Программное обеспечение автоматизированного измерительного комплекса // Методы и технические средства исследований физических процессов в сельском хозяйстве: труды ГНУ СибФТИ Россельхозакадемии. – Новосибирск: СибФТИ, 2011. – С. 152-156.
3. Сурова Л.М. Влияние переменного потенциала на устойчивость фотосинтетического аппарата гороха посевного (*Pisum sativum L.*): дис. ... канд. биол. наук. – Нижний Новгород, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2017. – 111 с.
4. Сероклинов Г.В., Гунько А.В. Адаптация образцов злаковых растений как метод повышения информативности данных при экспериментальных исследованиях биопотенциалов // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: сб. ст. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 14-17 окт. 2017 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – С. 217-222.

УДК 330.4:631:551.583

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-117-122

*Ситниц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е.,  
Всероссийский институт аграрных проблем и информатики имени А. А. Никонова – филиал  
Федерального научного центра  
аграрной экономики и социального развития сельских территорий – ВНИИЭСХ, Москва*

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКОГО ФАКТОРА**

В статье рассматривается структура и основные функции информационной системы стратегического планирования для региональных агропродовольственных систем в условиях изменения климата для обоснования эффективной стратегии землепользования. Процесс стратегического планирования развития агропродовольственной системы к изменению климата можно представить в виде последовательности шагов: сбор и обработка данных; прогноз урожайности; построение социально-экономического сценария в зависимости от целевого направления развития в условиях изменения климата; выбор стратегии на основе анализа решений экономико-математической модели. Развитие информационных технологий может помочь процессу адаптации агропродовольственных систем к изменению климата.

**Ключевые слова:** землепользование, региональные агропродовольственные системы, агроэкологический потенциал, изменение климата, стратегии адаптации, цифровизация, экономико-математическое моделирование.

Агропродовольственная система (далее - АПС) это открытая система, производящая общественные блага в виде продуктов питания для населения путем первичного производства сельскохозяйственного сырья с последующей его переработкой, хранением, распределением и доведением до конечного потребителя. Для функционирования АПС требуется солнечная

энергия, определенные почвенно-климатические условия, живой труд, капитальные средства и различные виды расходуемых ресурсов. Помимо общественных благ АПС может продуцировать экологический ущерб, а ее эффективность и устойчивость зависят как от состояний внешней среды (во всех ее аспектах: экологическом, экономическом, социально-демографическом, политическом), так и от отношений между субъектами экономической деятельности, взаимодействующие подмножества которых и образует рассматриваемую систему.

Важным общественным требованием к необходимым свойствам АПС является устойчивость ее функционирования. По определению ФАО ООН [1] «устойчивая продовольственная система - это такая система, которая обеспечивает продовольственную безопасность и питание для всех таким образом, чтобы не подвергались риску экономические, социальные и экологические основы для обеспечения продовольственной безопасности и питания будущих поколений. Это означает, что она выгодна во всех аспектах: обеспечивает экономическую устойчивость, общество получает выгоду за счет обеспечения социальной устойчивости, и она оказывает положительное или нейтральное воздействие на окружающую среду».

Большая часть нынешней глобальной системы производства продуктов питания угрожает стабильности климата и экосистеме нашей планеты. Специальный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) об изменении климата, опустынивании, деградации земель, устойчивом управлении земельными ресурсами, продовольственной безопасности и потоках парниковых газов в наземных экосистемах [2] подчеркнул, что способы, которыми АПС в настоящее время функционируют, подрывают нашу способность прокормить прогнозируемые 10 миллиардов человек на планете в 2050 году. Следовательно, нам необходимо радикальное преобразование существующих систем питания.

Основным источником дестабилизации сельскохозяйственного производства и, следовательно, нарушения требований по устойчивости функционирования продовольственных систем, являются климатические воздействия и связанные с ними изменения агроэкологических условий, необходимых для возделывания культурных растений. Естественной реакцией продовольственных систем в этом случае является климатическая адаптация, сопряженная с трансформацией отраслевой структуры.

Процесс адаптации к долговременным климатическим изменениям можно себе представить в виде последовательности шагов по проектированию систем ведения сельского хозяйства на локальных территориях. В результате будут изменены свойства АПС, такие как набор возделываемых сельскохозяйственных культур, их сортов и гибридов, набор отраслей животноводства с обоснованием породного состава, отраслевая структура регионального сельского хозяйства, потребности в ресурсах с учетом трансформационных затрат и пр.

Рассмотрим конструкцию информационной системы, предназначенной для планирования производства растениеводческой продукции в АПС региона, которая может быть возвращена на некоторой цифровой платформе региональных органов управления сельским хозяйством. Эта конструкция построена по адаптивной схеме, что означает наличие в ее структуре следующих элементов:

- исторической базы данных, которая пополняется в процессе эксплуатации системы фактической информацией;
- базы данных, в которой аккумулируются все прогнозируемые на плановый период результаты;
- методов оценки параметров зависимостей, которые используются в процедурах планирования;
- алгоритмов прогнозирования всего того, что нужно для принятия рациональных решений на плановом периоде;
- методов принятия рациональных плановых решений с оценкой их эффективности;
- процедуры адаптации, подстраивающей свободные параметры системы по критерию минимизации ошибок между историческими и фактическими результатами на некотором фиксированном интервале исторических данных со сдвигом этого интервала в реальном времени (скользящий режим адаптивного планирования).

Применительно к нашей предметной области система должна реализовывать следующие функции:

1. Сбор и накопление данных о всех характеристиках места действия, участвующих в выработке рациональных плановых решений. К таковым относятся структура посевных площадей, урожайности сельскохозяйственных культур и гидротермические условия их возделывания, цены реализации растениеводческой продукции, удельные расходы технологических ресурсов и цены их приобретения; данные о гидротермическом режиме места действия в соответствии с климатическими прогнозами. Все эти данные находятся в государственной или ведомственной статистике.

2. Построение эмпирических зависимостей урожайностей сельскохозяйственных культур от статистически значимых факторов с ежегодной корректировкой параметров. Предполагается реализация мультимодельного подхода (методы авторегрессии-скользящего среднего, агрометеорологические модели, применение GIS – технологий, многофакторные модели зависимости урожайности от производственных факторов). В качестве примера приведем зависимость урожайности зерновых и зернобобовых культур от среднемесячных температур и сумм осадков в данном регионе [3]. Значения гидротермических характеристик будущих периодов выбираются из долгосрочных прогнозов для данного места действия. В настоящее время наиболее надежными считаются результаты расчетов с использованием моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО).

3. Прогнозирование перечисленных характеристик планового периода с использованием разных методов. При годовом планировании необходимо спрогнозировать цены реализации и себестоимости продукции растениеводческих отраслей. Существует большое количество методов краткосрочного прогнозирования временных рядов, рассмотрение которых не входит в задачу данной работы.

4. Прогнозирование урожайностей планового периода с сохранением результатов для участия в последующих процедурах адаптации системы планирования.

5. Принятие решений о рациональной структуре посевных площадей.

6. По сути, здесь решается стандартная задача оптимизации структуры посевных площадей, которая обеспечит максимум прибыли при фиксированном бюджете в прогнозируемых условиях погодных условиях и состоянии экономического окружения.

7. Реализация решений в натуре (здесь мы исходим из предположения об отсутствии отклонений от рационального решения по воле производителя).

Исходной информацией для принятия стратегических решений по изменению отраслевой структуры растениеводства служат прогнозы урожайностей в сочетании с доходностями возделывания сельскохозяйственных культур в долгосрочной перспективе с учетом климатического фактора. Современный подход к прогнозированию климата в будущем с использованием МОЦАО предполагает расчеты, в которых изменяется параметр выбросов парниковых газов. Модели рассчитывают сценарии (Репрезентативные траектории концентраций – RCP) с различными значениями этого параметра. Эти сценарии находятся в диапазоне от наилучшего (RCP1.9) до наихудшего (RCP8.5) для экологии возможных объемов выбросов парниковых газов.

Для прогнозов в данной работе были выбраны два климатических сценария RCP8.5 и RCP4.5. Сценарий RCP8.5 – это сценарий неконтролируемого развития экономики в отношении выбросов парниковых газов. Расчеты по этому сценарию могут рассматриваться в качестве базовых для оценки экономических последствий и эффективности адаптационных мер. Сценарий же RCP4.5 базируется на наличии умеренных международных усилий по снижению выбросов CO<sub>2</sub> и частичного нивелирования последствий глобального потепления.

Проведенные расчеты с помощью информационной системы стратегического планирования развития АПС регионов с учетом климатического фактора, в частности, позволили определить валовые сборы зерновых и зернобобовых культур в целом по стране и ее регионам для двух климатических сценариев (таблица 1). Итоговая суммарная цифра валовых сборов зерновых и зернобобовых культур по стране по обоим вариантам климатических сценариев

находится в пределах целевого индикатора Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года [4] в 124,3 млн тонн. Если исходить из того, что прогнозируемое производство зерна при оптимистическом сценарии указано в той же стратегии 145,5 млн тонн, при базовом сценарии, соответственно, 124,3 млн тонн, а при пессимистическом сценарии – 121,3 млн тонн, то можно говорить о том, что при реализации сценария RCP8.5 у нашей страны будет больше шансов развивать производство зерновых по оптимистическому сценарию.

Таблица 1

Прогноз объемов производства зерновых и зернобобовых культур в 2030 году  
по двум климатическим сценариям, млн. тонн

Регионы	Климатические сценарии		Регионы	Климатические сценарии	
	RCP4.5	RCP8.5		RCP4.5	RCP8.5
Российская Федерация	126860,2	143346,2	Пермская область	163,9	108,7
Алтайский край	3031,4	4916,3	Приморский край	354,6	391,6
Амурская область	571,7	592,2	Псковская область	283,1	236,7
Архангельская область	23	13,2	Республика Адыгея	65,5	188,3
Астраханская область	102,7	175,7	Республика Алтай	1958,6	1768
Белгородская область	3656,1	4865,5	Республика Башкортостан	214,8	177,7
Брянская область	1717,7	1939,4	Республика Бурятия	200	185,7
Владимирская область	278,8	238,5	Республика Дагестан	154,8	194,3
Волгоградская область	4253,1	5701,5	Республика Ингушетия	549,8	729,5
Вологодская область	330	257,4	Республика Коми	94,4	39,9
Воронежская область	4465,6	5890,6	Республика Крым	2279,8	4275,5
Еврейская АО	80,7	96,7	Республика Марий Эл	715,9	530,4
Забайкальский край	132,7	128,1	Республика Мордовия	87,4	53,9
Ивановская область	1227,1	1035,5	Республика Саха (Якутия)	112,9	105,6
Иркутская область	585,6	592,1	Республика Северная Осетия	7637	9745
Кабардино-Балкария	511,4	620,3	Республика Татарстан	97,6	39,3
Калининградская область	648	577,4	Республика Тыва	105,6	80,2
Калужская область	9,6	10,7	Республика Хакасия	6374	6682,7
Камчатская область	45,4	27,2	Ростовская область	871,4	1541,2
Карачаево-Черкесия	3435,1	4125,4	Рязанская область	6241,2	5936
Кемеровская область	749,2	1013	Самарская область	5494,6	5676,3
Кировская область	200,5	120,6	Саратовская область	3560,5	4292,8
Костромская область	3536,5	2910,3	Свердловская область	272,2	208,4
Краснодарский край	3768,2	7043,2	Смоленская область	7462	6900,5
Красноярский край	2621	3274,5	Ставропольский край	3515,8	4696,9
Курганская область	1514,4	1353,4	Тамбовская область	728,5	806,7
Курская область	158	223,1	Тверская область	602,7	517,8
Ленинградская область	3507,8	3184	Томская область	797,6	798,3
Липецкая область	5342,3	5900,6	Тульская область	3785,4	3899,9
Московская область	735,4	672,4	Тюменская область	1192,4	1077,8
Нижегородская область	31,3	11,1	Удмуртская Республика	761	563
Новгородская область	5253,1	4656,9	Ульяновская область	30,6	30,4
Новосибирская область	2160,6	3029,5	Хабаровский край	3244,7	3067,8
Омская область	4424,6	4414,6	Челябинская область	145,2	123,1
Оренбургская область	794,3	734,6	Чеченская Республика	118,8	179,1
Орловская область	4112,8	4619,8	Чувашская Республика	546	489,3
Пензенская область	1851,3	1900,7	Ярославская область	171,9	139,2

Источник: расчеты авторов

В целом этот прогноз согласуется и с докладом Николаса Стерна «Экономика изменения климата» [5], в котором утверждалось, что при благоприятном (гумидном) потеплении до середины XXI века можно ожидать роста урожайности в России, после чего наступит ее падение.

Сравнение выполненного прогноза с актуальными аналогами имеет своей целью продемонстрировать адекватность модели. Однако, выполненная авторами работа, более полезна для анализа региональных изменений в производстве зерна при реализации различных климатических сценариев. Сравнение валовых региональных сборов по выбранным сценариям доказывает нетривиальную динамику объемов производства (см. таблицу 1). Рост урожая не будет возрастать при глобальном потеплении автоматически в регионах на более высоких широтах так же, как и рост средних температур.

Обобщая вышеизложенное на данной ступени исследования можно сделать вывод о том, что устойчиво развивающейся является АПС, воспроизводственный процесс которой характеризуется [6]:

- в ресурсном аспекте – достаточностью ресурсов для реализации задач функционирования и развития этой системы;
- в структурном аспекте – устойчивостью, поддержанием основных пропорций, позволяющим сохранить динамическое равновесие элементов системы;
- в функциональном аспекте – эффективным использованием ресурсов, обеспечивающим заданный результат хозяйственной деятельности.

Стратегия развития региональных АПС, очевидно, может сводиться к следующим трем вариантам. Во-первых, это может быть корректировка отраслевой структуры при неизменных земельных ресурсах, а во-вторых, наращивание экстенсивных факторов производства при наличии возможностей сделать это. И, наконец, критерием стратегического развития может быть уменьшение объема вовлеченных в производство экстенсивных факторов с оптимизацией затрат. Выбор конкретного варианта стратегического развития АПС регионов в любом случае может быть сделан на основе анализа решений экономико-математической модели.

Цифровые информационные технологии дают возможность решения в реальном времени задачи устойчивого развития: экономического, социального и экологического АПС любого уровня. Цифровое сельское хозяйство является многообещающим в решении ключевых проблем, стоящих перед агропродовольственным сектором в оптимизации использования ограниченных природных ресурсов и неэффективности их использования, не оптимальностью управления производством, проблемами рынка и ограниченностью финансирования. Следует отметить, что COVID-19 стал катализатором внедрения цифровых информационных технологий, в том числе и в АПК.

Государственная политика должна способствовать внедрению цифровых информационных технологий в условиях ускорения климатических изменений, поскольку это одна из современных передовых мировых практик содействия и контроля обеспечения продовольственной безопасности, которая находится под угрозой роста населения, ограниченности ресурсов (прежде всего земли) и нарастания числа чрезвычайных ситуаций, аридных и тепловых стрессов.

#### **Использованные источники:**

1. Сайт ФАО ООН: Продовольственные системы. URL: <http://www.fao.org/food-systems/ru/> (дата обращения: 30.08.2021 г.).
2. Сайт МГЭИК: Специальный доклад МГЭИК об изменении климата, опустынивании, деградации земель, устойчивом управлении земельными ресурсами, продовольственной безопасности и потоках парниковых газов в наземных экосистемах. URL: <https://www.ipcc.ch/srccl/> (дата обращения: 30.08.2021).
3. Siptits, S. O. Model Estimates of Climate Impact on Grain and Leguminous Crops Yield in the Regions of Russia / S. O. Siptits, I. A. Romanenko, N. E. Evdokimova // Studies on Russian Economic Development. – 2021. – Vol. 32. – No. 2. – P. 169-176. – DOI 10.1134/S1075700721020106.
4. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560974985> (дата обращения: 30.08.2021).

5. Саммит ООН по продовольственным системам 2021 г. Научная группа. URL: <https://www.un.org/en/food-systems-summit/leadership#scientific-group> (дата обращения: 30.08.2021).
6. Романенко И.А., Сиптиц С.О., Светлов Н.М., Евдокимова. Устойчивость размещения аграрного производства по регионам России с учетом рисков климатических изменений. – Москва: Аналитик, 2018. – 168 с.

УДК 004.4

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-122-125

*Счастливец Е.Л., Быков А.А., Юкина Н.И., Харлампенков И.Е.,  
Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра информационных  
и вычислительных технологий*

## **ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЫЛЕГАЗОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ**

В статье рассмотрен опыт получения в оперативном режиме метеопараметров и данных замеров концентраций пыли на выбранном объекте с целью проведения расчетов для оценки загрязнения атмосферы. Описана созданная для решения этой задачи информационная система.

**Ключевые слова:** программно-аппаратного комплекс, метеостанция, датчики пыли, расчетные модели, геопортал, загрязнение атмосферы.

Действующая на предприятиях угольной промышленности система геоэкологического мониторинга построена на комплексе одиночных замеров по отдельным природным средам и их последующей обработке на основе сравнения с установленными нормативами загрязнения окружающей природной среды. Отметим, что система соответствует действующему природоохранному законодательству, но, тем не менее, не обеспечивает эффективного контроля и оценки воздействия функционирующего горнодобывающего предприятия на природные комплексы и население. Это связано, как с периодичностью измерений загрязнения окружающей природной среды, так и с точечным характером этих измерений, что практически не позволяет распространить эти данные на всю территорию ведения горных работ.

Для перехода от классического способа оценки экологической обстановки путем периодического отбора проб к непрерывному мониторингу необходимо создание нового класса информационно-аналитических платформ, обеспечивающих создание единого информационного пространства, соответствующего мировым стандартам обработки данных. В настоящее время появилось множество информационных систем в области экологии. К ним можно отнести:

1. Автоматизированная система автономного контроля сточных вод (АСАКС).
2. Система экологического мониторинга окружающей среды «СЭМОС».
3. Система экологического мониторинга Компании «ПРАЙМ ГРУП» и ОТОИЛ.
4. Автоматизированная система экологического мониторинга научно-производственной фирмы «ДИЭМ».
5. Информационно-аналитическая система экологического мониторинга (ИАСЭМ).
6. 1С-КСУ «Экология»: Охрана окружающей среды.

Однако рассмотренные системы, как правило, направлены на задачи автоматизации документооборота в области экологии. В большинстве случаев они лишены компонентов для приема данных в автоматическом режиме от средств измерений (датчиков) и расчетных моделей для прогнозирования ситуации.

Нами предложен другой подход, основанный на объединении аппаратных средств измерения, модельных комплексов и информационной системы, которая обеспечивает инфраструктуру решения (рисунок 1). Основным источником данных выступает тандем из метеорологического комплекса и пылегазовых измерительных устройств, работающий в автоматическом режиме и отправляющих данные на сервер. Метеоданные позволяют с помощью нормативной модели МРР-2017 [1] и ПК ЭРА-ВОЗДУХ 3.0 [2] рассчитать поля суммарных

приземных концентраций. В свою очередь результаты замеров с датчиков отражают текущие значения концентраций пыли или газов для выбранных точек. Все это объединяется и наносится на электронную карту. Таким образом, появляется возможность в заданный момент времени провести комплексную оценку уровня загрязненности воздуха.

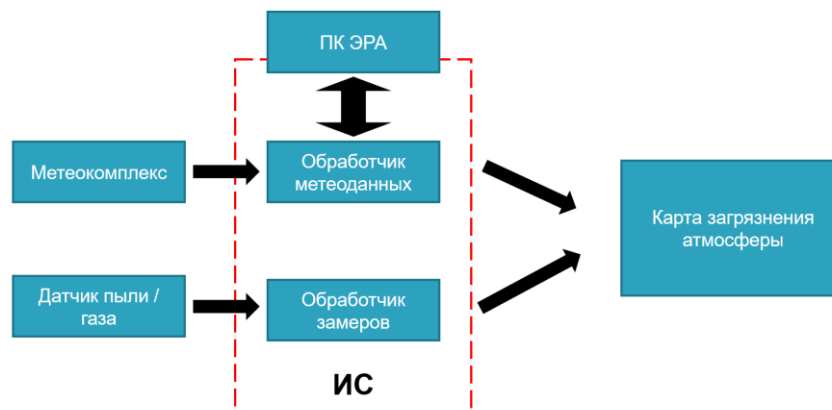


Рисунок 1. Общая схема работы системы мониторинга пылегазового загрязнения атмосферы

Для реализации описанной идеи были использована мобильная метеостанция и комплект разработанных в ФИЦ ИВТ датчиков. Метеостанция обеспечивает регистрацию и передачу значений скорости ветра (м/с), направления ветра (угловые градусы), температуры воздуха (°С), атмосферного давления (ГПа) и влажности (%) с интервалом в 10 минут. Датчики пыли (с размером частиц в 1, 2,5 и 10мкм) и газа (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>) отправляют данные ежеминутных показаний концентраций каждый час.

В свою очередь при разработке программно-аппаратного комплекса (ПАК) применялись принципы, разработанные авторами для создания прикладных геопорталов [3]. Т. е. пользователь осуществляет взаимодействие с системой через стандартный API и веб-интерфейс. Поступающие запросы обрабатывает сервер приложений. Визуализация пространственных данных осуществляется через GeoServer. Сервер данных на основе СУБД PostgreSQL обеспечивает решение задачи хранения данных. Для организации взаимодействия между основными компонентами используются стандартные протоколы обмена пространственной информацией, разработанные консорциумом OGC (WMS, WFS, WCS, WPS и др.).

Однако для приема потока измерений и их оперативной обработки в архитектуру системы были внесены некоторые изменения. Добавлены специализированные блоки получения данных и система очередей для обмена сообщениями и координации всех компонентов. Такой подход позволяет запускать расчеты при поступлении новой порции данных. Схема взаимодействия модулей ПАК представлена на рисунке 2.

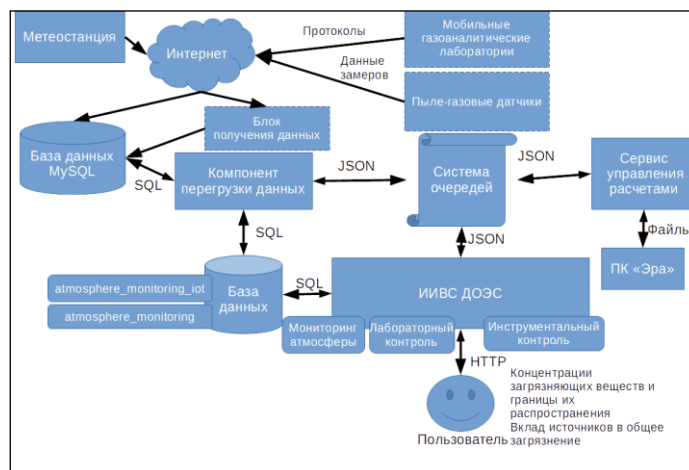


Рисунок 2. Схема взаимодействия элементов системы мониторинга и оценки загрязнения воздуха



С точки зрения пользователя основной экран ПАК выглядит как электронная карта, на которую наносятся пункты расположения датчиков, метеостанции и изолинии поля суммарных приземных концентраций (рисунок 3).

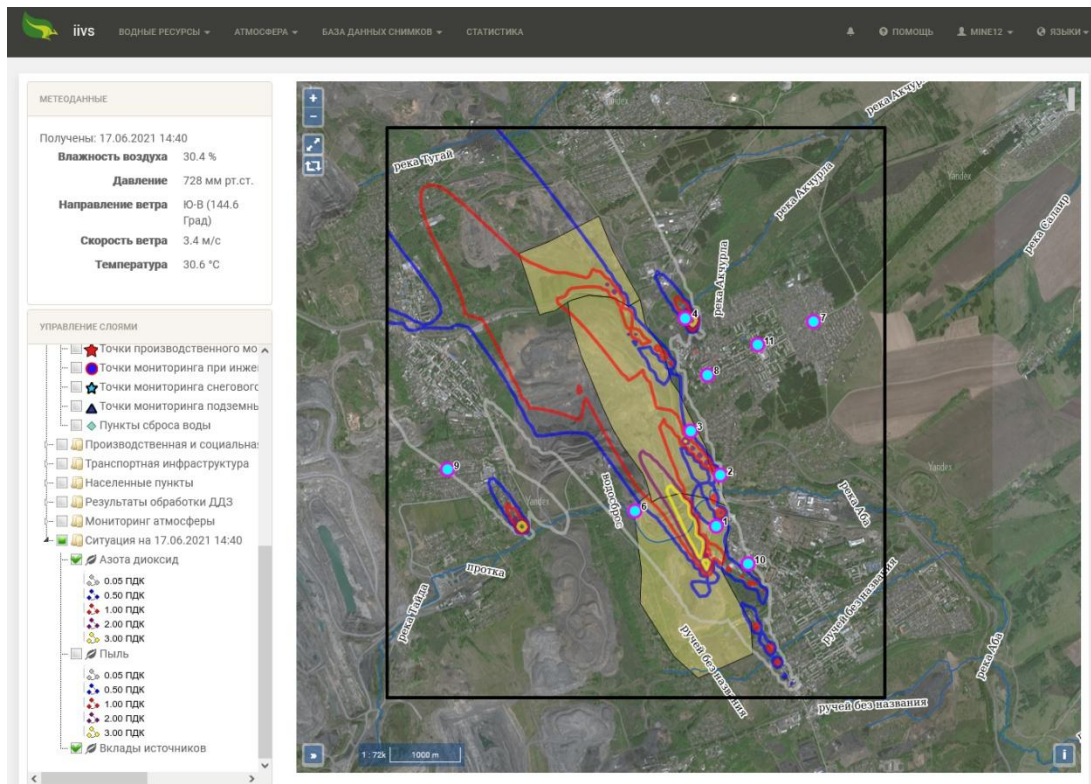


Рисунок 3. Интерфейс ПАК с отображением изолинии поля суммарных приземных концентраций

Работая с системой, пользователь видит текущие метеопараметры, может просматривать актуальные поля суммарных приземных концентраций по выбранному показателю (азота диоксид или пыль). При выборе на карте точки, в которой расположен датчик, получать график, отражающий изменения концентраций за выбранный период времени (рисунок 4).

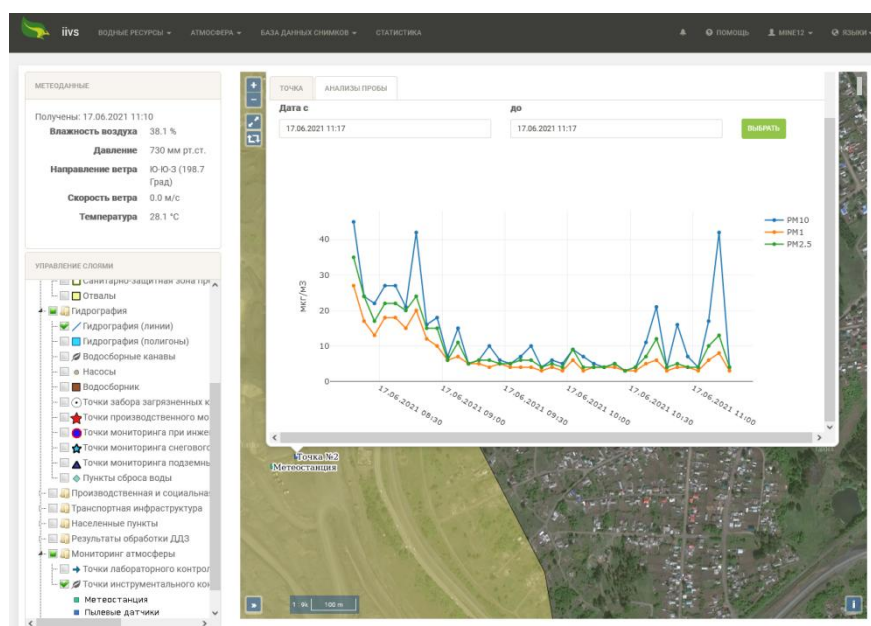


Рисунок 4. Изменения концентраций пыли во времени

В 2019 году проведена успешная проверка работоспособности ПАК на основе реальных данных, полученных в процессе эксперимента на участке открытых горных работ ООО «Шахта № 12» (г. Киселевск, Кемеровская обл.), 01-08 октября 2019 г.

В 2020 году для ООО «Шахта № 12» ПАК был запущен в долговременную опытную эксплуатацию. Каждые 20 минут происходит измерение концентрации пылевых частиц и синхронно определяются метеопараметры: скорость ветра (м/с), направление ветра (угловые градусы), температура воздуха (°С), атмосферное давление (ГПа) и влажность (%). В режиме реального времени для текущих метеоусловий с использованием облачного сервиса рассчитываются по нормативной модели МРР-2017 [1] разовые концентрации с использованием ПК ЭРА-ВОЗДУХ 3.0 [2]. Результаты мониторинговых расчетов представляются на карте территории в виде изолиний поля суммарных приземных концентраций. Кроме того, в заранее указанных контрольных точках вычисляются значения суммарных концентраций с указанием вклада отдельных групп источников (само предприятие, городские котельные, дороги, частный сектор). Для каждого срока исходные данные, результаты замеров и расчетов сохраняются в архивах и могут быть при необходимости проанализированы при поступлении запросов природоохранных органов, общественности и служб предприятия.

В настоящий момент система работает с неизменными (базовыми) параметрами источников из действующего тома предельно допустимых выбросов (ПДВ) предприятия, что заведомо является причиной возможного несоответствия расчетов и замеров загрязнения атмосферы. Поэтому разработчиками программно реализована схема оперативной корректировки любых параметров участвующих в расчете источников. В основе схемы лежит использование базового состояния данных по источникам. Изменения параметров по сравнению с базовыми задаются в индивидуальном для каждого источника файле, где каждая строка начинается с указания времени (день, месяц, год, час, минута, секунда), начиная с которого параметры источника принимают указанные далее значения или процент изменения по сравнению с базовыми. Далее они считаются неизменными до срока, указанного в следующей записи. Однако, если источником выделения являются взрывные работы, то источник выброса считается действующим начиная с указанного срока и в течение назначенного пользователем интервала (по умолчанию 20 мин). При этом для взрыва могут быть заданы его технические характеристики, после чего параметры облака взрыва и значения выбросов всех загрязняющих веществ, будут автоматически вычислены по нормативной методике [3]. Для реальных мониторинговых расчетов авторами разрабатывается модуль ПАК, позволяющий техническим службам предприятия в режиме дружественного интерфейса оперативно задавать изменения выбросов или рассчитывать их на основе планируемой нагрузки оборудования.

Таким образом, был разработан программно-аппаратный комплекс для мониторинга загрязнения атмосферы в режиме реального времени. Комплекс состоит из датчиков инструментального контроля загрязнения атмосферы, метеостанции, модели расчета загрязнения атмосферы и блоков управления данными. В настоящее время в базе данных ПАК накоплен массив значений концентраций пыли и газов, который позволит перейти от задачи наблюдения за ситуацией к анализу и сопоставлению натурных замеров с расчетными.

#### **Использованные источники:**

1. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 N 273 "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе" (Зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 N 47734).
2. Программный комплекс ЭРА-ВОЗДУХ, [Электронный ресурс]. URL: <https://app.ru/>. (дата обращения: 18.02.2021).
3. Потапов В.П., Гиниятуллина О.Л., Харлампенков И.Е. Технология разработки прикладных геопорталов // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов: труды всероссийской конференции. – Новосибирск: Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН, 2017. – С. 26-30. ISBN 978-5-905569-08-1.
4. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности. – Пермь: ОАО «МНИИЭКО ТЭК». – 2014. – 186 с.

*Счастливец Е.Л., Быков А.А., Юкина Н.И., Харлампенков И.Е.,  
Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра информационных  
и вычислительных технологий*

## СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ОЦЕНОК ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ КУЗБАССА С РАЗЛИЧНЫМ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Сельскохозяйственные земли в промышленно развитых регионах испытывают значительную техногенную нагрузку, связанную с выпадением из атмосферы аэрозолей, содержащихся в выбросах предприятий. В работе проводится сравнительная оценка суммарного и удельного выпадения частиц на поверхность сельскохозяйственных земель, расположенных в различных районах Кузбасса.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные земли, промышленные выбросы в атмосферу, выпадение на почву, расчетные модели.

Согласно данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» [1] в атмосферу Кемеровской области выбрасывается большое количество загрязняющих веществ (ЗВ), среди которых около 150 тыс. т твердых частиц, 130 тыс. т соединений серы (сульфатов) и 80 тыс. т соединений азота (нитратов) в год. В нашей стране основными нормативами, лимитирующими загрязнение воздуха, а тем самым и выбросы в атмосферу, являются предельно допустимые концентрации (*ПДК*). В соответствие с Законом [2] и нормативными документами [3, 4] *ПДК* подразделяются на гигиенические и экологические. Гигиенические *ПДК* отражают допустимое загрязнение атмосферного воздуха населенных мест и являются государственными нормативами качества воздуха для человека. Экологические *ПДК* (*ПДК<sub>э</sub>*) для растительности, животного мира, сельхозугодий и т. д. предусмотрены документами [2, 3, 4] и при установлении предельно допустимых выбросов промышленных источников. Однако на уровне государственных нормативов *ПДК<sub>э</sub>*, пока не установлены. В таблице 1 приведены *ПДК<sub>э</sub>* некоторых ЗВ при воздействии на лесную растительность. Они собраны в [5] по результатам обзора отечественных исследовательских работ и зарубежных нормативных документов и носят ориентировочный характер. *ПДК<sub>э</sub>* в атмосферном воздухе над сельскохозяйственными (СХ) землями пока не установлены.

Таблица 1

Экологические нормативы допустимого загрязнения воздуха для лесной растительности

Код ЗВ	Наименование ЗВ	<i>ПДК<sub>эр</sub></i> , мг/м <sup>3</sup> , разовая	<i>ПДК<sub>эс</sub></i> , мг/м <sup>3</sup> , Годовая	<i>ПДК<sub>эр</sub></i> / <i>ПДК<sub>эс</sub></i>
0301	Азота диоксид	0,2	0,04	5
0303	Аммиак	0,1	0,04	5
0330	Ангидрид сернистый	<b>0,3*</b>	<b>0,015</b>	20
0333	Сероводород	0,008	0,008	1
0337	Углерода оксид	5,0	3,0	1,67
1325	Формальдегид	<b>0,02</b>	0,003	6,67
2902	Взвешенные вещества	<b>0,2</b>	<b>0,05</b>	4

\*выделены *ПДК<sub>э</sub>*, более жесткие, чем гигиенические *ПДК*

Не только твердые, но и газообразные вещества обладают эффектом выпадения на подстилающую поверхность, в том числе в почву. Поэтому представляют интерес расчетные

оценки выпадения и накопления пылевых выбросов на СХ землях, поскольку многолетнее оседание из атмосферы техногенных ЗВ может существенно снизить урожайность посевных площадей и повысить содержание вредных элементов в СХ продукции. Нормативы загрязнения почвы установлены законодательно [6], в частности, допустимое содержание нитратов в почве определяется как 130 мг/кг, а сульфатов 160 мг/кг. Поэтому умение моделировать выпадение ЗВ на почву и растительность может дать возможность связать допустимое загрязнение почвы с концентрациями ЗВ в атмосфере, тем самым способствуя получению экологических нормативов ПДК<sub>з</sub>.

Авторами разработана и доведена до практического использования локальная долгосрочная модель [7] расчета выпадения ЗВ на подстилающую поверхность. Модель реализована в составе широко используемого в Сибирском регионе для нормативных расчетов программного комплекса «ЭРА-ВОЗДУХ» ([www.lpp.ru](http://www.lpp.ru)). Это позволяет использовать накопленные, в форматах данного комплекса, базы данных по источникам выбросов в атмосферу для оперативных расчетов выпадения ЗВ на бассейны рек, сельхозугодия и т. д. Основы построения модели, результаты сравнения с данными экспериментов, обзор литературных данных по дисперсному составу пылевых выбросов, исследование влияния исходных данных на результаты вычислений рассмотрены в работах авторов [7, 8].

Годовое выпадение пылевых частиц зависит от двух важнейших параметров: среднегодовой приземной концентрации  $C_a$  (мг/м<sup>3</sup>) и скорости выпадения частиц  $V_d$  (м/с). Для расчета  $C_a$  с использованием методики [6], кроме параметров источников, необходимо знать розу ветров и плотность распределения скорости ветра, которые можно построить по данным стандартных метеорологических наблюдений, архивы которых были взяты сайта [www.rp5.ru](http://www.rp5.ru).

Учитывая значительное влияние на результаты расчетов скорости выпадения  $V_d$ , дисперсный состав источников выброса пылевых частиц разбивается по фракциям в соответствии с классификацией, приведенной в [8]. Разбиение происходит автоматически в процессе исполнения программы в зависимости от класса источника. Каждая фракция частиц имеет свою скорость выпадения  $V_d$ , которая может быть вычислена в зависимости от размера частиц, их удельного веса и типа подстилающей поверхности.

На основе модели [7] в настоящей работе проведена расчетная оценка годового загрязнения СХ земель Промышленновского района Кузбасса, который характеризуется относительно небольшой техногенной нагрузкой. Далее эта оценка сравнивается с ранее проведенными авторами расчетами [9, 10] загрязнения СХ земель, расположенных в непосредственной близости от предприятий по открытой добыче угля. Загрязнение почвы может быть результатом действия источников, расположенных как в непосредственной близости от интересующего участка, так и на значительном удалении от него, особенно от газообразных ЗВ и мелкодисперсных аэрозолей, выбрасываемых высокими источниками. Поэтому данные по выбросам для данного расчета взяты из материалов сводных томов ПДВ г. Ленинск-Кузнецкий, Белово и Промышленная. Всего в исходных данных по этим городам учтены 2150 источников, выбрасывающих в атмосферу 56 загрязняющих веществ. Города Гурьевск и Салаир ориентировочно заданы площадными источниками с суммарными годовыми выбросами, взятыми из областных государственных докладов. К источникам, расположенным в городах, добавлены агрегированные источники печного отопления населенных пунктов, расположенных на территории бассейнов. Печное отопление задано площадными источниками с выбросом, пропорциональным количеству дворов. Общий выброс по всем источникам составляет (в тыс. тонн в год): твердых частиц 33; соединений азота 17; соединений серы 25. Выбросы пылевых частиц разбиты по фракционному составу в соответствии с классификацией, предложенной в [8]. Скорость осаждения  $V_d$  (м/с) газообразных веществ (диоксид азота, диоксид серы) взята как для частиц размером менее 1 мкм.

Изолинии выпадения суммы всех пылевых частиц показаны на рисунке 1. Видно, что области со значительным выпадением частиц из атмосферы (от 1 до 5 г/м<sup>2</sup>) лежат в непосредственной близости от источников выброса, расположенных в городах Ленинск-Кузнецкий и Белово, а также ПГТ Промышленная (заметим, что 1 г/м<sup>2</sup> соответствует 10 кг/га или 1 т/км<sup>2</sup>).

Программный комплекс ЭРА позволяет проводить расчеты концентраций в атмосфере и выпадения частиц на поверхность не только на регулярной сетке, но и по произвольному полигону или их совокупности. При расчете по полигону программа создает покрытие его внутренней части и границы расчетными точками с заданным шагом (в нашем случае 100 м) к которым добавляются все точки перегиба границы.

Эта возможность используется для определения суммарного поступления примесей из атмосферы на участки СХ земель в бассейнах рек Тарсьма, Касьма и приведенных ниже расчетов. Результаты для пылевых частиц, сульфатов и нитратов представлены в таблице 2.

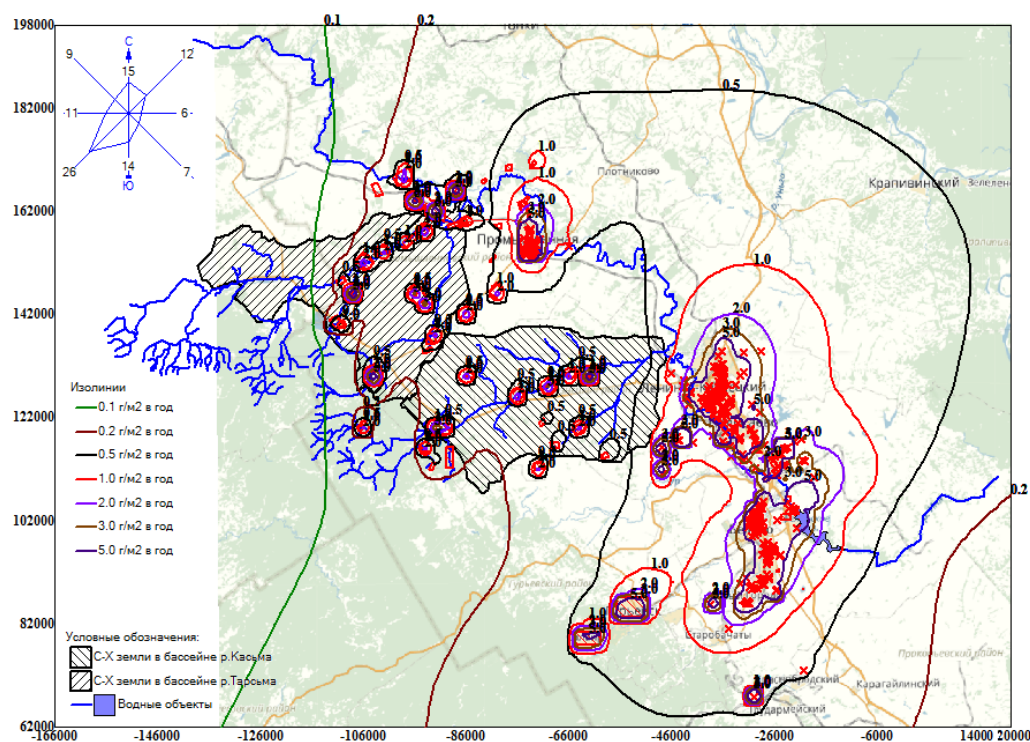


Рисунок 1. Изолинии годового выпадения антропогенных пылевых частиц из атмосферы на территорию Промышленновского района. СХ земли покрыты штриховкой

Таблица 2

Интегральное выпадение промышленной пыли, сульфатов и нитратов на поверхность СХ земель в бассейнах рек Промышленновского района

СХ земли в бассейне реки	Площадь бассейна, га	Годовое суммарное (т) / удельное (кг/га) выпадение на территории СХ земель			
		Пыль	Сульфаты	Нитраты	Всего
Тарсьма	95700	409/4,30	79/0,83	107/1,12	595/6,22
Касьма	91400	502/5,49	106/1,16	163/1,78	773/8,46

Ранее в работе [10] авторами проведена расчетная оценка пылевого загрязнения техногенно нагруженных СХ земель, прилегающих к участку отработки угольного разреза «Сибэнергоуголь». Для расчета выпадения пыли на участки СХ земель также использованы не только источники выброса в атмосферу самого разреза, но и выбросы печного отопления ближайших населенных пунктов, дорог общего пользования, крупного железнодорожного пункта погрузки угля (Листвяги), старых отвалов и близко расположенных других угледобывающих предприятий. Инвентаризация источников разреза Сибэнергоуголь предоставлена авторам администрацией разреза, остальные выбросы оценены ориентировочно на основе удельных показателей выбросов.

Расчетные оценки суммарного годового (т) и удельного на единицу площади (кг/га) выпадения всех пылевых частиц, учтенных для расчета при задании выбросов обозначенных



выше источников, приведены в таблице 2. Таблица показывает, что согласно проведенным расчетным оценкам на все участки СХ земель из атмосферы выпадает в год от 15 до 30 кг/га суммарной промышленной пыли, в которой основную долю составляют пыль породы, угля и угольная зола. Наиболее нагруженными являются СХ земли, расположенные к югу от Костенково (участок 3), что объясняется наименьшей удаленностью от участка интенсивного ведения горных работ.

Еще ранее, в 2002 году с использованием первой версии модели расчета выпадения проведена оценка влияния промышленных городов и угледобывающих предприятий Кемеровской области на загрязнение СХ земель в окрестности села Беково, Беловского района [9].

Таблица 3

Характеристики расчетного выпадения промышленной пыли из атмосферы на СХ земли в районе горных работ разреза Сибэнергоуголь

Участок СХ земель		Площадь, га	Суммарное годовое выпадение, т	Удельное годовое выпадение, кг/га
№	Описание			
1	Костенково, сев-восток	453	9,8	21,6
2	Костенково, север	323	4,7	14,5
3	Костенково, юг	331	9,7	29,2
4	Ананьино, север	169	3,6	21,2
5	Новый Урал, восток	417	9,8	23,5
Итого		1693	37,6	Среднее 22,1

Кроме расчетов проведены экспериментальные исследования суммарных пылевых выпадений за зимний период в пяти контрольных точках на прилегающих СХ землях.

Удаленные от с. Беково города Кемеровской области представлены в расчете агрегированными площадными источниками. Близлежащие промышленные объекты (города Белово Гурьевск, комплекс угледобывающих предприятий Бачатского разреза) учтены более подробно [9]. Результаты расчетов и данные снегового анализа в пяти точках проведения замеров представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты снеговых проб и модельные оценки осаждения взвешенных веществ в контрольных точках за зимний период

Номер контрольной точки	1	2	3	4	5
Экспериментальная оценка выпадения в снег, кг/га за зиму	41	57	61	76	54
Расчетная оценка выпадения в снег, кг/га за зиму	39,8	236,2	262,9	318,1	230,1
Отношение результатов эксперимента и расчета	0,595	0,217	0,202	0,220	0,219

Из таблицы видно, что расчетные оценки значительно (примерно в 4,5 раза) превосходят результаты снегового анализа. Исключение составляет только точка 1, являющаяся по отношению к промплощадке Бачатского разреза «наветренной» (повторяемость в розе ветров румба с направлением от источников на точку минимальна). Обособленность данной точки, скорее всего, объясняется наличием неучтенных в расчете близко расположенных к ней источников с наветренной стороны. Однако постоянство отношения замеров к расчетам (последняя строка таблицы 4) в точках 2-5 подсказывает, что основные факторы и исходные величины, определяющие процессы осаждения твердых ЗВ, улавливаются моделью правдоподобно и, после соответствующей калибровки (умножение расчета на 0,24), расчетные и измеренные величины в точках 2-5 совпадают очень хорошо (рисунок 2). Следует заметить, что первые версии модели [7] имели тенденцию к завышению результатов, вследствие не-

учета процесса «истощения» факела, особенно для крупных фракций, что устранено на сегодняшний день на основе многочисленных сравнений расчетов с замерами.

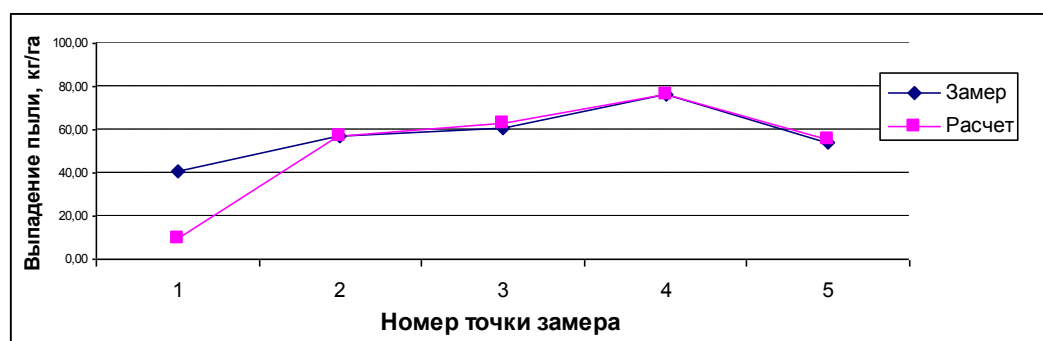


Рисунок 2. Сопоставление расчетного выпадения твердых веществ в контрольных точках с данными снегового анализа до калибровки (а) и после калибровки (б)

Таким образом, показано, что модель расчета выпадения промышленных аэрозолей на подстилающую поверхность позволяет проводить количественные оценки осаждения аэрозолей на территории СХ земель, как от действующих предприятий, так и прогнозировать воздействие промпредприятий, находящихся на стадии проектирования. Исследования состава угля и породы на содержание отдельных элементов позволит оценить загрязнение почвы этими элементами, как и любыми ЗВ, учтенными в инвентаризации источников загрязнения атмосферы.

Приведенные в работе расчетные оценки (даже проведенные в разное время на основе различных версий модели) показывают, что пылевая нагрузка на СЗ земли, расположенные вблизи предприятий по открытой добыче угля, могут достигать 50–100 кг/га (таблицы 3, 4), а в относительно чистых районах – нагрузка не превышает 10 кг/га (таблица 2).

#### Использованные источники:

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году. [Электронный ресурс]. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/subjects/sfo/kemerovskaya-oblast>. (дата обращения: 01.09.2021).
2. Федеральный закон от 4 мая 1999 г. N 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (в ред. от 17 июля 2017 г. N 219-ФЗ).
3. Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих нормативов. ГОСТ Р 58577-2019, N 888-ст от 8 октября 2019.
4. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (введено в действие письмом Минприроды России от 19 марта 2012 г. N 05-12-47/4521). – СПб, 2012.
5. Методика экологической экспертизы предпроектных и проектных материалов по охране атмосферного воздуха. – М.: Мин-во охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 1995. – 51с.
6. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». IV. Почва населенных мест и сельскохозяйственных угодий.
7. Быков А.А., Счастливцев Е.Л., Пушкин С.Г. Особенности построения и практического применения локальной модели загрязнений почвы техногенными выбросами пылевых частиц // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2007. – № 4. – С.74-82.
8. Быков А.А., Счастливцев Е.Л., Пушкин С.Г., Смирнова О.В. Моделирование загрязнения почвы атмосферными выбросами от промышленных объектов угледобывающего региона // Ползуновский вестник. – 2006. – № 2. – С.209-217.
9. Быков А.А. Анализ информационной базы прикладных задач управления выбросами в атмосферных аэрозолей промышленного происхождения // Аэрозоли Сибири / под ред. Куценого К.П. – Новосибирск: СО РАН, 2006. – С. 389-409.
10. Счастливцев Е.Л., Потапов В.П., Быков А.А., Юкина Н.И. Оценка воздействия угледобывающего предприятия на сельскохозяйственные земли примыкающих территорий // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирская обл., р.п. Краснообск: Академиздат, 2018. – С. 533-537.



*Фомина Н.В.,  
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА АКТИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ**

В работе представлены результаты оценки активности окислительных ферментов чернозема выщелоченного на фоне разных подходов в его обработке. Максимальная активность фермента пероксидазы установлена в вариантах с поверхностной обработкой почвы, при вспашке значения достоверно не различались. В посевах пшеницы на неудобренном фоне отмечались высокие значения как пероксидазы, так и полифенолоксидазы, коэффициент гумификации при этом также установлен максимальный.

**Ключевые слова:** чернозем, обработка, ферменты, пероксидаза, полифенолоксидаза.

**Введение.** В настоящее время весьма перспективно биологическое направление по изучению проблем сохранения плодородия почвы при разработке новых агротехнических приемов. Активность почвенных ферментов является более устойчивым и чувствительным показателем при оценке биологической активности почв их оценке. Активность почвенных ферментов аналитически определяется с высокой точностью и является устойчивым и чутким показателем биогенности почв. Ферменты в почве - это продукты метаболизма почвенного биоценоза, но мнения о вкладе различных компонентов в их накоплении противоречивы. Ряд исследователей считает, что основная роль в обогащении почвы ферментами принадлежит корневым выделениям растений, другие - почвенным животным, большинство же придерживаются мнения о том, что ферментативный пул в почве состоит из внутриклеточных и внеклеточных ферментов, преимущественно микробного происхождения. Ферменты отличаются исключительно высокой активностью, строгой специфичностью действия и большой зависимостью от различных условий внешней среды. Последняя особенность имеет большое значение в регулировании их активности в почве [6, 7].

В исследованиях, проведенных в выщелоченных черноземах Красноярской лесостепи установлено, что в агроценозах по сравнению с целиной отмечается ухудшение условий гумификации. Установлено, что основная обработка почвы стимулирует микробиологические процессы в почве, активизирует минерализацию органического вещества, провоцируя тем самым потери уровня почвенного плодородия [5].

Поддержание почвы в состоянии, необходимом для активного функционирования всей системы «почва-растение-вода-питательные вещества» – основной фактор улучшения способности самовосстановления почвенной биоты, устойчивого сохранения продуктивного потенциала земель и обеспечения возможности безопасной интенсификации землепользования [3].

Пероксидаза катализирует окисление фенолов за счет кислорода перекиси водорода и участвует в процессе минерализации гумусовых веществ, то есть действие пероксидазы противоположно действию полифенолоксидазы. Исследования, проведенные ранее, показали, что активность фермента пероксидазы снижается после обработки гербицидами. А в тепличных условиях интенсивное применение удобрений и фунгицидов может провоцировать ухудшение состояния биотического комплекса, выражаясь в показателях активности ферментов [2, 9].

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования являлся чернозем выщелоченный среднеспособный среднегумусный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика чернозема выщелоченного следующая: содержание гумуса – 7.5 %, реакция среды – близкая к нейтральной (6,9), отмечается повышенное содержание подвижного фосфора – (23 мг/100 г); очень высокая обеспеченность обменным калием ( $K_2O = 28$  мг/100 г.).

В работе исследовали воздействие основной обработки почвы и поверхностной обработки: вспашка (20-22 см) и поверхностная обработка почвы (8-10 см). При этом одновременно вводился удобрённый фон в данных вариантах. В качестве удобрения во время обработки использовалась аммиачная селитра в количестве 34,7 кг/га. Размер опытных площадок – 0,5 га. Исследовали как паровое поле, так и поля с посевами пшеницы сорта «Новосибирская-15». Почвенные пробы отбирали в середине июня и августа с глубины 0-20 см согласно ГОСТ 17.4.3.01 – 83 [1]. Отбор проб почвы проводился в начальные период вегетации и в конце вегетации [4]. Масса среднего образца составляла не менее 0,5 кг, отбор проводили по диагонали.

Направленность микробиологических процессов оценивалась по активности ферментов (пероксидазы (ПО) и полифенолоксидазы (ПФО)), которые определяли по Галстяну (1968). Ферментативную активность почв определяли в трехкратной повторности [8].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Известно, что отношение активности фермента полифенолоксидазы (ПФО) к пероксидазе (ПО), что является условным коэффициентом гумификации. Данный коэффициент может характеризовать направленность процесса гумусообразования в черноземе. Если коэффициент выше единицы, это свидетельствует о преобладании реакций окисления полифенолов в хиноны в присутствии свободного кислорода воздуха, если  $K_{гум} < 1$ , то наоборот доминируют процессы распада органического вещества, что прослеживается и в нашем опыте (таблица 1).

Таблица 1

Показатели активности окислительных ферментов чернозема выщелоченного

Варианты опыта	Пероксидаза, мг пурпургаллина /1 г почвогрунта за 24 часа	Полифенолоксидаза (ПФО), мг пурпурогаллина /1г почвогрунта за 24 часа	Коэффициент гумификации: ПО/ПФО 0,86
Пар поверхностная обработка	0,99±0,009	0,77±0,009	0,77
Пшеница поверхностная обработка, удобрённый фон	1,17±0,001	1,05±0,009	0,81
Пшеница поверхностная обработка, неудо­бренный фон	1,53±0,04	1,24±0,009	0,83
Пар вспашка	1,08±0,03	0,67±0,009	0,62
Пшеница вспашка, удобрённый фон	1,07±0,04	0,75±0,009	0,70
Пшеница вспашка, неудо­бренный фон	1,05±0,02	0,83±0,009	0,81

Проведено сравнение значений показателей активности ферментов пероксидазы и полифенолоксидазы при разных способах обработки почвы отвальная обработка (вспашка на 20–22 см) и минимальная обработка (дискование на 8–10 см). Понятно, что вспашка провоцирует развитие аэробных процессов разрушения органического вещества, что видно в значениях коэффициента гумификации – 0,62, тогда как при отвальной обработке данный показатель выше и составляет 0,77. Наиболее высокая активность полифенолоксидазы отмечена в варианте с поверхностной обработкой без удобрения – 1,24 мг пурпурогаллина на 1г почвы за 24 часа, что характеризует наиболее благоприятные условия для гумификации растительных остатков в данном варианте опыта. Кроме того, коэффициент гумификации в данном варианте наиболее высокий из всех изученных вариантов - 0,83. Известно, что на ферментативную активность почвы влияние оказывают физические, физико-химические, биологические факторы, а также экологические факторы. При этом значения активности фермента пероксидазы

чернозема выщелоченного варьировали в пределах от 0,99 до 1,53 мг пурпургаллина на 1 г почвы за 24 часа, тогда как полифенолоксидазы значения ниже в пределах от 0,67 до 1,24 мг пурпургаллина на 1 г почвы за 24 часа инкубации. Определенно изменения исследованных окислительных ферментов, в большей части обусловлены содержанием органического вещества, количество которого зависит от технологии и способа обработки почвы.

**Заключение.** Максимальная активность фермента пероксидазы установлена в вариантах с поверхностной обработкой почвы, при вспашке значения достоверно не различались. В посевах пшеницы на неудобренном фоне отмечались высокие значения как пероксидазы, так и полифенолоксидазы. Коэффициент гумификации при этом максимальный – 0,83. Пероксидазная активность, преимущественно повышалась в начале вегетационного периода растений, полифенолоксидаза увеличивалась к концу периода вегетации. Определение активности ферментов пероксидазы и полифенолоксидазы позволяет оценить условия накопления веществ, идущих на образование гумусовых молекул и направленность биохимических процессов. Изучение активности ферментов окислительно-восстановительной группы обосновано, так как позволяет выявить изменения на ранних этапах диагностики.

#### Использованные источники:

1. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 4 с.
2. Романович В.О., Фомина Н.В. Активность ферментов пероксидазы и полифенолоксидазы в оценке качества почвогрунта в тепличном комплексе г. Красноярск // Научно-практические аспекты развития АПК: материалы междунар. национальной научно-практической конференции. – Красноярск, 2020. – С. 85-88.
3. Корси С. Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие: учебное пособие для консультантов по распространению сельскохозяйственных знаний и фермеров в Восточной Европе и Центральной Азии // Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. – Анкара, 2017 – 158 с.
4. Методы контроля качества почвы: учебно-методическое пособие для вузов / под. ред. А. П. Воронина, – Воронеж, 2007. – 106 с.
5. Полонская Д.Е., Золотухин Г.Е., Боер И.В. Биоиндикация состояния почв сельскохозяйственных территорий Красноярского края. // Контроль и реабилитация окружающей среды: тез. докл. междунар. симпоз. – Томск: СО РАН, 1998. – С. 121-122
6. Фомина Н.В. Анализ активности ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы чернозема выщелоченного при обработке посевов гербицидами // Пища. Экология. Качество: материалы междунар. научно-практической конференции. – Новосибирск, 2020. – С. 693-696.
7. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. 204 с.
8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
9. Fomina N.V. Phytotesting and environmental assessment of soil in the greenhouse complex // IOP Conf. Ser.: Earth Environ., 2020. Sci. 548 022081

УДК 632.03

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-133-138

*Чешкова А.Ф.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

### **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОРАЖЕНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ БЕЛОЙ ПЯТНИСТОСТЬЮ (*RAMULARIA TULASNETI*) НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

В статье приведен анализ возможностей применения гиперспектральных технологий для оценки степени поражения земляники садовой белой пятнистостью. Выполнено сравнение пяти различных методов классификации изображений – метода спектрального угла, метода главных компонент и трех вегетационных индексов. Определено, что метод спектрального угла дает наилучшую точность классификации – 84 %.

**Ключевые слова:** гиперспектральные технологии, болезни растений, анализ изображений, спектральный анализ.

В условиях меняющегося климата болезни растений приводят к значительным экономическим потерям в секторе сельскохозяйственного производства во всем мире. Раннее обнаружение, количественная оценка и идентификация болезней растений имеют решающее значение для целенаправленного применения мер защиты в растениеводстве. Традиционные методы диагностики, такие как визуальная экспертиза и микробиологический лабораторный анализ, являются высокочувствительными по времени и человеческим ресурсам, что ограничивает возможность их применения в крупных сельскохозяйственных предприятиях.

В настоящее время быстрыми темпами развиваются новые неинвазивные методы диагностики болезней растений с использованием сенсорных технологий, робототехники, компьютерного зрения и машинного обучения [1]. Современные методы обладают высокой производительностью, позволяют получать данные в режиме реального времени и анализировать информацию о целом спектре физиологических параметров.

Значительное развитие получили методы диагностики болезней растений, основанные на анализе спектральных характеристик растений с использованием гиперспектральных сенсоров и платформ. Гиперспектральный анализ расширяет возможности традиционных методов анализа RGB-изображений, предоставляя информацию за пределами видимого диапазона спектра.

Спектральные профили здоровых и больных растений могут различаться. В результате воздействия биотических и абиотических стрессоров изменяется биохимический состав растительных тканей, отражающийся в изменении цвета и формы листьев, скорости транспирации, морфологии растительного покрова и, следовательно, в спектральных характеристиках растений [2]. Анализ спектра отражения растительной ткани позволяет проводить классификацию здоровых и больных растений, оценивать тяжесть заболевания, дифференцировать виды патогенов и выявлять симптомы биотических стрессов на ранних стадиях, в том числе и в инкубационный период, когда симптомы не видны человеческому глазу [3].

Общей целью нашего исследования является изучение потенциала гиперспектральной визуализации для обнаружения и идентификации грибных болезней земляники садовой.

На текущем этапе исследования решалась задача сравнения и выбора методов классификации гиперспектральных изображений, позволяющих дифференцировать здоровые и инфицированные ткани листа, и на основе этой классификации оценивать степень поражения земляники садовой белой пятнистостью.

### **Материалы и методы**

Исследования проводились на образцах гибрида земляники садовой ремонтантной, выращенных в тепличных условиях на биополигоне СибФТИ СФНЦА РАН. В июле 2021 г. были отобраны 10 растений, имеющих видимые симптомы поражения белой пятнистостью (*Ramularia tulasnei*) и 4 здоровых растения. Идентификация болезни и степени поражения осуществлялась посредством визуальной экспертизы. Видимыми симптомами белой пятнистости являются небольшие округлые темно-красные или коричневые пятна на верхней поверхности листьев. Позднее они разрастаются до 3–6 мм в диаметре. Центр пятен приобретает серую или белую окраску. Для спектрального анализа использовались листья растений, имеющие видимые симптомы болезни.

Съемка проводилась гиперспектральной камерой Photonfocus MV1-D2048x1088-HS05-96-G2-10, с сенсором IMEC CMV2K-LS150-VNIR (диапазон длин волн 475-900 нм, 150 каналов со спектральным разрешением 3 нм, пространственным разрешением 2048x1088 пикселей) методом линейного сканирования с использованием подвижной платформы, управляемой контроллером.

Для каждого изображения был сформирован гиперкуб данных. Предварительная обработка снимков включала в себя калибровку спектра с использованием «черных» и «белых» эталонов, а также создание и применение «масок» для удаления фона.

Для дифференциации здоровых (зеленых) и пораженных (красных и белых) областей листовых пластин применялись следующие методы классификации гиперспектральных изображений.

*Метод спектрального угла (SAM)* [4], основанный на оценке сходства спектра изучаемого объекта с эталонными спектрами. Для создания эталонных спектров на каждом листе земляники были выделены три «области интереса» (ROI), соответствующие здоровой ткани листа, пятнам красного цвета и пятнам белого цвета. Из каждой области на десяти листах случайным образом выбирались по 50 пикселей. Результирующие эталонные спектры были получены усреднением 500 индивидуальных спектров.

*Классификация по пороговому значению вегетационных индексов* [5]. Для каждого гиперспектрального изображения строилась пиксельная карта распределения значений вегетационных индексов. Принадлежность пикселя определенному классу определялась в зависимости от диапазона значений индексов. В данной статье приведены результаты классификации по трем индексам:  $RENDVI = (R_{750} - R_{705}) / (R_{750} + R_{705})$ ,  $GNDVI = (R_{750} - R_{550}) / (R_{750} + R_{550})$ ,  $MCARI = [(R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550})] \times R_{700} / R_{670}$ .

*Классификация методом главных компонент* [6]. Производилось линейное преобразование спектра в пространство главных компонент. Классификация осуществлялась по пороговому значению первой компоненты.

Для сравнения эффективности алгоритмов классификации были рассчитаны матрицы ошибок соответствующих методов. В качестве тестовых выборок использовались случайные пиксели из ROI, определенных вручную.

Все расчеты были проведены в программе ENVI 5.2 (ITT Visual Information Solutions).

Формирование гиперкуба данных и калибровка изображений проводились в специально разработанной программе.

### Результаты

Спектральные кривые здоровых и инфицированных областей листьев земляники представлены на рисунке 1. Наблюдаются определенные различия между спектрами зеленых, красных и белых областей. Так, белые области имеют более высокую отражательную способность в видимом диапазоне длин волн (400-700 нм) и относительно низкую в ближнем инфракрасном диапазоне (700-900 нм) по сравнению с другими областями. У здоровых областей наблюдается характерный пик на длине волны 550 нм, у красных областей – на длине волны 630 нм.

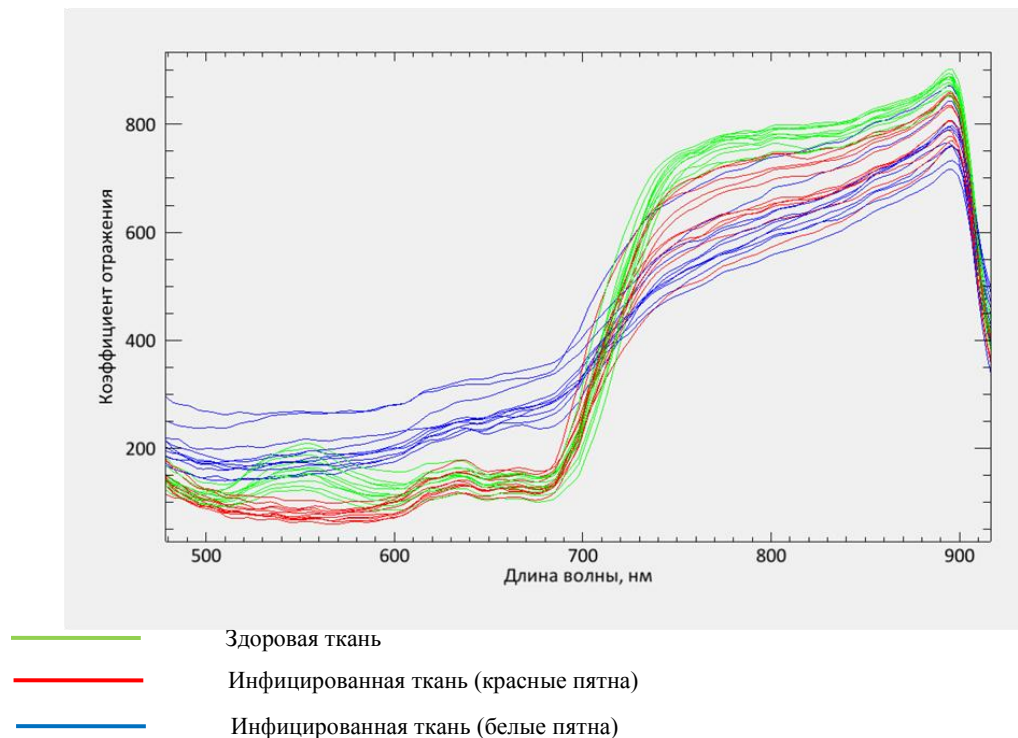


Рисунок 1. Спектральные кривые здоровых и инфицированных *Ramularia tulasnei* тканей листа земляники садовой

Различия спектральных характеристик послужили основой для использования метода спектрального угла (*SAM*), метода главных компонент (*PCA*), а также методов классификации по вегетационным индексам (*RENDVI*, *GNDVI*, *MCARI*). В таблице 1 приведены матрицы ошибок данных методов классификации и их общая точность, определяемая, как отношение числа правильно классифицированных объектов тестовой выборки к общему размеру выборки. Метод спектрального угла показал наибольшую точность классификации – 84 %. Наименьшая точность классификации была у индекса *MCARI* – 40 %.

Таблица 1  
Матрицы ошибок для классификации гиперспектральных изображений различными методами

Результат классификации	Реальные данные			Общая точность классификации
	Здоровая (зеленая)	Инфицированная (красные пятна)	Инфицированная (белые пятна)	
<i>SAM</i>				84%
Не классифицировано	0%	9,5%	27%	
Здоровая (зеленая)	100%	10,5%	0,5%	
Инфицированная (красные пятна)	0%	79%	0%	
Инфицированная (белые пятна)	0%	1%	72,5%	
<i>RENDVI</i>				77%
Здоровая (зеленая)	97,5%	46%	0%	
Инфицированная (красные пятна)	2,5%	46%	13%	
Инфицированная (белые пятна)	0%	8%	87%	
<i>GNDVI</i>				73%
Здоровая (зеленая)	100%	37%	44,5%	
Инфицированная (красные пятна)	0%	63%	0%	
Инфицированная (белые пятна)	0%	0%	55,5%	
<i>MCARI</i>				40%
Здоровая (зеленая)	99%	69,5%	18,5%	
Инфицированная (красные пятна)	0%	3,5%	63,5%	
Инфицированная (белые пятна)	1%	27%	18%	
<i>PCA</i>				56%
Здоровая (зеленая)	100%	46%	0%	
Инфицированная (красные пятна)	0%	30%	62%	
Инфицированная (белые пятна)	0%	24%	38%	



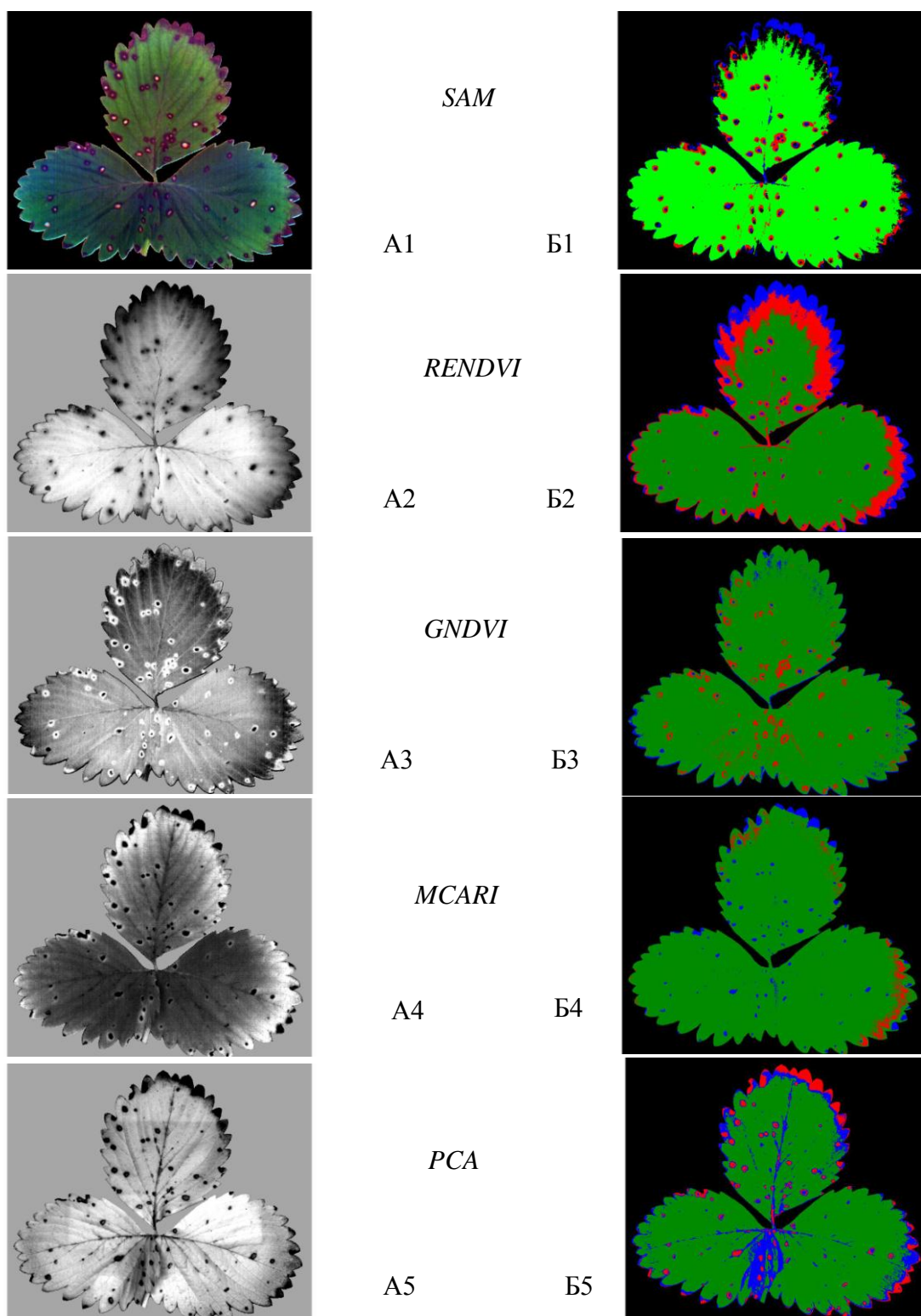


Рисунок 2. Результаты применения различных методов классификации: А1 – исходное изображение; Б1 – классификация методом *SAM*; А2 – визуализация индекса *RENDVI*; Б2 – классификация по индексу *RENDVI*; А3 – визуализация индекса *GNDVI*; Б3 – классификация по индексу *GNDVI*; А4 – визуализация индекса *MCARI*; Б4 – классификация по индексу *MCARI*; А5 – визуализация *PCA*; Б5 – классификация по *PCA*

На рисунке 2 представлена визуализация результатов применения различных методов классификации. Для определения степени поражения листа земляники белой пятнистостью на основе гиперспектральных изображений необходимо после выполнения классификации



определить процентное соотношение суммы количества пикселей в двух классах инфицированных областей к общему количеству пикселей изображения. Так, например, для листа на рисунке 2 классификация методом спектрального угла определила 53000 пикселей из 507000, как инфицированные, следовательно, степень поражения данного листа составила 10,5 %.

### Выводы

Анализ спектра отражения с использованием метода спектрального угла позволяет оценивать степень поражения листьев земляники садовой белой пятнистостью при наличии видимых симптомов с точностью 84 %. На следующем этапе исследования предполагается изучить возможности применения технологии гиперспектральной визуализации для раннего обнаружения грибных болезней земляники в инкубационной стадии.

### Использованные источники:

1. Демидчик В.В., Шашко А.Ю., Бондаренко В.Ю., Смоликова Г.Н., Пржевальская Д.А., Черныш М.А., Пожванов Г.А., Барковский А.В., Смолич И.И., Соколик А.И., Медведев С.С. Феномика растений: фундаментальные основы, программно-аппаратные платформы и методы машинного обучения // Физиология растений. – 2020. – № 67(3). – С. 227–245. DOI: 10.31857/S0015330320030069
2. Zhang N., Yang G., Pan Y., Yang X., Liping Chen L., Zhao C. A Review of Advanced Technologies and Development for Hyperspectral-Based Plant Disease Detection in the Past Three Decades // Remote Sensing. – 2020. – № 12(19):3188. Doi:10.3390/rs12193188
3. Mahlein A.-K., Kuska M.T., Behmann J., Polder G., Walter A. Hyperspectral Sensors and Imaging Technologies in Phytopathology: State of the Art // Annual Review of Phytopathology. – 2018; – № 56. – 535-558. Doi: 10.1146/annurev-phyto-080417-050100
4. Kruse F.A., Lefkoff A.B., Boardman J.W., Heidebrecht K.B., Shapiro A.T., Barloon P. J., Goetz, A.F.H. The spectral image processing system (SIPS) interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data // Remote Sensing of Environment. – 1993. – № 44. – С. 145-163. Doi: 10.1016/0034-4257(93)90013-N
5. Дубровская О.А., Гурова Т.А., Пестунов И.А., Котов К.Ю. Методы обнаружения болезней на посевах пшеницы по данным дистанционного зондирования (обзор) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 48(6). – С. 76–89. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-11
6. Bauriegel E., Giebel A., Geyer M., Schmidt U., Herppich W.B. Early detection of Fusarium infection in wheat using hyper-spectral imaging // Computers and Electronics in Agriculture. – 2011. – Vol. 75. – P. 304–312/ doi:10.1016/j.compag.2010.12.006

УДК 631.362:631.171

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-138-142

*Щеголихина Т.А.<sup>1</sup>, Манохина А.А.<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup>ФГБНУ «Росинформагротех», Московская область, пос. Правдинский,*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва*

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ КАРТОФЕЛЯ

В статье описан принцип работы оптической установки для автоматической сортировки клубней картофеля, приведено описание оптических сортировщиков зарубежных фирм.

**Ключевые слова:** картофель, сортировка, калибровка, фракции, транспортер, хранение.

Современный подход к системе производства и реализации картофеля основан на повышении рентабельности не только за счет увеличения объемов производства, но и совершенствования способов обработки и хранения клубней, позволяющих минимизировать их потери. Комплексным планом научных исследований подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы предусмотрена разработка эффективных технологий возделывания, подготовки, хранения и переработки картофеля. В задачи данного блока входит разработка технологий предварительной сортировки и хранения картофеля с применением новых средств сортировки, контроля и управления микроклиматом в храни-

лице. В результате ожидается усовершенствование технологии предварительной сортировки и хранения картофеля различного назначения (включая автоматизацию) [1]. При автоматизации сортировки наиболее сложными задачами являются обеспечение высокого качества разделения клубней картофеля по заданным признакам, возможность оперативной перестройки количественных параметров этих признаков, а также минимизация повреждения продуктов при воздействии на них исполнительных механизмов [2].

В связи с травмированием клубней в процессе сортировки и калибровки существует необходимость совершенствования конструкций и режимов работы картофелесортировальных установок. В настоящее время проводится много исследований по обеспечению оптимальной работы различных типов сортировочных пунктов, по повышению качества разделения на фракции, увеличению производительности и снижению затрат на доработку картофеля. Кроме создания новых калибрующих поверхностей, разрабатываются новые принципы работы таких агрегатов, а также оптимизируются их параметры и режимы работы [3].

Для сортировки картофеля разработаны оптические, радиоизотопные и температурные методы обнаружения загнивших клубней и клубней, пораженных фитофторозом, а также комков почвы и камней. Принцип работы оптической установки для автоматической сортировки клубней картофеля основан на спектральных характеристиках коэффициентов отражения здоровых и больных клубней, комков почвы и камней, имеющих большие различия на определенных длинах волн. Установка для автоматической сортировки клубней картофеля работает следующим образом: клубни картофеля из бункера-питателя поступают на роликотранспортер, который поштучно их выстраивает и, вращая, перемещает в зону оптического осмотра. Отраженный от клубня оптический поток инфракрасных излучений проходит через объектив и анализатор изображения на делитель излучения, после чего, разделенный на два канала, поступает через конденсаторы и фильтры к фотоприемникам. Анализатор изображения позволяет поочередно осматривать (сканировать) поверхность клубня. От фотоприемников сигналы, пропорциональные коэффициентам отражения оптического потока от поверхности клубня на двух длинах волн, поступают на электронный блок обработки, который определяет разность между этими сигналами посредством вычитания. В результате на выходе блока обработки появляется сигнал, который передается на исполнительный механизм только от поврежденного клубня или комков почвы и камней, который поворачивает заслонку и направляет гнилой клубень или инородные тела в емкость для отходов. При осмотре здорового клубня разность сигналов от обоих фотоэлементов положительная, исполнительный механизм не срабатывает, а клубень свободно падает в емкость для здоровых клубней [4, 5].

Сегодня существуют линии оптической сортировки, на которых используются автоматизированные сортировальные машины с использованием оптико-электронной системы, способные определить форму, ширину, длину и качество клубня, разделять клубни на фракции в зависимости от веса, отделять некондицию [3]. Оптико-электронные отделители разных конструкций, выпускаемые рядом зарубежных фирм («Samro», Швейцария; «Newtec», Дания; «Agriser», Швеция; «Odenberg», Нидерланды; «Wectorscan», Финляндия), распознают до 8-10 показателей качества клубней (болезни, повреждения, потемнения, размер, урожайность и др.). Перед поступлением в отделители клубни проходят мойку. Электронная сортировальная установка Miedema Smart Graders (Miedema, Нидерланды) обеспечивает мгновенный анализ полученных изображений и осуществляет сортировку, исходя из диаметра, объема, формы и качества (рисунок 1). Установка имеет четыре входящих конвейера и перераспределяет поток продукции на 3-12 выходов. Цветные и инфракрасные камеры детально сканируют вращающиеся на вибрирующих осевых роликах клубни со всех сторон. Энергосберегающие светодиоды дневного света обеспечивают стробоскопическое освещение, используемое для идентификации изменения цвета клубня, трещин и других дефектов. Средняя производительность по транспортировке у Smart Grader SG 400 (4-рядного) – 4-10 т/ч, а у Smart Grader SG 600 (6-рядного) – 5-15 т/ч в зависимости от среднего веса клубня. При этом точность размера клубня достигает 0,1 мм [6, 7].



Рисунок 1. Установка электронная сортировочная (Miedema Smart Graders)

Фирма «Herbert Engineering» (Великобритания) выпускает оптические машины для сортировки клубней Oculus. Круговой обзор инфракрасных камер позволяет идентифицировать механические повреждения каждого клубня (порезы, вырывы, трещины, вмятины и др.), наличие позеленевших или пораженных болезнями клубней (рисунок 2) [8].



Рисунок 2. Автоматическая опико-электронная установка Oculus

Оптический сортировщик Raytec Raynbow STD (Италия) отделяет дефектные клубни и инородные тела, использует статистические данные по отбракованным продуктам для анализа качества сортированного сырья. Продукт подается с помощью конвейерной ленты, имеющей функцию стабилизации. Возможно оснащение двумя системами отбраковки, которые отличают непригодные дефекты от дефектов, определяющих продукты как второй сорт (рисунок 3) [9].



Рисунок 3. Оптический сортировщик Raytec Raynbow STD

Сортировочные установки производства компании «ТОМРА» (Норвегия) осуществляют сортировку клубней картофеля по дефектам, биологическим характеристикам, форме, размеру, структуре, цвету, плотности, наличию сорных примесей, в т. ч. камней, пластмассы, дерева, стекла и т. п. Полевая картофелесортировочная машина FPS, использующая сенсоры, предназначена для очистки невымытого картофеля от комьев, камней и сорных примесей (рисунок 4). Оснащена многоспектральными датчиками, работающими в ближнем инфракрасном диапазоне (БИК), способными сканировать каждый клубень «в полете». Бережная обра-

ботка продукции гарантируется конструкцией сортировочной установки, аккуратно пропускающей первосортную продукцию, тогда как второй сорт, загрязненный комками почвы, камнями и сорными примесями, проходит высокоточную, осторожную сортировку с применением высокотехнологичных штифтов-эжекторов. Полевая картофелесортировочная машина FPS способна работать в условиях разных почв и растительного покрова [10].



Рисунок 4. Полевая картофелесортировочная машина FPS

Для снижения повреждений клубней картофеля при сортировке, замены ручного труда и более точного разделения продукции по фракционному составу в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана, спроектирована и изготовлена экспериментальная автоматизированная линия для послеуборочной доработки клубней картофеля. Сортировочное устройство оснащено системой технического зрения, которая по мере продвижения клубнеплодов по транспортерным лентам сканирует их и передает данные о здоровых, больных и поврежденных клубнях в блок управления сортирующего устройства. В блоке управления происходит обработка полученной информации, сравнение с заданными требованиями к размерной фракции и об отсеивании больных и поврежденных клубней. После сигнала рабочие органы перемещают картофель в соответствующий лоток (больные и поврежденные или по размеру) [11].



Рисунок 5. Общий вид экспериментальной автоматизированной линии для послеуборочной доработки клубней картофеля (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (1 – загрузочный транспортер; 2 – отделитель примесей; 3 – переборочный стол)

Несмотря на наличие обширных исследований вопроса интеллектуализации, автоматизации, роботизации и механизации машин для послеуборочной доработки картофеля, в данной области остаются нерешенные проблемы, которые в большинстве случаев связаны с качеством, точностью сортирования клубней картофеля по размерному признаку и внешним его повреждениям [11]. В конструкциях технических средств для послеуборочной доработки необходимо предусматривать: минимальную высоту падения клубней, постоянное поступление

клубней на протяжении всей линии для обеспечения высокой производительности, высокое качество разделения на фракции и максимально бережное воздействие оборудования на клубни картофеля.

**Использованные источники:**

1. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы // Постановление Правительства Российской Федерации от 05.05.2018 г. № 559, – М., – 61 с.
2. Андреев С.А., Шевкун Н.А. Оптико-электронная роботизированная система для сортировки сельскохозяйственной продукции // Международный технико-экономический журнал, 2019. – №1. – С. 33-40.
3. Буланова А.В., Новиков М.А. Совершенствование конструкции и режимов работы картофелесортировок // Вестник студенческого научного общества. – СПб., 2018. – № 2. – С. 20-23.
4. Бородин И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для прикладного бакалавриата. – М.: Юрайт, 2018. – 386 с.
5. Федоренко В.Ф., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Мишулов Н.П., Щеголихина Т.А., Манохина А.А., Воронов Н.В., Баранов В.В. Инновационные технологии и оборудование для сортировки и хранения картофеля : аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021 – 84 с.
6. Морозов В.В., Фёдоров Д.А., Крылова Ю.И. Эффективность применения отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники для послеуборочной доработки картофеля // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. IX межд. науч.-техн. конф. молодых ученых, Великие Луки, 16-17 апреля 2014 года, 2014. – С. 82-89.
7. Установка электронная сортировочная (Miedema Smart Graders) [Электронный ресурс] URL: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_c27eda01-3b64-43f8-ac14-5abd9dade02d](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_c27eda01-3b64-43f8-ac14-5abd9dade02d) (дата обращения 04.05.2021).
8. Herbert launches Oculus optical sorting for washed potatoes at Potato Europe [Электронный ресурс]. URL: <https://www.potatopro.com/ru/news/2012/herbert-launches-oculus-optical-sorting-washed-potatoes-potato-europe> (дата обращения 04.05.2021).
9. Оптический сортировщик фруктов и овощей Raytec Raynbow STD [Электронный ресурс]. URL: <https://interagro.info/product/opticheskaya-sortirovka/sortirovshchik-s-datchikom-raytec-std/> (дата обращения 04.05.2021).
10. Полевая картофелесортировочная машина FPS производства компании TOMRA [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tomra.com/ru-ru/sorting/food/sorting-equipment/fps> (дата обращения 04.05.2021).
11. Дорохов А.С., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. Разработка автоматизированной линии послеуборочной обработки картофеля для хозяйств населения // Агроинженерия. – М., 2020. – № 2 (96). – С. 16-22.

УДК 620.338.631

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-142-145

*Батищев В.Я.,  
СибИМЭ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

### **ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ**

В статье приведены формы представления технологических карт, технологических операций и одной из библиотек: материальные средства, основные средства, энергоносители, оплата труда. Для примера расчета затрат на производство сельскохозяйственной продукции приведена структура затрат на производства рапсового масла одним из ОПХ Новосибирской области.

**Ключевые слова:** растениеводство, технологические операции, технологические карты, электронные таблицы.

Для обоснования применения рапсового масла как энергоносителя появилась необходимость расчета полной себестоимости его производства. Была поставлена задача отразить в расчете полные понесенные затраты – на подготовительные и полевые работы, уход за посевами, уборку урожая, а также затраты на изготовления масла. Для проведения расчета были использованы данные [1] и практические таблицы одного из ОПХ Новосибирской области, которые были представлены в виде записей электронных таблиц в программе Microsoft Excel. Автором была разработана оригинальная структура входных и выходных данных

в среде Microsoft Excel, удобная для практического использования. Программа расчета написана на языке Visual Basic of Application (VBA).

Входные данные вносятся и сохраняются в соответствующих ячейках разработанных отчетных форм (ОФ). В результате работы программы заполняются ячейки ОФ, предназначенные для расчетных данных. Все ОФ составлены с учетом возможности вывода на принтер в формате А4 без дополнительного редактирования. Входные данные, необходимые для расчета, располагаются на шести листах одной книги.

Расчет начинается с разбора строки таблицы с заданием на расчет (страница ЗДР). Страница ЗДР (таблица 1) содержит строки расчета затрат в рублях при заданной урожайности рапса с поля в 100 Га, которое расположено от места переработки семян рапса на масло в 10 км. В таблице 1 выходные (расчетные) данные выделены жирным шрифтом. Расчет производится по технологической карте (ТК) с наименованием «Рапсовое масло» (таблица 2).

Таблица 1

Задание на расчет затрат на производство рапсового масла (руб.)

	Наименование ТК	Един затрат	Дата окончан. ТК	Кз (1.00)	Урож. т/га	Затрат на 1 кг	Структура затрат (%)				Всего затрат	Всего т	Всего Га	До поля км
							Мате- риалы	Основн средств	Энерго- носит.	Оплата труда				
ТКП	Рапсовое масло	Руб	25.09.2007	1,00	1,00	7,59	27,9	5,9	48,1	18,1	221321	29,16	100,0	10
ТКП	Рапсовое масло	Руб	25.09.2007	1,00	1,50	5,55	25,5	7,1	48,3	19,1	242668	43,73	100,0	10
ТКП	Рапсовое масло	Руб	25.09.2007	1,00	2,00	4,53	23,4	8,1	48,5	20,0	264016	58,31	100,0	10
ТКП	Рапсовое масло	Руб	25.09.2007	1,00	2,50	3,92	21,7	8,9	48,7	20,7	285363	72,89	100,0	10

По имени ТК, указанной в таблицы, программа переходит на страницу технологических карт (таблица 2), где находится начальная строка выбранной ТК. Таблица ТК состоит из заголовка и последовательности технологических операций (ТО). Запись ТО занимает две строки и более в таблице ТК. В первой строке ТО указывается наименование операции, стоимость работ в выбранных единицах затрат и время выполнения (ч).

В следующих строках ТО идут дифференцированные конкретные данные о четырех типах затрат: материальные средства, основные средства, энергоносители и оплата труда. Разбирая строку ТО, программа обращается к соответствующим таблицам, которые расположены на страницах с именами: библиотека материальных средств (БМС – таблица 3), библиотека основных средств (БОС), библиотека энергоносителей (БЭН), библиотека оплаты труда (БОТ). Для каждой обработанной строки ТО вычисляются затраты и время исполнения. В первой строке ТО указываются совокупные затраты (сумма строк, входящих в ТО, начиная со второй) и время выполнения с учетом суммарной производительности. Предлагаемая запись ТО позволяет производить вычисления для работ до сбора урожая, когда затраты приводятся на 1 Га, так и после сбора урожая, когда затраты приводятся на тонну полученной продукции (урожайность является входным параметром и задается в строке таблицы задания). В процессе переработки может происходить уменьшение веса продукции (потери, сушка, отжим) или увеличение (добавки сухие и жидкие в корма и т. д.). Значение коэффициента уменьшения/увеличения указано в ячейке после наименования ТО. Для всех четырех библиотек предусмотрены индивидуальные коэффициенты инфляции/дефляции, а также возможность учета затрат в рублях, долларах, МДж.

**Результаты расчета.** В зависимости от выбранной урожайности (строки таблицы 1) затраты на производства 1 кг рапсового масла по расчету составили 4-8 руб. за 1 кг. Рыночная цена масла на момент расчета (в 2007 г.) была от 10 руб. до 16 руб. Но в расчет не была включена полученная прибыль и общехозяйственные затраты. Низкий процент основных средств в структуре затрат (менее 10 %) указывает на использование старой техники, отчисление на амортизацию которой уже не производится.



Таблица 2

## Технологическая карта для расчета затрат на производство рапсового масла (руб.)

№			Урожайность т/га		Примечание: Яровой рапс по зерновым. Уровень интенсификации нормальный													
	Наименование ТКП		Миним	Максим														
ТКП	Рапсовое масло		1,00	3,00														
№	Материальные средства (БМС)			Основные средства (БОС)			Энергоносители (БЭН)			Оплата труда (БОТ)			Произв. га/ч т/ч т*км/ч	Ко ОП Стр	Стоим операц. Руб	Время опер ч		
	Дата	Наименование	Един	Норма Ед/га Ед/т	Наименование машины / помещен.	Прицепное Наим-ние Кол	Наименование	Ед	Расход Ед/га Ед/т	Специалист квалификация	Бригада Квалификация Кол							
5 окт	Вспашка после уборки зерновых глубина 21 см																	
				К-700	ПН-8-35	1	ГСМ	кг	15,8	Механизатор	6		1,93	1,00	33163,96	51,81		
15 янв	Снегозадержание. Нарезка снежных валов через 5 м при высоте снежного покрова 25 см																	
				ДТ-75	СВУ-2,6	1	ГСМ	кг	2,3	Механизатор	4		5,3	1,00	5239,53	18,87		
15 май	Ранневесеннее боронование отвальных фонов 3 следа, поперек или под углом к вспашке																	
				ДТ-75	БЗТС-1	21	ГСМ	кг	0,9	Механизатор	4		12,1	1,00	2230,54	8,26		
15 май	Прикатывание безотвальной зяби (давление до 2,5 кг/см)																	
				ДТ-75	ЗККШ-6	3	ГСМ	кг	1,0	Механизатор	3		11	1,00	2277,13	9,09		
15 май	Калибровка и очистка семян от пыли																	
	Семена рапса	кг	10	КЗС-40Б			Электроэнергия	квт-ч	6,00	Механизатор	3	Рабочий	3	2	14,2	1,00	6292,01	7,04
15 май	Протравливание семян рапшолом 0,25 кг/га для защиты от крестоцветных блошек																	
	Рапшолом ТЗ	кг	0,25	ПС-10			Электроэнергия	квт-ч	0,35			Рабочий	6	3	6,3	1,00	4956,51	15,87
15 май	Предпосевная культивация с внесением азотных (86 кг/га) удобрений																	
	Мочевина	т	0,086	ДТ-75	СЗС-2,1	3	ГСМ	кг	5,3	Механизатор	5	Рабочий	5	1	2,3	1,00	52430,35	43,48
15 май	Боронование. Давление до 3,0 кг/см захват																	
				ДТ-75	БЗТС-1	21	ГСМ	кг	0,9	Механизатор	4		12	1,00	2235,63	8,33		
15 май	Прикатывание. Давление до 3,5 кг/см захват																	
				ДТ-75	ЗККШ-6	3	ГСМ	кг	1,0	Механизатор	3		11	1,00	2277,13	9,09		
20 май	Посев рапса с рядковым внесением удобрений норма высева 10 кг/га, N10P36K36 (диаммофоска)																	
	Диаммофоска	т	0,01	ДТ-75	СЗП-3,6	3	ГСМ	кг	2,1	Механизатор	6	Рабочий	6	1	5,1	1,00	12049,50	19,61
25 май	Прикатывание после посева. Давление 2,5 кг/см захвата																	
				ДТ-75	ЗККШ-6	3	ГСМ	кг	1,0	Механизатор	3		11	1,00	2277,13	9,09		
15 июн	Защита от вредителей. Опрыскивание децисом 0,3 л/га																	
	Децис	л	0,3	МТЗ-80	ОПШ-15	3	ГСМ	кг	0,9	Механизатор	6		4,4	1,00	14529,15	22,73		
25 авг	Скашивание на свал при влажности семян 30-40%. Высота среза 25 см, поперек посева																	
				Нива	ЖВН-6	1	ГСМ	кг	7,8	Механизатор	6		2,2	1,00	18057,84	45,45		
5 сен	Обмолот валков с измельчением соломы при влажности семян 10-14%. Потери 2%																	
				Енисей			ГСМ	кг	7,8	Механизатор	6		1,4	2,00	20609,46	35,71		
5 сен	Отвозка зерна от комбайнов потери 2%																	
	Т			К701	ПТС-9	1	ГСМ	кг	0,2	Механизатор	4		50	2,00	7702,95	15,00		
15 сен	Сушка семян, подработка при влажности выше 12% температура агента сушки не выше 50С																	
				СЗШ-16М			Электроэнергия	квт-ч	11,00	Механизатор	3	Рабочий	3	2	7	1,00	14202,20	21,00
							ГСМ	кг	8,50				7	1,00	22491,00	21,00		
25 сен	Отжим масла																	
				ПШМ-250			Электроэнергия	квт-ч	33,00	Оператор			0,34	1,00	19646,31	208,25		
													0,60	1,00	19646,31	208,25		



## Библиотека материальных средств (БМС)

№ Дата ввода	Наименование коэффициента	Един	Значение коэффициента		
			Руб.	МДж	DUS
13.02.07	Региональный коэффициент	%	0	0	0
13.02.07	Год. инфляция / дефляция	%	0	0	0

№ Дата ввода	Наименование материальных средств	Един.	Стоимость единицы материала на дату ввода (с НДС)		
			Руб.	МДж.	DUS.
14.02.07	Семена сурепицы	кг	5	7	
29.04.07	Семена рапса	кг	5	7	
15.05.06	Навоз	т	100	1200	
29.04.07	Рапкол ТЗ	кг	100	200	
29.04.07	Мочевина	т	4400	36800	
29.04.07	Диаммофоска	т	5800	34500	
29.04.07	Децис	л	357	116	

**Выводы и предложения.** Данная работа была выполнена в 2007 г. Но, как говорится, новое – хорошо забытое старое. По своей сути она актуальна и сегодня. Предложенная методика расчета затрат в рублях, долларах или МДж имеет необходимую точность, простоту и наглядность. Предлагается в рамках СФНЦА РАН создать группу из собственных или привлеченных специалистов, которая доработает данную постановку задачи, формы представления ТК, ТО и библиотек, а также алгоритмы расчета затрат в среде Microsoft Excel или в другой современной среде, и возможно, доведет программу до универсального пакета, аналогичного 1С. Такой пакет мог бы пригодиться не только в растениеводстве, но и в животноводстве. Такая разработка найдет спрос в хозяйствах Новосибирской области и не только. Это был бы реальный конкретный вклад в цифровизацию сельского хозяйства РФ.

**Использованные источники:**

1. Технология возделывания рапса на зерно для технических целей в лесостепной зоне Западной Сибири: временные рекомендации, Сиб. отделение РАСХН, ГНУ СИБНИИ КОРМОВ. – Новосибирск, 2004. – 43 с.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ПРИБОРЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В БИОЛОГИИ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 620.1.08:631.1:004.9

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-146-150

*Алейников А.Ф.<sup>1,2</sup>, Шадрин С.М.<sup>2</sup>,*

<sup>1</sup>*СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск,*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВПО НГТУ, г. Новосибирск*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПЛАТНОГО КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ФРЕЙМВОРКА LIVGDХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛИСТА РАСТЕНИЯ БЕЗ ЕГО ОТРЫВА ОТ СТЕБЛЯ

Описан портативный прибор для измерения важного признака растения – площади листа растения. Принцип действия прибора основан на цифровой обработке полученных изображений методом технического зрения. Разработаны алгоритм и программа для автоматизированного определения площади листьев. Язык программирования Java (с некоторыми компонентами, написанными на С и С++). Прибор автономен и выполнен на базе смартфона и гаджета к нему. Приведены результаты его исследовательских испытаний.

**Ключевые слова:** лист, растение, площадь, алгоритм, смартфон.

**Введение.** Живой организм – лист растения является основным органом, в котором осуществляется совокупность процессов фотосинтеза и образования органических веществ. Эти вещества служат структурным и энергетическим материалом для всего растения. Лист растения наиболее приспособлен к условиям окружающей среды.

Площадь листа является одним из наиболее важных признаков растения [1]. Ее часто используют при анализе форм роста [2]. Площадь является ключевым признаком [3], связанным с различиями в жизненных стратегиях растений. Она положительно коррелирует со скоростью фотосинтеза, концентрацией азота в листьях. По площади определяется относительная скорость роста и продолжительностью жизни листьев [1]. Важные экофизиологические характеристики растений, такие как темновое дыхание, фосфорная способность листьев, химический состав и эвапотранспирация, часто выражаются площадью листа [4].

**Проблемная ситуация.** Среди исследователей распространен метод измерения площади листа с помощью сканера, компьютера и цифровой обработки изображений. Но он использует сложное и порой дорогостоящее программное обеспечение [5]. Кроме того, метод инвазивен и используется только в стационарных лабораториях, где есть возможность подключения технических средств к стационарной электрической сети.

Несмотря на наличие высокоточных средств измерений на базе приложений к смартфонам, на удивление мало приложений было разработано в качестве инструментов для защиты окружающей среды и функциональной экологии растений [6].

**Материалы и методы.** Целью данного исследования является создание портативного прибора для измерения площади листа растения, без его отрыва от стебля, на базе бесплатных программных приложений к смартфону и специального гаджета к нему.

Для определения различных признаков растений распространены методы компьютерного зрения путем подсчета пикселей изображения в пространстве цветовых каналов красного, зеленого и синего цвета (R, G, B) [7].

Для реализации метода компьютерного зрения, построения графического интерфейса при измерении площади листьев растений предлагается использование и объединение разных модулей программного проекта LibGDX [8]. Этот проект имеет широкие функциональные возможности. В настоящее время он поддерживает Windows, Linux, Mac OS X, Android, iOS и HTML5 как целевые платформы. Платформа позволяет создавать и обрабатывать приложение на стационарном компьютере и эффективно использовать все инструменты Java, такие как программные приложения визуализации компьютерной графики, средства линейной алгебры и тригонометрии и др.

Для фиксации и распрямления листа растения изготовлен специальный держатель, в виде гаджета к смартфону (Золотарёв В.А., Фурзиков В.М.). Он состоит из двух плоских шарнирно связанных пластин размером, внутри которых размещается лист растений, без его отрыва от стебля (рисунок 1). Первая пластина выполнена из прозрачного антибликового материала, вторая – из пластической массы с белой поверхностью, служащей фоном для исследуемого листа растения. На второй пластине закреплен съемный поворотный шарнир, состоящий из фиксированного адаптера угла наклона, оканчивающего съемной штангой для установки и фиксирования подложки около растения, путем вдавливания ее в почву. Штанга выполнена из алюминиевого сплава и состоит из двух половин длиной 120 мм и диаметром 3 мм. Штанга легко собирается с помощью резьбового сочленения.



Рисунок 1. Внешний вид держателя для фиксации листа растения

Исследуемый лист растения помещался между пластинами держателя, которые расправляли лист и делали его плоским. При этом пластины фиксировались с помощью упругой защелки. С помощью поворотного шарнира устанавливался необходимый для съемки листа угол наклона. Угол наклона измерялся смартфоном с помощью установленного на него бесплатного приложения NixGame. Значение угла наклона запоминалось. При получении изображения листа растения смартфон устанавливался на штатив – Трипод 3120 с держателем под смартфон. Угол наклона смартфона устанавливался равным углу пластин держателя листа. В качестве объекта исследований использовались листья растений с изрезанным краем.

В качестве языка для разработки логической части прибора был использован язык программирования Java с некоторыми компонентами, написанными на C и C++ для повышения производительности определенного кода, применяемый в приложении программного проекта LibGDX. Операционная система – Android Studio 3.4.1.

Измерение площади листьев растений осуществлялось по следующему алгоритму (рисунок 2).

Цель предварительной обработки изображения состоит в гарантии следующего условия: извлечение информативных параметров не влияют на фон, размер и форму листа, интенсивность источника света и характеристики камеры. Предварительная обработка изображений также используется для выделения определенных функций и выявления деталей на изображении. При этом используются различные методы, такие как фильтрация изображений, изменение размера, сегментация, морфологические и другие операции [6]. Кроме того захваченные изображения могут содержать некоторый «шум». Удаление шума выполняется до анализа изображения с использованием фильтров верхних и нижних частот, медианных и линейных, и др. Изображение также может быть улучшено, чтобы различать объект и фон. После захвата изображение преобразуется в пространственное представление другого цвета, если это требуется для дальнейшего анализа. В некоторых случаях для выявления болезней на листьях растений необходимо маскирование и удаление пикселей.

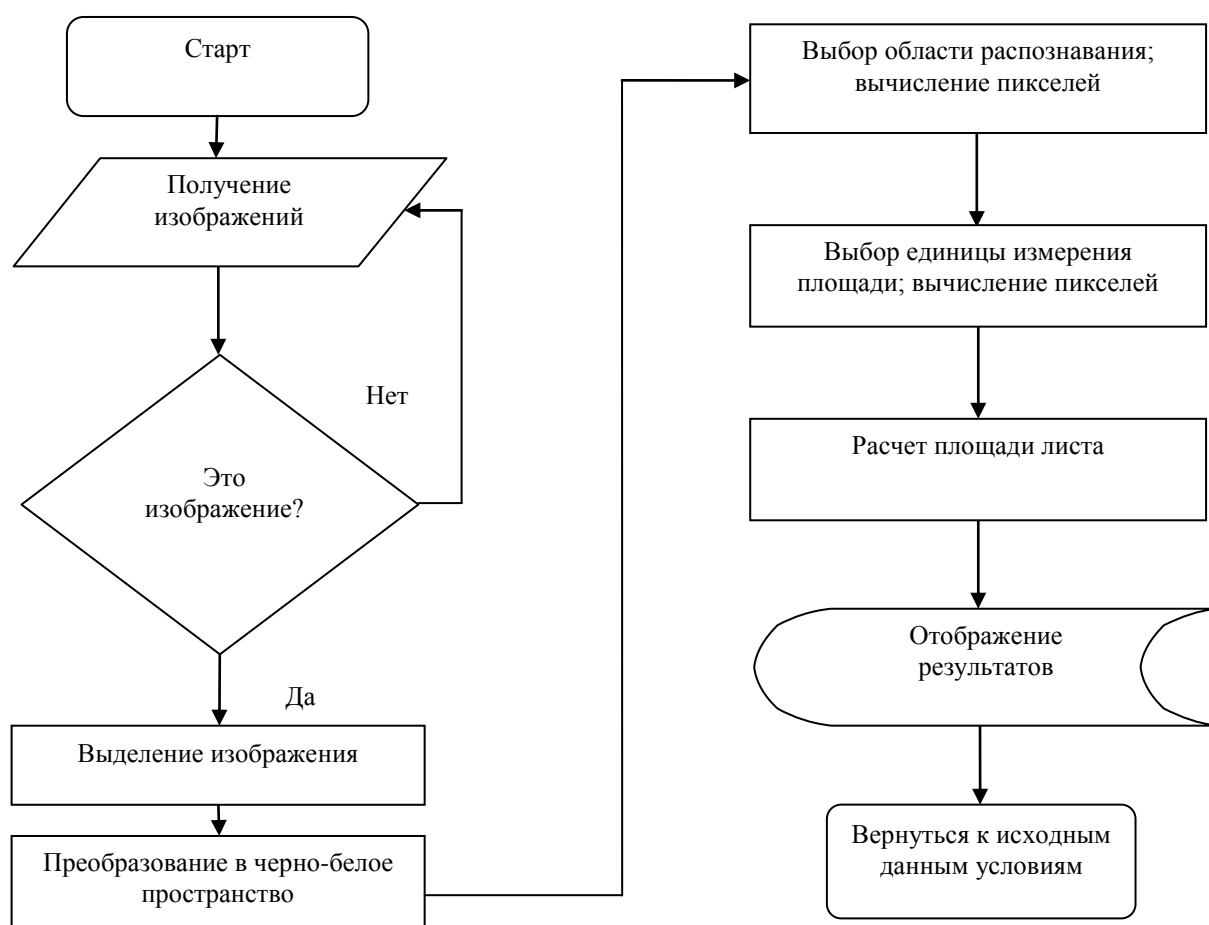


Рисунок 2. Алгоритм измерения площади листьев растения

Маскирование – это установка значения пикселя в изображении на какое-либо другое фоновое значение или на ноль. На этом этапе необходимо идентифицировать сильно окрашенные пиксели. Маскирование выполняется на основе заданного порогового значения. Красному, зеленому и синему компоненту пикселя присваивается нулевое значение, если зеленый компонент интенсивности пикселей меньше предварительно рассчитанного порогового значения. Сегментация изображения – это разделение изображения на объект и область или фон.

На рисунке 3 приведены скриншоты, показывающие последовательность операций измерения площади листа растения. Для получения изображения выбирается цифровая камера смартфона с требуемым разрешением, которая используется для захвата изображений листа растения (рисунок 3 б). Выбор камеры осуществляется нажатием виртуальной кнопки «От-

крыть камеру». С помощью виртуальной соответствующей кнопки получают фотографию листа растения. При нажатии на кнопку «Далее» программа переходит на этап выделения поверхности листа. На данном этапе цветное изображение преобразуется в пространственное представление другого цвета – черно-белого. Преобразованное изображение сегментируют путем анализа распределения интенсивности черно-белого цвета на гистограмме (рисунок 3 в). Это позволяет более четко выделить изображения листа на фоне. Гистограмма представляет собой график с яркостью, размещенной на оси абсцисс  $x$  с максимальным размером в 256 пикселей (рисунок 3 в, г).

После этого с помощью ползунка под графиком мы выделяем пиксели нужной нам яркости от 0 до 256, где 0 – это черный цвет, а 256 – это абсолютно белый.

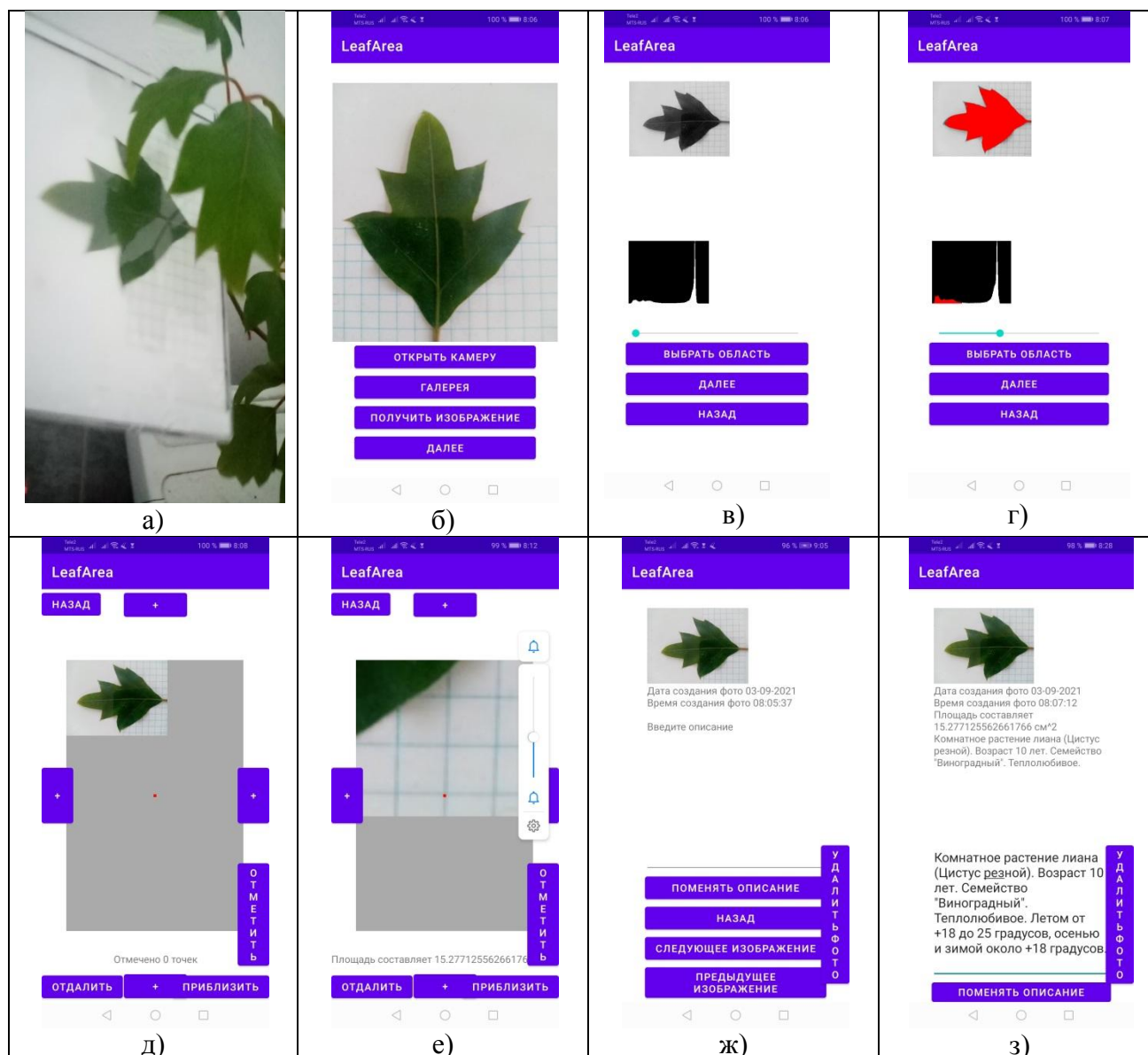


Рисунок 3. Последовательность скриншотов, поясняющая работу алгоритма: а) установка листа на подложку; б) получение изображения; в, г) выделение листа на равномерном фоне; д, е) определения единицы измерений; ж, з) введение текстового описания и отображение результата измерений

На этом этапе выделяем пиксели площади листа растения, без фона с помощью виртуального ползунка «Выбрать область» (рисунок 3 г). При необходимости для повторного получения более качественного изображения предусмотрено возвращение в исходное состояние (вир-

туальная кнопка «Назад»). Переход на следующий этап установки минимальной единицы измерения площади осуществляется также с помощью виртуальной кнопки «Далее».

На фоновой пластине держателя листа растения в свободном месте заранее были помещены линии с единичной площадью (рисунок 3 д). Используя четыре виртуальные кнопки в виде плюса, перемещаем изображение в область расположения линий меры длины с выбранной единичной площадью. Далее масштабируем изображение линии меры, для более точного измерения длины приближая или отдаляя его виртуальными кнопками «Приблизить» или «Отдалить» (рисунок 3 е). Нажатием кнопки «Отметить» отмечаем начальную точку на изображении линии меры. Пользователю нужно отметить две такие точки, чтобы расстояние между ними было равно, например, 1 см. После того, как пользователь отметит вторую точку, приложение незамедлительно рассчитывает расстояние между отмеченными маркером точками и возведет его в квадрат. Так определяется значение минимальной площади в пикселях. Затем происходит деление количества пикселей выделенной ранее площади листа на значение пикселей в единице измерения площади. Таким образом определяется результат измерения площади в см<sup>2</sup>. В рассматриваемом случае эта площадь равна ~ 15,3 см<sup>2</sup> (рисунок 3 е). При необходимости вносится текстовое и символьное описание (рисунок 3 ж, з). Предусмотрено многократное изменение и корректировка описания.

**Выводы.** Разработан экспериментальный образец автономного портативного прибора для измерения площади листьев без их отрыва от стеблей растения. В основе его реализации использованы различные модули свободного программного проекта LibGDX, написанного на языке программирования Java с некоторыми компонентами, написанными на языках C и C++. Это позволило уменьшить цену прибора и сделать его доступным для потребителя. Проведенные исследовательские испытания подтвердили его надежность, повторяемость результатов измерения и высокую чувствительность к измеряемой величине. Благодаря простым функциям управления процедурой измерения прибор определения площади может свободно использоваться при мониторинге физиологических признаков растения, процесса фотосинтеза, в экологических исследованиях и в учебном процессе. Он может найти применение и в других областях научных исследований, где требуется автономно определять площадь плоских объектов с высокой точностью.

Предложенный измеритель площади листьев специально разработан для определения площади в сложных полевых условиях, где нет стационарного электрического питания. Он включает простые и понятные для потребителя функции для измерения площади. Благодаря конструкции держатель листа растения обладает высокой устойчивостью к нежелательным загрязнениям и теням при проведении процедуры измерения.

В дальнейшем предполагается провести необходимые работы по разработке методики метрологической поверки и самой поверки измерителя как средства измерений физических величин.

#### Использованные источники:

1. Pérez-Harguindeguy N. et al. New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide // Australian Journal of Botany. 2013. – Vol. 61. – P. 167-123.
2. Evans J. R., Poorter H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: The relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain // Plant Cell and Environment. 2001. – Vol. 24. – pp. 755-767.
3. Wright I. J. et al. The worldwide leaf economics spectrum // Nature. 2004. – Vol. 428. – pp. 821-827.
4. Garnier E. et al. Towards a thesaurus of plant characteristics: An ecological contribution // Journal of Ecology. 2017. – Vol. 105. – pp. 298-309.
5. Lane N. D., Miluzzo E., Lu H., Peebles D., Choudhury T., Campbell A. T., College D. A survey of mobile phone sensing // IEEE Communications Magazine. 2010. – Vol. 48. – pp. 140-150.
6. Teacher A. G. F., Griffiths D. J., Hodgson D. J., Inger R. Smartphones in ecology and evolution: A guide for the app-rehensive // Ecology and Evolution. 2013. – Vol. 3. – pp. 5268-5278.
7. Gong A., Wu X., Qiu Z., He Y. A handheld device for leaf area measurement // Computers and Electronics in Agriculture. 2013. – Vol. 98. – pp. 74-80.
8. Aleynikov A.F., Toropov V.I. Automated diseases detection of plant diseases in space greenhouses // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. – Vol. 1155: 012070. DOI: 10.1088/1757-899X/1155/1/012070



УДК 620.1.08:632.03:004.9

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-151-155

*Алейников А.Ф.<sup>1,2</sup>, Торопов В.И.<sup>2</sup>,**<sup>1</sup>СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск,**<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО НГТУ, г. Новосибирск*

## **ПРИБОР-СМАРТФОН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОРАЖЕНИЯ ЛИСТА РАСТЕНИЯ БИОТИЧЕСКИМИ И АБИОТИЧЕСКИМИ СТРЕССАМИ**

Описан портативный прибор для оценки физиологического состояния растения по наличию цветковых включений на его листьях. Он определяет степень поражения листа растений биологическими и физическими факторами. Принцип действия прибора основан на цифровом методе анализа RGB-пространства. Разработаны алгоритм и программа для автоматизированного определения площади листьев. Прибор автономен и выполнен на базе приложения к смартфону.

**Ключевые слова:** растение, лист, болезнь, степень поражения, смартфон.

**Введение.** Общеизвестно, что население мира растет очень быстрыми темпами, и с увеличением численности населения резко возрастает потребность в продовольствии. Растения при вегетации находятся под постоянным воздействием разнообразных биотических агентов, таких как вредители и патогены (насекомые, вирусы, грибы, бактерии и т. п.). Существует множество болезней и вредителей сельскохозяйственных растений, которые необходимо учитывать. Более трети потери урожая ежегодно вызывается болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений, что делает их наиболее важными факторами, влияющими в настоящее время на сельскохозяйственное производство и продовольственную безопасность [1]. Традиционные подходы, основанные на наблюдениях, не могут осуществлять своевременную раннюю диагностику болезней, могут легко привести к их стремительному распространению на большие площади возделываемых культурных растений. Нехватка профессиональных агрономов со знанием основ теории и практики защиты растений часто затрудняет выявление болезней и вредителей и срочное принятия адекватных мер по исправлению сложившейся ситуации. Кроме того, на растения влияют абиотические факторы, такие как солнечная инсоляция, мороз, водный дефицит, засоление почвы, химическое отравление минеральными удобрениями и др. [1]. Следует учесть, что болезни растений, вызываемые патогенами, приводят к нарушению физиологического состояния растения, прерывая и изменяя его важные жизненные функции. Эти стрессы снижают продуктивность и приводят к значительным потерям урожая [2].

**Проблемная ситуация.** Самая распространенная в мире группа патогенов растений – это грибы (более 20000 видов), на которые приходится 70-80 % болезней растений [3]. Грибы могут проникать в ткань растения или расти на поверхности. Часто они находятся в спящем состоянии как на живых, так и на мертвых растительных тканях и ждут благоприятных для их размножений условий. Споры грибов легко распространяются по территории соседних полей ветром, водой, почвой и мелкими живыми организмами, интенсивно заражая их. Спектр грибных болезней велик [3]: ржавчина, антракноз, парша, галлы, головня, корневые гнили, пятнистости, язвы, плесень и др. Следует заметить, что некоторые виды грибов играют полезную роль в росте растений, за счет образования микоризных ассоциаций с корнями растения-хозяина.

Для предотвращения распространения вредителей и болезней на плантациях применяют меры по профилактике и сдерживанию болезней сельскохозяйственных культур, включая обработку пестицидами, использование генно-модифицированных растений и своевременное удаление больных растений [4]. Однако использование пестицидов потенциально может нанести вред человеку и окружающей среде. Разработка генетически модифицированных организмов позволяет получать трансгенные культуры с кодированной в их ДНК патогенной ре-



зистентностью. Однако риск применения такого подхода до конца не изучен [5]. Наконец, удаление зараженных растений для сдерживания распространения заболевания – дорогостоящая процедура. Она неспособна обнаружить вспышку болезни, что делает эту меру сдерживания непрактичной [6].

Чтобы преодолеть эти проблемы, ряд исследователей обратились к использованию методов машинного обучения и технологий компьютерного зрения для выявления сельскохозяйственных болезней и вредителей. В последние годы были предприняты усилия по интеграции существующих знаний о патологии растений и связанных с ней вопросов исследования технологий распознавания изображений. Как правило, это, в первую очередь, включает анализ и обработку данных изображений, относящихся к болезням и вредителям растений. После этого создается модель машинного обучения для получения различных уровней, относящихся к различным функциям изображения. Наконец, классификатор используется для быстрого и точного распознавания различных типов болезней и вредителей. Все исследования, в которых используется этот подход, имеют конечной целью предоставление технических рекомендаций по профилактике и борьбе с болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений [1].

**Материалы и методы.** Земляника садовая из-за безусловных преимуществ по сравнению с другими ягодными культурами достаточно широко распространена в мире. В общемировом производстве ягод ее доля составляет свыше 70 % [7]. Это обусловлено ее высокими вкусовыми, диетическими и лечебными качествами, а также способностью к быстрому вегетативному размножению, скороплодностью, высокой рентабельностью и урожайностью. Крупнейшими производителями являются США (825 тыс. т/год), Испания (305 тыс. т/год) и др. Лидером по производству ягод на душу населения является Испания (7,3 кг/чел). Россия занимает 21 место (1,5 кг/чел, что не обеспечивает потребности населения и перерабатывающих предприятий). Однако более 30 грибковых, вирусных и бактериальных заболеваний поражают садовую землянику. Большинство болезней земляники (около 80 %) вызывают грибы (рисунок 1).

Растения подвергаются морфологическим, физиологическим и биохимическим изменениям, когда они сталкиваются с абиотическим стрессом.










Поражения	Белая пятнистость	Бурая пятнистость	Угловатая пятнистость
7-10 %			
18-25 %			
35-45 %			

Рисунок 1. Симптомы поражения грибными болезнями листьев земляники садовой

На этих изменениях основан анализ питания растений по изображению листа. Он фокусируется на взаимосвязи между содержанием питания растений и изменениями фенотипирования, такими как цвет листьев, текстура листьев, высота, коэффициент отражения света и т. д. Необходимые питательные вещества непосредственно участвуют в формировании и метаболизме растений. Когда дефицит конкретного питательного вещества достигает определенного уровня, у листьев растений появляются цветовые симптомы (рисунок 2).

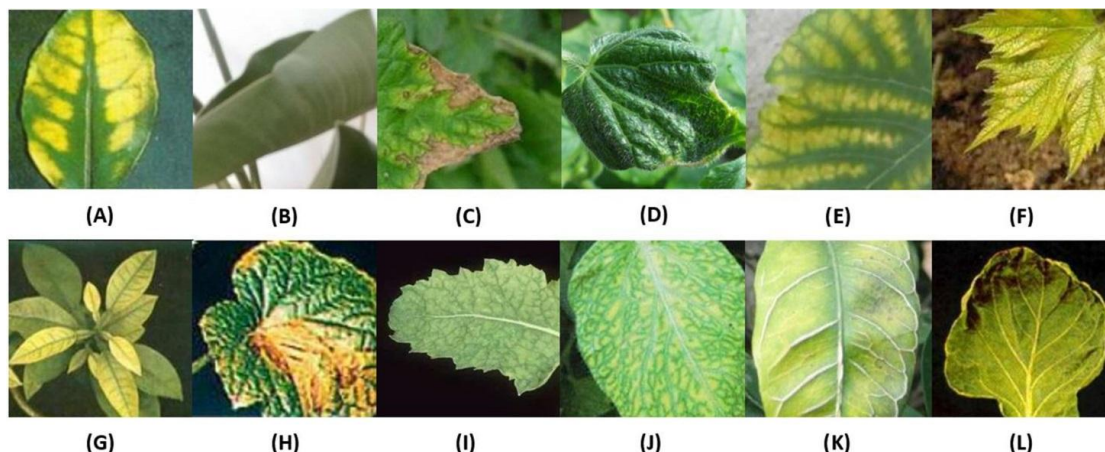


Рисунок 2. Изображения листьев растений, пораженных недостатком питания: А) Дефицит азота. (В) Дефицит воды. (С) Дефицит калия. (D) Дефицит кальция. (Е) Дефицит магния. F) Дефицит цинка. (G) Дефицит железа. (H) Дефицит фосфора. (I) Дефицит серы. J) Дефицит марганца. (K) Дефицит бора. (L) Дефицит молибдена

Целью данного исследования является создание прибора для определения степени поражения листа растений стрессорами в виде приложения к смартфону.

При создании прибора для определения степени поражения листа растений биотическими и абиотическими стрессорами использовались модули программного проекта LibGDX [9]. Алгоритм определения отношения площади, пораженной грибами части листа, к общей площади листовой пластины приведен на рисунке 3.

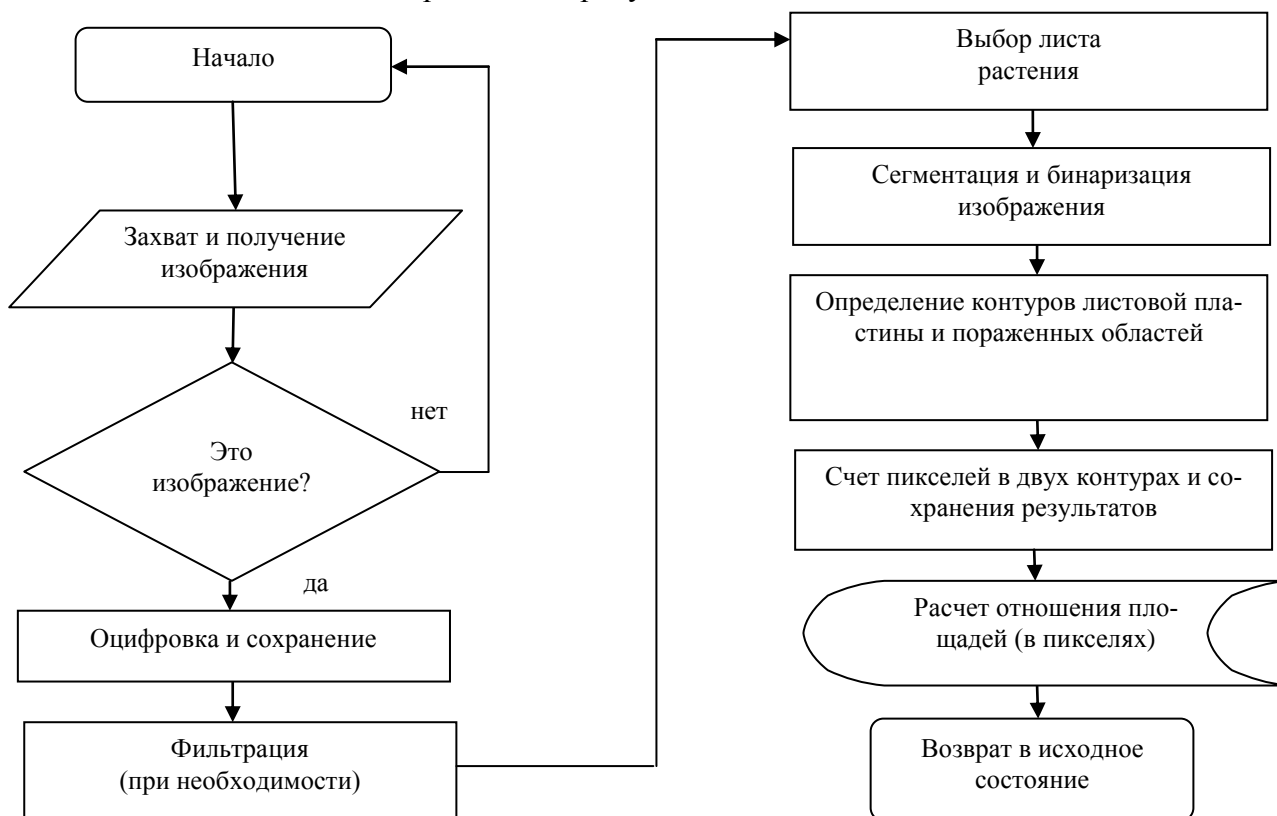


Рисунок 3. Алгоритм обработки изображений по определению степени поражения

Во время сбора изображений в качестве фона под листом растения помещается пластиковый лист белого цвета или специальная подложка. Цифровая обработка изображений чувствительна к условиям освещения исследуемого объекта. В солнечный день необходимо использовать специальный зонтик, т. к. непрозрачный лист отражает свет при ярком солнечном свете.

Фильтрация изображения необходима для улучшения его качества. Для этого необходимо проанализировать многообразие выпускаемых приложений для смартфонов при фотографировании и выбрать рациональный вариант. Определение расстояния до объекта исследований будет осуществляться с помощью современных приложений, позволяющих измерять высоту до смартфона и угол его наклона. Например, приложение дальномер Smart Ruler позволяет измерять расстояние от 0,01 до 0,5 м [9]. Выбор листовой пластины осуществляется вручную оператором путем очерчивания маркером ее контура. Сегментация используется для выделения контуров и обнаружения границ. Ручная сегментация изображений по-прежнему является преобладающей.

Самый простой способ сегментировать изображение по пороговому значению уровня серого или по глобальному пороговому значению [6]. Бинаризация изображений применяется для распознавания образов путем перевода полноцветного изображения в монохромное.

Последовательность операций при определении степени поражения грибной болезнью земляники садовой приведена на рисунке 4.

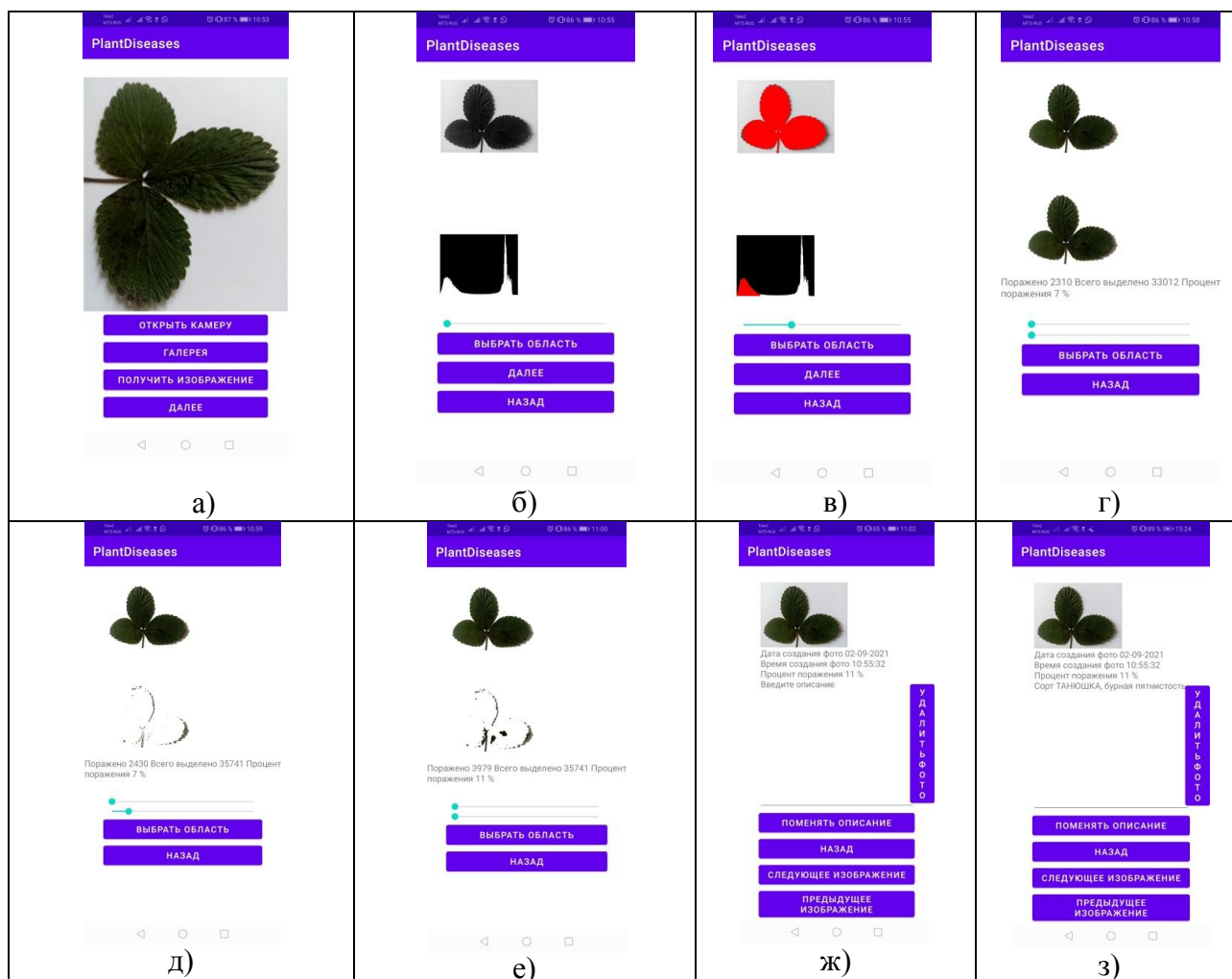


Рисунок 4. Последовательность фрагментов скриншота, поясняющая работу алгоритма: а) получение изображения; б, в) выделение листа на равномерном фоне; г) предварительное определение степени поражения; д) корректировка по соотношению пикселей красного с зеленым; е) корректировка по соотношению пикселей синего с зеленым; ж) окончательное определение степени поражения; з) введение текстового описания и отображение результата определения

**Выводы.** На основе одного из методов компьютерного зрения, который считает пиксели изображения локальных областей в пространстве каналов красного, зеленого и синего цветов (R, G, B), разработан алгоритм и программа для автоматического определения степени поражения листьев растений грибными болезнями. Программа может быть использована для определения дефицита питательных веществ. Алгоритм и программное обеспечение представлены в виде базового блока, который может быть дополнен и улучшен в ходе экспериментальных работ и решения связанных задач для определения других важных свойств растений. Результаты исследования реализованы в виде программного приложения, которое может быть автономно установлено на смартфон исследователя.

**Использованные источники:**

1. Yuan Y. et al. Advanced agricultural disease image recognition technologies: A review // Information Processing in Agriculture. Available online 30 January 2021 In Press, Corrected Proof <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.01.003>
2. Suzuki N., Rivero R. M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R. Abiotic and biotic stress combinations // New Phytol. 2014. Vol. 203(1). pp. 32-43.
3. Ray M., Ray A., Dash S., Mishra A., Achary K. G., Nayak S., Singh S. Fungal disease detection in plants: Traditional assays, novel diagnostic techniques and biosensors // Biosensors and Bioelectronics. 2017. Vol. 87. pp. 708-723.
4. Kogan M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments // Annu Rev. Entomol. 1998. Vol. 43. pp. 243-270.
5. Klümper W., Qaim M. 2014 A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops // PLoS One. Vol. 9(11): 111269
6. Farber C., Mahnke M., Sanchez L., Kourouski D. Advanced spectroscopic techniques for plant disease diagnostics // A Review. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2019. Vol. 118. pp. 43-49.
7. Alejnikov A. F., Cheshkova A. F., Mineev V. V. Choice of impedance parameter of strawberry tissue for detection of fungal diseases // IOP Conference Serie: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548(3): 032005. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032005
8. Dhawale C.A., Misra S., Thakur S., Jambhekar N.D. Analysis of nutritional deficiency in citrus species tree leaf using image processing // Conference: 2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) pp. 2248–2252.
9. Aleynikov A.F., Toropov. V.I. Automated diseases detection of plant diseases in space greenhouses // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. (MIP-3 2021). 2021. Vol. 1155: 12070. DOI 10.1088/1757-899X/1155/1/012070

УДК 637.56.07

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-155-158

*Бастанов Р.И., Дерхо А.О.,  
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, Челябинская обл., г. Троицк*

## **О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ПРИ ОЦЕНКЕ УПИТАННОСТИ РЫБЫ**

Дана оценка взаимосвязи упитанности плотвы с уровнем металлов в мясе при помощи метода главных компонент. Установлено, что у рыб 2+ она сопряжена с концентрацией марганца, железа, меди и цинка, а в возрасте 3+ и 4+ – никеля свинца и кадмия. Поэтому упитанность рыб по Т. Фультону с возрастом снижается с 2.23 до 1.94.

**Ключевые слова:** мясо рыбы, упитанность, металлы, возраст, метод главных компонент.

Одним из наиболее часто используемых методов многомерного статистического анализа является анализ главных компонент. Он позволяет сократить количество коррелирующих переменных в статистической матрице и минимизировать потери от получаемой информации [4].

В последние годы метод главных компонент используется не только в биоинформатике, психологии, социологии и т. д., но и в сельском хозяйстве при различных мониторинговых исследованиях. При этом процедура выполнения анализа главных компонент предусматри-

вает стандартизацию данных, определение и сортировку собственных векторов и значений в корреляционной матрице в порядке убывания, формирование из наиболее значимых собственных векторов проекционной матрицы с последующей ее трансформацией в размерное субпространство [4, 8]. Это позволяет преобразовать первичные статистические данные, полученные при выполнении экспериментальной части работы, в совокупность компонентов с определенной размерностью. При этом наиболее значимые компоненты (главные компоненты) представляют собой ортогональные линейные комбинации с максимальной общей дисперсией.

В связи с этим целью нашей работы явилась оценка взаимосвязи упитанности плотвы из Аргазинского водохранилища Челябинской области с уровнем металлов и металлоидов в мышечной ткани при помощи метода главных компонент.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлась плотва контрольных уловов, произведенных в условиях биотопов Аргазинского водохранилища Челябинской области в период 2017-2020 гг. [1, 2]. Рыбу уловов после упаковки в полиэтиленовые пакеты в термоконтейнерах (0 – -4 °С) доставляли в лабораторию Южно-Уральского ГАУ. На начальном этапе ее сортировали по возрасту на основе анализа годовых колец на чешуе [9]. Для проведения исследований было отобрано 250 образцов.

Мясистость рыбы определяли по коэффициенту упитанности, используя формулу Т. Фультона [6]:

$$K_y(\phi) = \frac{W \cdot 100}{L^3}$$

где: W – масса рыбы (г), L – длина тела (см).

В мясе рыбы определяли количество тяжелых металлов и металлоидов (марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, свинец, кадмий) атомно-абсорбционным методом в соответствии с ГОСТ 30178-96 [3] и методическими указаниями [7]. Результат измерений выражали в мг/кг сырой ткани.

Для выявления общих закономерностей, отражающих взаимосвязь упитанности плотвы с содержанием тяжелых металлов, использовали метод главных компонент [12]. В качестве меры сходства использовали коэффициенты корреляции Спирмена, число главных компонент определяли по осыпи Кэттелла [13]. Связи считали статистически значимыми при  $P \leq 0,05$ . Расчеты выполнены в пакете PAST [14].

**Результаты исследований.** Результаты расчета упитанности плотвы по соотношению массы рыбы и длины тела показали, что ее величина по мере удлинения срока обитания рыбы в условиях исследуемой водной экосистемы уменьшалась. Наибольшей мясистой отличались неполовозрелые особи (2+). С возрастом темпы роста рыб снижались (таблица 1). При этом изменялась пропорциональность между скоростью увеличения длины тела и приростом массы тела, что свидетельствовало о появлении у исследуемого вида рыб тугорослости.

Основываясь на том, что величина упитанности отражает совокупное воздействие абиотических и биотических факторов на организм рыб [5], можно констатировать, что условия среды обитания не соответствовали физиологическим потребностям их организма.

Таблица 1

Упитанность плотвы по Фультону

Возраст	Длина, см	Масса, г	Упитанность
2+	11,16±0,51	31,00±0,92	2,23±0,16
3+	13,66±0,32	51,05±1,05	2,00±0,18
4+	16,00±0,35	79,67±1,35	1,94±0,11

Одной из основных причин является постоянное поступление токсических соединений в Аргазинское водохранилище со сточными водами с Карабашского медеплавильного комбината, среди которых преобладают тяжелые металлы [1, 2]. Поэтому мы определили концентрацию данных токсикантов в мясе плотвы (таблица 2).



Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в мясе плотвы, мг/кг сырого вещества

Возраст	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
2+	1,20±	20,61±	0,13±	0,10±	1,31±	15,93±	0,07±	0,41±
	0,08	0,41	0,002	0,02	0,16	0,52	0,01	0,03
3+	0,71±	19,03±	0,10±	0,09±	1,61±	12,69±	0,14±	0,38±
	0,08	0,62	0,002	0,02	0,09	0,43	0,02	0,03
4+	0,54±	18,19±	0,09±	0,07±	1,82±	12,43±	0,18±	0,36±
	0,03	0,61	0,005	0,003	0,12	0,35	0,03	0,02

Содержание тяжелых металлов было определено в мясе рыб в возрасте 2+, 3+ и 4+. При сравнении их уровня с нормативной документацией [10, 11] не было выявлено превышения допустимого уровня. При этом в мясе плотвы с возрастом отмечалась тенденция увеличения концентрации меди и кадмия, уменьшения – марганца, кобальта, никеля и цинка. Уровень железа и свинца практически не зависел от возраста плотвы.

Таблица 3

Связь металлов с упитанностью в зависимости от возраста рыб в разрезе главной компоненты 1

Показатели	2+		3+		4+	
	Нагрузка	<i>P</i>	Нагрузка	<i>P</i>	Нагрузка	<i>P</i>
Mn	-0,79	<0,05	-0,21	0,65	0,44	0,31
Fe	-0,71	<0,05	-0,25	0,64	-0,12	0,65
Co	-0,45	0,30	0,41	0,33	0,31	0,45
Ni	-0,49	0,29	0,76	<0,05	0,17	0,63
Cu	0,82	<0,05	0,12	0,76	-0,04	0,79
Zn	0,74	<0,05	0,42	0,44	-0,19	0,63
Cd	-0,39	0,44	-0,68	<0,05	0,73	<0,05
Pb	0,28	0,53	0,74	<0,05	-0,78	<0,05
Объясняемая дисперсия, %	71,11		91,02		79,89	
<i>P</i>	<0,05		<0,05		<0,05	

Исходя из того, что упитанность плотвы с возрастом уменьшалась, мы предположили, что содержание тяжелых металлов в их организме влияло на скорость роста и развития рыб. При этом мышечная ткань не является приоритетным органом депонирования металлов, а многие из них способны проявлять негативные свойства даже в количествах, не превышающих нормативные требования. Для проверки данного предположения мы попытались определить металлы, наиболее значимо влияющие на упитанность плотвы, используя для этих целей метод главных компонент.

На первом этапе мы попытались выделить главные компоненты связи металл – упитанность при помощи графического критерия «каменистой осыпи» Кэттелла [13]. Хотя в каждом возрасте было установлено наличие 2-3 факторов, но только главная компонента 1 характеризовалась статистической значимостью, определяя 71-91 % дисперсии. Поэтому в дальнейшем он был учтен нами в качестве приоритетного (таблица 3).

Мы выявили, что в организме плотвы 2+ упитанность была сопряжена с металлами (марганец, железо, медь, цинк), обладающими биологической активностью. Они самостоятельно или в составе молекул биологически активных соединений регулировали процессы роста и развития рыб. У плотвы 3+ и 4+ на упитанность значимо влияли токсичные металлы никель, свинец и кадмий. Хотя их концентрация и не превосходила допустимый уровень [10, 11], но даже и в таком количестве они оказывали воздействие на ростовые процессы.

Таким образом, метод главных компонент при оценке упитанности рыбы позволил выявить, что его величина в организме плотвы 2+ сопряжена с концентрацией в миоцитах био-

логически активных металлов (марганец, железо, медь, цинк), а в возрасте 3+ и 4+ – токсичных (никель, свинец, кадмий). Поэтому упитанность с возрастом рыб снижается с 2,23 до 1,94 по Т. Фультону.

#### Использованные источники:

1. Бастанов Р.И., Дерхо М.А., Корляков К.А., Нохрин Д.Ю. Специфика развития и химический состав тела рыб в условиях геохимических особенностей биотопов Аргазинского водохранилища // Астраханский вестник экологического образования. 2018. – № 3 (45). – С. 163-168.
2. Бастанов Р.И., Дерхо М.А. Морфологическая характеристика и особенности биологии плотвы различных биотопов Аргазинского водохранилища (Челябинская область) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2018. – Т. 4 (70). – № 1. – С. 5-14.
3. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021152> (дата обращения 16.09.2021).
4. Егошин В.Л., Саввина Н.В., Грижбовский А.М. Анализ главных компонент и факторный анализ в программной среде R // West Kazakhstan Medical Journal. 2020. – № 62(1). – С. 6-14.
5. Живетина А.В., Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г. Сезонные особенности химического состава и качества воды в водохранилище руслового типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. – Т. 7 (73). – № 1. – С. 259-276.
6. Козлов В.И., Абрамович Л.С. Краткий словарь рыбовода. – Москва: Россельхозиздат, 1982. – 160 с.
7. МУ 01-19/47-11 Атомно-абсорбционные методы определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье [Электронный ресурс]. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293784/4293784579.htm> (дата обращения: 01.09.2021).
8. Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г., Живетина А.В. Структура изменчивости гидрохимического состава воды в водохранилище озерного типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 117-133.
9. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – Москва: Пищ. пром., 1966. – 376 с.
10. Рыбальский Н.Г., Савицкий А.И., Малярова М.А., Горбатовский В.В. Экология и безопасность: справочник. – Т. 1. Безопасность человека. – Москва: ВНИИПИ, 1992. – 320 с.
11. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс]. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 16.08.2021).
12. Joliffe I. T. Principal component analysis. N.Y, Springer-Verlag, 2002. – 488 p. doi:10.1007/b98835.
13. Jackson D. A. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches // Ecology. 1993. – Vol. 74. – No. 8. – P. 2204–2214.
14. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. – Vol. 4. – No. 1. – P. 9.

УДК 631.3: 633.85

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-158-165

*Буклагин Д.С.,*

*Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК,  
Московская обл., р.п. Правдинский*

## **ПРИБОРЫ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР**

В статье рассматриваются приборы, основанные на методе инфракрасной спектроскопии, позволяющие проводить измерения большого количества показателей качества семян с точностью, сопоставимой с классическими методами химического анализа. При этом анализ занимает 1-3 минуты и не требует применения химических реактивов и расходных материалов.

**Ключевые слова:** масличные культуры, семена, качество, показатели, измерение, влажность, белок, масличность, точность.

Одной из причин зависимости отечественного производства масличных культур от импортных семян объясняется устаревшей материально-технической и приборно-



аналитической базой, не обеспечивающей необходимое качество семян при их подготовке, а также при сортовом и семенном контроле.

Поэтому производство конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, освоение эффективных технологий размножения семян и гибридов, сохранение хозяйственно ценных признаков семян масличных культур предусматривает разработку технологий производства и хранения семян масличных культур с применением новых средств контроля масличности, влажности и массовой доли специфических жирных кислот в масле.

При создании новых сортов и в процессе семенного контроля в масличных культур в соответствии с ГОСТ Р 52325-2005 определяют совокупность свойств семенного материала, в т. ч. влажность, содержание масла, жирных кислот и др.

Влажность имеет огромное значение при хранении семян, нормируется стандартом и определяется на всех этапах производства. Для контроля влажности семян масличных культур в процессе производства и хранения разработано и применяется значительное количество однокомпонентных средств измерений, основанных на термогравиметрическом методе измерений и выпускаемых многими отечественными и зарубежными фирмами [1]. Кроме измерителей влажности, разработаны приборы, позволяющие измерять и анализировать одновременно несколько показателей, определяющих качество масличных культур. Как правило, такие приборы основаны на методе ИК-спектроскопии.

В основе метода ИК-спектроскопии лежит связь спектра инфракрасного излучения с составом образца. Энергия излучения при прохождении через образец возбуждает вращательные и колебательные движения в молекулах. Часть энергии поглощается образцом, причем поглощение происходит на тех частотах, которые совпадают с колебаниями в молекулах вещества. В результате интенсивность на этих частотах резко падает, и на спектрах наблюдаются полосы поглощения, число которых, их положение, ширина и форма определяются структурой и химическим составом образца, а интенсивность полос зависит от концентрации соответствующего компонента. Для определения количественного содержания компонента в образце необходимо построить градуировочную (калибровочную) модель, то есть определить зависимость между интенсивностью поглощения и концентрацией компонента. Эта модель строится на основе измерения спектров образцов с известной концентрацией и их математической обработкой.

Метод инфракрасной спектроскопии сегодня является единственным методом, позволяющим проводить измерения с точностью, сопоставимой с классическими методами химического анализа. При этом анализ занимает 1-3 минуты и не требует применения химических реактивов и расходных материалов. Поскольку экспресс-анализ качества масличных культур методом ИК-спектроскопии не является прямым методом, то ошибка метода может находиться в интервале от 1 до 1,5 от величины ошибки при определении компонентов химическим методом [2].

К числу последних разработок российской компании «ЭКАН» относятся анализаторы ИНФРАСКАН 3150, предназначенные для экспресс-определения показателей качества зерновых, зернобобовых, масличных культур и кормов методом измерения оптических характеристик анализируемых образцов в ближней инфракрасной области спектра (рисунок 1, таблица 1). Приборы широко применяются на элеваторах и зерноприемных пунктах, в селекционных центрах, НИИ, контрольно-аналитических лабораториях, ЦСМ и других организациях и предприятиях, связанных с исследованиями, оценкой качества и сертификацией зерновых, масличных культур, комбикормов и т. п., принятием оперативных управленческих решений в технологиях их производства [3].

Для анализаторов ИНФРАСКАН разработано значительное количество калибровок для расчета определяемых показателей по градуировочным уравнениям для различных культур и компонентов. Программное обеспечение позволяет через сеть Интернет обновлять калибровки, установленные на приборе и разрабатывать новые калибровочные уравнения.



Рисунок 1. Анализатор ИНФРАСКАН 3150

Таблица 1

Техническая характеристика анализатора ИНФРАСКАН 3150

Спектральный диапазон, нм	1400...2400
Анализируемые продукты	Зерновые, зернобобовые, масличные культуры, корма и сырье для их производства
Определяемые показатели качества	Влага, белок (протеин), жир (масличность), количество клейковины, качество клейковины, белизна, зольность, клетчатка, кальций и др.
Диапазон измерений показателей качества, %	Влаги–(5-25), белка–(5-60), сырого жира–(1-80), сырой клейковины–(16-40), сырой клетчатки–(2-25)
Погрешность результатов измерения показателей качества, %	Влаги–(0,5), белка–(0,6-1,5), сырого жира–(0,4-2,0), сырой клейковины–(2,0), сырой клетчатки–(0,8-2,5)
Объем анализируемой пробы, мл	70
Габаритные размеры, мм	540 x 270 x 345
Масса, кг	25

Группой компаний «ЛЮМЭКС» (Россия) создано современное методическое обеспечение для экспресс-анализа зерна различных культур без предварительной пробоподготовки [4].

Линейка инфракрасных анализаторов компании «Люмэкс» представлена на рисунке 2, технические характеристики – в таблице 2. За одно измерение, в течение полутора минут, можно определить комплекс таких показателей, как содержание белка, жира, крахмала, клетчатки, клейковины, влажность и др.

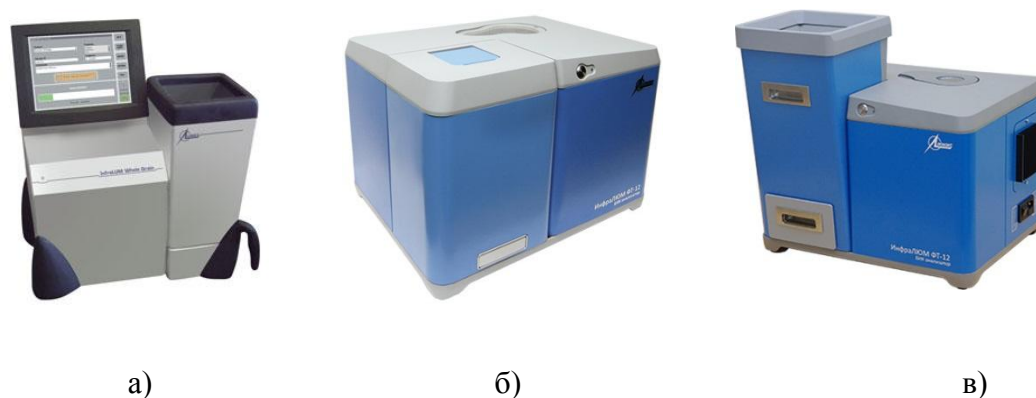


Рисунок 2. Анализаторы компании «Люмэкс»: «ИнфраЛЮМ ФТ- 40» (а), «ИнфраЛЮМ® ФТ-12» (б) и «ИнфраЛЮМ® ФТ-12» с просыпным модулем (в)

Анализатор «ИнфраЛЮМ® ФТ-40» предназначен для проведения количественного экспресс-анализа цельного зерна различных культур без предварительной пробоподготовки. Может работать как в лабораторных, так и в производственных условиях. Специальная программа позволяет пользователю изменять существующие и разрабатывать собственные градуировки.

Анализатор «ИнфраЛЮМ® ФТ-12» - стационарный лабораторный прибор предназначен для экспресс-анализа состава и качества широкого спектра сельскохозяйственной и пищевой продукции, кормов и сырья.

Большинство типов проб анализируются без подготовки. Некоторые твердые несыпучие пробы (подсолнечный жмых, соевый шрот) или пробы в сильнопоглощающих оболочках (семена подсолнечника) необходимо предварительно измельчить.

Анализатор «ИнфраЛЮМ® ФТ-12» с просыпным модулем – стационарный лабораторный прибор, работает без предварительной пробоподготовки, имеет большой объем измеряемого образца (0,5л), что обеспечивает получение максимально достоверных и воспроизводимых результатов.

Таблица 2

Техническая характеристика «ИнфраЛЮМ® ФТ-40» и «ИнфраЛЮМ ФТ®-12

	ИнфраЛЮМ® ФТ-12	ИнфраЛЮМ ФТ-40
Время измерения, мин	1,5	
Объем пробы в кювете, мл	50	500
Спектральный диапазон, см <sup>-1</sup> , (нм)	13200-8700 (760-1150)	
Разрешение, см <sup>-1</sup>	8, 16, 32, 64	
Габариты, мм	530 x 450 x 380	640 x 310 x 490
Масса, кг	32	31

Для анализа зерна на содержание влаги, белка и масла в полевых условиях компанией Pertin Instruments (Швеция) разработаны переносной ИК-анализатор зерна Инфраматик 8800 и лабораторный анализатор Инфраматик 9500 (рисунок 3) [5, 6]. Анализатор зерна Инфраматик 8800 оснащен GPS-модулем, который создает так называемые протеиновые карты полей, позволяющие оптимизировать сортировку урожая по протеину, т. к. разница значений протеина даже в пределах одного рядка может отличаться до 6 %. Модель Инфраматик 9500 имеет встроенные калибровки, позволяет получить высокую точность измерений за время менее 1 минуты (таблица 3).



Рисунок 3. Анализаторы Инфраматик 8800 (а) и Инфраматик 9500 (б)

Таблица 3

Техническая характеристика анализаторов Инфраматик 8800 и Инфраматик 9500

	Инфраматик 8800	Инфраматик 9500
Анализируемые образцы	Зерновые и масличные	Пшеница, ячмень, кукуруза, соя
Измеряемые параметры	Влажность, содержание белка, жира, крахмала и др.	Влажность, содержание белка, масла, жира, клетчатки, натурсы, крахмала и др.
Время анализа, с	90	50
Размер пробы, мл	400	
Количество точек в одной пробе	До 10	До 16
Диапазон длин волн, нм	850-1050	570-1100
Габариты, мм	349 x 265 x 274	485 x 390 x 370
Масса, кг	7	34

Этой же компанией выпускается универсальный инфракрасный анализатор DA 7250 (рисунок 4, таблица 4) [7]. Прибор позволяет измерять многие показатели качества зерновых и масличных культур, имеет высокую точность и скорость измерений (время измерений – 6 с). Доступные калибровки охватывают широкий спектр продуктов и параметров и построены на основе глобальной базы данных, которая включает сотни тысяч образцов. Анализатор может работать с применением современных средств создания отчетов в веб-интерфейсе для просмотра данных из любой точки мирового пространства с использованием веб-браузера.



Рисунок 4. Экспресс-анализатор DA 7250 компании Perten Instruments

DA 7250 позволяет определять влагу, содержание масла, жирные кислоты, белки и другие параметры масличных культур, а также жирных кислот, аминокислот, фосфора и других параметров в масле. Не требуется предварительное измельчение для анализа масличных, в том числе семян подсолнечника.

С помощью анализатора можно определять 14 показателей по рапсу (в т. ч. олеиновая кислота, линолевая кислота, линоленовая кислота, эруковая кислота и др.), 28 показателей по сое (в т. ч. олеиновая кислота, линолевая кислота, линоленовая, пальмитиновая кислота и др.), 4 показателя по подсолнечнику (влажность, масличность, олеиновая кислота, линолевая кислота) и около 30 показателей продуктов переработки масличных культур.

Техническая характеристика анализаторов DA 7250

Диапазоны измерений, % влажности белка массовой доли сырой клейковины	8,3 – 25,5 8,3 – 25,5 11,9 – 36,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений, % - влажности и белка массовой доли сырой клейковины	± 0,5 ± 2
Время анализа, с	6-10
Размер образца, мл	до 380
Диапазон длин волн, нм	950-1650
Габариты, мм	556x375x370
Масса, кг	21

Отличительной особенностью инфракрасных анализаторов зерна и масличных культур серии Infratec и NIRS для зерновых культур, семеноводческих хозяйств и пищевой промышленности, выпускаемых компанией Foss (Дания) (рисунок 5, таблица 5), являются система самодиагностики, которая исключает получение ошибочных данных в случае возникновения технических проблем, а также уникальные калибровочные модели, включающие базу данных – свыше 50000 образцов из разных климатических зон. Более 7000 приборов Infratec объединены в глобальную сеть. Это обеспечивает необходимую точность измерения параметров зерна, независимо от его температуры и региона происхождения без необходимости постоянной настройки прибора и корректировки калибровок [8, 9].



Рисунок 5. Анализаторы Infratec 1241 (а) и Infratec™ NOVA компании Foss (б)

Анализатор Infratec 1241 это стационарный лабораторный прибор для определения всех основных физико-химических параметров зерна и масличных культур, таких как влажность, белок, клейковина, крахмал, зольность и др. Измерение параметров занимает одну минуту, точность сопоставима с результатами анализов арбитражными методами и составляет для основных параметров менее 3 %.

Прибор имеет множество интерфейсов для вывода результатов анализа, модульную конструкцию, что позволяет расширить его возможности, например специальными кюветами для анализа подсолнечника.

Анализатор зерна Infratec™ NOVA является одним из лучших анализаторов, использующих технологию ИК-спектроскопии для одновременного определения множества параметров в широком диапазоне зерновых и масличных культур. Более высокий уровень энергии света в нижнем диапазоне обеспечивает более глубокое проникновение в зерно, поэтому

используется не только поверхность, но и внутренняя часть зерна, что повышает точность и скорость анализа образцов.

Анализатор Infratec™ NOVA использует калибровочную базу Infratec, сетевую технологию обновления калибровок и контроля характеристик, что обеспечивает необходимую точность измерения содержания компонентов в анализируемых образцах.

Таблица 5

Технические характеристики анализаторов компании Foss

	Infratec 1241	Infratec™ NOVA
Анализируемые культуры	Зерновые и масличные культуры, горох, сорго, мука и др.	Зерновые, зернобобовые и масличные культуры, мука, семена и др.
Измеряемые параметры	Белок, влага, клейковина, масличность, крахмал, зольность, натура зерна и др.	Белок, влага, клейковина, масличность, зольность, натура зерна и многие др.
Время анализа, с	60	< 60
Диапазон длин волн, нм	570-1050	400-1100
Габариты, мм	500 x 570 x 400	410 x 460 x 415
Масса, кг	30	28,5

Новинкой в линейке NIR- анализаторов компании Bruker Optics (Германия) является спектрометр Tango (рисунок 6, таблица 6), в котором реализованы все функциональные преимущества спектрометров предыдущих моделей MPA и Matrix-1. Анализатор может быть выполнен с модулем диффузного отражения Tango-R (для исследования твердых образцов) или с модулем кюветного отделения Tango-T (для анализа жидкостей).



Рисунок 6. Спектрометр Tango компании Bruker Optics

Анализ образцов осуществляется в режиме реального времени с помощью оптоволоконных датчиков, которые погружаются непосредственно в реактор, трубу или устанавливаются над конвейером, что является важным преимуществом данного прибора. Один спектрометр поддерживает до шести различных датчиков. Спектрометр может быть удален от места установки датчика на расстояние до 200 м (зависит от образца и вида датчика). Таким образом, этот метод позволяет перейти от выборочного к тотальному контролю входного сырья и продукции [10].

Анализатор применяется при анализе образцов по ГОСТ Р 32749-2014 Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области.



Техническая характеристика NIR-спектрометра Tango

Параметр	Значение
Спектральный диапазон, см <sup>-1</sup>	11500— 4000
Скорость измерения	До 5 сканов/с при спектральном разрешении 8 см <sup>-1</sup>
ИК источник	Галогенная лампа (5В, 7 Вт), воздушное охлаждение, средний срок службы 9000 часов
Класс лазера	Лазерный диод, средний срок службы более 10 лет
Размеры, мм	292×438×175 (без монитора)
Вес, кг	TANGO-R: 18,6

### Выводы

Освоение эффективных технологий размножения семян и гибридов, сохранение хозяйственно ценных признаков семян предусматривают применение современной техники и оборудования в селекции и семеноводстве масличных культур, приборов контроля качества семян, от которых во многом зависит конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции.

Анализ методов и средств измерения показателей качества масличных культур показал, что их развитие идет в направлении сокращения времени анализа, повышения точности измерения и увеличения числа одновременно измеряемых показателей (компонентов), для чего используются встроенные и обновляемые через Интернет калибровки.

Одним из эффективных методов инструментального анализа является спектроскопия в ближнеинфракрасной области, позволяющая получать информацию о многих компонентах, содержащихся в масличных культурах в течение минуты без сложной пробоподготовки, что особенно важно при контроле качества в условиях производства. Например с помощью анализатора DA 7250 можно определять 14 показателей по рапсу (в т. ч. олеиновая кислота, линолевая кислота, линоленовая кислота, эруковая кислота и др.), 28 показателей по сое (в т. ч. олеиновая кислота, линолевая кислота, линоленовая, пальмитиновая кислота и др.), 4 показателя по подсолнечнику (влажность, масличность, олеиновая кислота, линолевая кислота) и около 30 показателей, характеризующих качество продуктов переработки масличных культур.

### Использованные источники:

1. Буклагин Д.С., Гольяпин В.Я., Мишуков Н.П., Ревенко В.Ю. Машины, оборудование и приборы для селекции и семеноводства масличных культур: каталог. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 96 с.
2. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С. Методы и инструменты контроля качества сельскохозяйственной продукции: науч. изд. – М.:ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 292 с.
3. Приборы экспресс-анализа и лабораторное оборудование: проспект ООО «ЭКАН», б/г. – 16 с.
4. Приборы и лабораторное оборудование для агропромышленного комплекса: проспект ГК «ЛЮМЭКС», – Москва, б/г. – 4 с.
5. Инфраматик 8800: проспект ООО «СокТрейд Ко», б/г. – 4 с.
6. Инфраматик 9500: проспект ООО «СокТрейд Ко», б/г. – 4 с.
7. Универсальный многофункциональный ИК анализатор DA 7250. [Электронный ресурс]. URL: <https://soctrade-agro.ru/catalog/ekspress-analizatory-dlya-kontrolya-kachestva-zerna-muki-kombikormov-i-pishchevykh-produktov/da-7250/>(дата обращения: 26.05.2021).
8. Infratec 1241. Анализатор зерна и муки: проспект ООО «Фосс Электрик», б/г. – 9 с.
9. Infratec™ NOVA. Анализатор зерна и муки: проспект ООО «Фосс Электрик», б/г. – 9 с.
10. TANGO – лабораторный Фурье спектрометр ближней инфракрасной области (FT-NIR). [Электронный ресурс]. URL: [http://www.millab.ru/equipments/3343\\_ft-nir-spektrometry-bruker-tango/](http://www.millab.ru/equipments/3343_ft-nir-spektrometry-bruker-tango/) (дата обращения: 25.05.2021).



УДК 631/635-021.4:004

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-166-170

Гавриш М.К.<sup>1</sup>, Алейников А.Ф.<sup>1,2</sup>,  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск,  
<sup>2</sup>СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА БОЛЕЗНИ РАСТЕНИЙ

Рассмотрены исторические этапы развития раннего обнаружения болезни растений. Выделены основные направления развития диагностики раннего обнаружения болезни растений. Продемонстрированы примеры применения алгоритмов обнаружения болезни растений на разных стадиях протекания болезни.

**Ключевые слова:** болезнь растений, диагностика болезни растений, грибная болезнь растений, методы определения болезни растений.

**Актуальность.** Одна из самых больших проблем, стоящих перед человечеством – это увеличение производительности общемировой пищевой промышленности, чтобы прокормить растущее население мира [1]. В первую очередь это касается индустриализации производства пищи растительного происхождения. Следует заметить, что значительная часть урожая теряется из-за вредителей и болезней [2]. Например, в общемировом производстве ягод доля земляники садовой составляет свыше 70 % [3] и в то же время почки, листья, корни, ягоды земляники повреждают более 20 видов возбудителей грибных болезней и более 10 видов вредителей. Таким образом, в мировой практике задача установления вида болезни растений и степени поражения ею на ранней стадии диагностики является актуальной и требует более эффективного решения.

**Степень разработанности проблемы.** Алгоритмы интеллектуальной системы поддержки принятия решения востребованы и вызывают особый интерес в силу повышенной информатизации и индустриализации общества [4]. В рамках раннего обнаружения вида грибных болезней предложены алгоритмы решения, связанные со спектральным анализом, прецизионным компьютерным зрением, методом подсчета пикселей изображения [3]. Следует отметить, что исследователи пользуются разными методами обработки изображения, например, сегментацией изображения, нейронными сетями или нечеткой логикой [5]. В последние годы уделяется внимание использованию смартфонов в качестве средств измерения и диагностики [6].

### Анализ методов определения вида болезни растений

**«Ручные» методы.** Под «ручным» анализом понимается анализ, полностью проводимый самим экспертом с применением стационарного аналитического оборудования [7].

**Визуальный анализ симптомов.** Самый первый метод раннего обнаружения болезни, появившийся в истории развития человечества, это визуальный анализ симптомов. Преимущество данного метода заключается в отсутствии затрат на оборудование. Но в отсутствии оборудования заключается и недостаток метода, т.к. наблюдателю нужно обладать экспертными знаниями для идентификации болезни по признакам, в т. ч. отличать влияние болезни от влияния окружающей среды (ожог, заморозки). Слабым местом метода является низкая производительность наблюдателя, т. к. за наименьшее время нужно охватить наибольшую площадь посадок.

**Микроскопический анализ с использованием окрашивания.** Развитие оптики и научного инструментария привело к появлению микроскопа, который, в свою очередь, явился основой микроскопического анализа. Суть анализа заключается в изучении микроскопического препарата из пораженной ткани растения для установления причин поражения. Окрашивание способствовало более легкому и быстрому распознаванию бактериальных клеток в клетках самого растения. Преимущество метода в более точной идентификации болезни растения.

Недостатки — необходимость оборудования и лабораторного помещения. Производительность метода очень низка из-за промежуточных этапов сбора, подготовки и транспортировки образцов в лабораторию [8].

*Микробиологический анализ.* Изучение разного рода возбудителей болезней (микробиологический анализ) привело к пониманию их «поведения» в разных средах обитания. Данный метод предназначен выделить возбудителя из пораженных тканей на искусственные питательные среды. Трудоемкость метода состоит в том, что необходимо выявить патогенность изолятов бактерий, т. е. их способность вызывать на искусственно инфицированных растениях те же симптомы, какие были на исследуемом растении при естественном поражении. Описанную способность называют правилом Роберта Коха.

*Серологический.* Суть метода такая же, как при диагностике вирусов. Отличия серологической диагностики бактерий от диагностики вирусов и сложность анализа состоит в том, что у бактериальной клетки имеются не только белки, специфичные для вида, но и белки, общие для рода и семейства бактерий. Поэтому для получения специфичной антисыворотки используют лишь видоспецифичные белки (антигены). Наиболее часто применяются такие серологические методы как иммуноферментный анализ и реакция иммунофлуоресценции. В настоящее время доступны коммерческие диагностические наборы для обнаружения зараженности семян томата бактериальным раком.

*Молекулярный.* Среди нескольких диагностических методов, использующих полиморфизм молекулы ДНК бактерий, наиболее распространенным является амплификация (умножение) видоспецифичных последовательностей ДНК в ходе полимеразной цепной реакции (ПЦР). В ходе этой реакции отдельные фрагменты ДНК, характерные только для одного вида бактерии, избирательно синтезируются ферментом полимеразой до количества, в тысячи и миллионы раз превышающего исходное число копий выбранного фрагмента ДНК. Далее фрагмент обнаруживается с помощью электрофореза в агарозном геле или по флуоресценции исходного раствора. Метод отличается высокой чувствительностью, быстротой (до 2-3 часов), высокой надежностью. К числу недостатков относится высокая стоимость оборудования и реактивов для проведения ПЦР, а также необходимость предварительного изучения разнообразия ДНК ФПБ.

*Вывод.* В лабораторной диагностике болезней сельскохозяйственных культур распространены метод иммуноферментного анализа, различные варианты полимеразной цепной реакции и молекулярно-гибридизационный анализ, поскольку они отличаются от других методов высокой чувствительностью и специфичностью [2]. Однако, эти методы сложны и неинвазивны. Применяемое оборудование громоздко и требует высококвалифицированного технического обслуживания. Оно не может быть использовано для постоянного мониторинга состояния посевов на полях и плантациях выращиваемых культур.

**Методы с применением портативных датчиков.** В последние годы в развитых странах мира было разработано множество портативных приборов — средств измерений различных биофизических величин для оценки качества продуктов. Смартфоны, как наиболее широко используемое устройство в мире, были хорошим выбором в качестве интерфейса для этих технических средств.

*Летучие органические соединения.* Научная группа из Университета Северной Каролины (США) создали портативное устройство, которое диагностирует заболевания растения по анализу летучих органических соединений (ЛОС), выделяемых его листьями [9]. Суть заключается в том, что болезни по-разному меняют состав ЛОС, т. е. каждая из них имеет свою «подпись» — своего рода отпечатки пальцев. Исследователи создали устройства, которое можно подключить к смартфону и использовать для быстрого анализа этого состава в полевых условиях.

*Спектроскопия электрического импеданса.* В настоящее время для оценки качества продуктов из растительного и животного сырья распространен метод спектроскопии электрического импеданса, который позволяет получать информацию о процессах транспорта носителей заряда в биологических тканях [10]. Спектроскопия электрического импеданса является

относительно новой технологией, в которой сигнал с широкой полосой пропускания и непрерывной полосой частот используется в качестве источника возбуждения для измерений импеданса, характеризующего электрические свойства, и изучения малейших изменений структуры и физико-химических характеристик органических материалов под воздействием стрессоров. Разработана методология определения физиологического статуса растительных и животных тканей посредством измерения электрического импеданса.

*Микроклиматическая информация.* Ученые Всероссийского НИИ биологической защиты растений в своей работе [11] описывают цифровой прибор для контроля болезней растений. При разработке прибора использовались доступные для широкого применения отечественные и зарубежные комплектующие. Прибор содержит емкостный датчик увлажнения листьев, полупроводниковый датчик температуры, емкостно-диодный мост, генератор, бесконтактный коммутатор, время-импульсный преобразователь, интегратор, суточный, и сезонный накопители, а также цифровое табло. Суточный цифровой индекс указывает, были ли условия для заражения или нет, а сезонный индекс можно рассматривать как величину возможного воздействия патогена на культуру.

*Вывод.* Можно отметить, что методы, опирающиеся на портативные датчики, имеют преимущество перед «ручными» методами, т. к. фактически являются «переносной лабораторией». Однако описанные методы обладают недостатками с точки зрения автоматизации и потребности в приобретении специальных датчиков.

**Методы с применением исследования изображения.** Перспективным направлением в области определения вида болезни растений является исследование изображений, которое направлено на обнаружение, отслеживание и классификацию объектов. Камеры для применения метода можно прикрепить на специальные конструкции, помещая в объектив конкретное растение или некоторую площадь посевов, а также большие угодья, получая изображения со спутника.

*Сегментация изображений.* Сначала выполняется сегментация, чтобы изолировать лист, плод или цветок от фона. Затем выполняется вторая сегментация, чтобы изолировать здоровую ткань от пораженной ткани [12].

Извлечение признаков — это процесс извлечение информации из сегментированного изображения, что может облегчить точную классификацию аномалии. Можно выделить следующие характеристики: текстура (энергия, контраст, однородность и корреляция), форма, размер и цвет.

В исследовании [13] изучается использование метода обработки изображений для распознавания трех болезней пшеницы, а именно септориоза, ржавчины и пятнистости на разных стадиях заражения в естественных условиях. Более 3500 изображений было снято на двух пилотных площадках в Испании и Германии за три года с 2014 по 2016 год с использованием различных мобильных устройств. Система показала хорошую производительность при обнаружении инфекций на ранних стадиях. Кроме того, сообщалось, что использование нормализации постоянства цвета повысило общую точность примерно на 5 %.

Чтобы повысить скорость обработки информации для лучшего раннего определения болезни, авторы работы [14] предлагают использовать смартфоны в качестве средств измерения и диагностики, т. к. смартфон уже оснащен источником света (фотовспышка); приемником для получения изображения и его сегментов (фотокамера); у него есть значительный потенциал для создания различных баз данных (например, «эталонных» цветных пятен пораженных грибными болезнями листьев) и установки всевозможных приложений для обработки и сегментации изображений, в том числе и искусственные нейронные сети (ИНС) с алгоритмом и программой обучения.

*Нейронные сети.* Алгоритмы машинного обучения снабжены векторами признаков и обучены классифицировать признаки, связанные с каждым заболеванием, для распознавания. Обученный алгоритм затем можно использовать для распознавания особенностей на новых изображениях, снятых с поля. Классификация связана с сопоставлением заданного вектора входных признаков с одним из отдельных классов, изученных во время обучения. Раз-

работчик может использовать более одного алгоритма обучения для обучения и классификации и объединять результаты алгоритмов [5].

Авторы [15] использовали набор данных из 300 листьев картофеля, взятых из набора данных PlantVillage, для разработки классификатора, способного распознавать здоровые листья и листья, которые давно поражены и недавно поражены болезнью. Производилась классификация изображений листьев в одну из трех категорий на основе 10 характеристик цвета и текстуры. Система достигла точности 93,7 % с пятикратной перекрестной проверкой.

Цинь и другие [16] предложили решение для распознавания четырех болезней листьев, поражающих люцерну. Изображения были обрезаны для получения дополнительных изображений с одним или несколькими поражениями. Наилучший алгоритм классификации обеспечивал точность распознавания 97,64 % на обучающей и 94,74 % на тестовой выборках, соответственно. Кроме того, размерность 45 векторов признаков была уменьшена. Сообщалось о 80 % точности распознавания при использовании этих сокращенных векторов признаков.

*Нечеткая логика.* В статье [17] разработан алгоритм отслеживания объекта, который объединяет несколько традиционных алгоритмов, таких как нечеткая логика и фильтр Калмана. Целью этой комбинации явилось использование контроллера нечеткой логики, чтобы покрыть недостатки фильтра Калмана. В предлагаемом методе фильтр Калмана используется как основной индикатор, а нечеткая логика используется для решения проблемы дивергенции фильтра Калмана. Таким образом, авторы смогли значительно повысить точность системы.

Донецкие исследователи [18] описывают разработанный ими метод определения заболевания у растений. Метод основан на цифровой обработке полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов изображений листьев растений RGB-камерой и автоматическими инструментами классификации. Для решения задачи выделения особенностей на изображениях листьев растений с целью классификации вида заболевания растений авторы используют методы нечеткой логики и нейронные сети, а диагностику производят как непосредственно по цветным RGB или HSV изображениям листьев, так и по их текстурным описаниям. Авторы говорят о том, что было проведено 12000 модельных экспериментов для 12 классов изображений, доля верной диагностики составила 97 %. Исследованию подвергались листья эвкалипта и пшеницы. Также авторы отмечают, что достоверность результатов диагностики можно повысить, если использовать для диагностики нескольких листьев, т. к. в области поражения болезнью всегда находится несколько растений.

В статье [19] представлена система контроля качества апельсинов. В данной работе представлена система компьютерного зрения, способная обнаруживать дефекты в апельсине, а также классифицировать тип дефекта. Авторами был проведен обзор болезни цитрусовых с целью создания базы данных оцифрованных апельсинов, классифицированных по типу неисправности, которая используется в качестве обучающего набора. Исследователи отмечают, что лечение болезней апельсина путем применения непропорциональных пестицидов увеличивает стоимость и загрязнение окружающей среды. Таким образом, использование пестицидов должно быть сведено к минимуму. Это может быть реализовано путем нацеливания на пораженный участок с соответствующим количеством и концентрацией пестицида путем оценки серьезности заболевания. В данной статье представлена мультиклассовая SVM с кластеризацией k-средних для классификации болезней с точностью 90 % и нечеткой логикой, успешно вычисляющей степень тяжести заболевания оранжевого цвета.

*Вывод.* Методы на основе исследования изображения имеют высокий потенциал в диагностировании болезни растений. Однако общепринятого ко всем растениям и их болезням алгоритма еще не существует.

**Заключение и перспективы.** При решении задач раннего обнаружения определенного вида болезней растений, необходимы интеллектуальные системы с нечеткой логикой, т. к. невозможно создать достоверную математическую модель ее развития, классификации и кластеризации. Действительно степень поражения определяется органолептическим мето-

дом экспертами. Оценка экспертами может быть неоднозначна и недостоверна, из-за разного уровня квалификации специалистов, проводящих экспертизу. То есть, при решении задач мониторинга и установления конкретных видов болезней растений следует опираться на экспериментально полученные массивы данных с экспертными знаниями об объекте исследований.

#### Использованные источники:

1. Godfray H.C.J. Food security: the challenge of feeding 9 billion people [Text] / Godfray H.C.J., Beddington J.R., Crute I.R., Haddad L., Lawrence D., Muir J.F., Pretty J., Robinson S, Thomas S.M., Toulmin C. //Science. – 2010. – No. 327. – pp. 812-818.
2. Savary S. The global burden of pathogens and pests on major food crops [Text] / Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. // Nat. Ecol. Evolut. – 2019., – No. 3. – pp. 430-439.
3. Алейников А.Ф. Метод неинвазивного определения грибных болезней земляники садовой [Текст] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – Том 48. – № 3. – С. 71-83 DOI: 10.26898/0370-8799-2018-3-10.
4. Se In Baek A similarity-based software recommendation method reflecting user requirements // Se In Baek, Yang-Eui Song, and Yong Kyu Lee / International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems / – Vol. 20, – No. 3, – pp. 201-210. September 2020, DOI: <http://doi.org/10.5391/IJFIS.2020.20.3.201>
5. Димитров В.П., Борисова Л.В., Тугенгольд А.К., Нурутдинова И.Н. Технологическая настройка сельскохозяйственных машин на основе нечеткой логики // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28, – № 2. – С. 239-254. DOI: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201802.239-254>
6. Petrellis N. A Smart Phone Image Processing Application for Plant Disease Diagnosis [Text] // 6th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST). – May 04–06. – 2017.
7. Sanjay B.D. Agricultural plant Leaf Disease Detection Using Image Processing [Text] / Sanjay B. Dhaygude, Nitin P. Kumbhar // International J. of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, S & S Publication – 2013. – Vol. 2, Is. 1. – P. 599-602.
8. Лукашевич Н.П., Ковалева И.В., Шлома Т.М., Шимко И.И. Учебно-методическое пособие для студентов по специальности «Ветеринарная фармация» – I часть. – Витебск: ВГАВМ, 2015. – 88 с.
9. Smartphone-enabled rapid detection of plant diseases // International sugar journal. – 2019, – Vol. 121(1449). – P. 656. WOS:000485085600025
10. Alejnikov A.F., Cheshkova A.F., Mineev V.V. Choice of impedance parameter of strawberry tissue for detection of fungal diseases [Text] // AGRITECH-III - 2020: III International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies // IOP Conference Serie: Earth and Environmental Science. – 2020, – Vol. 548: 032005 DOI:10.1088/1755-1315/548/3/032005
11. Евсюков Н.А., Соколов Ю.Г. Цифровой прибор для контроля болезней растений // Защита и карантин растений. – 2010. – № 10. – С. 40-41.
12. Camargo A. An image processing based algorithm to automatically identify crop disease visual symptoms [Text] / Camargo A., Smith J.S. // Biosyst. Eng. – 2009. – Vol. 102 (1). – P. 9-21.
13. Johannes A. Automatic plant disease diagnosis using mobile capture devices, applied on a wheat use case [Text] // Comput Electron Agric, 138 (2017), – pp. 200-209.
14. Fisher M.C. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health [Text] / Fisher M.C., Henk D.A., Briggs C.J., Brownstein J.S, Madoff L.C., McCraw S.L., Gurr S.J. //Nature. – 2012. – No. 484. – P. 186-186.
15. Islam M. Detection of potato diseases using image segmentation and multiclass support vector machine [Text] / Islam M, Dinh A, Wahid K, Bhowmik P. // In: Can Conf Electr Comput Eng 2017:8–11. <https://doi.org/10.1109/CCECE.2017.7946594>.
16. Qin F. Identification of alfalfa leaf diseases using image recognition technology [Text] / F. Qin, D. Liu, B. Sun, L. Ruan, Z. Ma, H. Wang // PLoS ONE, 11 (2016), – pp. 1-26, 10.1371/journal.pone.0168274.
17. Khondker Rawan Hamid Implementation of Fuzzy Aided Kalman Filter for Tracking a Moving Object in Two-Dimensional Space [Text] / International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. – Vol. 18, – No. 2, June 2018, – pp. 85-96. – <http://doi.org/10.5391/IJFIS.2018.18.2.85>
18. Турыгин В.С. Аль-Винди Басим Х.М.А. Способ распознавания болезней растений по текстурным признакам с использованием нечеткой логики // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 3. [Электронный ресурс]. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2019/5846](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2019/5846). (дата обращения: 14.02.2021).
19. Santi Kumari Behera Disease Classification and Grading of Orange using Machine Learning and Fuzzy Logic / Santi Kumari Behera, Lipsarani Jena, Amiya Kumar Rath and Prabira Kumar Sethy // International Conference on Communication and Signal Processing. 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329187541\\_Disease\\_Classification\\_and\\_Grading\\_of\\_Orange\\_Using\\_Machine\\_Learning\\_and\\_Fuzzy\\_Logic](https://www.researchgate.net/publication/329187541_Disease_Classification_and_Grading_of_Orange_Using_Machine_Learning_and_Fuzzy_Logic) (дата обращения: 21.02.2021).

УДК 628.9: 639.2: 639.3

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-171-174

*Герасимов Р.Г., Идрисова С.Н., Кулешов А.В.,  
Нижевич Е.И., Солдаткин В.С., Хакимова К.Р., Шкарупо А.П.,  
ФГБОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

## **СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРИВЛЕЧЕНИЯ РЫБ В РЫБОЛОВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Свет оказывает огромное влияние на поведение и развитие рыб. Современные источники света, такие как светодиоды, позволяют создавать высокоэффективные и надежные светотехнические устройства с любым оптическим спектром излучения в видимой области. По этой причине исследования влияния светодиодного освещения с различными спектральными характеристиками на поведение и развитие рыб является актуальным. Проведены исследования на рыбах Гуппи с использованием светодиодов, излучающих в спектральных диапазонах красного, желтого, зеленого, синего и фиолетового цветов. В результате работы установлено, что в сторону источника излучения рыбы плывут при воздействии зеленого и фиолетового излучения. При воздействии излучения светодиода синего цвета свечения половина рыб плывет в сторону источника излучения, а половина рыб не реагирует. При воздействии излучения желтого и красного цвета свечения рыбы плывут в противоположном направлении от источника света.

**Ключевые слова:** светодиодные источники света, рыбы, рыболовство, рыбоводство, спектр излучения.

### **Введение**

Исследованием влияния света на поведение, процессы роста, физиолого-биохимические и энергетические показатели рыб разных видов занимается ряд научных коллективов, как в России, так и за рубежом. Интерес к данным исследованиям вызван возможностью использования фактора освещения, как в технологическом процессе выращивания рыб, так и при ловле рыб [1].

В связи с ростом населения повышается потребность в продуктах питания. В рыбной продукции содержится ряд полезных элементов и витаминов. Промышленное выращивание рыб будет расти. Данный рост обусловлен неблагоприятной экологической обстановкой, когда, вследствие различных технологических выбросов, с промышленных предприятий вредные вещества попадают в водоемы и отравляют в них рыбу. По этой причине для восстановления экологической обстановки необходимо разводить и выпускать рыб в очищенные после загрязнения водоемы. Кроме продовольственного и экологического факторов есть еще и эстетический фактор – разведение рыб в аквариумах оказывают положительное воздействие на психоэмоциональное состояние человека [2].

В работе [3] приведены результаты исследований влияния на рост, потребление пищи и развитие рыб в зависимости от интенсивности освещения, спектрального состава излучения (белый, красный, желтый, зеленый, синий) и фотопериодизма. Установлено, что наибольшее влияние на рыб оказывает излучение с зеленым, синим и красным спектральными составами, это связано с наличием в сетчатке пигментов 455 нм, 530 нм и 625 нм, но для каждого вида рыб характерны свои значения. В работе установлено, что низкая освещенность негативно влияет на развитие личинок и их дальнейший рост. Увеличение суточного периода освещения способствует повышению скорости роста больших видов рыб. В работе [4] приведены результаты исследований влияния спектров излучения красного (605 нм), желтого (546 нм), синего (470 нм) и белого (контрольный) на рост и реакцию на стресс жемчужного гурами *Trichopodus leeri* Bleeker. Установлено, что масса тела и коэффициент упитанности более высокие при облучении источником света желтого оптического спектра. Самые низкие показатели массы и скорости роста – при облучении источником света красного оптического спектра. Более низкий уровень кортизола содержался у рыб, подвергавшихся стрессу, облученных источником света желтого оптического спектра. В работе [5] приведены результаты эксперимента на молоди карпа и серебряного карася. Установлено, что скорость роста, по-

требление кислорода, потребление пищи и конвертирование пищи у рыб выше при круглосветном освещении, чем при отсутствии света. Установлено, что при освещении у рыб снизился расход кислорода на прирост единицы массы. В работе [6] приведены исследования влияния фотопериода на рост, развитие, питание и обмен веществ рыб. В условиях искусственного выращивания использование режимов регулирования фотопериода влияет на время превращения пестрятки в смолта, что важно для более раннего переноса лососевых в морскую воду. Воздействие длительных периодов освещения ускоряет половое созревание при достижении необходимого размера. Световой режим влияет на рост скелетных мышц. В работе [7] изучено влияние постоянной и переменной освещенности на мальков осетра. Скорость роста мальков повышалась при освещенности от 30 до 800 лк, дыхание становилось интенсивнее, потребление кислорода и корма увеличивалось, но при этом снижался кормовой коэффициент и расход кислорода на прирост. У мальков с переменной освещенностью с определенной амплитудой увеличивались темпы роста, расход кислорода снижался и усвоение пищи было лучше. В работе [8] приведены экспериментальные данные о влиянии абиотических факторов (температура, фотопериод) на эмбриогенез сига *Coregonus lavaretus*. Наблюдается ускорение темпов развития, начиная уже с этапа органогенеза, при условии повышения температуры и частоты светового влияния. С привлечением литературных сведений обсуждаются вероятные изменения темпа развития рыб под действием абиотических факторов среды. Сформулировано предположение о том, что нейропептиды играют одну из ведущих ролей и влияют на темпы развития и изменчивости рыб под действием температурного и светового факторов.

Известны технические решения по ловле рыбы с помощью источников света. Техническое решение [9] световой рыболовной приманки заключается в том, что она состоит из корпуса, лесы и крючка. В корпусе имеется полость, в которой установлен источник питания и источник света – светодиод. Техническое решение [10] универсальной световой приманки заключается в том, что она включает световой модуль, связанный с лесой вращающимся лепестком, поводок с грузом и рыболовным крючком, источник тока – светоизлучающий диод (или диоды) и электрическую цепь.

Исходя из вышесказанного, проведение исследований по воздействию света на рыб является актуальным.

Целью работы является исследование влияния монохроматического излучения светодиодов на поведение аквариумных рыб.

Для достижения поставленной цели следует решить следующие задачи:

- Выбрать полупроводниковые источники монохроматического излучения, измерить их светотехнические характеристики и рассчитать облученность для каждого цвета свечения.
- Облучить аквариумных рыб и проанализировать их поведение в зависимости от спектра облучения.

### **Материал и методы**

Для проведения исследований выбраны аквариумные рыбы Гуппи, они были размещены в три аквариума по 10 штук. Исследования проводились в нормальных климатических условиях при температуре воды  $(23 \pm 2)^\circ \text{C}$  и атмосферном давлении 740–760 мм рт. ст. в темном помещении.

Были выбраны светодиоды: красного цвета свечения с силой света 2 кд; желтого – 1,6 кд; зеленого – 2,5 кд; синего – 1,2 кд; фиолетового – 1,2 кд. С помощью спектроколориметра ТКА-ВД были измерены спектры излучения светодиодов (рисунок 1), и для каждого светодиода подобрано такое расстояние, чтобы обеспечить идентичные условия освещенности аквариума. Значения освещенности также были измерены с помощью спектроколориметра ТКА-ВД. На рисунке 1 представлен график спектров излучения светодиодов.



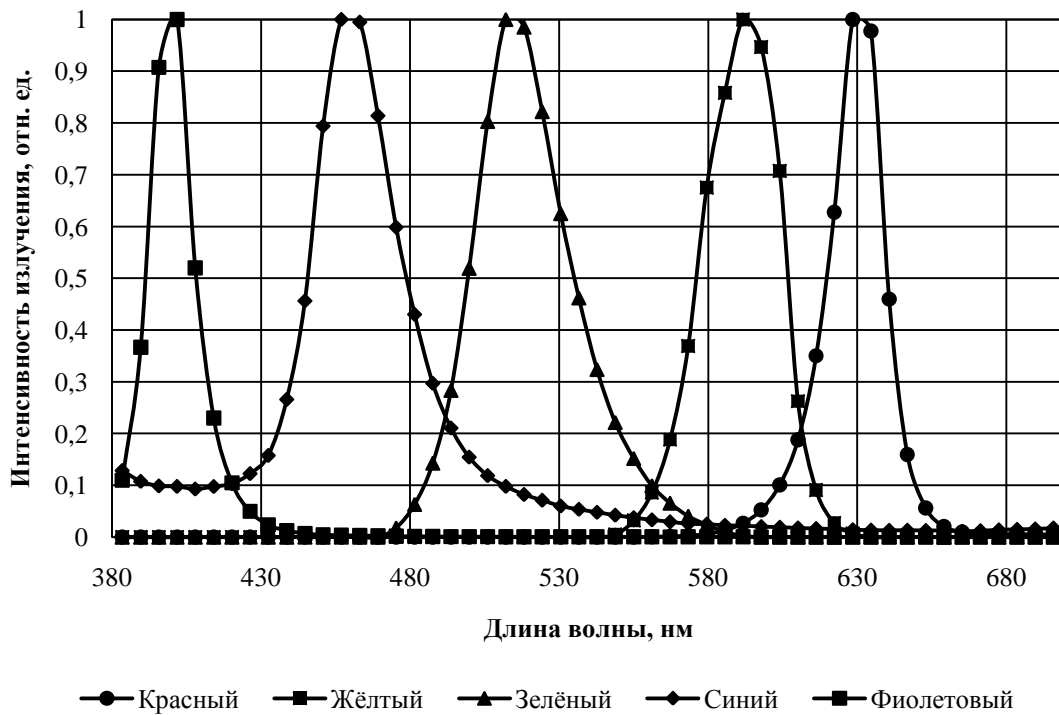


Рисунок 1. Спектры излучения светодиодов

Из рисунка 1 видно, что максимальные значения спектров излучения светодиодов составляют для красного цвета свечения 630 нм, желтого – 590 нм, зеленого – 510 нм, синего – 455 нм и фиолетового – 400 нм.

**Результаты и обсуждения**

По результатам исследований построена гистограмма, на которой показаны усредненные значения по трем экспериментам в процентном соотношении: сколько рыб направились к источнику света; сколько рыб проигнорировали источник света; сколько рыб направились в противоположную сторону от источника света. На рисунке 2 приведены результаты эксперимента.

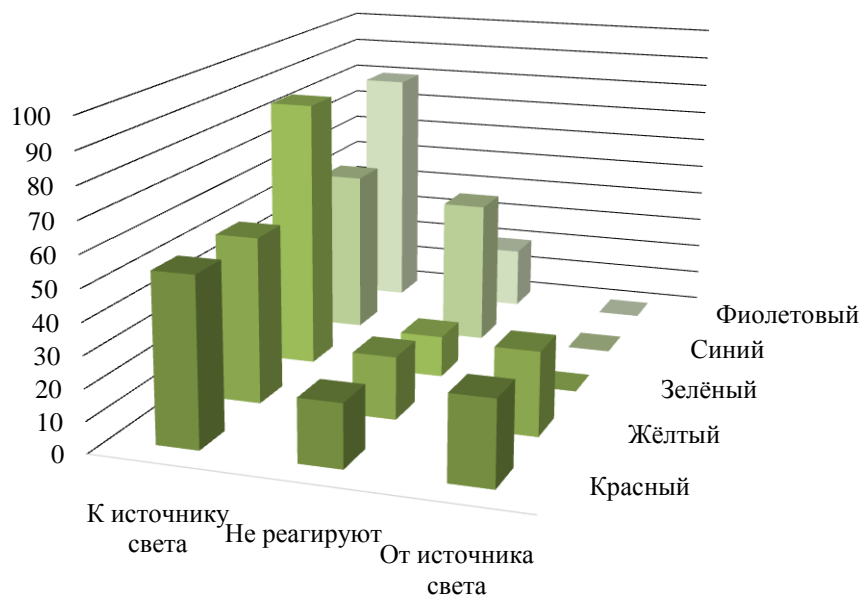


Рисунок 2. Гистограмма усредненных данных по результатам трех экспериментов

Из рисунка 2 видно, что рыбы Гуппи реагируют на свет, большинство из них направляются в сторону источника света. Особенно этот факт наблюдается для оптического спектра с длинами волн от зеленого до фиолетового диапазонов (510-400 нм). Из экспериментальных данных видно, что излучение в желтой и красной (630-590 нм) областях оптического спектра направляет часть рыб в противоположном направлении от источника света. Из анализа литературных данных, представленного выше, видно, что излучение в диапазоне оптического спектра красного цвета (605 нм) негативно влияет на рыб. Излучение в диапазоне оптического спектра желтого цвета (546 нм), наоборот оказывает положительный эффект на рост и развитие рыб. В проведенном эксперименте применялись светодиоды желтого цвета свечения с длиной волны (590 нм), это значение находится достаточно близко к значению (605 нм), что соответствует излучению красного цвета из обзора литературных данных. А светодиоды зеленого цвета свечения использовались в экспериментах с длиной волны излучения (510 нм), данное значение находится достаточно близко к желтому излучению из аналитического обзора (546 нм). Из рисунка 2 видно, что максимальное количество рыб во всех проведенных экспериментах направляется к источнику света (510 нм). Таким образом, исследования можно сопоставить с данными из аналитического обзора.

### Выводы

Проведен аналитический обзор научно-технических источников информации. Выбраны полупроводниковые источники монохроматического излучения и измерены их светотехнические характеристики. Проведены исследования воздействия на рыб излучения светодиодов в спектральных диапазонах красного, желтого, зеленого, синего и фиолетового цветов.

Установлено, что рыбы Гуппи реагируют на свет, большинство из них направляются в сторону источника света. Особенно этот факт наблюдается для оптического спектра с длинами волн от зеленого до фиолетового диапазонов (510–400) нм. Установлено, что излучение в желтой и красной (630–590) нм областях оптического спектра направляет часть рыб в противоположном направлении от источника света. Установлено, что максимальное количество рыб (80 %) во всех проведенных экспериментах направляется к источнику света (510) нм.

### Использованные источники:

1. Ручин А.Б. Влияние характеристик света на развитие, рост и физиолого-биохимические показатели рыб и амфибий: специальность 03.00.16: дис. ... доктора биол. наук. – Саранск, 2009. – 339 с.
2. Влияние аквариума на психологическое состояние человека. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nemo.by/vliyanie-akvariuma-na-psihologicheskoe-sostoyanie-cheloveka/> (дата обращения: 12.05.2021).
3. Власов В.А., Маслова Н.И., Пономарев С.В., Баканева Ю.М. Влияние света на рост и развитие рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 24-34.
4. Хейдарнеджад М.С. Фатоллахи М., Хошкам М. Влияние освещения различного цветового спектра на рост и реакцию на стресс жемчужного гурами *Trichopodus leeri* в лабораторных условиях // Вопросы ихтиологии. – 2017. – Т. 57. – № 6. – С. 736. – DOI 10.7868/S0042875217060054.
5. Ручин А.Б. Влияние фотопериода на энергетические показатели карповых рыб // Астраханский вестник экологического образования. – 2012. – № 4(22). – С. 144-150.
6. Шульгина Н.С., Чурова М.В., Немова Н.Н. Влияние фотопериода на рост и развитие лососевых // Журнал общей биологии. – 2021. – № 1. – С. 68-80.
7. Ручин А.Б. Влияние постоянной и переменной освещенности на рост, физиологические и гематологические показатели мальков сибирского осетра // Зоологический журнал. – 2008. – № 8. – С. 964-972.
8. Черняев Ж.А. Факторы и возможные механизмы, вызывающие изменения темпа эмбрионального развития костистых рыб // Вопросы ихтиологии. – 2007. – № 4. – С. 475-485с.
9. Патент на полезную модель № 30241 U1 Российская Федерация, МПК А01К 85/00. Световая рыболовная приманка: № 2002128842/20: заявл. 05.11.2002: опубл. 27.06.2003 / О.Н. Цырулев.
10. Патент № 2641530 С2 Российская Федерация, МПК А01К 85/01. Универсальная световая приманка: № 2016114818: заявл. 15.04.2016: опубл. 18.01.2018 / А.Е. Харанич, Л.Н. Волченкова.

УДК 636.082.474

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-175-177

*Дымков А.Б.<sup>1</sup>, Рехлецкая Е.К.<sup>1</sup>, Борисенко С.В.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>ФГБНУ «Омский АНЦ», <sup>2</sup>ФГБОУ ВО Омский ГАУ*

## АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАССЫ ЯЙЦА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ

В современном птицеводстве масса яиц имеет важное значение для их инкубационной и пищевой ценности. Моделирование массы яиц на основе измерения его геометрических размеров открывает возможность вести целенаправленную селекцию по этому признаку. Исследование зависимости массы яиц от их большого и малого диаметров выполнено на яйцах кур материнских форм ДУ 34 (яичный кросс «Декалб Уайт») и Росс 78 (мясной кросс «Росс 308»), индеек ХК34 (мясной кросс «Хайбрид Конвертер»), перепелов мясных пород тexasский белый, фараон и мясо-яичной породы омская. Рассчитанный коэффициент детерминации  $R$  приближается к единице, что свидетельствует о наличии плотной взаимосвязи между массой яйца и его диаметрами. Значение коэффициента детерминации ( $R$  квадрат) указывает, что построенная модель верна для 83–96 % случаев, что делает возможным использование в селекционном процессе уравнения множественной регрессии зависимости массы яйца от его большого и малого диаметров.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная птица, масса яйца, большой диаметр яйца, малый диаметр яйца, множественная регрессия.

Прогресс птицеводства неразрывно связан с использованием достижений биологической науки, с техническим вооружением отрасли. В процесс совершенствования птицы на современном этапе развития птицеводства вовлечены как количественные, так и качественные показатели яичной продуктивности кур, перечень которых диктуется рынком. При этом кроссы необходимо конструировать [3].

Масса яиц на 55 % обусловлена генетическими факторами и на 45 % – технологически. При современной культуре кормления и содержания высокопродуктивных пород и кроссов разных видов сельскохозяйственной птицы, технологические факторы нивелируются и птица реализует заложенный генетический потенциал. Поэтому селекционные методы работы с массой яйца являются приоритетными. Форма яйца несушки, как индивида, не зависит от условий кормления и содержания, и полностью контролируется ее наследственностью. В основе формул индекса формы яйца, площади скорлупы и объема яйца, лежат величины большого и малого диаметра яйца, являющиеся основными производными [5, 6, 8].

Масса яиц – один из основных признаков отличимости пород и кроссов сельскохозяйственной птицы. Вместе с тем масса яиц является первым внешним фактором, определяющим их биологическую и пищевую ценность [1, 2, 4, 7].

Целью исследования является изучение возможности использования в селекционном процессе моделирования массы яйца сельскохозяйственной птицы по его геометрическим размерам.

Новизна исследования заключается в научном обосновании возможности использования уравнения множественной регрессии для прогнозирования массы яйца птицы по величине его большого и малого диаметра.

**Материал и методика исследования.** Для исследования были взяты по 90 яиц кур материнских форм ДУ 34 (яичный кросс «Декалб Уайт») и Росс 78 (мясной кросс «Росс 308»), индеек ХК34 (мясной кросс «Хайбрид Конвертер»), перепелов мясных пород тexasский белый, фараон и мясо-яичной породы омская. Взятие промеров проведено в соответствии с методикой ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН по следующим показателям: большой диаметр яйца (БД), малый диаметр яйца (МД), масса яйца (МЯ). Анализ проводился с применением лабораторного оборудования: электронные весы HL-100, электронный штангенциркуль TOREX-150. Статистическая обработка проведена с применением пакета программ IBM SPSS Statistics v.23.0.

**Результаты исследования.** Анализ проведен на 90 яйцах каждого вида, породы сельскохозяйственной птицы (размер выборки  $N > 50$ ), что свидетельствует о выполнении условия для получения приемлемых результатов статистического анализа.

Межвидовые различия яиц по массе и геометрическим размерам чрезвычайно большие и достоверные ( $p < 0,001$ ). В пределах одного вида сельскохозяйственной птицы различия данных признаков значительно меньше (у кур – 5-8 %, у перепелов – 5-20 %) и обусловлены направлением продуктивности. Породы перепелов в большей степени различались между собой по массе яиц, большому и малому диаметру яйца, чем куры яичного и мясного кроссов. Индекс скорлупы в меньшей степени являлся видовой и породной характеристикой птицы. Отмечено, что индейки родительского стада ХК34 и перепела породы тexasский белый имели эллипсовидные яйца, в то время как яйца кур мясного и яичного кроссов приближались к шарообразной форме. У перепелов пород японская и омская яйца приближались к форме классической (таблица 1).

Таблица 1

Масса яйца и его геометрические размеры

Вид/порода/кросс	Масса яйца, г	Диаметр яйца, мм		Индекс скорлупы, %
		большой	малый	
ХК34 (мясной кросс индеек «Хайбрид Конвертер»)	95,8±0,41	69,5±0,23	50,2±0,09	72,25±0,30
Росс 78 (мясной кросс кур «Росс 308»)	60,0±0,27	56,5±0,15	44,6±0,08	77,94±0,26
ДУ 34 (яичный кросс кур «Декалб Уайт»)	55,5±0,68	57,7±0,23	42,3±0,19	77,37±0,16
Японская (перепела яичная порода)	12,8±0,11	34,7±0,19	25,8±0,10	74,37±0,54
Омская (перепела мясо-яичная порода)	13,5±0,08	35,1±0,08	26,6±0,05	75,83±0,38
Тexasский белый (перепела мясная порода)	15,3±0,10	37,2±0,11	27,3±0,08	73,50±0,38

Рассчитанный по алгоритму статистического пакета значения коэффициента детерминации  $R$  приближаются к единице, что свидетельствует о наличии плотной взаимосвязи между массой яйца и его диаметрами. У всех видов и пород птицы масса яйца в большей степени связана с малым его диаметром, чем с большим. Об этом свидетельствуют полученные коэффициенты корреляции  $r$  ( $r_{\text{мя/бд}}$ ,  $r_{\text{мя/мд}}$ ). Наиболее тесная корреляционная связь малого диаметра яйца и массы яйца выявлена у кур мясного и яичного кроссов, наименьшая – у индеек. Большой диаметр яйца теснее связан с массой яйца у кур яичного кросса и перепелов мясной породы тexasский белый. Менее тесная связь этих показателей выявлена у индеек и кур мясного кросса. Значение коэффициента детерминации ( $R$  квадрат) указывает, что построенная модель зависимости массы яйца сельскохозяйственной птицы от его диаметров верна для 83÷96 % случаев обработанной выборки (таблица 2).

Таблица 2

Связь массы яйца с его большим и малым диаметрами

Вид/порода/кросс	$r_{\text{мя/бд}}$	$r_{\text{мя/мд}}$	$R$	$R$ квадрат
ХК34 (мясной кросс индеек «Хайбрид Конвертер»)	0,522**	0,714**	0,959	0,920
Росс 78 (мясной кросс кур «Росс 308»)	0,514**	0,772**	0,911	0,829
ДУ 34 (яичный кросс кур «Декалб Уайт»)	0,955**	0,988**	0,955	0,990
Японская (перепела яичная порода)	0,498**	0,691**	0,888	0,788
Омская (перепела мясо-яичная порода)	0,741**	0,885**	0,980	0,960
Тexasский белый (перепела мясная порода)	0,713**	0,873**	0,964	0,893

На основе рассчитанных коэффициентов составлены уравнения множественной регрессионной модели. Межвидовые различия птиц отразились на математической модели массы яиц. С увеличением на 1 мм большого диаметра яйца у индеек масса яйца возрастает на 1,148 г, с увеличением на 1 мм малого диаметра яйца – на 3,477 г. У кур мясного и яичного кроссов с увеличением большого диаметра яйца на 1 мм его масса увеличивается, соответственно, на 0,856 г и 1,149 г, с увеличением малого – увеличивается на 2,240 г и 2,249 г, соответственно. У перепелов данные изменения менее выражены. С увеличением большого диаметра яйца перепела его масса у породы японская возрастает на 0,320 г, у породы омская – на 0,357 г, у тexasской белой – на 0,383 г; с увеличением на 1 мм малого диаметра яйца соответственно – на 0,813 г, 0,953 г и 1,037 г. Таким образом, у всех представленных в данном исследовании видов и пород сельскохозяйственной птицы увеличение малого диаметра яйца на 1 мм по сравнению с аналогичным увеличением большого диаметра в большей степени приводит к повышению массы яйца.

Также, постоянный показатель «константа» у индеек и кур мясного и яичного кросса составил  $89,92 \div 158,030$ , это существенная величина. Это говорит о том, что для этих видов птицы есть еще значительные факторы, оказывающие влияние на массу яиц. Для пород перепелов «константа» была незначительной. То есть для массы яйца перепелов основными показателями являются его геометрические размеры.

Значение показателя Значимость для всех коэффициентов составило 0,000, что меньше 0,5. Следовательно, построенные регрессионные модели можно использовать для всех представленных видов и пород сельскохозяйственной птицы.

Таблица 3

Уравнения регрессии взаимосвязи массы яйца с его большим и малым диаметром

Вид/порода/кросс	Уравнение
ХК34 (мясной кросс индеек «Хайбрид Конвертер»)	$МЯ=1,148ДБ+3,477ДМ-158,030$
Росс 78 (мясной кросс кур «Росс 308»)	$МЯ=0,886ДБ+2,240ДМ-89,92$
ДУ 34 (яичный кросс «Декалб Уайт»)	$МЯ=1,149ДБ+2,249ДМ-102,495$
Японская (перепела яичная порода)	$МЯ=0,320ДБ+0,813ДМ-19,357$
Омская (перепела мясо-яичная порода)	$МЯ=0,357ДБ+0,953ДМ-22,006$
Техасский белый (перепела мясная порода)	$МЯ=0,383ДБ+1,037ДМ-27,354$

**Выводы.** Представленные регрессионные модели массы яиц сельскохозяйственной птицы можно использовать в селекционном процессе при отборе птицы на повышение массы яиц или ее стабилизации на определенном уровне. Хотя, вероятность ошибки при этом остается существенной для индеек и кур мясного и яичного кроссов. С целью минимизации ошибки необходимо, вероятно, включить дополнительно признаки.

#### Использованные источники:

- Алиханов Д., Шыныбай Ж., Молдажанов А., Яцевич А. Система технического зрения для технологической линии разделения инкубационных яиц по размерам и форме // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 3 (16). – С. 11-14.
- Брезгинова Т.И., Якименко Н.Н., Пономарев В.А., Клетикова Л.В., Морозов И.А., Иванова А.А., Никишина М.А., Хренова М.Д. Морфологическая характеристика яиц, полученных от разных пород кур // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2018. – № 2-3 (34). – С. 148-152.
- Гальперн И.Л. Новые принципы создания отечественных кроссов кур // Птицеводство. – 2002. – № 1. – С. 10-14.
- Горелик Л.Ш., Дерхо М.А., Харлап С.Ю., Горелик О.В., Лоретц О.Г. Анализ взаимосвязей между морфологическими показателями пищевых яиц // Аграрный вестник Урала. – 2018. – № 8 (175). – С. 24-29.
- Коваленко А.Т. Повышение качества яиц селекционными и технологическими приемами // Птицефабрика. – 2006. – № 4. – С. 40–46.
- Сергеева А.М. Контроль качества яиц. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 72 с.
- Хвостик В.П. Улучшение продуктивных признаков мясо-яичных кур отечественной селекции с использованием птицы импортного генетического материала // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 2. – С. 118-123.
- Царенко П.П. Повышение качества продукции птицеводства: пищевые и инкубационные яйца. – Л.: Агропромиздат. – 1988. – 240 с.

УДК 681.2:615.47

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-178-180

*Елкин О.В., Морозов В.Б., Рихтер В.А., Минеев В.В.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

## **РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ИМПЕДАНСМЕТРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

В статье предложено техническое решение многочастотного измерителя параметров электрического импеданса на основе прецизионного конвертора импеданса AD5933 фирмы ANALOG DEVICES. Техническое решение может быть использовано при разработке портативных приборов для диагностики биологических объектов.

**Ключевые слова:** импеданс, параметры импеданса, биоимпедансная диагностика, конвертер импеданса AD5933, импедансная спектроскопия.

Благодаря наличию электрических зарядов (ионов) в клеточной и межклеточной жидкостях, растительная ткань является проводником электрического тока, а, значит, обладает активным сопротивлением [1]. Известно также, что все важнейшие проявления жизнедеятельности растительной клетки связаны с мембранами и изменением их проницаемости, то есть со свойствами электрической емкости растительной ткани [1]. Это значит, что параметры полного электрического сопротивления растений (биоимпеданса) характеризуют состояние физиологии и патологии растений. На этом основан метод электрической импедансной спектроскопии (EIS) для диагностики биологических объектов, при этом импеданс измеряется в зависимости от частоты приложенного переменного напряжения [2]. Метод EIS используется в способах диагностики и отбраковки зеленых черенков, потенциально непригодных для укоренения [3, 4], в способе определения съемной спелости ягод [5], в способе обнаружения грибных болезней земляники садовой [6], разработанных в СибФТИ СФНЦА РАН. Метод EIS позволяет также с помощью эквивалентных электрических схем получать электрические параметры клеточной структуры: характеристическую частоту, электрические емкость и сопротивление, которые на практике могут быть использованы для оценки состояния физиологии и патологии растений [7]. Для реализации способов в полевых условиях задача создания портативных измерителей параметров импеданса с функциями вычисления диагностических показателей является актуальной.

Для решения поставленной задачи в настоящее время в СибФТИ СФНЦА РАН на этапе выполнения НИР разработано техническое решение многочастотного измерителя параметров электрического импеданса на основе микросхемы прецизионного конвертора импеданса AD5933 фирмы ANALOG DEVICES [8,9]. Структурная схема измерителя импеданса приведена на рисунке 1.

В измерителе импеданса применена готовая плата оценочного модуля EVAL-AD5933, содержащая микросхему AD5933 и средства аналоговой обработки сигналов от объекта диагностики и калибровочного резистора R1. Оценочный модуль EVAL-AD5933 укомплектован также программным обеспечением (ПО) для персонального компьютера (ПК). Для сбора данных по множеству образцов и накопления результатов применена сегнетоэлектрическая память. В отличие от памяти на EEPROM, имеющей весьма ограниченный ресурс по количеству записей/считывания, сегнетоэлектрическая память работает на максимальной скорости интерфейса, то есть без задержки, и имеет ресурс по количеству циклов записей/считывания на 7 порядков больше. В [10] приводятся данные о гарантированном ресурсе по количеству циклов записи не менее  $10^{12}$  циклов и сроке хранения записанных данных около 38 лет. Измеритель импеданса работает в результате исполнения программы, загруженной в память микроконтроллера PIC16F876A. Укрупненная блок-схема алгоритма программы для 10 фиксированных частот гармонического воздействия приведена на рисунке 2.

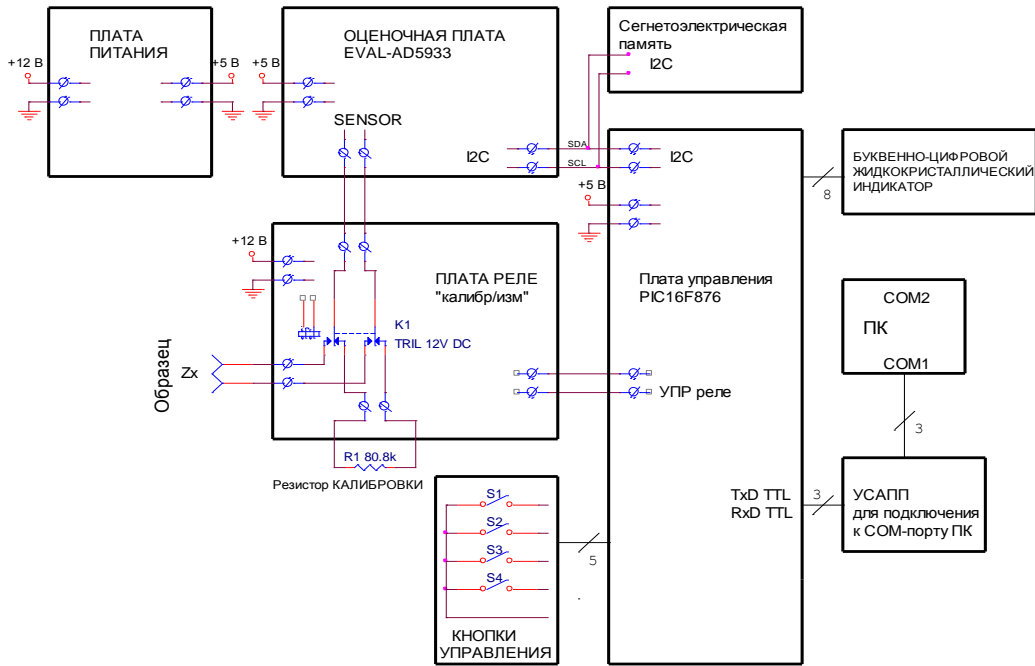


Рисунок 1. Структурная схема измерителя импеданса

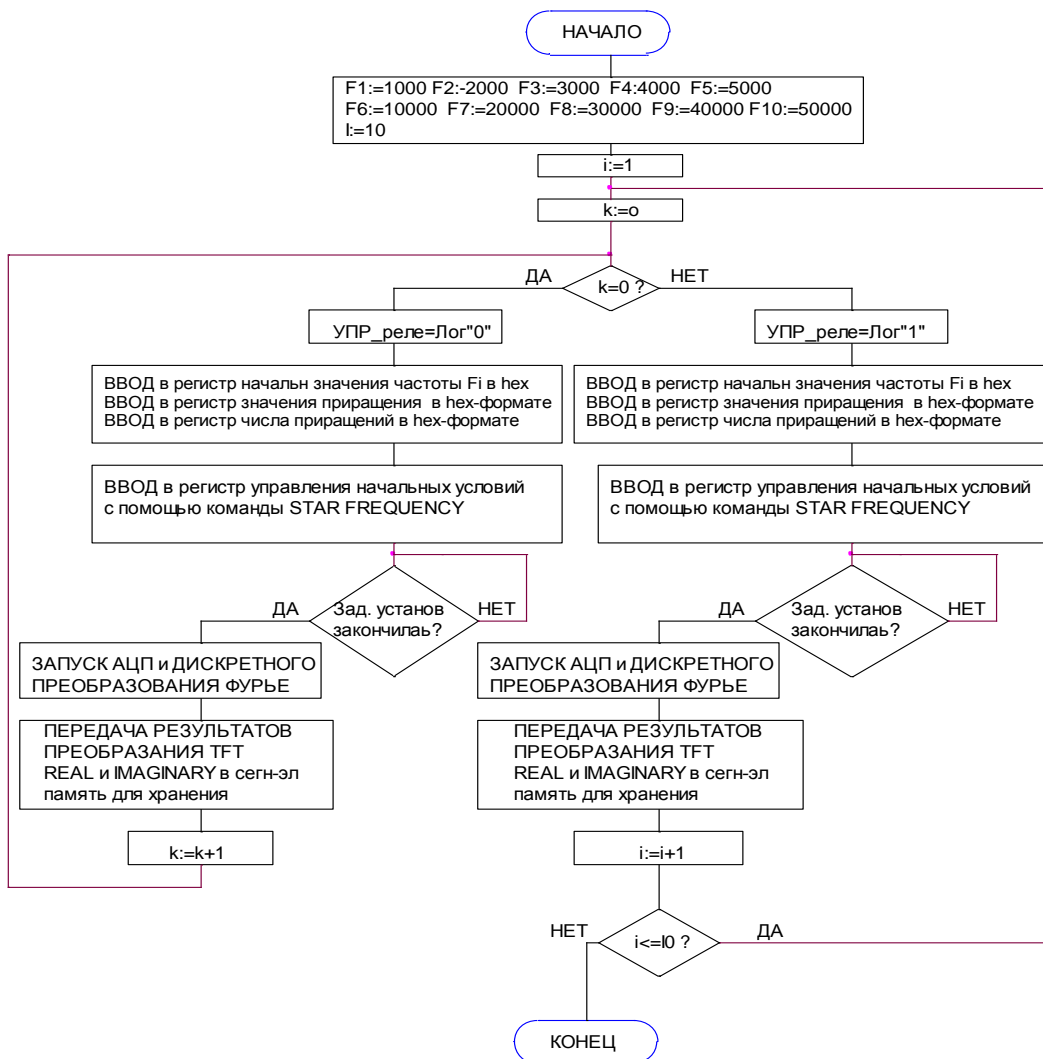


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма программы микроконтроллера



Программа микроконтроллера выполняет следующие функции:

а) управление конвертором импеданса AD5933 по интерфейсу I2C. Для этого все значения ввода заранее подготавливаются в hex-формате, например, с помощью калькулятора, или, что удобно, в пакете MATCAD. Процедура загрузки регистров выполняется согласно правилам, указанным в паспортных данных AD5933 [8];

б) сохранение результатов дискретного преобразования Фурье REAL и IMAGINARY калибровки и измерения в сегнетоэлектрической памяти по каждому образцу;

в) передача накопленных данных калибровки и измерения по последовательному интерфейсу RS232C в COM-порт ПК.

Порядок работы с измерителем импеданса заключается в следующем. Диагностируемый образец подключается оператором к входу прибора с помощью электродов. Процесс калибровки и измерения последовательно на 10 фиксированных частотах  $F_i$  запускается нажатием соответствующей кнопки управления S. Полученные значения калибровочного резистора R1 и параметры импеданса диагностируемого образца для каждой из 10 фиксированных частот возбуждения участка растительной ткани между электродами (активное и реактивное сопротивление, угол сдвига фаз) сохраняются в сегнетоэлектрической памяти и могут быть выведены на экран буквенно-цифрового жидкокристаллического индикатора для контроля. Для последующей обработки данных прибор подключается кабелем к COM-порту ПК. Под управлением виртуального прибора, реализованного в демоверсии LabVIEW 8, производится расчет коэффициента усиления сигнального тракта конвертора импеданса AD5933, обработка данных измерения и сохранение их в том же порядке по образцам в формате, удобном для открытия в пакете EXEL. Обработка данных заключается в получении диагностических параметров, например, коэффициента дисперсии при реализации способов [3, 4, 5], характеристической частоты в способах [6, 7], при которой реактивное (емкостное) сопротивление имеет максимум, значений сопротивления межклеточной жидкости и емкости клеточных мембран при использовании метода эквивалентных электрических схем [7].

Предложенное техническое решение может быть использовано в качестве базового для реализации различных способов биоимпедансной диагностики различных биологических объектов.

#### Использованные источники:

1. Гираев М.А. Частотный спектр импеданса биотканей растительного происхождения // Вестник Дагестанского государственного университета. – 2015. – Т. 30. – Вып. 6. – С. 50-55.
2. Named K.B., Zorrig W., Hamzaoui A.H. Electrical impedance spectroscopy: A tool to investigate the responses of one halophyte to different growth and stress conditions // Computers and Electronics in Agriculture. – 2016. – Vol. 123. – P. 376–383.
3. Патент РФ № 2595850, МПК G01N 33/00. Способ диагностики срезанных зеленых черенков для прогнозирования их укореняемости / В.В. Минеев, А.Ф. Алейников, В.А. Золотарев, О.В. Елкин. – Заявка № 2015126192/13; Заявлено 30.06.2015; Оpubл. 27.08.2016. Бюл. № 24.
4. Патент РФ № 2708890, МПК G01N 33/00. Способ отбраковки зеленых черенков, потенциально непригодных для укоренения / В.В. Минеев, А.Ф. Алейников, О.В. Елкин. – Заявка № 2018136449; Заявлено 15.10.2018; Оpubл. 12.12.2019. Бюл. № 35.
5. Алейников А.Ф., Минеев В.В. Метод определения зрелости ягод без их разрушения // Сиб.вост. с.х. науки. – 2018. – Том 48. – №2. – С 72-80.
6. Патент РФ № 2714324, МПК A01G 7/00, G01N 27/00. Способ обнаружения грибных болезней земляники / А.Ф. Алейников, В.В. Минеев. – Заявка № 2019120719; Заявлено 01.07.2019; Оpubл. 14.02.2020. Бюл. № 5.
7. Голев И.М., Санин В.М., Титов С.А., Коротков Л.Н. Электрическая эквивалентная схема биологических объектов растительного происхождения. – Вестник ВГТУ, 2013. – Т. 9. – №4. – С. 26-29.
8. Datasheet 1 MSPS, 12-Bit Impedance Converter, Network Analyzer AD5933. ©2005–2017 Analog Devices.
9. Circuit Note CN-0217 High Accuracy Impedance Measurements Using 12-Bit Impedance Converters. ©2005–2017 Analog Devices.
10. Datasheet FM24C64 64 Kb Serial 5V F-RAM Memory //www.ramtron.com.

УДК 556.531.01

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-181-183

*Живетина А.В., Дерхо М.А.,  
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, Челябинская обл., г. Троицк*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Дана оценка качества воды Южноуральского водохранилища Челябинской области во взаимосвязи с уровнем ее химических параметров при помощи метода главных компонент. Установлено, что изменчивость гидрохимического состава воды обусловлена главным компонентом 1, который на 71,40 % определяет общую дисперсию показателей. Изменчивость уровня марганца, свинца, цинка и никеля сопряжена с антропогенным источником.

**Ключевые слова:** вода, гидрохимические показатели, метод главных компонент.

Качество воды в поверхностных водных источниках определяется взаимодействием множества переменных. Тем не менее, общепринятыми в статистическом анализе методом оценки ее качества и безопасности является сравнение экспериментальных данных или с нормативными значениями. Кроме этого, при оценке качества воды, преимущественно используется одномерный статистический анализ, который не учитывает взаимодействия между переменными, не обнаруживаемые в отдельных переменных [1].

В последние годы при обработке экспериментальных (опытных) данных широко используются методы многомерного статистического анализа. Среди их спектра преобладают те, которые связаны с сопоставлением или прогнозированием количественных переменных (метод главных компонент, факторный и кластерный анализ и т. д.). При их помощи можно найти линейные комбинации нескольких переменных и объяснить вариацию полученных данных во взаимосвязи с конкретными факторами. Так метод анализа главных компонент (РСА) основан на нахождении линейных комбинаций переменных, объясняющих изменчивость данных за счет уменьшения количества отдельных переменных («уменьшение размерности») [2, 3, 4]. Каждый компонент имеет «собственные значения». Они представляют собой линейные комбинации исходных переменных, каждая из которых имеет свой коэффициент или «собственный вектор». Он указывает «направление» изменений данной переменной для каждого компонента [4].

Анализ химического состава воды с помощью техники РСА позволит выявить ведущие факторы формирования и поддержания ее качества и экологической безопасности, что позволит прогнозировать пути ее использования для различных целей.

В связи с этим целью нашей работы явилась оценка качества воды Южноуральского водохранилища Челябинской области во взаимосвязи с уровнем ее химических параметров при помощи метода главных компонент.

**Материалы и методы.** Южноуральское водохранилище относится к озерному типу, имеет полезный объем 61,7 млн. м<sup>3</sup>. Вода из водохранилища используется для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения [3].

Качество воды в водохранилище оценивали по результатам исследования ее проб в весенний (апрель), летний (июль) и осенний (сентябрь) периоды года в 2019 и 2020 годах. Лабораторные анализы проведены в условиях ООО «Троицкий водоканал водоснабжение» (г. Троицк, Челябинская область). При этом использовались стандартные аналитические методы (ГОСТ, ПНД Ф).

Результаты лабораторных исследований статистически обработали при помощи неограниченной техники анализа главных компонент. Количество необходимых и достаточных факторов определялось при помощи критерия Кэттелла [5]. Для выявления статистической значимости вклада конкретных переменных в главную компоненту использовали значения

коэффициентов корреляции Пирсона между показателем и его нагрузкой на главную компоненту. Из полученных данных формировали статистическую матрицу, отражающую взаимосвязь переменных в главной компоненте. Расчеты выполнены в пакете *vegan* (version 2.5-7 [6]) для программно-статистической среды *R* (version 4.0.3 [7]). Уровень статистической значимости был равен  $P \leq 0,05$ .

**Результаты исследований.** При анализе химического состава воды из Южноуральского водохранилища было выявлено, что большинство ее параметров соответствует нормативным требованиям [8]. Однако их уровень резко возрастал в весенний период года за счет попадания в водный объект стоков с территории водосбора, и уменьшался в летний и осенний. Особенно резко увеличивалась концентрация марганца, свинца, цинка и никеля. В то же время уровень железа и меди постоянно превышал нормативные требования в пробах воды во все периоды года от 2,0 до 45,0 раз, отражая наличие постоянных источников-загрязнителей. Для всех гидрохимических показателей воды была характерна общая тенденция: их уровень возрастал от верховой части к приплотинной. При этом сезонные различия были статистически значимыми для всех определенных нами параметров.

Основываясь на том, что качество воды определяется совокупным воздействием большого количества факторов, мы попытались выявить среди них приоритетные, то есть значимо влияющие на формирование качества воды, используя метод главных компонент.

При построении графической «факториальной осыпи Кэттела» было установлено, что полная изменчивость гидрохимического состава воды сопряжена с 17 факторами, среди которых приоритетными являются два, собственные значения которых превысили единицу. Они объясняли в совокупности 86,20 % дисперсии химических параметров воды. При этом на первый главный компонент приходилось 71,40 % общей вариабельности параметров.

Таблица 1

Факторные нагрузки на главный компонент 1

Параметры воды	Главный компонент 1	
	Нагрузка	<i>P</i>
рН	-0,86	<0,001
гидрокарбонаты	-0,83	<0,001
хлориды	0,94	<0,001
сульфаты	0,91	<0,001
фториды	0,86	<0,001
кальций	-0,72	0,001
магний	-0,78	<0,001
натрий	-0,70	0,001
калий	-0,76	<0,001
алюминий	0,84	<0,001
железо	0,91	<0,001
хром VI	0,89	<0,001
цинк	0,88	<0,001
кадмий	0,97	<0,001
свинец	0,85	<0,001
медь	0,88	<0,001
марганец	0,77	<0,001
никель	0,83	<0,001
Объясняемая дисперсия, %	71,4	
<i>P</i>	<0,001	

Поэтому в своей работе мы привели факторные нагрузки на главный компонент 1. Как видно из таблицы 1 все конкретные переменные (химические показатели воды) дали

на него статистически достоверные ( $P < 0,001$ ) и сильные факторные нагрузки. Считаем, что главный компонент 1 отражает зависимость гидрохимических показателей воды в Южноуральском водохранилище от сезона года, который наиболее сильно влиял на вариабельность конкретных переменных. При этом такие показатели, как рН, гидрокарбонаты, калий, натрий, кальций, магний, сульфаты, хлориды, фториды, алюминий, медь, цинк, железо, поддерживали свой уровень в воде водохранилища за счет источников природного происхождения. Поэтому они были наиболее сильно подвержены сезонной вариабельности. В то же время уровень марганца, свинца, цинка и никеля в водном источнике связан с их антропогенным поступлением, то есть источником данных металлов являются конкретные постоянные предприятия-загрязнители. Поэтому их концентрация мало зависела от сезона года, точки взятия проб, года исследований.

Таким образом, изменчивость гидрохимического состава воды Южноуральского водохранилища, оцененная при помощи метода главных компонент, обусловлена влиянием главной компоненты 1, которая на 71,40 % определяет общую дисперсию показателей. Изменчивость уровня марганца, свинца, цинка и никеля в пробах воды сопряжена с антропогенными источниками.

#### Использованные источники:

1. Smith P.F. On the Application of Multivariate Statistical and Data Mining Analyses to Data in Neuroscience // J. Undergrad Neurosci Educ. – 2018. – Vol. 16(2). – P. 20–32.
2. Jolliffe I.T. Principal component analysis. New York: Springer; 2004. 400 p.
3. Живетина А.В., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г., Нохрин Д.Ю. Оценка экологического состояния воды в водохранилище озерного типа // Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – № 3 (63). – С. 15-24.
4. Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г., Живетина А.В. Структура изменчивости гидрохимического состава воды в водохранилище озерного типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 117-133.
5. Jackson D. A. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches // Ecology. – 1993. – Vol. 74. – № 8. – P. 2204–2214.
6. Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P. et al. Package 'vegan', *Community Ecology Package*, 2.5-7 (2020). URL: <https://github.com/vegandevs/vegan> (Accessed Mart 10, 2021).
7. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Austria, Vienna: R Foundation for Statistical Computing (2016). URL: <https://www.R-project.org> (Accessed Mart 08, 2021)
8. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 15.09.2021).

УДК 631.51:632.931.1

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-183-187

Киреев И.М.<sup>1</sup>, Коваль З.М.<sup>1</sup>, Зимин Ф.А.<sup>1</sup>, Марченко В.О.<sup>1</sup>, Данилов М.В.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), г. Новокубанск  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ»

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТРАНСПОРТИРОВАНИЮ КАПЕЛЬ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ КРАЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЛЯ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по дисперсности капель, их размеру и числу в воздушно-капельной системе, создаваемой техническим средством, оснащенным четырьмя щелевыми соплами (тип – LU-04. AD – 04; код цвета красный) для краевой обработки поля при уничтожении сорняков и защиты от вредителей растениеводческой продукции, зимующих в полезащитных лесополосах. Для решения существующей проблемы экспериментально получены показатели полидисперсной системы, позволяющие одновременно уничтожать сорную растительность, расположенную в непосредственной близости основания полезащитных лесополос, и вредителей, зимующих в них.

**Ключевые слова:** капли, диаметр, размер, число, доля капель, дисперсность.

**Постановка проблемы.** При производстве растениеводческой продукции и получения максимальной урожайности современные сельскохозяйственные предприятия не могут рассчитывать на стабильную прибыльную работу, если не обеспечивается надежная и эффективная защита возделываемых культур от сорняков и вредителей. Такая роль защиты растений возрастает, так как одновременно с созданием более благоприятных условий для роста растений создаются и лучшие условия для развития сорной растительности и размножения вредных организмов [1-3]. Из-за них можно потерять до 70 % урожая, а то и практически весь. Наиболее опасными вредителями являются крестоцветные блошки, рапсовый цветоед, скрытнохоботники, рапсовый пилильщик и др. Даже при химзащите урожай от повреждения блошками может снизиться в два раза. При массовом появлении вредителя проводят краевые химические обработки, которых может потребоваться много, особенно в период массового лета вредителя. В это время и надо применять краевые обработки, ведь фактически «накрывать» цветоеда необходимо пять – семь раз, что сильно удорожает возделывание, да и угнетает культуру, а также полезную энтомофауну. Без решения проблем защиты растений нельзя серьезно рассматривать задачи повышения эффективности стабильности сельскохозяйственного производства [1-3].

В настоящее время отсутствуют специализированные технические средства для краевой обработки поля. Применение вентиляторов, генераторов и авиационных средств в отсутствии научно обоснованной технологии опасно и нерентабельно. При краевой обработке поля штанговыми опрыскивателями примыкающий к лесозащитной полосе участок шириной 5-6 м по причине техники безопасности не обрабатывается. Не обрабатываются основание лесополосы и технологические проходы с сорной растительностью, семена которой скоростным потоком переносятся на поле.

**Цель исследования** – транспортирование капель щелевых распылителей жидкости воздушным потоком струи для технологии краевой обработки поля.

**Материалы и методы исследования.** Для реализации поставленной цели применялось техническое средство [4] в составе навесного штангового опрыскивателя, включающее осевой вентилятор с гидравлическим мотором. К корпусу вентилятора присоединено коническое сопло. По образующей сопла установлены 4 кронштейна для крепления корпусов щелевых распылителей [5] с направлением факелов распыла жидкости под небольшим углом к воздушному потоку, выходящего из сопла. Вращение вентилятора гидравлическим мотором обеспечивалось по шлангам высоким давлением гидросистемой трактора МТЗ-80, а подача рабочей жидкости к распылителям – из емкости по шлангам к распределителю жидкости с датчиком давления насосом, работающим от вала отбора мощности трактора. Общий вид технического средства показан на рисунке 1.



Рисунок 1. Общий вид технического средства с устройством для краевой обработки поля



С применением технического средства были проведены исследования [6] по транспортированию капель, создаваемых распылителями с соплами типа - 04 [5] при давлении жидкости 4 Бар, воздушным потоком струи со скоростью 33 м/с. В качестве объекта исследований применялась вода, подкрашенная краской для принтера, в соотношении 9/1. В опытах скорость движения технического средства 7,2 км/ч определялась секундомером по времени прохождения расстояния 60 метров. В перпендикулярном движению технического средства направлении на площадке раскладывались планшеты для закрепления предметных карточек 5×7 см из фотографической бумаги на расстоянии 60 см. Кроме этого, с промежутками 5 м устанавливались стойки с планшетами для крепления карточек. Высота от основания до карточек составила 65 см, 115 см и 172 см. Расстояние 5 м от сопла устройства с распылителями до начала расположения карточек измерялось рулеткой (Рисунок 2, вид а). Расположение планшетов с пронумерованными карточками на площадке показано на рисунке 2, вид б).



а)



б)

Рисунок 2. Расположение планшетов с предметными карточками на площадке для получения информационных данных по дисперсности капель, создаваемых режимом технического средства для технологии краевой обработки поля по уничтожению сорняков и вредителей культурных растений

Техническое средство при установившемся режиме его функционирования приведено на рисунке 3



Рисунок 3. Техническое средство при установившемся режиме его функционирования

После проведения опыта по опрыскиванию карточек пронумерованные карточки собирались, сканировались и программно обрабатывались для получения информационных сведений о классовых размерах капель.

### Результаты исследования и обсуждение

В таблицах 1 и 2 приведены результаты транспортирования и осаждения на предметных карточках классовых размеров капель для краевой обработки поля.

В таблице 1 приведены данные по дальности осаждения классовых размеров капель на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения.

Таблица 1

Классовые размеры капель, осажденные на поверхности из воздушно-капельной системы в направлении ее распространения

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне-взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см <sup>2</sup>
	< 150	От 150 до 300	> 300		< 150	От 150 до 300	> 300	< 150	От 150 до 300	> 300		
1	77,702	212,549	1183,105	574,471	1411	782	1516	38,0	21,1	40,9	22,577	105,972
2	78,276	211,036	1159,79	575,414	1308	739,5	1551	36,4	20,6	43,1	22,383	102,80
3	77,445	210,06	1159,619	600,184	1284,5	675,5	1650	35,6	18,7	45,7	23,62	103,143
4	77,491	212,758	1252,177	668,778	1243	666	1775	33,7	18,1	48,2	26,59	105,243
5	76,712	210,766	852,104	357,150	1542	712	1079	46,3	21,4	32,4	13,101	95,2285
6	76,146	208,674	731,490	279,292	1399	653	738	50,1	23,4	26,5	8,724	79,715
7	75,149	205,8	717,047	279,689	1299,5	559	783,5	49,2	21,2	29,7	8,683	75,486
8	69,379	206,459	566,855	162,850	1317	490,5	328,5	61,7	23,0	15,4	4,324	61,029
9	64,290	204,591	433,699	96,803	927,5	239,5	65	75,3	19,4	5,3	1,874	35,2
10	61,017	100,898	182,2405	76,247	593	113,5	14	82,3	15,8	1,9	1,108	20,615
11	55,043	94,139	0	58,425	183	9,5	1	94,6	4,9	0,5	0,463	5,543
12	57,661	78,5	0	61,894	57	4	0	93,4	6,6	0	0,347	1,729
13	53,032	0	0	53,032	38,5	0,5	0	98,7	1,3	0	0,327	1,10
14	35,824	0	0	35,824	13,5	0	0	100	0	0	0,302	0,357
15	64,553	0	0	62,009	12,5	0	0	100	0	0	0,306	0,372
16	31,034	0	0	31,034	7,5	0	0	100	0	0	0,298	0,186
17	44,28	0	0	44,280	12	0	0	100	0	0	0,301	0,315
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



В таблице 2 приведены данные по осаджению классовых размеров капель из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения.

Таблица 2

Классовые размеры капель, осажденные из воздушно-капельной системы на карточках по высоте их расположения в направлении ее распространения

№	Средний диаметр капли, мкм			Средне-взвешенный, мкм	Количество капель по диапазонам			Процентное соотношение капель			Доля покрытия, %	Среднее число капель на 1 см <sup>2</sup>
	< 150	От 150 до 300	> 300		< 150	От 150 до 300	> 300	< 150	От 150 до 300	> 300		
37	72,076	210,913	917,864	360,553	650	208	392	52	16,6	31,4	5,138	35,714
38	75,928	213,012	1267,616	638,65	1089	513	1320	37,3	17,6	45,2	20,348	83,486
39	75,492	210,127	1584,334	820,711	1137	598	1586	34,2	18	47,8	29,533	94,886
40	44,617	0	0	44,617	49	0	0	100	0	0	0,334	1,371
41	48,947	0	0	48,947	21	0	0	100	0	0	0,318	0,571
42	38,8	0	0	38,8	12	0	0	100	0	0	0,302	0,314
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Приведенные в таблицах 1 и 2 показатели по дисперсности капель и дальности их транспортирования свидетельствуют о перспективности исследований по уничтожению сорняков и при борьбе с вредителями для технологии краевой обработки полей при движении технического средства от лесозащитной полосы на расстоянии 5-10 м.

**Вывод.** Таким образом, важным является то, что мелкие капли транспортируются дальше, воздействуя на вредителей, а крупные оседают ближе, уничтожая сорную растительность для эффективной обработки полей лесозащитных лесных насаждений при производстве растениеводческой продукции.

#### Использованные источники:

1. Фролов А.Н. Динамика численности и прогноз массовых размножений вредных насекомых: исторический экскурс и пути развития. Аналитический обзор. // Вестник защиты растений. 2017, – № 4 (94). – С. 5-21.
2. Рапсодия для агрария. Почему сельхозпроизводители не хотят сеять рапс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/32771-rapsodiya-dlya-agrariya/> – (дата обращения: 26.07.2021).
3. Черкашин В.Н., Малыхин В.А., Кривоносова О.Н. Защита полевых культур от вредителей, болезней и сорняков // Земледелие, 2012, – № 3. – С. 28-30.
4. Киреев И.М., Данилов М.В., Коваль З.М., Высочкина Л.И., Марченко В.О. Способ краевой обработки поля для уничтожения сорняков и вредителей, зимующих в лесозащитных полосах // Вестник АПК Ставрополья. – 2020. – № 4 (40). – С. 4-9.
5. Каталог TeeJet Technologies 50A-RU // TeeJet Technologies [Электронный ресурс]. URL: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> (дата обращения: 13.01.2021).
6. ГОСТ 34630 – 2019. Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. – Введ. 2021–15–03. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 38 с.

УДК 620.178.162

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-187-191

*Лялякин В.П., Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Семяшкина Т.С., Шаповал Ю.Н., Евсюков А.А.,  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Применение эффективных покрытий для упрочнения деталей связано с их износостойкостью. *Цель исследований:* описать новое устройство и методику сравнительных испытаний на износостойкость. *Материалы и методы.* Сделан анализ существующих методов испытаний. В качестве абразивного материала выбрана вра-

щающаяся абразивная лента зернистостью Р60-Р80. *Результаты и обсуждения.* Описана конструкция устройства. Изложен принцип работы. Приведены режимы испытаний и методика работы на установке для определения износостойкости. *Выводы.* Устройство для ускоренных испытаний на износостойкость работоспособно и отличается от существующих простотой исполнения.

**Ключевые слова:** износостойкость, абразивное изнашивание, абразивная лента, методы испытаний.

**Введение.** Определение износостойкости материалов в условиях лаборатории является одним из важных этапов исследования. Необходимо объективно оценить износостойкость наносимых покрытий при упрочнении деталей почвообрабатывающих машин.

Для этих целей разработан ГОСТ 23.208-79 (Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы). В соответствии с ГОСТом используется установка ИМ-01 конструкции ВИСХОМ. Образец с износостойким покрытием зажимается в держателе установки, абразивные частицы (кварцевый песок, корунд) подаются в зону контакта, внедряясь во вращающийся резиновый ролик, и изнашивают образец.

Существует также методика испытаний Бринелля-Ховарта, сущность которой заключается в том, что между вращающимся диском (резиновым или металлическим) и испытываемым образцом подается песок (0,2–0,6 мкм). При этом диск прижимается к образцу и абразив, попадая в зазор, изнашивает испытываемый образец [4].

Распространение получил метод испытаний на изнашивание о закрепленный абразив, особенно к деталям, работающим в абразивной среде при низких температурах. Кроме того, в ряде научных исследований установлен сходный порядок расположения кривых износостойкости для материалов, испытанных о закрепленный абразив, и деталей машин при низких температурах. В качестве базовой в данной работе принята методика испытаний с применением установки типа УАМ (универсальная абразивная машина). На этой установке представляется возможным проводить испытания на изнашивание при трении и ударе о шлифовальную шкурку при температуре до минус 70 °С. Метод позволяет учитывать не только неоднородность шлифовальной шкурки, но и изменение ее изнашивающей способности при низких температурах [3].

Из зарубежных методик наиболее известны работы, в которых используются методы с применением резинового или металлического диска и сыпучего абразива, и закрепленных абразивов по типу вращающегося барабана с шлифовальной шкуркой и постепенным перемещением образца по барабану для гарантированного контакта со свежим абразивом. Исследования показали, что методика позволяет получить достаточно точную сравнительную оценку относительной износостойкости материалов с воспроизведением на них близких к почвенным условиям изнашивания. При этом время, затрачиваемое на испытания, сокращается более чем на порядок по сравнению со стандартным полевым испытанием.

Однако, обладая большой производительностью, первые два способа имеют существенные недостатки.

В процессе испытаний использование сыпучего абразивного материала создает практические сложности в обеспечении равномерности его распределения по поверхности зоны контакта и стабильности подачи абразивного материала во время проводимого эксперимента, что существенно влияет на стабильность результатов при повторении эксперимента. Конструктивные особенности не позволяют существенно увеличить нагрузки для обеспечения ускоренного износа из-за возникновения наклепа в зоне контакта, что значительно увеличивает время проведения эксперимента (обычно более 30 мин). Кроме того, перед проведением испытания все образцы требуют предварительного шлифования, так как используемые диски из резины и металла не выдерживают нагрузки при неоднородной поверхности и шероховатости, что в том числе влияет на стабильность результатов испытаний.

**Цель исследования.** Изложить конструкции нового устройства для ускоренных испытаний покрытий на износостойкость и представить методику испытаний.

**Материалы и методы.** Изложена методика ускоренных испытаний на износостойкость с использованием упрощенной установки, схема которой представлена на рисунке 1, а общий вид на рисунке 2.

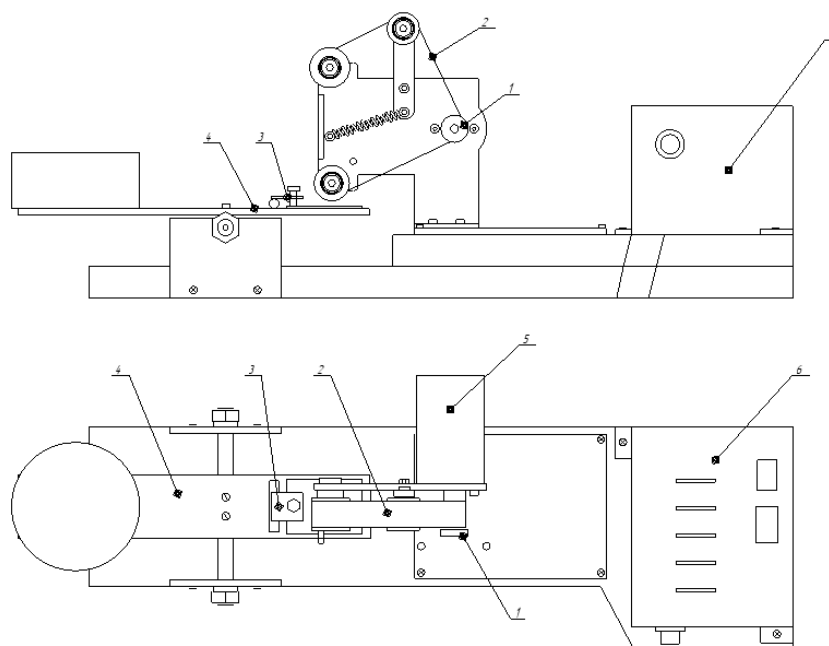


Рисунок 1. Схема установки: 1 – ротор с осью; 2 – абразивная лента; 3 – держатель образца; 4 – рычаг; 5 – электродвигатель; 6 – блок управления

Устройство для испытания образцов содержит ротор 1, который смонтирован на валу электродвигателя 5, механизма для крепления и перемещения абразивной ленты 2, держателя для закрепления образца 3, рычага с размещенным грузом 4, электродвигателя 5 с регулятором числа оборотов 6. В качестве образцов используются плоские заготовки размером 60×40 толщиной 3 мм. Испытуемый образец зажимается винтом в держателе и под действием веса груза прижимается к вращающейся абразивной ленте.

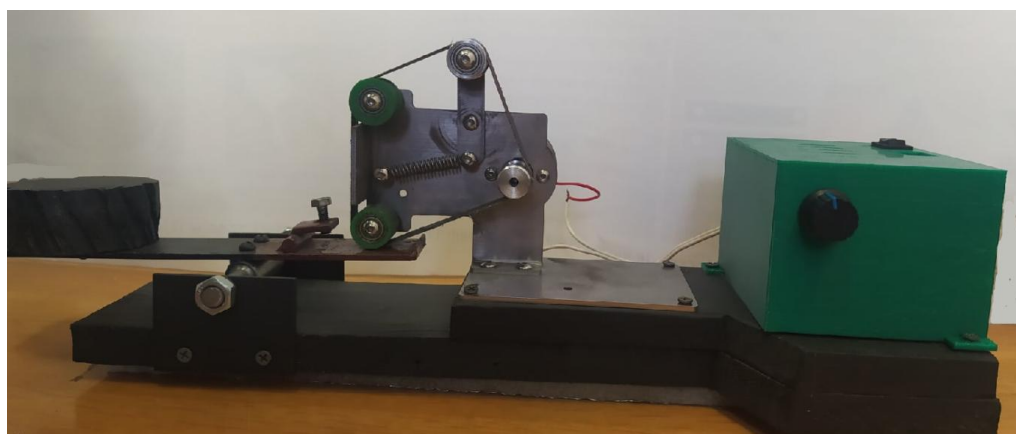


Рисунок 2. Общий вид установки

Технические характеристики установки:

Сила прижатия ленты, Н	17,5
Линейная скорость ленты, м/с	1,8
Время испытания, мин	5
Размер ленты, мм	15×320
Зернистость ленты	P60-P80
Размер зерна, мкм	200-315

Все составные части установки вместе с блоком управления смонтированы на плите.

Рассмотрим порядок работы на установке. На подготовленные плоские образцы наносится упрочняющий слой металла толщины 1,0-1,5 мм. С помощью скоростного борирования или другого метода (электроискрового, плазменного) образцы устанавливаются и закрепляются в держателе, с помощью рычага с грузом образец подводится к ленте и прижимается силой до 17,5 Н. Включается электродвигатель, происходит вращение абразивной ленты, которая изнашивает упрочненный слой. На рисунке 3 представлен общий вид образца с зоной изнашивания после испытаний. Площадь пятна контакта составила 75 мм<sup>2</sup>.



Рисунок 3. Общий вид образца с зоной изнашивания

Время работы установки контролируется секундомером. В нашем случае оно составляет 5 минут. Образец до испытаний и после их завершения взвешивается на электронных весах. Соотношение величины износа упрочненного образца к величине износа неупрочненного определяет относительный износ упрочненного образца.

**Результаты и обсуждения.** Устройство проверено в работе на различных износостойких покрытиях. Были использованы абразивные ленты различной зернистости. Результаты испытаний подтверждают стабильность изнашивания покрытий различной поверхностной твердости. Выполнены сравнительные испытания покрытия, полученного скоростным борированием. Упрочненные образцы испытывались на разработанном устройстве и на установке ИМ-01 конструкции ВИСХОМ. Результаты сравнительных испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные износные испытания образцов

Характеристики образцов	Поверхностная твердость, HRC	Величина износа за пять минут работы	
		На разработанной установке	На установке конструкции ВИСХОМ
Без упрочняющего покрытия после закалки	55,8	0,0874	0,0842
Образец с покрытием скоростным борированием	67,3	0,0350	0,0349

Результаты исследований показали практически одинаковые результаты по износостойкости образцов, что подтверждает работоспособность новой установки в получении достоверных данных.

**Выводы.** Предложенная конструкция установки для ускоренных испытаний покрытий на износостойкость обладает простотой исполнения, мобильна, может использоваться в офисных условиях, обеспечивает достоверные данные при испытании на износостойкость.

#### Использованные источники:

1. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин. – М.: ИНФРА-М. 2019. – 155 с.
2. Новиков В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин на заданный ресурс. – М.: ИНФРА-М. 2018. – 169 с.
3. ГОСТ 23.208-79 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы.
4. Кузьменко А.Г., Вишневецкий О.А. Метод испытаний на абразивный износ по схеме Бринелля–Ховарта (Br - Hv). Ч. I. Теоретические основы метода // Проблемы трибологии. – 2012. – №4. – С. 102-108.
5. Карабарин Д.А., Тарасов Г.Ф. Методика испытания стальной на абразивную износостойкость // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2012. – Т. I. – №8. – С. 20-22.
6. Li C.X. Surface Engineering. Wear Testing and Wear Measurement. The University of Birmingham. UK. [Электронный ресурс]. (дата обращения: 20.08.2021) URL: [http://emrtk.unimiskolc.hu/projektek/dveng/home/kurzu Korsz\\_ anyagtech/1\\_konzultacio\\_elemei/wear\\_testing\\_measurement.htm](http://emrtk.unimiskolc.hu/projektek/dveng/home/kurzu Korsz_ anyagtech/1_konzultacio_elemei/wear_testing_measurement.htm).
7. Kennedy D.M., Hashmi M.S.J. Methods of wear testing for advanced surface coating and bulk materials // Journal of Materials Processing Technology. – 1998. – No.77. – P.246-253.
8. Устройство для ускоренных испытаний образцов на износостойкость: патент 186486 (RU) / Аулов В.Ф., Иванов В.И., опубли. 2.01.2019. Бюл. N3.
9. ГОСТ 17367-71 Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы.
10. Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Иванайский В.В., Новиков В.С. Сравнительные испытания на износостойкость образцов из стали 65Г и образцов с покрытием скоростным ТВЧ-борированием // Энергоэффективные ресурсосберегающие технологии и системы: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 422-427.
11. Болукова И.А., Задорожный Р.Н., Аулов В.Ф. Реализация технологии упрочнения долот сеялки PRIMERA DNC-9000 фирмы Amazone на основе бережливого производства // Труды ГОСНИТИ. 2015. – Т. 121. – С. 191-196.

УДК 66-963

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-191-196

*Мазалевский В.Б.<sup>1,2</sup>,*

<sup>1</sup>*СибНИТИП СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск,*

<sup>2</sup>*СибУПК, г. Новосибирск*

## ПАРАМЕТРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОНСИСТЕНЦИЮ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПАСТООБРАЗНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГ-50

В статье рассмотрено влияние химического состава сырья и параметров работы роторно-пульсационного аппарата МАГ-50 на формирование консистенции растительных пастообразных полуфабрикатов. Показана необходимость регулирования гидромодуля, температуры и продолжительности обработки для изменения компонентов сырья, которое приведет к получению продукта с однородной гомогенной консистенцией.

**Ключевые слова:** роторно-пульсационный аппарат, диспергирование, параметры, пастообразный полуфабрикат.

Роторно-пульсационные аппараты (РПА) в настоящий момент являются наиболее универсальными машинами для проведения диспергирования продуктов как в области применения, так и по степени измельчения. Подтверждением этому является повышенный спрос

предприятий отрасли на подобные машины, которые успешно вписываются в существующие технологические линии, вытесняя менее эффективные единицы оборудования. Использование РПА в качестве основного измельчающего устройства универсальных емкостных аппаратов типа измельчителей-смесителей является перспективным направлением получения обогащенных продуктов различных типов [1].

Для получения однородных нерасслаивающихся продуктов с помощью РПА необходимо понимать степень влияния каждого технологического параметра на качественные характеристики получаемых продуктов. В СФНЦА РАН разработаны технологии получения полуфабрикатов и пищевых продуктов с использованием роторно-пульсационного аппарата МАГ-50 (рисунок 1). Для МАГ-50 важными параметрами работы являются гидромодуль, температура процесса, продолжительность воздействия.

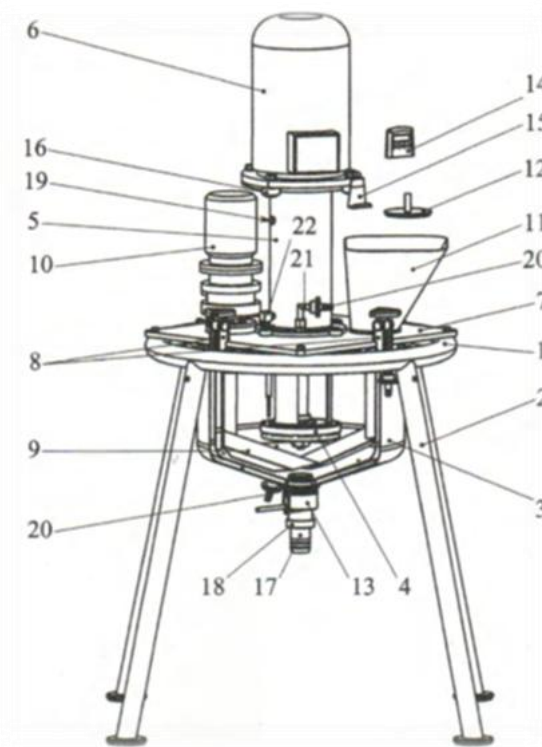


Рисунок 1. Роторно-пульсационный аппарат МАГ-50:

1–стол, 2–нога, 3–бак, 4–диспергатор, 5–подшипниковый узел, 6–привод диспергатора, 7–плита, 8–прихваты, 9–мешалка, 10–привод мешалки, 11–воронка, 12–крышка, 13–выпускной вентиль, 14–термометр, 15–кронштейн термометра, 16–прижим, 17–ниппель слива, 18–накидная гайка, 19–стопорный болт, 20–ниппель, 21–отвод, 22–масленка

Механоакустический гомогенизатор (МАГ), разработанный компанией Альт-А, предназначен для производства: кремов творожных, плавленых сыров, крем-сыров, спредов, сгущенного молока, восстановленного молока и других подобных продуктов.

Через загрузочную воронку требующее обработки сырье попадает в чашу, после чего поступает к роторно-пульсационному барабану, где происходит диспергирование сырья. Аппарат оказывает комплексное воздействие на сырье: механическое, гидродинамическое, акустическое. Механизм образования кавитации под влиянием ультразвуковых волн представлен на рисунке 2.

МАГ-50 выполняет следующие технологические операции: диспергирование, гомогенизацию, вымешивание, пастеризацию, охлаждение.

При попадании частичек продукта из области низкого давления в область высокого давления происходит их разрушение с образованием большого количества измельченной фракции.



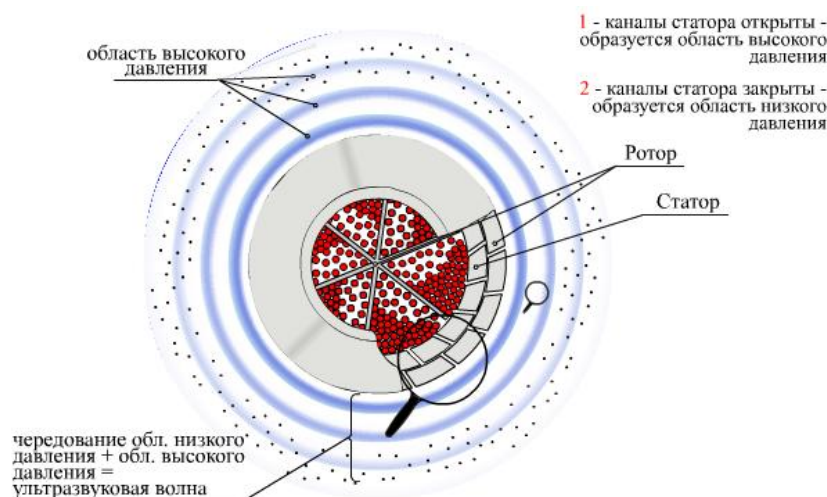


Рисунок 2. Схема образования ультразвуковой волны и кавитация в МАГ

Минимальный объем загрузки – 20-25л, производительность от 100 до 5000 кг/час (в зависимости от вида продукта).

#### *Химический состав сырья*

Пастообразные полуфабрикаты должны обладать среди прочих признаков текучестью, седиментационной устойчивостью и однородностью консистенции. Текучесть полуфабриката зависит от содержания жидкой фазы, в качестве которой может выступать не только вода, но и жир. При увеличении содержания жидкой фазы будет увеличиваться текучесть полуфабриката. Различные виды растительного сырья различаются по своей способности связывать влагу, которая зависит как от химического состава так и от площади поверхности, которая в свою очередь зависит от степени измельчения. Влага поглощается в результате сорбции, накапливаясь на поверхности частиц, а затем распределяясь по всему объему путем диффузии. Поэтому влагосвязывающая способность растительного сырья определяется размером его частиц.

Растительное сырье включает гидрофильные и гидрофобные соединения. Гидрофильными называются высокомолекулярные соединения (ВМС), образующие водородную связь с водой.

К гидрофильным соединениям относятся белки, углеводы и пищевые волокна, к гидрофобным – жир. Количество влаги, которую может связать химическое соединение, сырье или готовый продукт принято называть влагосвязывающей способностью. Вода может быть связана с гидрофильными соединениями за счет химических взаимодействий, капиллярных сил или быть физически заключенной внутри структуры высокомолекулярных соединений. Связанной считается влага, расположена на границе раздела фаз и под действием поверхностных сил имеет физико-химические свойства, отличные от свойств объемной воды.

Связывание воды гидрофильными соединениями осуществляется за счет ионной абсорбции, когда ионизированные (заряженные) группировки боковых цепей:  $-NH_3$  (белки) и  $COO^-$  (белки, углеводы, пищевые волокна) полярных групп молекул взаимодействуют с ее диполями, молекулярной абсорбции, когда с водой взаимодействуют неионизированные (незаряженные) группы боковых цепей:  $-OH$ ,  $-SH$ ,  $-NH$ –соответствующих аминокислот и пептидных групп главных цепей:  $-CO-NH-[2]$ .

На рисунке 3 представлен химический состав различного растительного сырья (рисунок 3а) и полученных из него гидромеханическим диспергированием пастообразных полуфабрикатов (рисунок 3б).

Все полуфабрикаты имели однородную седиментационно-устойчивую консистенцию.

Гороховая крупа содержит всего 1,6 % жира и 81,8 % гидрофильных веществ, поэтому текучесть горохового полуфабриката определяется главным образом содержанием воды, которое составило 82,8 %.



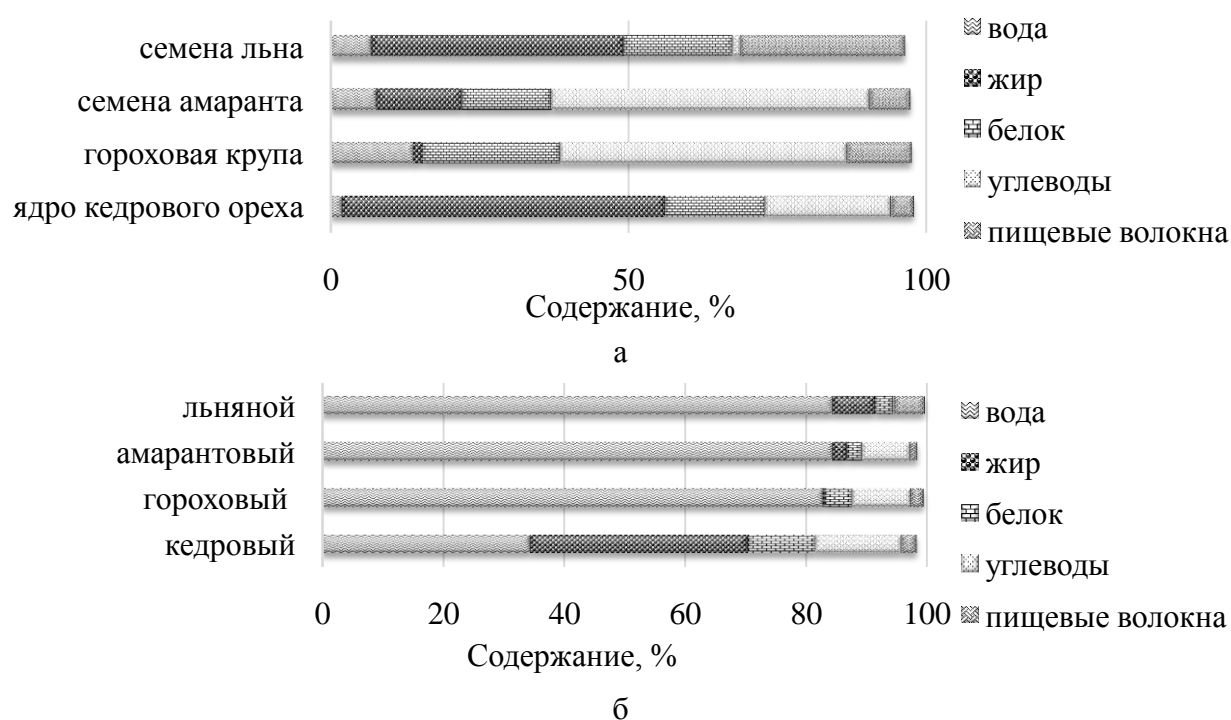


Рисунок 3. Химический состав растительного сырья (а) и полуфабрикатов (б)

Семена амаранта содержат 14,4 % жира и 75 % гидрофильных веществ, в полуфабрикате содержание воды составило 84,4 %. Семена льна содержат большое количество жира 42,2 % и 47,1 % гидрофильных веществ. Оболочка семян льна содержит легко набухающие в воде слизи, которые помогают семенам закрепляться в почве при прорастании. В пастообразном полуфабрикате из семян льна содержание воды составило, как и в полуфабрикате из семян амаранта, 84,4 %, что можно объяснить как большим содержанием в семенах льна пищевых волокон, так и их качественным составом. Ядро кедрового ореха содержит большое количество жира, поэтому для получения пастообразного полуфабриката оказалось достаточно 34,5 % воды. Однако сравнение массовых долей белка, углеводов и пищевых волокон в исследованных пастообразных полуфабрикатах, свидетельствует, что влагосвязывающая способность кедрового пастообразного полуфабриката не реализована в полной мере. Количество гидрофильных веществ в кедровом пастообразном полуфабрикате составляет 27,8 %, а в гороховом, амарантовом и льняном, соответственно, 16,3 %, 11,6 % и 8,2 %, что обеспечивает содержание массовой доли влаги в этих полуфабрикатах на уровне 83-84 %. То есть при технологической необходимости возможно получение более текучего кедрового пастообразного полуфабриката при условии сохранения стабильности консистенции.

#### *Гидромодуль при гидромеханическом диспергировании*

От выбранного гидромодуля в значительной степени зависит массовая доля влаги в готовом продукте. Значения параметра «гидромодуль» тесно связаны с химическим составом сырья.

Влияние гидромодуля распространяется в большей степени на такие свойства продукта как «массовая доля влаги», «текучесть», «однородность», и находится во взаимосвязи с таким свойством сырья как «влагосвязывающая способность». В полуфабрикате с недостаточным для реализации потенциала влагосвязывающей способности содержанием водной фазы текучесть консистенции будет низкой. Как было отмечено выше, влагосвязывающая способность зависит от химического состава сырья. Также на способность связывать влагу влияют кислотность и структура органических веществ. Поэтому показатели «массовая доля влаги» и «влагосвязывающая способность» не могут быть описаны одной общей зависимостью и должны для каждого вида сырья (бобовые, орехи, и т. д.) определяться соотношением и структурой компонентов химического состава.

На рисунке 4 представлены зависимости массовой доли влаги смесей растительного сырья с водой при разном значении гидромодуля.

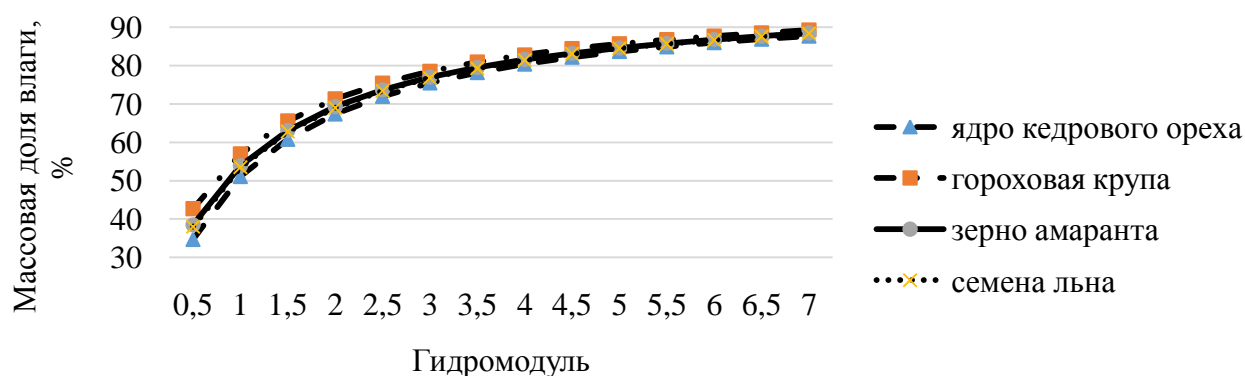


Рисунок 4. Зависимость массовой доли влаги смесей растительного сырья с водой при разном значении гидромодуля

Представленные на рисунке зависимости получены путем моделирования химического состава смесей растительного сырья с водой при соответствующем гидромодуле. Зависимости показывают возможное содержание массовой доли влаги в растительном полуфабрикате. Так, если при обработке ядра кедрового ореха гидромодуль 0,5 является достаточным для получения нужной текучей консистенции полуфабриката, то уже при обработке гороховой крупы, зерна амаранта или семян льна такой гидромодуль будет недостаточным из высокой влагосвязывающей способности крахмала, входящего в состав гороховой крупы и зерна амаранта, или поверхностных слизей, входящих в состав семян льна.

В полученных зависимостях также не учтены потери массовой доли влаги, имеющие место при осуществлении технологического процесса получения растительного полуфабриката (например потери при испарении), но благодаря этим зависимостям можно получить предварительные данные о влагосодержании планируемого продукта.

Если рисунок 4 сравнить с рисунком 3, то можно объяснить различия в массовой доле влаги представленных смесей содержанием воды в исходном сырье. На рисунке видно, что массовая доля влаги при одинаковом гидромодуле в смеси кедрового сырья с водой всегда меньше, чем в остальных смесях, в смесях с водой семян амаранта и льна примерно одинакова, а в смеси гороховой крупы с водой больше, чем в остальных. На рисунке 3 видно, что массовой доли влаги меньше всего в кедровом сырье, примерно одинаково в льняном и амарантовом, и больше всего – в гороховой крупе. Таким образом, заметна прямая корреляция между массовой долей влаги в сырье и в смеси этого сырья с водой. Также рисунок показывает, что при увеличении гидромодуля исходное содержание воды в сырье оказывает меньшее влияние на массовую долю влаги смесей. Так различие в массовой доле влаги при гидромодуле 0,5 составляет для кедровой и гороховой смесей 8 %, а при гидромодуле 7 – уже всего 1,6 %, что происходит, вследствие увеличения соотношения между добавляемой водой и исходной массовой долей влаги.

*Температура и продолжительность обработки при гидромеханическом диспергировании*

Значительное влияние на характеристики получаемых путем диспергирования растительного сырья в РПА дисперсных систем оказывают также факторы «температура обработки» и «продолжительность обработки».

В качестве примера на рисунке 5 представлены результаты воздействия температуры и продолжительности обработки при постоянной температуре на балльную оценку консистенции полуфабриката из семян амаранта.

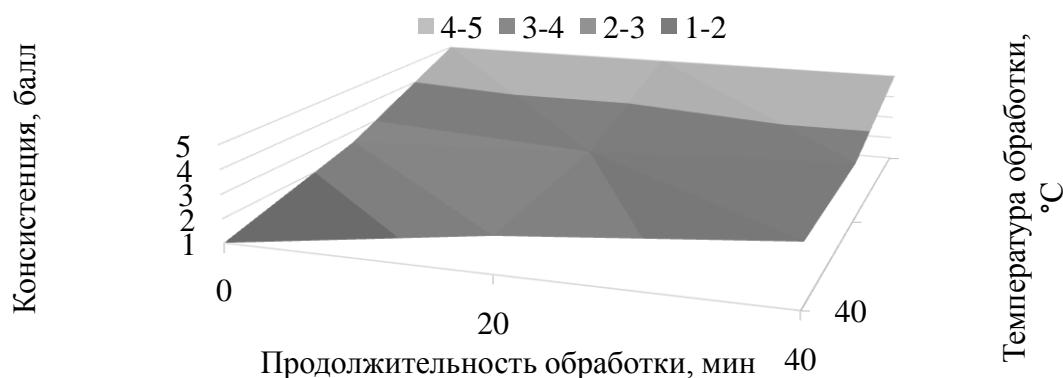


Рисунок 5. Балльная оценка консистенции полуфабриката из семян амаранта

Данные рисунка свидетельствуют о том, что увеличение и температуры и продолжительности обработки положительно влияет на балльную оценку полуфабрикатов. Однородность консистенции полуфабрикатов зависит в том числе и от наличия или отсутствия клейстеризации крахмала. Крахмальные гранулы могут при гидратации увеличиваться в объеме и создавать крупитчатость консистенции полуфабриката. Клейстеризация амарантового крахмала начинается при 65°C и заканчивается при 85°C [3], поэтому максимальные баллы за консистенцию получены именно в пределах этих температур. Таким образом, преобразования, происходящие с крахмалом, напрямую влияют на консистенцию пастообразных полуфабрикатов, полученных с использованием крахмалосодержащего сырья.

Таким образом, для получения пастообразных растительных полуфабрикатов с однородной текучей консистенцией необходимо устанавливать: гидромодуль, при котором будет реализована максимальная влагосвязывающая способность сырья, зависящая от его химического состава (соотношения воды и сухих веществ, массовой доли жира, количества и качества гидрофильных веществ); температуру и продолжительность обработки, при которых будет обеспечена клейстеризация крахмала (при его наличии) и необходимая степень измельчения частиц сырья.

#### Использованные источники:

1. Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика): монография /В.Д. Харитонов и др.; под общ. ред. О.Б. Федотовой. – М.: Франтера, 2016. – 374 с.
2. Ковтун Ю.А., Рашевская Т.О. Использование влагосвязывающей способности сывороточных белков, полученных разными способами // Научные труды университета по хранению технологий. – Пловдив, 2015. – Т. LXII. – С. 519-524.
3. Resio A.C., Suarez C. Gelatinization kinetics of amaranth starch // International Journal of Food Science and Technology. – 2001. – Vol. 36. – No. 4. – P. 441-448. doi:10.1046/j.1365-2621.2001.00478.x

УДК 631.544.45

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-196-200

*Минеев В.В., Елкин О.В., Морозов В.Б., Рихтер В.А.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ШКАФОВ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА СЕМЕЙСТВА «БИОТРОН»

В статье рассматривается разработка шкафа искусственного климата «Биотрон», предназначенная для селекционеров, физиологов и биофизиков. Представлены разные модели, особенности их конструктивного исполнения и дальнейшего совершенствования с использованием инновационных элементов.

**Ключевые слова:** искусственный климат, растения, сенсорное управление, биологические объекты, инновационные технические решения.

Селекционерам, физиологам и биофизикам для проведения научных исследований, связанных с выращиванием, культивированием, инкубацией биологических объектов (растений, семян, проростков, тканей растений, насекомых и т. п.), необходимы энергосберегающие камеры искусственного климата. Необходимость работ в условиях искусственного климата вызвана неуправляемостью климата в естественных условиях, в результате чего эксперименты полностью зависят от погоды, а во времени ограничены вегетационным периодом. В СибФТИ СФНЦА РАН на протяжении последних десяти лет ведутся работы по совершенствованию шкафов искусственного климата на основе инновационных технических решений, элементной базы и новых конструкционных материалов, появившихся на рынке за этот период.

Базовой разработкой семейства «БИОТРОН» является шкаф искусственного климата БИОТРОН-4 [1], в котором применены алюминиевый профиль типа CONSTA-SIB для каркаса, люминесцентные светильники с лампами L18WW/77 FLUORA со спектром излучения, необходимым для развития растений, а также зеркальное покрытие на внутренней поверхности двери на основе полимерной зеркальной пленки Llumag R15GSRCDF с пропусканием света 15 %. Кроме повышения освещенности в рабочей камере на 10-17 % (в зависимости от высоты контрольной точки), зеркальная пленка снижает негативное воздействие яркого света от задних светильников через дверь на глаза исследователя, проводящего опыты с растениями. Для снижения градиента температуры по высоте рабочей камеры задняя остекленная стенка рабочей камеры выполнена двойной таким образом, что образуется полость для циркуляции воздуха снизу вверх внутри полости, а затем через щель во внутреннем стекле сверху вниз внутри рабочей камеры [2]. В результате разность средних (из пяти точек) температур на верхней и нижней полках уменьшилась с 1,5 °C до 0,8 °C в ночном режиме (светильники выключены) и с 6,0 °C до 2,7 °C в дневном режиме (светильники включены).

Для выращивания и проведения научных исследований со светолюбивыми растениями в шкафах БИОТРОН-5 и последующих моделях для повышения освещенности с 10000 лк до 20000 лк и более вместо люминесцентных светильников применены светодиодные [3].

В модели шкафа БИОТРОН-6 и последующих моделях повышена верхняя граница диапазона воспроизводимой влажности с 80 % до 95 % при одновременном уменьшении расхода воды из бачка увлажнителя более чем в два раза. Эта цель достигнута за счет конструктивных изменений, а именно, за счет прямой подачи увлажненного воздуха по гибкому воздуховоду, один конец которого герметично соединен с выходным патрубком увлажнителя, а второй конец выходит в полость, образованную двойной задней остекленной стенкой [4, 5, 6].

В моделях шкафов БИОТРОН-4, -5, -6 использовался психрометрический метод измерения влажности воздуха с использованием сухого и влажного датчиков температуры. Это требовало ввода в конструкцию шкафа ванночки для дистиллированной воды с фитилем, одеваемым на датчик температуры, а также устройства направленного обдува с вентилятором и элементом защиты фитиля от пересыхания, что приводило к дополнительным затратам и необходимости постоянного контроля уровня воды оператором при использовании шкафа. Поэтому был произведен поиск других технических решений измерения влажности воздуха. В результате был создан шкаф БИОТРОН-7, в котором, вместо программного регулятора температуры, влажности и освещения МПР51-Щ4 фирмы ОВЕН (г. Москва), были применены программный регулятор температуры и влажности Гигротерм-38Е5 с емкостным комбинированным датчиком температуры и влажности ЕДВ2Б ООО «Термосенсор» (г. Пермь) и программное реле реального времени ВЕХА-РВ ООО «Автоматика» (г. Санкт-Петербург) для регулирования освещения.

В настоящее время разработана новая модификация шкафа – БИОТРОН-8. Необходимость разработки была вызвана следующими обстоятельствами. При сдаче изделий заказчику нами предоставляется более 10 программ с подробной инструкцией по их составлению. Однако невозможно предусмотреть все многообразие проводимых экспериментов, и на практике часто возникает необходимость либо изменения имеющихся программ, либо создания новых. У пользователей шкафов возникают трудности с программированием необходимого режима микроклимата, если его нет в библиотеке регулятора температуры и влажности.

Кроме того, в применяемых регуляторах температуры и влажности МПР51-Щ4 и Гигротерм-38Е5 программирование во времени осуществляется путем задания длительности шагов программы. При организации суточных циклов это приводит к необходимости запуска программы только в определенное время суток. Также перезапуск программы требуется, если происходит несанкционированное отключение электропитания, т. е. после подачи электропитания программа начинает выполняться с момента прерывания, т. е. возникает сдвиг программы относительно суточного цикла. Программные регуляторы температуры и влажности, выпускаемые известными отечественными и зарубежными фирмами «КонтрАвт» (г. Нижний Новгород), МЗТА (г. Москва), «Сенсорика» (г. Екатеринбург), JUMO (Германия), Yokogawa (Япония), реализуют тот же интервальный принцип программирования во времени.

Этих неудобств можно избежать при управлении временной программой от энергонезависимых часов реального времени. В результате анализа технических характеристик существующих программируемых технических средств для реализации шкафа БИОТРОН-8 с регулятором температуры, влажности и освещения, программируемого в режиме реального времени, выбран сенсорный панельный контроллер СПК-107 фирмы ОБЕН (г. Москва), функционирующий под управлением среды исполнения CODESYS 3.5. Сенсорный экран панели (рисунок 1), понятный для оператора, используется для отображения хода выполнения режима микроклимата и редактирования значения параметров, отвечающих за функционирование системы.



Рисунок 1. Основное (главное) окно программы микроклимата шкафа Биотрон-8

Управление осуществляется прикосновением к выделенным кнопкам (диалоговые окна), сенсорного экрана. Исполнительные устройства и емкостный комбинированный датчик температуры и влажности подключаются к панели по интерфейсу RS-485 через последовательные порты СОМ1 и СОМ2.

На сегодняшний день изготовлено и сдано заказчиком около 40 шкафов БИОТРОН-4, -5, -6, -7, -8. Они используются в таких организациях как: Омский аграрный научный центр; Омский государственный университет; ИЦиГ СО РАН и его филиал СибНИИРС (г. Новосибирск); Кемеровский федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН; Кемеровский государственный университет; ООО «ИЦ «Бирюч-НТ» (Белгородская область, г. Алексеевка); Томский государственный университет; Колыванский сельскохозяйственный техникум (Новосибирская область); ВНИИМК им. В.С. Пустовойта (г. Краснодар); ООО НПО «Кубаньзерно» (г. Краснодар); Павлодарский НИИСХ и других.

Дальнейшее совершенствование шкафов семейства БИОТРОН возможно за счет следующих инновационных элементов: остекления рабочей камеры электрообогреваемыми стеклами [7] и оснащения шкафа видеокамерами, регистрирующими процессы роста и развития биологических объектов (растений, семян, насекомых и др.).

Электрообогреваемые стекла представляют собой триплекс-стекло или стеклопакет, внутри которых по всей площади интегрирован инфракрасный нагревательный элемент в виде прозрачного токопроводящего покрытия с отражающим слоем, греющая поверхность которого излучает тепловую энергию (электромагнитные волны в инфракрасном диапазоне длин волн – ИК-лучи) только в сторону рабочей камеры и обеспечивает равномерный нагрев стекла до необходимой температуры. При этом осушения воздуха не происходит, так как он не проходит через нити накаливания тепловентилятора. Попадая на предметы, ИК-лучи повышают их температуру, после чего вступает в действие принцип конвекции (тепло передается от предметов воздуху), то есть нагрев рабочей камеры происходит аналогично обогреву солнечными лучами. Кроме того, достигается высокая электро- и пожаробезопасность, благодаря тому, что стекло является хорошим негорючим изолятором и выдерживает высокую температуру нагрева. Предлагаемое техническое решение более экономично, так как рассеивание тепловой энергии в окружающую среду минимально, благодаря отражающему слою в нагревательном элементе. В режиме охлаждения, благодаря этому же отражающему слою, проникновение тепла от источников света, находящихся вне рабочей камеры, минимально, что снижает нагрузку на охладитель. Осушения воздуха камеры не происходит, т. к. он не проходит через нити накаливания тепловентилятора. Электрообогреваемые стекла изготавливаются компанией ФОТОТЕХ (г. Москва, сайт [www.phototech.ru](http://www.phototech.ru)).

Видеонаблюдение за процессами роста и развития растений, семян, насекомых в шкафу искусственного климата будет являться дополнительным источником информации для селекционеров и исследователей-биологов. Современные видеокамеры при соответствующей обработке изображений, хранящихся в памяти (например, при удалении части кадров, так называемом прореживании, или при сжатии времени [8]), позволяют рассматривать процессы роста и развития, как анимационные. Можно наблюдать проращивание семян, образование колосков и зерен как в дневном, так и в ночном режимах, т. к. видеокамеры снабжены инфракрасной подсветкой. Современные видеокамеры регистрируют не только изображения, но и звуки. Эту функцию можно использовать для повышения надежности функционирования шкафа искусственного климата — например, для контроля отключения сетевого питания и сбоя в работе программного обеспечения сенсорной панели контроллера СПК-107 (шкаф БИОТРОН-8). Для этого в состав шкафа нужно дополнительно ввести датчик отключения сети (реле с обмоткой на 220 В, 50 Гц), сторожевую схему с автономным питанием для контроля исполнения программного обеспечения и двухтональную сирену с параметрами звучания, различающимися при отключении сетевого питания и сбое программы. Видеокамера не только передаст высококачественное видео и звуковые сигналы на планшет, смартфон или ноутбук, но и запишет видео в архив по событию, детекции движения или расписанию.

Современные видеокамеры доступны по стоимости, что делает реальным их использование для совершенствования шкафов семейства «БИОТРОН». Так, например, беспроводная видеокамера VSTARCAM C8893WIP стоит около 3000 рублей. Относительно высокая стоимость электрообогреваемых стекол в настоящее время (около 12000 руб. за кв. м), несмотря на положительный технический результат, является сдерживающим фактором для их использования. Однако по мере совершенствования технологии их изготовления и снижения себестоимости, применение электрообогреваемых стекол в конструкции шкафов семейства «БИОТРОН» будет актуально.

#### **Использованные источники:**

1. Патент РФ № 2446673, МПК А01G 9/24. Шкаф роста растений / В.В. Альт, В.А. Золотарев, В.В. Минеев, Л.А. Даукшис. – Заявка № 2010125445/13; Заявлено 21.06.2010; Оpubл. 10.04.2012 Бюл. № 10.
2. Патент РФ № 2546221, МПК А01G 9/24. Шкаф искусственного климата / В.В. Минеев, В.А. Золотарев, В.В. Альт, В.М. Фурзиков, А.С. Тихонов. – Заявка № 2013104832/13; Заявлено 05.02.2013; Оpubл. 10.04.2015 Бюл. № 10.
3. Альт В.В., Минеев В.В., Золотарев В.А., Фурзиков В.М. Опыт разработки установок искусственного климата для работ с биологическими объектами // Общие проблемы и направления обеспечения экологически безопасного, энергоресурсосберегающего производства сельскохозяйственной продукции и устойчивого развития

- сельских территорий: материалы междунар. агроэкологического форума. – СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. – С. 189-193.
4. Патент РФ № 2603910, МПК А01G 9/24. Шкаф с регулируемым микроклиматом / В.В. Минеев, В.А. Золотарев, В.В. Альт, В.М. Фурзиков, С.В. Рожанская. – Заявка № 2015124018/13; Заявлено 19.06.2015; Опубл. 10.12.2016 Бюл. № 34.
5. Альт В.В., Минеев В.В., Золотарев В.А., Фурзиков В.М. Повышение влажности в рабочей камере шкафа искусственного климата БИОТРОН // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: сборник науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф., 2017. – С. 261-263.
6. Альт В.В., Золотарев В.А., Минеев В.В., Фурзиков В.М. Повышение влажности в рабочей камере шкафа искусственного климата БИОТРОН // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. «АГРОИНФО-2015». – Новосибирск: Сибирский физико-технический институт аграрных проблем. 2015. – Ч. 1. – С. 188-191.
7. Патент РФ № 2723579, МПК А01G 9/24, А01G 9/26, А01G 9/20. Шкаф с регулируемым искусственным микроклиматом / В.В. Минеев, В.В.Альт, В.А. Золотарев, О.В. Елкин, В.М. Фурзиков. – Заявка № 2019120715; Заявлено 01.07.2019; Опубл. 16.06.2020 Бюл. № 17.
8. Данчеев В.П., Кинккладзе К.К. Развертывающие цифровые функциональные преобразователи. Гибкое использование памяти. (Библиотека по автоматике: Вып. 672). – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 120 с.

УДК 538.9

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-200-203

*Минеев В.В., Елкин О.В., Рихтер В.А.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ**

В статье рассмотрена возможность диагностики грибных болезней земляники садовой с помощью эквивалентных электрических схем, параметры которых рассчитываются по данным биоимпедансной спектроскопии листьев.

**Ключевые слова:** земляника садовая, пятнистости, степень поражения, диагностика грибных болезней, электрическая биоимпедансная спектроскопия, эквивалентные электрические схемы.

На долю земляники садовой приходится свыше 70 % общемирового производства ягод. Это обусловлено ее высокими вкусовыми, диетическими и лечебными качествами, а также способностью к быстрому вегетативному размножению, скороплодностью, высокой рентабельностью и урожайностью. Одним из сдерживающих факторов производства является поражение возделываемых сортов грибными болезнями, что приводит к снижению продуктивности плантаций. Наиболее распространенными грибными болезнями являются белая, бурая и угловатая пятнистости [1].

Диагностика болезней и их возбудителей – важное звено в системе защиты растений. Относительно новым методом диагностики является электрическая импедансная спектроскопия (EIS), при которой сигнал с широкой полосой частот используется в качестве источника возбуждения для измерений импеданса, характеризующего электрические свойства исследуемого объекта [2]. Активная составляющая импеданса растительной ткани обусловлена наличием электрических зарядов (ионов) в клеточной и межклеточной жидкостях, а реактивная – электрической емкостью клеточных мембран [3]. Частотные зависимости составляющих импеданса растительной ткани позволяют решить обратную задачу: найти параметры двухполюсника, состоящего из резисторов и конденсаторов, частотные зависимости составляющих импеданса которого были бы близки к экспериментально полученным частотным зависимостям импеданса исследуемого объекта. Известно несколько эквивалентных схем замещения в виде резистивно-емкостных двухполюсников и методик расчета их параметров для описания импеданса биологических сред [4, 5, 6].



Цель исследований – выявить возможность обнаружения пятнистостей земляники садовой с помощью параметров элементов эквивалентных электрических схем биоимпеданса растительных тканей ее листьев.

Выбор методики расчета параметров электрической эквивалентной схемы биоимпеданса листьев земляники сделан в пользу методики, изложенной в [5], исходя из следующего:

1. Предлагаемая электрическая эквивалентная схема (рисунок 1) апробирована на биологических тканях растительного происхождения и учитывает параметры  $C_1$  и  $R_1$  двойного электрического слоя на границе раздела металлического измерительного электрода и биологической ткани, то есть позволяет определять электрические параметры  $C_2$  и  $R_2$  только системы растительных клеток.

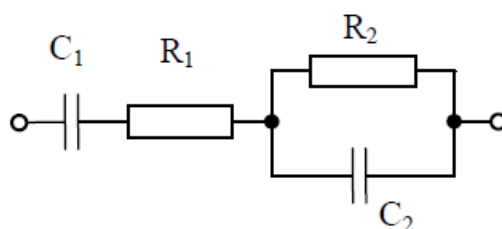


Рисунок 1. Электрическая эквивалентная схема биоимпеданса листьев земляники садовой:  $C_1$  – эквивалент емкости двойного электрического слоя на границе раздела металлического измерительного электрода и листа земляники;  $R_1$  – электрическое сопротивление двойного электрического слоя переменному току;  $C_2$  – эквивалент электрической емкости мембран растительных клеток;  $R_2$  – электрическое сопротивление межклеточного и внутриклеточного пространства

2. Расчет параметров электрической эквивалентной схемы относительно прост. Для расчета требуется небольшой объем экспериментальных данных: частотные зависимости активной  $R_s$  и реактивной  $X_s$  составляющих импеданса.

3. Расчет базируется на формуле импеданса  $Z$  электрической эквивалентной схемы (рисунок 1) [5]:

$$Z = R_1 + \frac{R_2}{1 + (2\pi f R_2 C_2)^2} + j \left[ \frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{2\pi f R_2^2 C_2}{1 + (2\pi f R_2 C_2)^2} \right], \quad (1)$$

где величина активного сопротивления импеданса  $R_s$  равна

$$R_s = R_1 + \frac{R_2}{1 + (2\pi f R_2 C_2)^2}, \quad (2)$$

а величина реактивного сопротивления импеданса  $X_s$  равна

$$X_s = \left[ \frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{2\pi f R_2^2 C_2}{1 + (2\pi f R_2 C_2)^2} \right]. \quad (3)$$

4. Расчет параметров электрической эквивалентной схемы листьев земляники осуществляется в следующем порядке:

а) экспериментальным путем определялись зависимости активной  $R_s$  и реактивной  $X_s$  составляющих импеданса от частоты  $f$  в диапазоне от 20 Гц до 5 МГц;

б) определялась величина  $R_1$  по формуле (4), полученной из формулы (2) при  $f = 5$  МГц:

$$R_1 = R_s \text{ (при } f = 5 \text{ МГц)}; \quad (4)$$

в) определялась величина  $R_2$  по формуле (5), полученной путем нахождения максимума функции (3) с помощью приравнивания к нулю ее производной:

$$R_2 = 2X_{s \max}, \quad (5)$$

где  $X_{s \max}$  – максимальное значение реактивного сопротивления импеданса  $X_s$  из экспериментально полученной частотной характеристики;

г) определялась величина  $C_2$  по формуле (6), полученной путем нахождения частоты  $f_{max}$ , при которой функция (3) имеет максимум:

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f_{max} R_2} ; \quad (6)$$

д) определялась величина  $C_1$  по формуле (7), полученной из формулы (3) при  $f = 20$  Гц, когда вторым слагаемым можно пренебречь:

$$C_1 = \frac{1}{40\pi X_s(\text{при } f = 20\text{Гц})} . \quad (7)$$

В соответствии с ГОСТ 8.207-76. ГСИ [7] измерения частотных характеристик активной и реактивной составляющих биоимпеданса тканей листьев растений земляники при последовательной схеме замещения проводились путем многократных наблюдений прецизионным анализатором импеданса WK 6505B (Wayne Kerr Electronics, Великобритания), включенного в «Государственный реестр средств измерений РФ». Использовались два типа датчиков с электродами, накладываемыми с двух сторон листовой пластинки с постоянным усилием прижима, которое обеспечивалось с помощью зажимов типа «прищепка». Один тип датчика состоял из двух неполяризуемых дисковых электродов диаметром 8 мм и обеспечивал протекание электрического тока поперек листовой пластинки. Второй тип датчика состоял из четырех тонких позолоченных прямоугольных пластинок размером 2 на 10 мм, соединенных электрически попарно, и обеспечивал протекание электрического тока вдоль листовой пластинки. Для уменьшения контактного сопротивления между электродами и поверхностью листовой пластинки электроды смазывались электродным гелем «Акугель-Электро» производства ООО «МедиКрафт» (Россия). Каждый параметр биоимпеданса измерялся в четырех точках листовой пластинки при установке электродов попарно справа и слева от центральной жилки. При измерениях листовые пластинки полностью исключали их механические повреждения при нанесении проводящего геля, прикреплении и снятии электродов.

Для проведения измерений биоимпеданса тканей листьев растений земляники выбирали нормально развитые растения с типичными сортовыми признаками и наличием типичных симптомов их поражения – белой пятнистостью (возбудитель – *Ramularia tulasnei* Sacc.), бурой (*Marssonina potentillae* Desm.), угловатой (*Dendrophoma obscurans*) – с различным уровнем интенсивности поражения. Диагностику болезней проводили общепринятыми методами визуального анализа симптомов, оценку интенсивности поражения проводили с использованием методики оценки и визуальной шкалы для пятнистостей в баллах по площади исследуемой четвертинки листовой пластинки, занятой некротическими пятнами, выраженной в процентах от общей площади данной четвертинки [1]. Измерения проводили на листьях двух сортов земляники садовой, на которых были симптомы всех трех пятнистостей: Царица и Ананаса. При измерениях сорта Царица использовались дисковые электроды, сорта Ананаса – прямоугольные.

Листья растений срезали утром непосредственно перед проведением измерений на коллекционном участке сада СибФТИ СФНЦА РАН – полигоне лаборатории экспериментальных исследований. Влажность и рН почвы на грядке находились в диапазонах от 40 до 85 % и от 5,4 до 6,4 единиц, соответственно. Листья растений для проведения измерений перенесли в помещение лаборатории в полиэтиленовых пакетах.

Измерения проводились при освещенности 18000 лк, температуре  $(28 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности окружающего воздуха  $(40 \pm 5) \%$ .

Результаты исследований, при представлении растительной ткани листьев земляники электрической моделью, приведенной на рисунке 1, сведены в таблицу.

Из таблицы следует, что значения эквивалента электрической емкости мембран растительных клеток  $C_2$  листьев растений земляники, рассчитанные по формулам 5 и 6, уменьшаются по мере повышения степени поражения земляники сортов Царица и Ананаса белой и бурой пятнистостями. Следовательно, метод эквивалентных схем может быть использован для диагностики грибных болезней. Зависимости электрического сопротивления межклеточ-

ного и внутриклеточного пространства, характеризуемого элементом  $R_2$  эквивалентной схемы (рисунок 1), от степени поражения не установлено. Данные исследований поражения угловатой пятнистостью не приводятся из-за недостаточного количества пораженных этой болезнью растений на плантации.

Таблица 1

Результаты расчета средних значений элемента  $C_2$  электрической эквивалентной схемы биоимпеданса листьев земляники

Степень поражения (балл)	Эквивалент электрической емкости мембран растительных клеток $C_2$ , пФ			
	Сорт земляники Ананаса		Сорт земляники Царица	
	Белая пятнистость	Бурая пятнистость	Белая пятнистость	Бурая пятнистость
0	207	207	9400	9400
1	201	204	5400	5700
2	189	195	4260	4750
3	186	187	4210	4390
4	–	158	–	–

#### Использованные источники:

1. Говорова Г.Ф., Говоров Д.Н. Грибные болезни земляники садовой, селекция на иммунитет и другие методы защиты: монография. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – 168 с.
2. Named K. B., Zorrig W., Hamzaoui A.H. Electrical impedance spectroscopy: A tool to investigate the responses of one halophyte to different growth and stress conditions // Computers and Electronics in Agriculture. – 2016. – Vol. 123. – P. 376–383.
3. Гираев М.А. Частотный спектр импеданса биотканей растительного происхождения // Вестник Дагестанского государственного университета. – 2015. – Т. 30. – Вып. 6. – С. 50-55.
4. Зуев А.Л., Мишланов В.Ю., Судаков А.И., Шакиров Н.В., Фролов А.В. Эквивалентные электрические модели биологических объектов // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16. – № 1 (55). – С. 110-120.
5. Голев И.М., Санин В.М., Титов С.А., Коротков Л.Н. Электрическая эквивалентная схема биологических объектов растительного происхождения. – Вестник ВГТУ, 2013. – Т. 9. – №4. – С. 26-29.
6. Кривцун И.В., Пентегов И.В., Сидорев В.Н., Рымар С.В. Методика обработки экспериментальных данных при моделировании дисперсии импеданса биологических тканей с помощью схемы замещения Фрике // Электротехника и Электро-механика. – 2017. – №5. – С. 27-37.
7. ГОСТ 8.207-76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 7 с.

УДК 637.4.04/.076:004.9

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-203-209

Муковин А.С.<sup>2</sup>, Алейников А.Ф.<sup>1,2</sup>,

<sup>1</sup> СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭМБРИОНОВ ПТИЦ ВО ВРЕМЯ ИНКУБАЦИИ

В статье рассматриваются основные функциональные параметры инкубационных яиц и эмбрионов до и во время инкубации. Выявляется значимость каждого параметра для процесса производства мяса птицы. Определяется влияние своевременной диагностики этих параметров на эффективность производства. Обоснован наиболее перспективный функциональный параметр для мониторинга во время инкубации – частота сердечных сокращений.

**Ключевые слова:** функциональные параметры инкубационных яиц, оплодотворенность, морфофизические показатели эмбриона, пол, биохимические показатели эмбриона, сердечно-сосудистая система эмбриона, частота сердечных сокращений.

**Введение.** Общеизвестно, что стратегия научно-технологического развития РФ в ближайшее время предполагает переход к эффективным интеллектуальным производственным и роботизированным системам во всех отраслях деятельности человека. Вызовы в сфере продовольственной и биологической безопасности вынуждают человека применять в своей деятельности эффективные системы поддержки принятия решений, комплексной автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства. К 2050 году, чтобы удовлетворить потребности прогнозируемого девятимиллиардного населения мира, необходимо увеличить производство продовольствия на 70-100 % [1].

Мясное птицеводство России за последние годы превращается в современную отрасль отечественного АПК. Государственная поддержка и меры по регулированию внутреннего рынка, направленные на защиту российских производителей и развитие конкурентной среды, создали условия для проведения комплексной технико-технологической модернизации и выхода отрасли на качественно новый производственный уровень. Это дало возможность полностью отказаться от импортных поставок мяса птицы и обеспечить по данной категории продукции продовольственную безопасность страны [2].

Важным технологической операцией в процессе производства мяса птицы является инкубация яиц. На первом этапе жизни птицы эмбрион скрыт за скорлупой яйца, и наблюдение за его здоровьем и развитием затруднено.

В стране созданы генотипы птицы, способные реализовать энергию суточных приростов молодняка на уровне 100 г, а яйценоскость кур-несушек составляет более 310 шт. яиц за продуктивный период. Для реализации их потенциала важно использовать в производственном цикле наиболее современные технологические решения. Период выращивания современных кроссов бройлеров сократился за 25 лет с 56 до 35 дней при достижении живой массы к возрасту убоя 2 кг. Учитывая, что сроки выращивания бройлеров год от года сокращаются, должна увеличиваться доля «инкубации» в общем времени получения мяса бройлеров [3].

Для оценки состояния яйца, согласно действующим нормативным документам, биологический контроль производится до и во время инкубации.

Параметры яйца **до инкубации** регламентируются по ОСТ 10 321-2003 Яйца куриные инкубационные [4]. При оценке яйца проверяются такие параметры, как масса, внешний вид, плотность, индекс формы, толщина скорлупы, индекс желтка, содержание витаминов и др. Часть из этих проверок проводится без повреждения яйца, а часть со вскрытием.

Для оценки состояния эмбриона **в процессе инкубации** проводится биологический контроль инкубации, включающий ряд мероприятий. Так, в соответствии с работой [5], проводятся:

- просвечивание яиц на овоскопе – для определения развития эмбрионов;
- взвешивание яиц для определения потери массы яйцами;
- установление времени начала вывода, его хода, продолжительности;
- учет количества яиц с погибшими эмбрионами по периодам инкубации;
- патологоанатомические вскрытия яиц с погибшими эмбрионами для контроля над отклонениями в развитии, в связи с неполноценностью яиц, поступивших из разных хозяйств.

Часть мероприятий для оценки состояния эмбриона, ввиду невозможности их выполнения без нарушения целостности скорлупы, приводят к потерям ценного инкубационного сырья. С другой стороны, недостаточно полная диагностика, связанная с выборочностью контроля, несовершенством методов, ошибками при проведении, вызывает неоправданные затраты на инкубацию птицы. Так, яйцо, из которого вылупится дефектная или недостаточно быстрорастущая птица, которую невозможно будет продать, занимает место в инкубаторе, на его инкубацию расходуется тепло, электроэнергия, труд человека. Дефектовка и утилизация такой птицы также требуют затрат.

Таким образом, актуальной проблемой является создание технологии тотального неинвазивного контроля качества яиц и эмбрионов на возможно ранних сроках инкубации с использованием наиболее дешевого оборудования. Технология должна быть недорогой и широкодоступной для любого вида хозяйств: от крупных птицефабрик до мелких фермерских хозяйств.

Критерии и методы оценки функционального состояния эмбрионов птиц будут рассмотрены в статье далее. Подробно будет рассмотрен перспективный метод оценки состояния эмбриона с помощью контроля частоты сердечных сокращений (ЧСС).

**Функциональные показатели яйца эмбриона.** Диагностика функциональных показателей яйца и эмбриона является важным технологическим этапом в процессе инкубации. Наиболее важными из этих показателей являются: оплодотворенность, пол, морфофизические и биохимические показатели, а также параметры сердечно-сосудистой системы. Чем раньше производитель сможет проверить и идентифицировать эти показатели, тем более экономически эффективны будут процесс инкубации, и весь процесс выращивания птицы.

**Оплодотворенность (фертильность).** Оплодотворенность яйца является важным функциональным показателем, определяющим целесообразность работы с яйцом.

Неоплодотворенные яйца составляют до 20 % из всего объема инкубированных яиц курицы [6]. Эти яйца при своевременном обнаружении можно, не только исключить из производственного процесса, но и использовать в пищу (для низкосортной продукции), тем самым увеличив экономические показатели производства.

Крупнейшие производители инкубационного яйца разработали и рекомендуют к внедрению специальные валидированные инструкции по определению оплодотворенности. Так, согласно работе [7], применяют два метода определения оплодотворенности: в неинкубированном яйце и в светлом инкубированном яйце на 10 – 14-й день инкубации. В первом случае проверка происходит на вскрытом яйце методом выборки 100 яиц по виду бластодермы. Во втором – овоскопированием не менее трех лотков и выявлением светлых яиц. Светлые яйца вскрываются, и проверка производится сравнением с эталонными изображениями зародыша.

Разрабатываются и другие высокотехнологические методы определения оплодотворенности. Развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта позволяют избежать неточностей в диагностике, вызванных человеческим фактором.

Например, в работе [8] учеными предложено применять метод наивной бейсовской классификации. На основе высококачественных фото просвеченных заведомо оплодотворенных и неоплодотворенных яиц выполняется обучение системы для отнесения изображения к тому или иному классу. После подведения итогов распределения частот, выполняется процесс классификации на основе расчетной модели. Таким образом, определение оплодотворенности может производиться с большой скоростью и высокой точностью.

Авторы публикации [6] рассматривают существующие методы неразрушающего контроля, включая ультразвуковые и диэлектрические измерения, тепловую визуализацию, машинное зрение, спектроскопию и гиперспектральную визуализацию. Представлена технология гиперспектральной съемки, как метод, адекватный для решения проблемы классификации фертильности куриных яиц. Метод заключается в получении и анализе гиперспектрального изображения яйца, которое получается при взаимодействии фотона с разными молекулами вещества. Отраженный, поглощенный или преломленный свет несет важную информацию от проходящей среды (объекта) и может использоваться как для качественного так и для количественного анализа.

Тем не менее, проблема идентификации фертильности до инкубации в основном остается нерешенной. Существующие пробелы в предыдущих исследованиях связаны с проблемами в процедуре сбора данных, скудностью доступных данных, несбалансированностью данных (слишком мало или отсутствие нефертильных яиц для обучения), а также недостатками методов анализа и моделирования.

**Пол.** Существует предпочтение по признаку пола при производстве птицы, где самец предпочтительнее при производстве бройлеров, а самка при производстве яиц. Для производства бройлеров цыплята-самки не являются экономически выгодными из-за более низких темпов роста по сравнению со своими сверстниками. Цыплятам-самкам, чтобы набрать вес, необходимы дополнительные расходы на корм. С другой стороны, цыплята-самцы естественно не могут быть использованы при производстве яйца [9].

В настоящее время пол цыпленка определяют только после его вылупления из яйца по внешним признакам и физиологическим особенностям строения некоторых органов.

Существуют методы определения пола во время инкубации, но эти способы мало применяются, т. к. по большей части они или инвазивные (различия в ДНК, флуоресценция крови) или субъективные (масса яйца и его запах).

Наиболее передовые способы контроля — это оптический, основанный на разном поглощении ультрафиолетового света зародышами разных полов, и метод электрической спектроскопии импеданса (EIS). Метод EIS позволяет получать значительный объем информации о процессах транспорта носителей заряда в твердых и жидких материалах. Он чрезвычайно важен для изучения переноса зарядов в гетерогенных системах, включающих фазовые границы, электродные границы, элементы микроструктуры. При получении информации о сложных процессах переноса заряда в животных и растительных тканях, метод спектроскопии импеданса зачастую теоретически и практически не заменим [10].

Выявление пола во время инкубации эмбрионов может внести значительный вклад в гуманное обращение с инкубированными живыми организмами – цыплятами, повысить продуктивность инкубаториев и снизить нагрузку на окружающую среду.

**Морфофизические показатели эмбриона.** Определение морфофизических показателей яйца и эмбриона производится до инкубации и во время инкубации.

Наиболее важными морфофизическими качествами интактных инкубационных яиц являются их масса, индекс формы, плотность, свежесть, качество их скорлупы и ряд других показателей [11].

У инкубационных яиц рекомендуется оценивать морфофизические качества при нарушении целостности скорлупы (по выборке): индексы белка и желтка, толщину скорлупы, пигментацию желтка, массу белка, желтка и скорлупы, соотношение белка и желтка. В хозяйствах некоторые морфофизические показатели инкубационных яиц оценивают по внешнему виду, и уровень браковки яиц при такой оценке часто имеет большой удельный вес среди прединкубационного брака.

Методы, применяемые для оценки качества яиц обычно делятся на органолептические (без вскрытия и со вскрытием) и объективные (без вскрытия и со вскрытием).

Основными приборами для проведения таких испытаний на работающих предприятиях является овоскоп, весы, измерители размеров (линейка, штангенциркуль и др.).

Однако существуют и более современные и высокотехнологичные методы определения морфологических показателей эмбрионов. Так авторы статьи [12] предложили неинвазивную систему для обнаружения жизненно важных признаков птичьего эмбриона через неповрежденное яйцо на ранней стадии инкубации с использованием лазерной спектр-визуализации (LSI). Система была основана на измерение флуктуаций интенсивности спектров, вызванных эмбриональным кровотоком в интактном яйце при воздействии лазерного луча.

Авторы источника [13] предлагают использовать метод определения толщины скорлупы с помощью терагерцевых волн. Измерение толщины яичной скорлупы остается узким местом из-за отсутствия неразрушающих методов измерения. Авторами предлагается неразрушающий метод оценки толщины яичной скорлупы на основе коэффициента отражения в терагерцевом (ТГц) диапазоне спектроскопии с использованием куриных яиц белого цвета. Поскольку терагерцевые волны отражаются от границы внешнего воздуха и поверхность раздела яичной скорлупы, а также внутренняя граница яичной скорлупы и мембраны, в результате возникают интерференционные сигналы, зависящие от толщины яичной скорлупы. Этот способ может оценить толщину яичной скорлупы с разрешением менее 10 мкм.

**Биохимические показатели эмбриона.** В работе [3] биохимические показатели крови определяют у суточных цыплят методом забора крови из сердца. Это делается для того, чтобы определить условия инкубации и скорректировать их.

К критическим показателям относятся:

показатель АЛТ (аланинаминотрансфераза), характеризующий, в основном, процессы, проходящие в печени, и его повышение свидетельствует о проблемах этого органа;

высокий уровень фермента АСТ (аспартатаминотрансфераза) как свидетельство негативных процессах, происходящих в сердечной мышце;

жиры, составляющие первый резерв для пополнения запаса углерода.

По уровню щелочной фосфатазы можно судить об усилении аланин-глюкозного пути с выбросом из клеток глюкозы за счет ее дефосфорилирования щелочной фосфатазы. Это свидетельство недостатка энергии для клеток.

Превышение прямого билирубина свидетельствует или о нарушении оттока желчи у эмбрионов, или о возросшей возможности обратного попадания в кровь из гепатоцитов.

Увеличение холестерина в крови может быть результатом интенсивного усвоения липопротеидов желтка для получения энергии эмбрионом и для обеспечения жизнедеятельности цыплят.

Уровень мочевины в границах нормы свидетельствует о сохраненной функции печени по обезвреживанию аммиака.

Уровень креатинина зависит от поступления и усвоения питательных веществ, учитывая, что цыплята после вывода корм не получали – это может служить объяснением низкого его содержания в крови.

Фосфор принимает активное участие в остеогенезе цыплят в последние сутки инкубации и в первые сутки жизни, вероятно, это является еще одним доказательством низкого его содержания в крови.

Особый интерес представляет уровень глюкозы в крови, как основного энергетического материала для дыхания клеток эмбриона. И в то же время повышенный уровень глюкозы в крови может свидетельствовать об усиленной мобилизации гликогена из депо печени.

Таким образом, контроль биохимических параметров крови не может проводиться в процессе инкубации, а может применяться только для коррекции режимов следующего процесса инкубации. Такой способ также очень затратный и негуманный.

**Состояние сердечно-сосудистой системы.** К показателям сердечно-сосудистой системы, которые можно диагностировать, относятся: частота сердечных сокращений (далее ЧСС), давление, температура. Ценность этих показателей в том, что они прямо связаны с благополучием эмбриона, как в данный момент, так и в перспективе.

Сердце птичьего эмбриона представляет собой парную трубчатую структуру, которая вскоре становится единой трубкой [14]. Сердце начинается удлиняться быстрее, чем перикард, удерживающий его, и это заставляет трубчатое сердце согнуться. В первые два дня присутствуют только желудочек и бульбус. Кровоток на внутренней поверхности искривленной трубки образует внешнюю конфигурацию и внутреннее строение сердца, а также способствует формированию кровеносных сосудов. Структурные изменения, отделяющие атриум от вен, желудочек от аорты, левой камеры от правой, происходят в течение 3-8 дней инкубации, а четырехкамерным сердце становится к 8-9 дням.

Сердце начинает биться примерно через 30 часов инкубации и кровь начинает циркулировать примерно через 40 ч. Средняя частота сердечных сокращений (МНР) в это время развития составляет 280 ударов в мин, ударный объем крови оценивается как ~ 60 мкл, и удельный объем – ~ 4 мкл/г. Сердечное сокращение, генерирующее этот объем перемещает тело эмбриона, и эти движения передаются на все яйцо, вызывая кардиогенное баллистическое движение яйца, называемое баллистокардиограммой (БЦЖ) яйца. Такие движения можно уловить с помощью лазерного измерителя с чувствительностью не более 1 мкм.

Сердцебиение эмбриона внутри яичной скорлупы является источником не только баллистического движения яйца, но и акустического давления, которое можно измерить вне яич-



ной скорлупы. Обычный конденсаторный микрофон, герметично закрепленный на яичной скорлупе, обнаруживает кардиогенные изменения акустического давления, обозначаемые как акустокардиограмма (АСГ).

При наличии неинвазивных методик, данные показатели можно использовать для непрерывного регулирования процессом инкубации без разрушения яйца. Так, повышение ЧСС эмбриона зачастую говорит о превышении температуры инкубации, а ее чрезмерное снижение – о том, что яйцо переохлаждается.

Кроме этого, ЧСС может быть косвенным показателем многих других функциональных показателей эмбриона. Так, в статье [15] авторы предложили метод определения оплодотворенности инкубационных яиц на основе порога частоты сердечных сокращений. Полученный сигнал сердцебиения инкубационных яиц методом PhotoPlethysmoGraphy (PPG) обрабатывается фильтром верхних частот Баттуорта для фильтрации собранного сигнала и устранения дрейфа базовой линии. Рассмотрен сигнал сердцебиения инкубационных яиц как эффективный признак, позволяющий различать оплодотворяемые яйца и мертвые яйца и алгоритм классификации доминантного времени и частотной области на основе порога сигнала сердцебиения.

В работах [16, 17] показан контроль ЧСС как метод биологического контроля инкубации, а также как метод, позволяющий корректировать режим инкубации, основанный на частоте сердечных сокращений эмбриона. Было обнаружено, что частота сердечных сокращений эмбрионов снижается по мере того, как они развиваются. Подобное влияние на частоту сердечных сокращений независимо от возраста обеспечивает снижение температуры и недостаток кислорода.

**Вывод.** В статье рассмотрены основные функциональные параметры инкубационных яиц и эмбрионов до и во время инкубации. Выявлена значимость каждого параметра для процесса производства мяса птицы. Определено влияние своевременной диагностики этих параметров на эффективность производства. Так, определение отклонений в развитии эмбрионов позволяет не использовать впустую мощности инкубаторов и другие ресурсы производителя. Диагностика оплодотворенности яйца до инкубации позволяет использовать яйцо в других целях. А мониторинг параметров во время инкубации позволит рационально управлять работой инкубатора, что так же положительно сказывается на выживаемости птицы и экономической эффективности производства.

Наиболее перспективным функциональным параметром, по нашему мнению, является частота сердечных сокращений. Этот параметр можно определить неинвазивными методами. По ЧСС косвенно можно судить о других параметрах: оплодотворенности, морфологическом развитии и др.

Представляет интерес разработка тотального метода контроля состояния эмбриона по ЧСС на базе соответствующего программного обеспечения для мобильных устройств. Это позволит с помощью смартфона сделать диагностику состояния эмбриона птицы простой и доступной широкому кругу потребителей.

#### **Использованные источники:**

1. Труфляк Е.В. Точное животноводство: состояние и перспективы. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 46 с.
2. Кузьмина Т.Н., Кузьмин В.Н. Совершенствование технологий для производства мяса кур современных кроссов // Мировое и российское птицеводство: состояние, динамика развития, инновационные перспективы: материалы XX Междунар. конф. – Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН, 2020. – С. 448-450.
3. Щербатов В.И., Смирнова Л.И., Щербатов О.В., Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы : монография. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 184 с.
4. Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства (ВНИТИП), *ОСТ 10 321-2003 Яйца куриные инкубационные. Технические условия*, 2003.
5. Щербатов В.И., Хасанова С.А., Донцов С.А. Рекомендации по инкубации яиц домашней птицы для хозяйств различных форм собственности. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 76 с.
6. Adegbenjo A.O., Liu L., Ngadi M.O. Non-Destructive Assessment of Chicken Egg Fertility // *Sensors* 2020. – Vol. 20(19):5546. DOI: 10.3390/s20195546

7. Оценка оплодотворенности яиц. [Электронный ресурс]. URL: [http://la.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/RUS\\_TechDocs/HowTos-RU/AAHowto4InfertileEggsRU13.pdf](http://la.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/HowTos-RU/AAHowto4InfertileEggsRU13.pdf). (Дата обращения: 09 09 2021).
8. Diantoro A., Santoso I. Bu. Eggs Fertilities Detection System on the Image of Kampung Chicken Egg Using Naive Bayes Classifier Algorithm // Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi. 2017. – Vol. 9(2). – pp. 53-57. DOI:10.18860/mat.v9i2.4198
9. Алейников А.Ф. Выбор эффективных методов определения пола цыплят в яйце до инкубации // EUROPEAN SCIENCE OF THE FUTURE: сбор. науч. тр. III Междунар. научно-практ. конф. – Смоленск: МНИЦ «Наукаосфера», 2019. – С. 23-26.
10. Алейников А.Ф. Автоматизация качества инкубационного яйца птицы – важнейший элемент точного птицеводства // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – №55. – Ч. 3. – С. 5-8. DOI: 10.18411/lj-10-2019-37
11. Ташкина А.А. Морфологические качества яиц мясных кроссов кур и пути синхронизации вывода цыплят. автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. аграрный ун-т., 2018. – 22 с.
12. Yang L., You S., Zhang L., Yang T., Li P., Lu J. Noninvasive vasculature detection using laser speckle imaging in avian embryos through intact egg in early incubation // Biomedical Optics Express. 2013. – Vol.4(1). – P. 32-37. DOI:10.1364/BOE.4.000032
13. Khaliduzzaman A., Konagaya K., Suzuki T., Kashimori A., Kondo N., Ogawa Y. A Nondestructive Eggshell Thickness Measurement Technique Using Terahertz Waves // Scientific Reports. 2020. – Vol. 10(1):1052 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57774-5>
14. Mueller C.A., Burggren W.W., Tazawa H. The Physiology of the Avian Embryo // Sturkie's Avian Physiology. 2005. – Vol. 6(32). – pp. 739-766. DOI:10.1016/B978-0-12-407160-5.00032-4
15. Geng L., Hu Y.Z., Xi J.T., Liu Y.B. Detection on the Fertility of Hatching Eggs Based on Heart Rate Threshold // American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS). 2019. – Vol. 53(1). – pp. 49-63.
16. Андрианов Е.А., Андрианов А.А., Судаков А.Н., Дудин П.И. Использование частоты сердечных сокращений эмбриона птицы для контроля его состояния // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: материалы 6-й междунар. конф. (Воронежский ГАУ, 15 октября 2019 г.). – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019.
17. Tomi S. T., Ide R., Mortola J. P. Heart and breathing rate variability in the avian perinatal period: The chicken embryo as a model // Avian Biology Research. 2019.– Vol. 12(1). – pp. 13-22.

УДК 635-2

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-209-211

*Неменуцкая Л.А.<sup>1</sup>, Болотина М.Н.<sup>1</sup>, Пискунова Н.А.<sup>2</sup>, Осмоловский П.Д.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>ФГБНУ «Росинформагротех», Московская обл., р.п. Правдинский,  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

## **МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗУ В СЕЛЕКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

В статье рассматриваются основные направления развития защиты овощных культур от болезней. Обозначены передовые технологии выявления и предотвращения фузариоза овощных культур.

**Ключевые слова:** овощные культуры, селекция, фузариоз, устойчивость, методика.

Сорт и высококачественные семена относятся к основным элементам конкурентоспособных технологий возделывания овощных культур [1]. Селекция на устойчивость к патогенам – наиболее перспективный способ защиты растений. Она позволяет получить сорта и гибриды сельскохозяйственных культур с комплексной устойчивостью.

Огромные потери урожая овощных культур происходят из-за болезней, вызываемых грибами, в частности из-за фузариоза значительно снижаются качество и объемы производимой продукции. Например, у широко распространенной овощной культуры – моркови столовой – в зависимости от погодных условий и фитосанитарного состояния посевов поражаемость фузариозом может достигать до 80 %, а урожайность корнеплодов – снижаться на 35-50 % [2]. Эта болезнь вызывается различными микроорганизмами рода *Fusarium* sp, например, для томатов фузариозная гниль стебля и корня (*Fusarium oxysporum* Schltdl.:Fr. f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker), фузариоз плодов (*Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *eumartii*

(C. W. Carp.) W. C. Snyder & H. N. Hansen), фузариозное увядание (*Fusarium oxysporum* Schltdl.: Fr. f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W. C. Snyder & H. N. Hansen); тыквенных культур – фузариозная гниль плодов (*Fusarium equiseti* = *Fusarium roseum* f. *gibbosum* App. et Wr., *Fusarium graminearum* Schwabe, *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch [teleomorph], *Fusarium semitectum* Berk. & Ravenel, *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* (Mart.) Sacc., *Fusarium* spp.), фузариозное увядание (*Fusarium oxysporum* включая формы: *F. ox.* f. sp. *enincasae*, *F. ox.* f. sp. *cucumerinum*, *F. ox.* f. sp. *lagenariae*, *F. ox.* f. sp. *luffae*, *F. ox.* f. sp. *melonis*, *F. ox.* f. sp. *momordicae*, *F. ox.* f. sp. *niveum*); для крестоцветных - фузариозная желтуха (*Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen) и т. п. [2].

Фузариозное увядание на примере огурца показано на рисунке 1.



Рисунок 1. Фузариоз огурца (материалы сайта <http://1decor.org/wp-content/uploads/2018/10/Fuzarioznoye-uvyadaniye-ogurtsa-e1539014651712.jpg>)

В результате заражения сосудов корня и стеблей они приобретают бурый цвет. На поверхности пораженных органов формируется беловатый налет спороношения. Листья желтеют, растения увядают и усыхают, урожай снижается или полностью уничтожается.

Для получения устойчивых к фузариозу сортов многие научные организации и исследователи проводят свои изыскания, их краткая характеристика представлена в таблице 1.

Кроме возделывания устойчивых к патогенам сортов и гибридов эффективная защита овощных растений от патогенных микроорганизмов включает в себя их изучение, дающее научную основу для выработки профилактических мероприятий, к которым относятся фиточистка; пространственная изоляция культивируемых растений от источников инфекции; посев в почву, свободную от инфекции; уничтожение сорняков-резерваторов инфекции; соблюдение оптимальных сроков, норм посева и густоты посадок; применение химических и биологических средств в борьбе с переносчиками и использование устойчивых сортов.

В фитосанитарных мероприятиях по обеспечению здоровья овощных растений сохраняется важная роль визуальных и микроскопических методов для определения возбудителей болезней. Они отличаются дешевизной, доступностью и применяются практически всеми специалистами агрономами и фитопатолагами, особенно на первых этапах диагностики. Для сохранения необходимой фитосанитарной ситуации в качестве обязательного элемента диагностики можно рекомендовать мониторинг посевов и посадок, проводимый с использованием последних достижений в области интеллектуальных и цифровых технологий.

Таблица 1

Разработки для ускорения селекционного процесса  
на устойчивость к фузариозу

Технология, разработчик	Краткая характеристика	Положительный эффект
Технология оценки селекционного материала на устойчивость к фузариозу. Лаборатория иммунитета ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО Московская область	Исходный материал три сорта моркови селекции ВНИИО, характеризующиеся различной устойчивостью к фузариозу и альтернариозу. Опыты были направлены на подбор оптимальной концентрации фильтрата культуральной жидкости (ф.к.ж.) и оценку растений на устойчивость к фузариозу и альтернариозу для разработки элемента методики экспресс-оценки моркови, основанный на проращивании семян на ф.к.ж. гриба <i>F. oxysporum</i> и <i>A. Radicina</i> .	Разработанная специалистами технология обеспечивает возможность в лабораторных условиях в короткие сроки оценить большое количество селекционных образцов, в 3,4 раза сократить время, необходимое для оценки селекционного материала, и снизить расход семян, предназначенных для аналитических исследований [3].
Диссертационное исследование Н.В. Ипатовой	Реализовывалось с использованием молекулярных методов диагностики патогенов. Подобраны ускоренные методы оценки селекционного материала моркови первого года жизни на устойчивость к <i>Fusarium avenaceum</i> при искусственном заражении.	Разработаны элементы методики проведения клеточной селекции моркови на устойчивость к грибу <i>Fusarium avenaceum</i> и получены растения-регенеранты, устойчивые к этому патогену [4].
Диссертационное исследование А.Н. Самохвалова	Разработаны методические основы ускорения селекции столовой свеклы на устойчивость к грибным болезням.	Выделены новые источники устойчивости свеклы к фузариозу [5].

Приведенные в статье направления работы и исследований будут содействовать реализации подпрограммы Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы «Развитие селекции и семеноводства овощных культур в Российской Федерации» и обеспечению импорт независимости в сфере селекции и семеноводства овощных культур.

**Использованные источники:**

1. Пивоваров В.Ф., Солдатенко А.В., Пышная О.Н., Надежкин С.М., Гуркина Л.К. Овощеводство – одно из приоритетных направлений сельскохозяйственного производства // Овощи России. – 2020; (1):3-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-3-15>.
2. Богоутдинов Д.З., Фоминых Т.С., Кастальева Т.Б., Гирсова Н.В., Павловская Н.Е., Гагарина И.Н., Мишуров Н.П., Неменушая Л.А., Пискунова Н.А. Методы диагностики возбудителей заболеваний овощных культур: анализ. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 116 с.
3. Соколова Л.М., Егорова А.А. Экспресс-оценка устойчивости моркови столовой к грибным болезням рр. *Alternaria* и *Fusarium* на фильтрат культуральной жидкости // Вестник Алтайского ГАУ. – 2019. – № 3 (173). – С. 36-42.
4. Ипатова Н.В. Оценка исходного материала столовой моркови на устойчивость к фузариозу и альтернариозу с использованием методов традиционной и клеточной селекции: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – М., 2004. – 133 с. РГБ ОД, 61:04-6/465.
5. Самохвалов А.Н. Научное обоснование методов оценки исходного селекционного материала овощных культур на устойчивость к бактериальным и грибным болезням (роды *Brassica* L., *Raphanus* L., *Daucus* L., *Beta Tourn* (L.) *Cucumis* L.): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05. – М., 1992. – 38 с.: ил.

*Ницневская К.Н.,  
СибНИТИП СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТУРЫ ПРОДУКЦИИ ИЗ ПЛОДОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

Рассматриваются аспекты применения оборудования с ультразвуковым воздействием на растительное сырье на примере обработки продукции с использованием замороженных плодов земляники садовой.

**Ключевые слова:** замороженные плоды земляники садовой, ультразвук, текстура продукта.

Одним из актуальных и перспективных направлений в обработке жидких сред является применение технологического оборудования с эффектом ультразвуковых воздействий, что является новым подходом к решению различных технологических задач при работе со сложными гетерогенными пищевыми средами в присутствии воды.

Применение ультразвуковых кавитационных технологий обусловлено комплексностью интенсификации технологического процесса при формировании текстуры продукта в результате особенностей ультразвука [1, 2]. Ультразвук, основанный на акустических сигналах, вызывает эффект кавитации. Кавитация – физический процесс образования пузырьков (каверн или пустот) в жидких средах с последующим их схлопыванием и высвобождением большого количества энергии. Особенности ультразвуковых воздействий приведены на рисунке 1.



Рисунок 1. Особенности влияния ультразвука [1, 2]

Эксперимент основан на экстрагировании плодов земляники садовой. В емкость экспериментальной установки помещали плоды земляники садовой замороженной и дистиллированную воду с соотношением компонентов согласно кодировке образцов (рисунок 2). Обработку проводили с помощью ультразвукового аппарата «Волна», модель УЗТА-0,4/22-ОМ. Объем рабочей емкости сосуда 1000 мл, с помощью зажима на штативе регулировали оптимальный уровень погружения насадки ультразвукового устройства марки «Волна». Основные технические характеристики аппарата отражены в таблице 1.

Измерение вязкости полученного экстрагента (из плодов земляники садовой и дистиллированной воды) проводили на вискозиметре серии SV-A, при температуре образцов  $t=4\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 1

Основные технические параметры ультразвукового аппарата «ВОЛНА»,  
модель УЗТА-0,4/22-ОМ

Наименование параметра	Значение
Потребляемая мощность, Вт	100
Частота ультразвуковых колебаний, кГц	22 ± 1,65
Интенсивность ультразвукового воздействия, Вт/см <sup>2</sup>	10
Время непрерывной работы, ч	8
Диаметр рабочего инструмента, мм	25

Замороженные плоды земляники садовой помещали в стерилизованные стеклянные бутылки номинальным объемом 1000 мл и заливали дистиллированной водой в разном соотношении (рисунок 2).

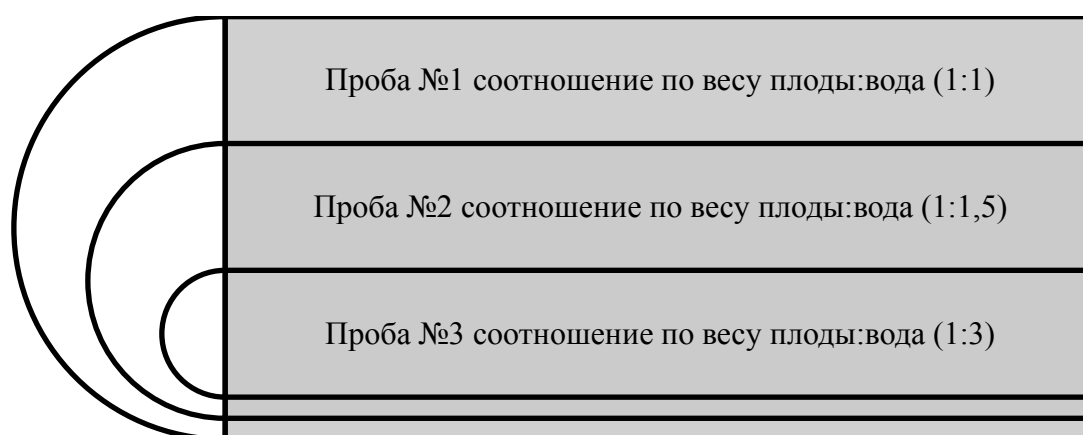


Рисунок 2. Соотношение рецептурных ингредиентов

Кодировка образцов в пробах проводилась согласно продолжительности обработки, мин. (таблица 2).

Таблица 2

Кодировка экспериментальных образцов

Свежие плоды									
Показатель	Проба №1			Проба №2			Проба №3		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время воздействия УЗ, мин.	10	20	30	10	20	30	10	20	30

Согласно порядку проведения эксперимента:

- 1) «приемка сырья» – включала визуальный анализ плодов земляники садовой;
- 2) «смешивание рецептурных ингредиентов» – плоды земляники садовой в замороженном виде смешивали с дистиллированной водой в установленном соотношении (рисунок 2);
- 3) «технологическая обработка» с применением ультразвука (УЗ) на аппарате «Волна» продолжительностью, заявленной согласно таблица 2;
- 4) «исследование вязкости», при этом проводили отбор средней пробы объемом 50 мл для исследования текстуры на вискозиметре серии SV-A.

В экспериментальных образцах происходило динамическое повышение вязкости экстрактивной фракции с увеличением продолжительности обработки с 10 до 30 минут (таблица 3). Динамика повышения вязкости продукта при экстракции из плодов земляники садовой объясняется большим количеством свободной воды в плодах.

Результаты физико-химических исследований (n=3)

Показатель	Проба №1			Проба №2			Проба №3		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время воздействия УЗ, мин	12	20	30	10	20	30	10	20	30
Температура, °С	7,3	17,4	29,5	18	31,2	46,8	33,9	50,6	63
Кислотность, рН	4,11	3,61	3,44	3,58	3,49	3,43	3,54	3,38	3,28
Вязкость, mPas	0,53	0,46	0,68	0,43	0,56	0,95	0,45	0,65	0,79
Температура при измерении вязкости, °С	19,9	18,9	20	19,7	20,5	20,9	20,9	22,6	24,8
Примечание $P \geq 0,95$									

В результате исследования литературных данных влияния ультразвука на физико-химические показатели образуемых коллоидных систем объясняется особенностями нерастворимых полимеров и их преобразование в растворимые формы за счет разрыва гликозидных связей (уменьшения молекулярной массы) [3].

Изменение вязкости жидкой части полученной продукции в процессе использования ультразвука приводит к деградации молекул пектина с возможным разрушением заявленных гликозидных связей. Последующие изменения текстуры характеризуют готовый продукт как более вязкую, желеобразную пищевую систему. Данный факт объясняется образованием более коротких молекул с разрушением сложноэфирных связей, и, как следствие, повышение комплексообразующей способности пектина, и снижение степени его этерификации (более плотный пектин).

Благодаря применению ультразвука при производстве продукции на основе пектинодержавшего сырья можно снизить количество структурообразователей для создания желируемой продукции.

#### Использованные источники:

1. Потороко И.Ю., Ускова Д.Г., Ботвинникова В.В., Калинина И.В. Исследование влияния акустического воздействия ультразвука на формирование потребительских свойств йогуртов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4. – № 3. – С. 13–21. DOI: 10.14529/food160302
2. Демченко В.А., Образцова А.С., Иванова М.А. Влияние ультразвукового воздействия на физико-химические показатели кваса // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 4. – С. 18–21. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-18-21
3. Emerging technologies for the extraction and modification of dietary fiber / Viridiana Tejada-Ortigoza, Tomás García-Cayuela, Jorge Welti-Chanes [et. al.] // Science and Technology of Fibers in Food Systems. – 2020. – P. 363-381.

УДК 633.632. 2:576.38

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-214-217

Сухоруков А.А., Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф.,  
СибНИИ кормов СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск

### ИЗМЕНЕНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

В статье рассматривается вопрос изменения метаболизма в тканях листьев клевера лугового под влиянием спектра фитопатогенов, определяемого посредством рентгеновского микроанализа. В ходе исследований были получены качественные характеристики изменений метаболизма под воздействием различных фитопатогенов, а также определены количественные параметры по изменению макроэлементного состава тканей растений кле-



вера. Все это позволяет получить данные об изменении метаболизма растений, а также об изменении транспортных процессов под влиянием фитопатогенов.

**Ключевые слова:** рентгеновский микроанализ, макроэлементы, клевер луговой, фитопатогены, антракноз, бурая пятнистость.

**Введение.** Методика рентгеновского микроанализа (далее – РМА) представляет собой эффективный инструмент, позволяющий изучить макроэлементный состав растений различных уровнях – от тканевого, до субклеточного [1–4]. Данные по макроэлементному составу растений предоставляют возможность решать фитопатологические задачи с использованием физиологических подходов (осмотическое давление, проницаемость мембран, транспорт элементов и др.) [5–7].

В условиях Западной Сибири кормовые культуры ежегодно поражаются комплексом возбудителей болезней, приводящих к существенным потерям урожая [8–9]. Однако, этиология и патогенез различных заболеваний слабо изучены. В связи с этим перспективной и актуальной задачей представляется разработка инструментальных средств для определения поражения растения на разных стадиях патологического процесса. Особое значение при этом приобретает всестороннее изучение иммунитета растений. Это позволит изучить механизмы устойчивости к фитопатогенам у кормовых культур, а также усовершенствовать методы диагностики устойчивых генотипов, что может быть использовано для селекции на устойчивость растений к инфекционным болезням.

**Объектами исследований** служили: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.); болезни: антракноз (*Kabatiella caulivora* Kirchn.), бурая пятнистость (*Pseudopeziza trifolii* Biv.); макроэлементы: магний, фосфор, сера, калий и кальций в здоровых и пораженных тканях листьев растений клевера.

В работе по РМА использовались растения с полевых опытов, гербарий [4, 5]. Исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6510LV при следующих условиях: ускоряющее напряжение – 20 кВ, время регистрации рентгеновского излучения – 20 с, ток электронного зонда – 15 нА. В работе применялся энергодисперсионный детектор Oxford X-МАХ-80.

**Результаты исследований.** Содержание калия в тканях листьев здоровых растений клевера лугового почти вдвое превышало количество кальция. Содержание кальция в контроле в два раза больше, чем магния. Содержание фосфора и серы в тканях листьев здоровых растений клевера лугового отмечено в пределах 0,5–0,3 % (рисунок 1). Графики коэффициентов корреляции магния, фосфора и кальция в тканях листьев здоровых растений клевера лугового показали сходство. Графики коэффициентов корреляции магния и кальция в тканях листьев клевера лугового имели общие черты (рисунок 2).

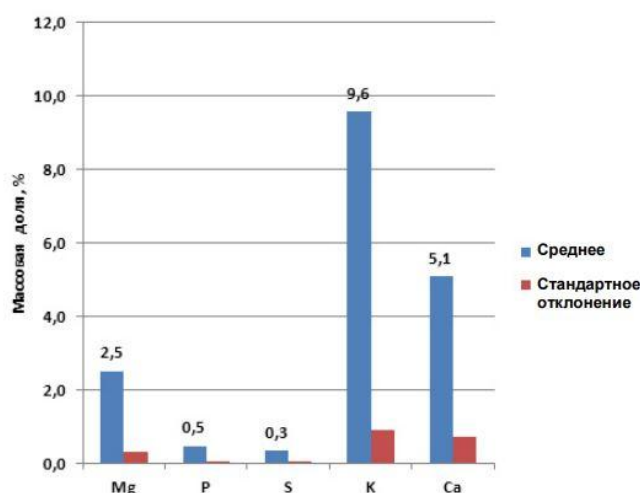


Рисунок 1. Среднее значение и стандартное отклонение макроэлементов в тканях листьев клевера лугового – контроль

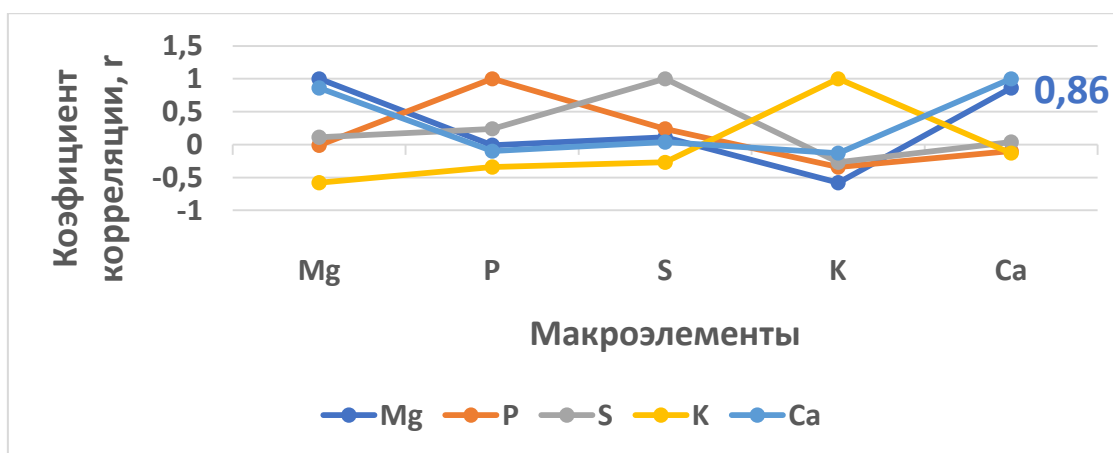


Рисунок 2. Коэффициенты корреляции между макроэлементами в тканях листьев клевера лугового – контроль

Отмечалась высокая положительная взаимосвязь между калием и кальцием в листьях клевера лугового, больных антракнозом (возбудитель – *Kabatiella caulivora* Kirchn.), при уровне достоверности ниже 0,95 (рисунок 3,  $r = 0,75$ ). Слабая положительная взаимосвязь между калием и кальцием обнаруживалась (рисунок 3,  $r = 0,2$ ). Графики коэффициентов корреляции магния, калия, кальция изменялись сходным образом. Графики коэффициентов корреляции уровней содержания серы и фосфора в тканях листьев клевера лугового качественно отличались от графиков коэффициентов корреляции уровней содержания других макроэлементов (рисунок 3).

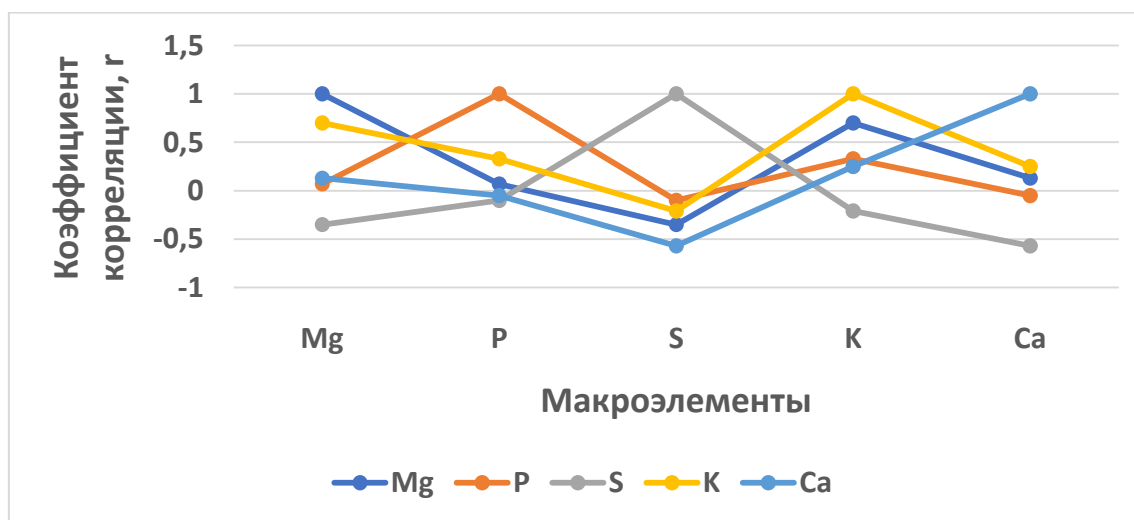


Рисунок 3. Коэффициенты корреляции между макроэлементами в тканях листьев клевера лугового – антракноз

На рисунке 4 представлены коэффициенты корреляции между макроэлементами в тканях листьев клевера лугового, пораженных бурой пятнистостью (возбудитель – *Pseudopeziza trifolii* Biv.), полученные с использованием РМА. Графики коэффициентов корреляции калия, магния изменялись схожим образом. Однако графики коэффициентов корреляции фосфора и серы изменялись в противофазе по отношению распределения коэффициентов корреляции калия, кальция и магния в листьях клевера лугового, пораженных бурой пятнистостью (рисунок 4). Отсюда можно предполагать, что макроэлементы магний, калий и кальций находились в ионной форме, в противоположность к макроэлементам фосфору и сере, которые находились в связанной форме в макромолекулах. Анализ графиков коэффициентов корреляции достаточно объективно показывают характер изменений метаболизма макроэлементов и может быть использован для изучения изменений метаболизма макроэлементов и в других исследованиях по физиологии инфекционного процесса.

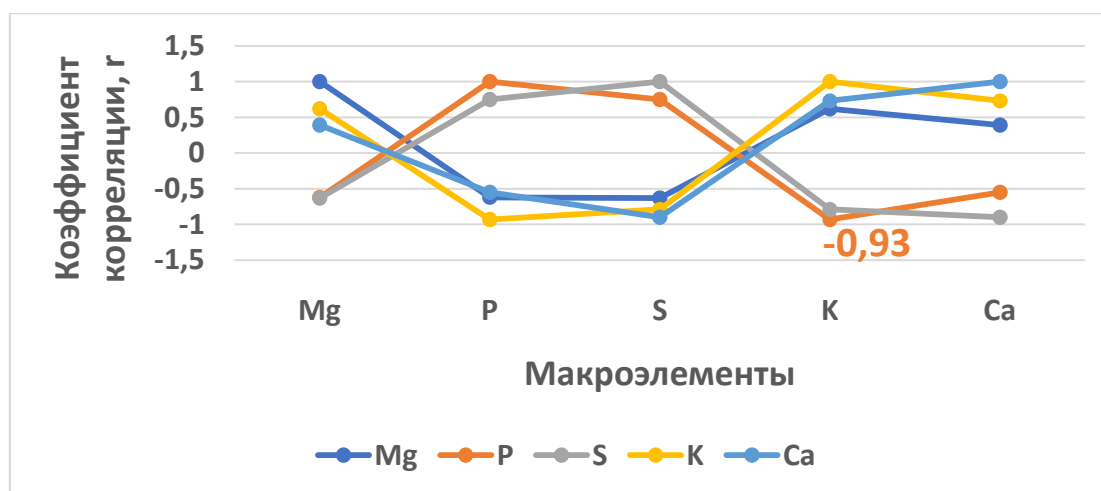


Рисунок 4. Коэффициенты корреляции между макроэлементами в тканях листьев клевера лугового – бурая пятнистость

### Выводы:

1. Выявлена важная роль калия и кальция в ответ на повреждающее воздействие фитопатогенных грибов тканей листьев клевера лугового. При поражении растений фитопатогенными грибами содержание калия в листьях растений снижалось, а кальция – возрастало.
2. Несмотря на различия в природе и видовой принадлежности возбудителей заболеваний, отмечалось сходство как в содержании макроэлементов, так и в коэффициентах корреляции между макроэлементами в тканях листьев растений под влиянием фитопатогенных грибов.
3. Изучение макроэлементного состава растений с помощью РМА открывает новые возможности для исследования механизмов устойчивости растений не только к фитопатогенам, но и к другим негативным внешним факторам (вирусные, бактериальные и другие инфекционные болезни растений). Использование РМА позволяет рассчитывать на более широкое применение данного метода из-за простоты подготовки растительных объектов, а также глубины и широты возможностей изучения метаболизма макроэлементов на клеточном и тканевом уровне.

### Использованные источники:

1. Nieves-Cordones M., Al Shiblawi F.R., Sentenac H. Roles and transport of sodium and potassium in plants // *Metal Ions in Life Sciences*. – 2016. – № 16. – P. 291–324.
2. Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М., Коняева Н.М., Агаркова З.В.. Атлас болезней кормовых культур. – Новосибирск, 2010. – 180 с.
3. Siddig I.A.-W., Nooraini M.A., Abdul A.B., Manal M.El., Ibrahim T.A. Energy-Dispersive X-Ray Microanalysis of Elements' Content of Medicinal Plants Used Traditionally as Anticancer Cure // *Research Journal of Biological Sciences*. – 2009. – № 4 (5). – P. 547–549.
4. Сухоруков А.А., Аллахвердов Б.Л., Погорелов А.Г. Рентгеновский микроанализ растительных объектов // VII Всесоюз. конф. по локальным рентгеноспектральным исследованиям и их применению: тез. докл. / ОИХФ АН СССР. – Черноголовка, 1979. – С. 115–117.
5. Hayatsu M., Suzuki S. Electron Probe X-Ray Microanalysis Studies on the Distribution Change of Intra- and Extracellular Calcium in the Elongation Zone of Horizontally Reoriented Soybean Roots // *Microscopy*. – 2015. – Vol. 64 (5). – P. 327–334.
6. Dong Y., Guan J.-F., Ma S.-J., Liu, L.-L., Feng Y.-X., Cheng Y.-D. Calcium Content and its Correlated Distribution with Skin Browning Spot in Bagged Huangguan Pear // *Protoplasma*. – 2015. – Vol. 252 (1). – P. 165-171.
7. Hayatsu M., Ono M., Hamamoto C., Suzuki S. Cytochemical and Electron Probe X-Ray Microanalysis Studies on the Distribution Change of Intracellular Calcium in Columella Cells of Soybean Roots under Simulated Microgravity // *Journal of Electron Microscopy*. – 2012. – Vol. 61 (1). – P. 57-69.
8. Вредные организмы кормовых культур в Западной Сибири и меры борьбы с ними: пособие /. – Новосибирск: СибНИИ кормов СФНЦА РАН, 2017. – 64 с.
9. Агаркова З.В., Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М., Горобей И.М. Болезни кормовых культур в лесостепи Западной Сибири // *Кормопроизводство*. – 2007. – № 3. – С. 8-9.

УДК 631.3.018.2

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-218-220

*Таркивский В.Е., Лютый А.В., Подольская Е.Е.,  
Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ),  
Краснодарский край, г. Новокубанск*

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ**

В статье рассматриваются методы получения электронных карт твердости почвы поля по глубине с использованием мобильного твердомера и глобальных навигационных спутниковых систем. Значительное влияние применяемых технологий возделывания культур на уплотнение почвы обуславливает необходимость таких разработок.

**Ключевые слова:** твердомер, пенетрометр, плунжер, твердость, почва, точное земледелие, урожайность.

В настоящее время с развитием науки и техники в области сельского хозяйства разработка современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур невозможна без применения системы координатного (точного) земледелия. Фактически ставится цель оптимального ведения растениеводства, что и позволяет сформулировать новый синоним координатного земледелия – «умное», которое должно быть основано на знаниях о плодородии почвы в разрезе его внутриполевой неоднородности [1].

С интенсификацией полевых процессов сельскохозяйственного производства возникла проблема уплотняющего воздействия машинно-тракторных агрегатов на почву. Многократные проходы по полю тракторов, комбайнов и другой мобильной техники привели к распылению верхнего и уплотнению нижнего слоев почвы, что отрицательно повлияло на ее плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур [2]. При проведении сельскохозяйственных работ ходовые системы машинно-тракторных агрегатов покрывают следами от 40 % до 80 % поверхности поля, а поворотные полосы подвергаются 8–10-кратному воздействию. Из-за увеличения массы тракторов и сельхозмашин уплотняется не только пахотный, но и подпахотный горизонты на глубину 1-1,5 м. В результате уплотнения усиливаются эрозионные процессы, объемная масса почвы и ее сопротивление обработке повышаются, соответственно, в 1,5-2 и 1,3-1,9 раза, снижается общая и капиллярная пористость плодородного слоя. Повышение плотности и твердости почвы ведет к снижению жизнедеятельности почвенной микрофлоры и, в конечном результате, к недобору 20-40 % урожая.

Современный уровень развития сельского хозяйства диктует необходимость совершенствования методов и средств определения твердости почв, применение информационных технологий и средств автоматизации [3].

С применением системы координатного земледелия перед сельскохозяйственной наукой и практикой стоит задача расширенного воспроизводства почвенного плодородия, следовательно, необходимо максимально увеличить объем получаемых данных и возможности наложения этих данных на карту внутриполевой неоднородности почвы [4].

Существующие твердомеры и пенетрометры предполагают ручное погружение плунжера в почву, что не всегда удобно, особенно, если почва переуплотнена после уборочных работ.

В КубНИИТиМ разработан измеритель твердости почвы ИП-298 (рисунок 1), где основной упор сделан на механизацию и автоматизацию технологического процесса определения твердости, обеспечение равномерности погружения плунжера в почву на глубину не менее 400 мм при нагрузке на плунжер в пределах от 20 до 100 кг/см<sup>2</sup> [5]. Проведение измерений в выбранных координатах исследуемого поля в течение всего полевого сезона позволяет применять разработку в системе точного земледелия.

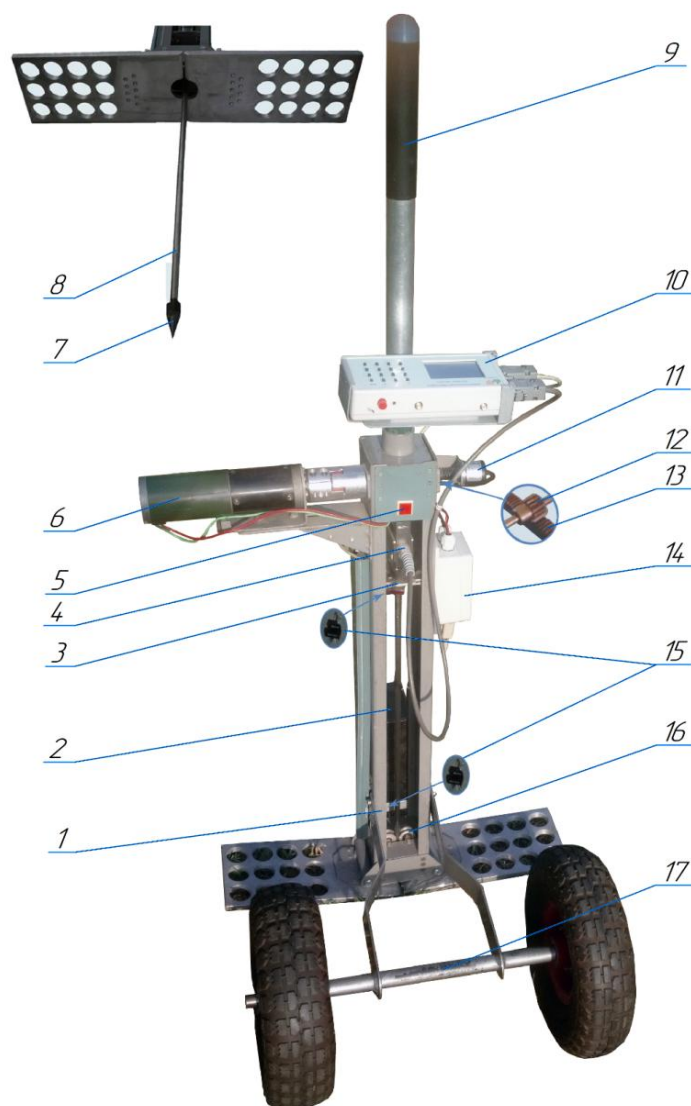


Рисунок 1. Общий вид измерителя твердости почвы ИП-298

Твердомер почвы (рисунок 1) состоит из корпуса с опорным устройством 1, реверсивного мотор-редуктора 6 и инкрементального энкодера осевого типа 11, предназначенного для измерения перемещения штока 8. Шток закреплен с помощью кронштейна с прижимными роликами 15 в направляющей каретке 3. Перемещение штока осуществляется за счет зубчатой рейки 13, закрытой кожухом 9, и шестерни 12, установленной на валу мотор-редуктора 6. Направление перемещения контролируется роликами 16. Тензометрический датчик 4 измеряет усилие перемещения штока 8 и плунжера 7. Датчики крайнего положения 14 предназначены для сигнала остановки штока в крайних положениях. Аккумуляторная батарея 2 осуществляет питание электронного блока управления 10. Аварийный выключатель 5 останавливает процесс измерения. Твердомер установлен на пневматических колесах 17.

Особенностью твердомера является электронный управляющий модуль, который регулирует скорость и направление перемещения штока, фиксирует давление и глубину погружения наконечника плунжера, а также координаты проведения измерений. Электронная карта твердости поля по глубинам с интервалом 1 см сохраняется на SD карту в формате «.kml».

Электронные карты загружаются на сервер и могут быть доступны в любой момент с помощью специального WEB-приложения (рисунок 2). WEB-приложение обладает расширенным функционалом, который позволяет загружать информацию об измерениях из твердомера, сохранять электронные карты полей в базе данных и обеспечивает отображение по твердости на интересующей глубине в координатах поля.

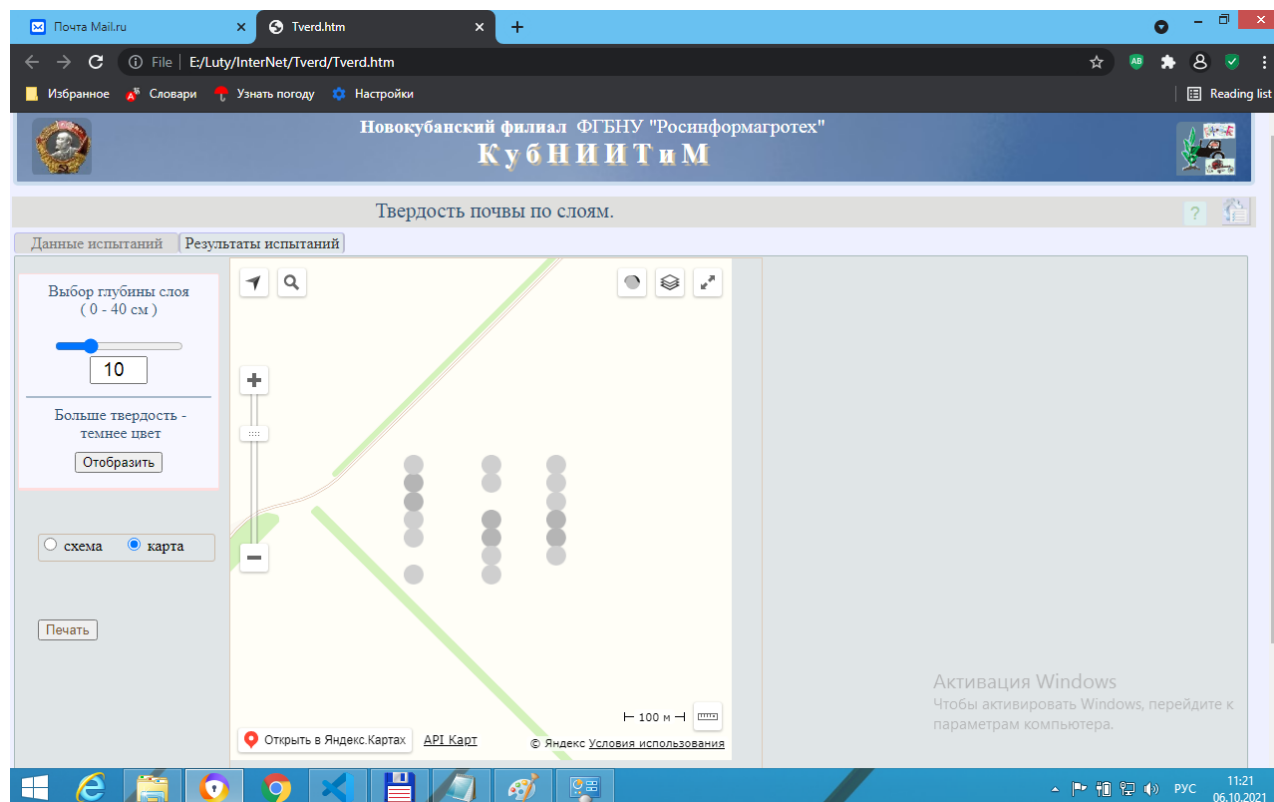


Рисунок 2. Web-приложение карты твердости поля

**Использованные источники:**

1. Федоренко В.Ф., Рухович Д.И., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В., Трубников А.В., Мишу-ров Н.П. Оценка внутриполевой неоднородности почвенного покрова для технологий координатного земледелия // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 9. – С. 2-6.
2. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 140 с.
3. Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Современные микропроцессорные системы для разработки средств испытаний // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 31-32.
4. Трубицын Н.В., Таркинский В.Е. Беспроводное устройство для измерения глубины хода рабочих органов сельскохозяйственных машин // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 3. – С. 13-17.
5. Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С. Техническое средство мониторинга твердости почвы в системе координатного земледелия // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 12 (282). – С. 17-19.

УДК 636.5.034

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-220-225

*Мейрамкулова К.С., Темирбекова А.Ж.,  
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан,  
Республика Казахстан*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОЙ ОЧИСТКИ ОТ МИКРООРГАНИЗМОВ СТОЧНЫХ ВОД ПТИЦЕФАБРИКИ**

В этой статье отражены результаты исследования эффективности установки комбинированной очистки с электролизом (ЭК), ультрафильтрацией и ультрафиолетовым излучением (УФ) с точки зрения инактивации микробов в сточных водах птицефабрики. В ходе исследования было выявлено общее микробное число (ОМЧ), общее количество колиформных бактерий (ОКБ), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), патогенная флора, включая колифаги сальмонеллы, споры сульфитредуцирующих кластридий, синегнойная палочка, золотистый стафилококк и энтерококк. Исследованиями установлено, что от 63,95 % до 99,83 % микробов было удалено установкой электрохимической обработки, а эффективность удаления от 99,86 % до 100 % была достигнута после комбинированной обработки.



**Ключевые слова:** электролиз, электроды, бактерии, УФ-облучение, сточные воды, обеззараживание.

**Введение.** Для обеспечения повторного использования воды необходимо применять одну или несколько обработок, которые облегчают удаление твердых частиц и уменьшают микробную нагрузку. Знание параметров воздействия сбросов сточных вод на окружающую среду и соответствующего недорогого эффективного метода очистки сточных вод важно для экологии водных ресурсов [1]. Удаление неорганических, органических загрязнений и патогенных микроорганизмов во время очистки сточных вод достигается путем электрокоагуляции. Данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с химической коагуляцией – простой принцип работы, автоматизацию, короткое время удерживания, отсутствие затрат на химические реагенты. Электрокоагуляция представляет собой электрохимический процесс с использованием постоянного тока для удаления загрязнений из раствора. В этом процессе коагулянт состоит из прочных материалов, полученных путем электролитического окисления анода [2]. Стадия электрокоагуляции была оптимизирована с учетом конструкции электрода, приложенного напряжения, времени [3]. Органическое загрязнение сточных вод вызвано жиром, непереваренной пищей, кровью, взвешенными веществами, мочевыми выделениями, экскрементами и коллоидными частицами [4]. При помещении микроорганизмов в электростатические поля происходит уменьшение размеров клеток за счет дегидратации и частичного разрушения мембранной оболочки. При этом снижается их чувствительность к действию некоторых химических веществ.

Ультрафиолетовое излучение полностью разрушает внешнюю клеточную мембрану микроорганизма, в результате чего нарушается его ДНК, что, в свою очередь, препятствует размножению [5], микроорганизмы, подвергающиеся воздействию бактерицидных длин волн УФ-света, становятся неспособными к размножению и заражению, что делает их безвредными. В этом исследовании изучалась комплексная лабораторная очистная установка с электрокоагуляцией, ультрафильтрационной очисткой и УФ-излучением на предмет ее потенциального применения для устранения микробов из сточных вод птицефабрик.

**Материалы и методы.** Образцы сточных вод, использованные в данном исследовании, были отобраны на птицефабрике «Ижевская», расположенной в селе Ижевское Аршалинского района Акмолинской области Республики Казахстан. Среднее ежедневное количество сточных вод, образующихся в производственных процессах, составляет примерно 2,5 м<sup>3</sup>/ч. Образцы были собраны и сохранены при 4° С для транспортировки в лабораторию. Пробы сточных вод обрабатывались на очистных сооружениях, установленных в лаборатории управления водными ресурсами и окружающей средой Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева в г. Нур-Султан Республики Казахстан. Образцы проб для анализа отбирались после электрохимической обработки для выявления эффективности электролизной обработки с точки зрения микробной инактивации. Экспериментальная установка: очистная установка состояла из последовательно установленных блоков электрохимической очистки (ЭК), ультрафильтрационной очистки и ультрафиолетовой очистки (УФ) в качестве основных очистных сооружений. В каждом опыте использовалось 1,7 л сточных вод. Основной процесс обработки начинался с блока ЭК путем подачи однополярного напряжения на металлические пластины-электроды от блока питания. Сточные воды из установки ЭК затем подвергались ультрафильтрационной обработке, подготавливая сточные воды для ультрафиолетовой дезинфекции.

**Результаты и обсуждение.** Фекальное загрязнение определялось наличием штаммов *Escherichia coli*. На селективной питательной среде отмечался сплошной рост колиформных бактерий из проб воды, взятых перед очисткой на комбинированной промышленной установке. Культуральные, а также биохимические исследования показали их значительное присутствие, а именно: на МПА (мясо-пептонный агар) представляли собой слабо выпуклые полупрозрачные сероватые колонии; на средах ENDO в виде малиновых колоний с металлическим блеском; по ферментативной активности выявлен как каталаза-положительная, окислительно-отрицательная культура.



Выявлен *Enterococcus faecalis*, типичный представитель микробиоты сточных вод птицефабрики, который также как и *Escherichia coli* свидетельствует о фекальном загрязнении и одновременно является патогеном. Патогенную флору составили бактерии рода *Salmonella* и *Pseudomonas aeruginosa*. Бактерии *Pseudomonas aeruginosa* отличались особой устойчивостью к заключительной стадии очистки, т. е. обеззараживанию ультрафиолетом, продолжительность которого лимитировалось их отсутствием, тогда как остальная патогенная флора уже погибала.

Для индикации исследуемых микроорганизмов *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* проводили биохимические анализы на оксидазную и каталазную активность, а также на сахаролитическую способность.

Таблица 1

Характеристики сточных вод (количество проб = 12)

Показатели	Минимум КОЕ	Максимум КОЕ
ОМЧ	1353	2306
ОКБ	1125	2449
ТКБ	569	1035
Патогенная флора, включающая бактерии рода <i>Salmonella</i>	45	83
Колифаги	29	47
Споры сульфитредуцирующих клостридий	52	89
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2555	4003
<i>Staphylococcus aureus</i>	2032	3907
<i>Enterococcus</i>	1007	2070

Примечание: КОЕ – колониобразующая единица; ОМЧ в КОЕ/мл, все остальные параметры в КОЕ/100 мл, ОМЧ – общее микробное число, ОКБ – общее количество бактерий кишечной палочки, ТКБ – термотолерантные бактерии кишечной палочки.

Для количественного микробиологического анализа использовали системы вакуумной фильтрации Sartorius-Stedim Biotech, в ходе которого отбирали пробы воды объемом по 100 мл, затем фильтровали через мембранные фильтры (система вакуумной фильтрации (Sartorius-Stedim Biotech) и культивировали их на специальных питательных подложках (Sartorius-Stedim Biotech) при 37 °С в течение 48 часов. Затем анализировали обеззараживающий эффект разработанной комбинированной установки до и после водоочистки. Для полной идентификации проводили окраску по Граму, определение формы и размера клетки, анализ химического состава клеточной стенки, анализ на подвижность, наличие капсулы, спор, типа дыхания и биохимическую активность.

Результаты количественного микробиологического анализа сточной воды до очистки показали высокое микробное число, что свидетельствовало об общей бактериологической загрязненности воды и высокой вероятности наличия патогенных организмов. Присутствие аэробных микроорганизмов сопровождалось высоким БПК (*N:P*) до очистки, тогда как в отсутствии их показатель БПК уменьшился до менее 5.

Как и следовало ожидать микробиота до очистки была представлена характерным разнообразием: от фекальной до патогенной микрофлоры, чему способствовало органическое загрязнение сточной воды, и подтверждает высокий показатель БПК<sub>5</sub>, который составлял 1300.

Таблицы 2 и 3 содержат сводку результатов микробного анализа.

Таблица 2

Микробиологические результаты после электрохимической очистки сточных вод  
(количество образцов = 12)

Показатели	Минимум КОЕ	Максимум КОЕ	Нормативные показатели
ОМЧ	34	100	менее 50 КОЕ в 1мл
ОКБ	0	36	отсутствие КОЕ в 100мл
ТКБ	0	87	отсутствие КОЕ в 100мл
Патогенная флора, включающая бактерии рода <i>Salmonella</i>	0	84	отсутствие КОЕ в 100мл
Колифаги	0	2	отсутствие КОЕ в 100мл
Споры сульфитредуцирующих клостридий	2	5	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	20	46	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	16	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Enterococcus</i>	0	4	отсутствие КОЕ в 100мл

Таблица 3

Микробиологические результаты очищенных сточных вод  
(количество образцов = 12)

Показатели	Минимум КОЕ	Максимум КОЕ	Нормативные показатели
ОМЧ	0	0	менее 50 КОЕ в 1мл
ОКБ	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
ТКБ	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
Патогенная флора, включающая бактерии рода <i>Salmonella</i>	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
Колифаги	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
Споры сульфитредуцирующих клостридий	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	13	5	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл
<i>Enterococcus</i>	0	0	отсутствие КОЕ в 100мл

Показатели ОМЧ и ОКБ были основными микробиологическими параметрами, исследованными при отдельной обработке проб сточных вод из секций очистки и охлаждения убойного цеха птицефабрики. В целом, комплексная очистная установка достигла более 99,83 % эффективности удаления микробов. Результаты показывают, что подход к очистке может быть высокоэффективным даже при воздействии сточных вод с изменяющейся нагрузкой загрязнения. Впечатляющая производительность может быть тесно связана с тем фактом, что каждое устройство интегрированного завода обладает определенной способностью уничтожать микробиологию.

Качество сточных вод после электрохимической очистки. В некоторых случаях блок электрохимической очистки был в состоянии устранить все микробы в сточных водах с нулевым (0) количеством микробов, достигнутым в качестве минимального значения концентрации для ОКБ, ТКБ, патогенной флоры, включая сальмонеллу, фаги кишечной палочки,

золотистый стафилококк, а также энтерококк. В целом, наименьшее среднее значение концентрации от эффлюента ЭК наблюдалось у колифагов, достигающих 1 КОЕ/1000 мл. Однако следует также отметить, что концентрация колифагов в неочищенных сточных водах, в целом, была низкой. Кроме того, отделение ЭК столкнулось с серьезной проблемой удаления патогенной флоры, в т. ч. сальмонеллы. Средняя концентрация патогенной флоры, включая сальмонеллу, составляла 78 КОЕ/100 мл в неочищенных сточных водах, в то время как блок очистки ЭК смог снизить концентрацию до 28 КОЕ/100 мл, что можно охарактеризовать как низкую производительность по сравнению с другими изученными микробными параметрами. Ток ЭК и потенциал электрода (анода) являются одними из важных параметров, которые имеют наибольшее влияние на скорость производства сильных окислителей, ответственных за уничтожение микробов [6]. В этом отношении корректировка тока ЭК может значительно улучшить производительность блока обработки с точки зрения уничтожения микробов.

Конечное качество сточных вод после комбинированной очистки. Из таблицы 2 видно, что после комбинированной обработки очистная установка смогла устранить все микробы в сточных водах по всем изученным микробным параметрам, за исключением *Pseudomonas aeruginosa*. Для *Pseudomonas aeruginosa* в установках для обработки не наблюдалось 0 КОЕ/100 мл во время некоторых экспериментальных сессий, и микробный параметр, как правило, наблюдался как наиболее устойчивая группа среди изученных микробных параметров. В среднем после комбинированной обработки в последних сточных водах регистрировалось количество микробов 5 КОЕ/100 мл для *Pseudomonas aeruginosa*. Максимальное зарегистрированное количество микробов *Pseudomonas aeruginosa* составляло 13 КОЕ/100 мл. Однако в некоторых экспериментах очистка достигала 0 КОЕ/100 мл для *Pseudomonas aeruginosa*, как показано в таблице 2.

В целом, несмотря на проблему с *Pseudomonas aeruginosa*, такой метод смог достичь 0 КОЕ/100 мл в качестве минимального зарегистрированного значения концентрации для всех изученных микробных параметров после 40 минут удержания и в среднем 5,5 А от блока обработки ЭК, а также комбинация дозы излучения 60 мДж/см<sup>2</sup> и времени удержания от УФ-блока 24 мин. Это означает, что в списке экспериментов, по крайней мере, один эксперимент показал, как очистная установка инактивировала все микробы в сточных водах. Это явление указывает на то, что в зависимости от характеристик сточных вод подход к очистке может устранить микробы до 0 КОЕ/100 мл. С точки зрения эффективности установка для обработки ЭК способна удалить большинство микроорганизмов с эффективностью в диапазоне от 64,1 % до 99,83 %. В неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 1780 КОЕ/мл для общего микробного числа, после обработки ЭК было зарегистрировано в среднем 62 КОЕ/мл, что эквивалентно эффективности удаления 96,52 %. Для общих колиформных бактерий в неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 1991 КОЕ/100 мл, при этом 20 КОЕ/100 мл были зарегистрированы как среднее количество после обработки ЭК, что эквивалентно 99 % эффективности удаления. Кроме того, в неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 793 КОЕ/100 мл ТКБ, а после электрохимической обработки было зарегистрировано среднее количество 29 КОЕ/100 мл, что эквивалентно эффективности удаления – 96,34 %. В неочищенных сточных водах было зарегистрировано, в среднем, 78 КОЕ/100 мл патогенной флоры, включая сальмонеллу, а после обработки ЭК было зарегистрировано, в среднем, 28 КОЕ/100 мл патогенной флоры, включая бактерии рода *Salmonella*, что эквивалентно эффективности удаления 64,1 %.

#### **Заключение.**

Была изучена возможность применения комплексных очистных сооружений с применением электрохимической очистки, ультратонкой очистки и УФ излучением для устранения микробов из сточных вод птицефабрик. По результатам анализа было замечено, что блок электрохимической очистки смог удалить большинство микроорганизмов с эффективностью от 63,95 % до 99,83 %. В то время как в среднем 100-процентная эффективность удаления была достигнута для большинства изученных микробных параметров после комбинирован-

ной обработки при среднем токе 5,5 А и 40 мин. удерживания от блока электрохимической очистки, а также дозе облучения 60 мДж/см<sup>2</sup> и времени удерживания 24 мин. из установки УФ-обработки, за исключением синегнойной палочки, которая все еще выявлялась в последних сточных водах некоторых экспериментальных сеансов. В этом отношении для устранения высокостойкого микробного параметра потребуются некоторые модернизации очистной установки, такие как общее увеличение времени гидравлического удерживания, особенно для установки электрохимической очистки. Это исследование дополнительно выявило потенциал сочетания электрохимической и ультратонкой очистки с УФ-излучением для высокоэффективного устранения микробов из сточных вод птицефабрик и других сточных вод.

#### Использованные источники:

1. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013-2020 годы «Агробизнес-2020». [Электронный ресурс]. URL: <https://business.gov.kz/ru/business-support-programs/detail.php?ID=50944>. (дата обращения: 07.10.2018).
2. Мандро Н.М. Перспектива совершенствования технологических методов переработки мяса цыплят-бройлеров // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2006. – № 10. – С. 41–43.
3. Шевченко А.А., Бойченко А.А., Мясоедов А.Ю. Повышение эффективности очистки сточных вод ОАО «Птицефабрика Калужская». [Электронный ресурс]. URL: [eprints.kname.edu.ua/38187/1/102-104](http://eprints.kname.edu.ua/38187/1/102-104). (дата обращения: 01.09.2019).
4. Гарзанов А.Л. Особенности проектирования локальных очистных сооружений для птицеперерабатывающих производств // Птица и птицепродукты. – 2009. – № 4. – С. 21–23.
5. Пат. 99124131 Российская Федерация. - Способ очистки технологической сточной воды птицеперерабатывающих фабрик [Текст] / Горлов И.Ф., Митрофанов А.З. Каренгина Т.В.; опубл. 20.10.2001, Бюл. № 12. – 3 с.
6. Zhan X., Healy M.G. Li, J. Nitrogen removal from slaughterhouse wastewater in a sequencing batch reactor under controlled low DO conditions // Bioprocess Biosyst. Eng. – 2009. – № 32. – P. 607-614.

УДК 629.3

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-225-228

*Тишанинов И.А., Баулин Н.К.,  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

## ЦИФРОВОЙ МЕТОД ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье представлены цифровые методы процесса технического обслуживания и диагностирования машин в сельском хозяйстве. Обоснована методика внедрения интеллектуальных систем как способ повышения эффективности диагностирования постгарантийной автотракторной техники. Преимуществом онлайн-мониторинга систем по контролируемым параметрам является возможность своевременного технического обслуживания сельскохозяйственной техники (СХТ), автоматизация процесса.

**Ключевые слова:** цифровой метод, нейронная сеть, интеллектуальная система, трактор, диагностирование, техническое обслуживание.

Основной тенденцией развития цифровых процессов диагностики МТП и прогнозирования эксплуатационного состояния является возможность поддержания работоспособного цикла систем диагностирования тракторов в реальных условиях. Предложена интеллектуальная система диагностирования сельскохозяйственной техники, направленная на взаимодействие входного и выходного нейрона в нейронной сети. Методика оценки диагностических систем позволяет не только определить причину отказа отдельных узлов, но и оценить эффективность эксплуатации автотракторного агрегата в целом. [1]. Для определения системы отказов и дальнейшего прогнозирования неисправностей работы дизельного ДВС необходимо разработать алгоритм определения возможного отказа работы отдельных узлов двигателя. Требуется оптимизировать процесс получения данных, предсказать возможность появления отказов [2]. Строится график зависимости вероятности износа устройств данного типа от времени. График зависимости представлен на рисунке 1.

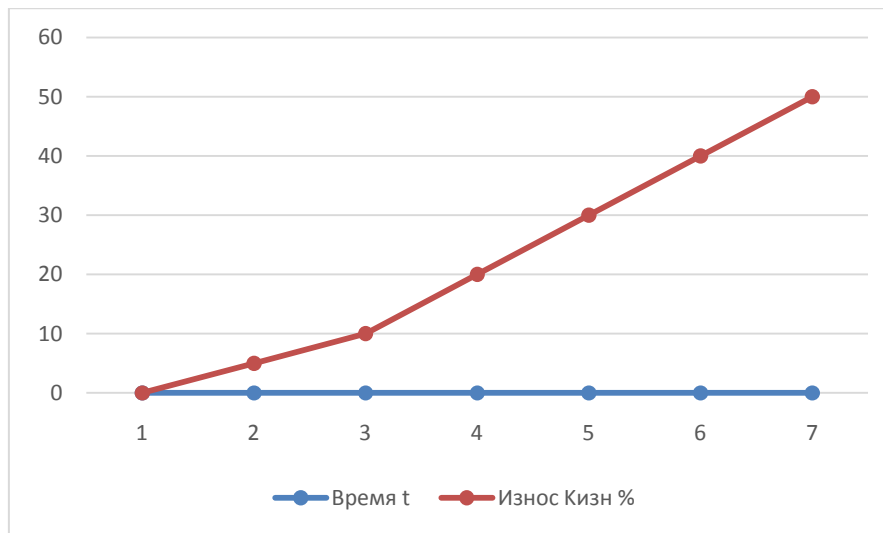


Рисунок 1. График зависимости вероятности износа от времени t

В результате необходимо знать количество и тип компонентов неисправностей, входящих в общую систему прогнозирования, а также параметры режимов работы трактора, для которых прогнозируется интенсивность отказов. Если эксплуатационные условия для компонентов такие же, как для стандартных условий эксплуатации, рабочие условия не записываются в банк данных. Однако, если рабочие условия отличаются от нормальных, то учитываются условия, используемые для компонента (электрические, тепловые, экологические и т. д.). Для этого следует использовать специально разработанные модели. Для точных прогнозов требуется надежный алгоритм машинного обучения в виде нейронной сети, внедренный в базу данных по показателям отказов [3]. Разработанный контроль предупреждения аварийных ситуаций предоставит остаточный ресурс работы сельскохозяйственной техники. Дерево развития отказов элементов системы машин представлено на рисунке 2.

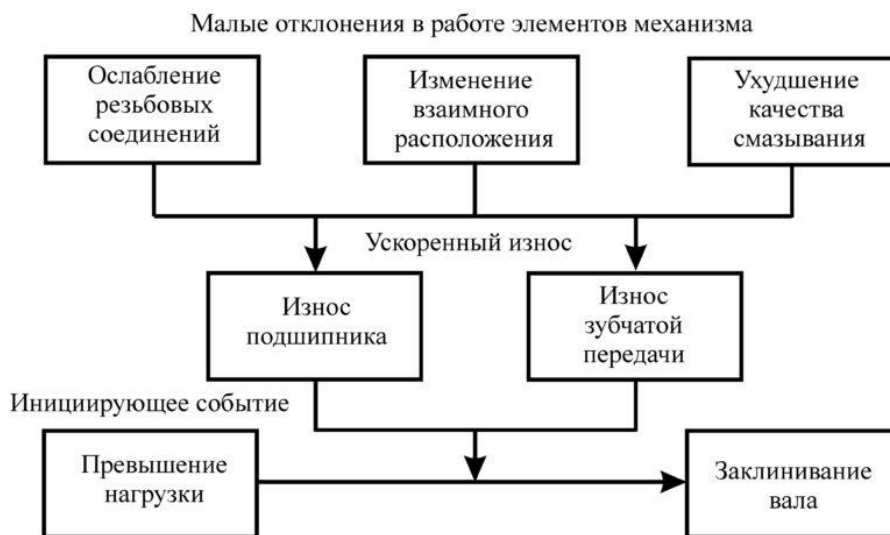


Рисунок 2. Дерево развития отказов элементов системы машин

Адаптация цифровых технологий для АПК в стандартном процессе диагностики обеспечит повышенную трудоемкость всех операций с учетом получения данных об эксплуатационных свойствах сельскохозяйственных машин различного характера [4, 5]. Принцип работы предложенной интеллектуальной системы заключается в следующем: специальное устройство для сбора и передачи технических параметров трактора, считывает технические данные с помощью адаптера. Полученные зависимости передаются с помощью интерфейса в банк данных специального сервера, где происходит анализ массива данных при помощи искусственной нейронной сети. Расшифрованный код технических параметров передается в диспет-

черский пункт. Диспетчер на основании полученных данных получает графики оценки параметров технического состояния сельскохозяйственных машин, сгенерированные отчеты прогнозирования отказов различных систем ДВС, местоположение на карте и события, влияющие на работоспособность МТП в целом. Для получения информации о техническом состоянии автотракторной техники используются аналоговые, цифровые и импульсные датчики, оборудованные аналого-цифровым преобразователем, позволяющие получать параметры в цифровом виде. Преимуществом использования интеллектуальной нейронной сети, является ее дальнейшее обучение посредством получения постоянных параметров состояния техники. Анализируя истинные и ложные значения, нейронная сеть обрабатывает выходные параметры в зависимости от выставленных факторов. Связь между нейронами происходит за счет синапсов, которые посредством взаимосвязи позволяют заданным параметрам внутри сети передвигаться в определенном направлении. Для обучения интеллектуальной системы необходим алгоритм развития ситуаций при пересечении по времени событий – отказов работы систем. основополагающий элемент интеллектуальной системы и нейронной сети является нейрон. Задача нейрона получить и обработать сигнал в зависимости от первоначальных параметров, генерация потенциала действий, передача сигнала соседним нейронам осуществляется за счет указанных выше синапсов. Математическая модель многослойной искусственной нейронной сети представлена на рисунке 3.

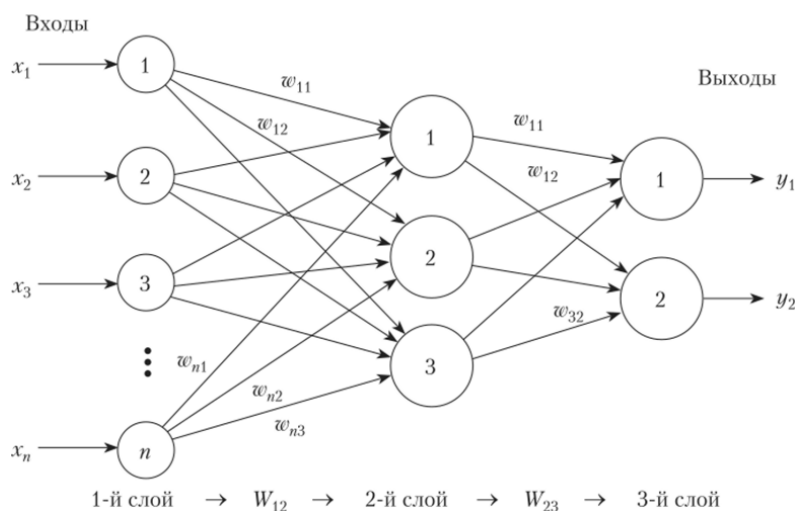


Рисунок 3. Многослойный перцептрон

Сигналы выхода многослойного перцептрона определяются стандартной функцией активации:

$$Y = f(h) \quad (1)$$

где  $h$  – сумма определения взвешенных входных и выходных сигналов по синапсу между нейронами [6].

### Выводы

Благодаря применению системы удаленной диагностики значений параметров технического состояния СХТ, появляется возможность одновременного сбора данных о техническом состоянии жизненно важных параметров для всех механизмов техники с помощью онлайн-мониторинга, а не отдельно взятого узла, что сильно усложняет и замедляет процесс диагностирования. Также повышается эффективность использования сельскохозяйственной машины и обеспечивается сохранность ее эксплуатационных свойств на заданном уровне.

Работа данной интеллектуальной системы диагностирования сельскохозяйственной техники основана на самообучаемости искусственной нейронной сети. Такая сеть позволит заранее определять возможные отказы техники, что снизит незапланированные простои по причине технических неисправностей.

По мнению специалистов дилерских станций технического обслуживания, использование интеллектуальных технологий при диагностике спецтехники в 1,2-1,5 раза снижает трудоемкость всех проводимых операций.

**Использованные источники:**

1. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // Экология и сельскохозяйственная техника: материалы 4-й науч.-практ. конф. – СПб., 2005. – С. 234-238.
2. Федоренко В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: Научный аналитический обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 224 с.
3. Голубев И.Г., Мишуков Н.П., Федоренко В.Ф. и др. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники: Аналитический обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 76 с.
4. Измайлов А.Ю., Хорошенко В.К., Лужнова Е.С. Управление сельскохозяйственными мобильными агрегатами с использованием навигационной системы ГЛОНАСС/GPS // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 3. – С. 15-20.
5. Дорохов А.С., Костомахин М.Н., Воронов А.Н. Сбор информации о надежности сельскохозяйственных машин с использованием систем мониторинга с помощью контроля параметров технического состояния // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 8. – С. 53-61.
6. Ерохин М.Н., Свиридов А.С., Разгоняева А.И., Анализ отказов насосов, применяемых на сельскохозяйственных опрыскивателях различного типа // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 6 (288). – С. 36-39.



## Секция 3

**ЦИФРОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АПК**

УДК 631.348.8+58.08:621.3.06+621.317.3:621.3-1/-8

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-229-234

*Болотов Д.С.,  
ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ*

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
КУЛЬТИВАТОРОВ КАК ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

В статье рассматриваются вопросы оптимизации параметров электрического поля электротехнологических культиваторов на основе изменения пространственного расположения электродов их электродной системы относительно почвы. Сведения о распространении электрического поля электродной системы электротехнологического культиватора для различных вариантов расположения электродов предлагается получать путем моделирования в программе ELCUT.

**Ключевые слова:** электрическое поле, электрод, электродная система, электротехнологический культиватор.

Для повышения эффективности применения электротехнологических культиваторов (ЭТК) требуется выполнение оценки локальной области электрического поля (ЭП), при этом требуется учитывать особенности геометрии, а так же нелинейность физических свойств материалов, помещенных в зону воздействия ЭП – тканей растений, почвы и воздушной среды, конструктивных узлов рабочих органов ЭТК, которые в совокупности образуют электродную систему (ЭС). Оптимальным вариантом, позволяющим получать сведения об ЭП в различных средах (биологических, почвенных, воздушных и конструкционных) может считаться физическое моделирование ЭП ЭС ЭТК специальными компьютерными программами. Применительно к Российской Федерации оптимальной по стоимостному и функциональному критерию является специальная программа ELCUT, функциональные возможности которой позволяют проводить анализ распространения ЭП ЭС ЭТК в среде почвенного состава. Высока вероятность того, что факторами, влияющими на особенности распространения ЭП ЭС ЭТК, могут быть: расположение электродов ЭС ЭТК; напряжение, приложенное к ЭС ЭТК; физические свойства среды, в которой размещается ЭС ЭТК (влажность и видовой состав почвы и растительности; количество растений) и прочее.

**Методика и результаты исследований.** В рамках первых этапов указанного исследования проанализировано распространение ЭП ЭС ЭТК с учетом различной ориентации электродов ЭС ЭТК в условиях, близких к идеальным.

В ходе экспериментов не принимались во внимание неоднородность почвы и растительности, т. е. в модели состав почвы принят однородным, в котором нет растительности. Электропроводность почвы выбрана усредненной – 0,01 См/м [1]. Объектом исследования принята ЭС ЭТК однофазной конструкции, который был создан в ходе сотрудничества Новосибирского ГАУ и СибИМЭ СО РАСХН в 2010 году (рисунок 1), [2].

Габаритная ширина электродов ЭТК – 30 см, электроды локализируются на удалении 21 см друг от друга, при этом толщина электрода – 1 см. Напряжение, приложенное к ЭС ЭТК, составляет 2,5 кВ. Локализация электродов следующая: первый электрод фазный, а второй нулевой.

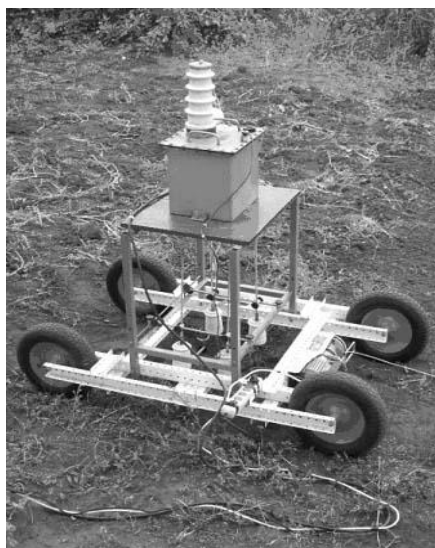


Рисунок 1. Мобильный электротехнологический культиватор

В ходе описываемого эксперимента анализировались шесть вариантов локализации фазного и нулевого электродов ЭС относительно почвенного состава:

- 1) фазный и нулевой электроды расположены над почвенным составом на расстоянии 5 см;
- 2) фазный и нулевой электроды расположены на поверхности почвы;
- 3) фазный и нулевой электроды находятся в почве на глубине 5 см;
- 4) фазный электрод размещался над почвой на высоте 5 см, а нулевой – на глубине 5 см в почве;
- 5) фазный электрод проходил над почвой на высоте 5 см, а нулевой непосредственно на поверхности почвы;
- 6) фазный электрод базировался на поверхности почвы, а нулевой – на глубине 5 см в почвенном составе.

Изменения потенциала и напряженности электрического поля ЭС ЭТК устанавливали по линии-1 (рисунок 2 *а*) и по линии-2 (рисунок 2 *б*). Изменение потенциала по линии-1 представлены на рисунке 4, изменение потенциала по линии-2 – на рисунке 5, изменение напряженности по линии-1 – рисунок 6, изменение напряженности по линии-2 – рисунок 7.

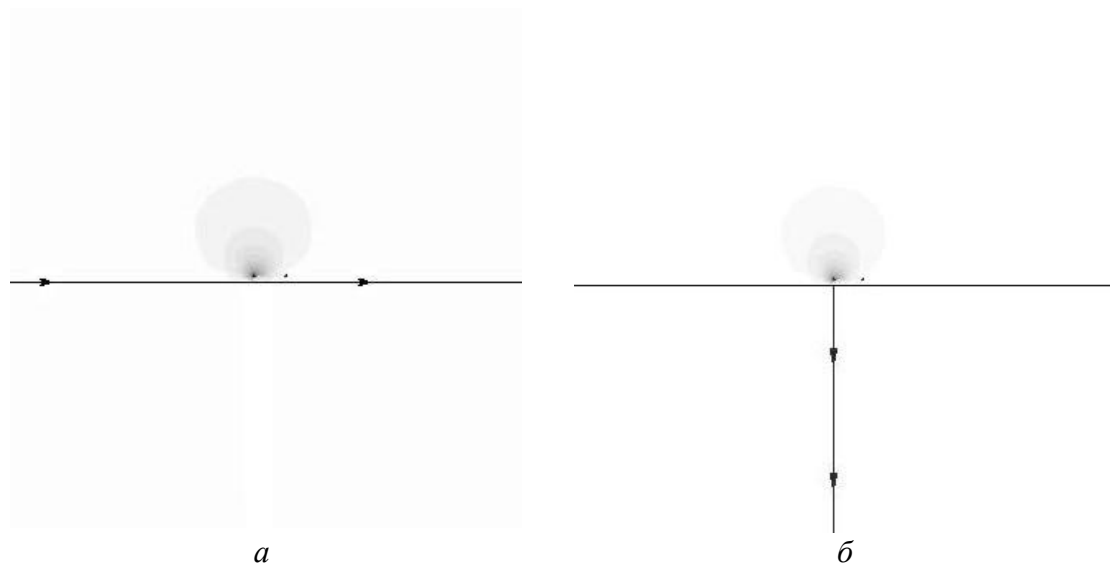


Рисунок 2. Линии для фиксации изменения потенциала и напряженности

В результате получены картины распределения потенциала и напряженности ЭП ЭС ЭТК при шести вариантах расположения электродов (рисунок 3 *а* – вариант 1; 3 *б* – вариант 2; 3 *в* – вариант 3; 3 *г* – вариант 4; 3 *д* – вариант 5; 3 *е* – вариант 6).

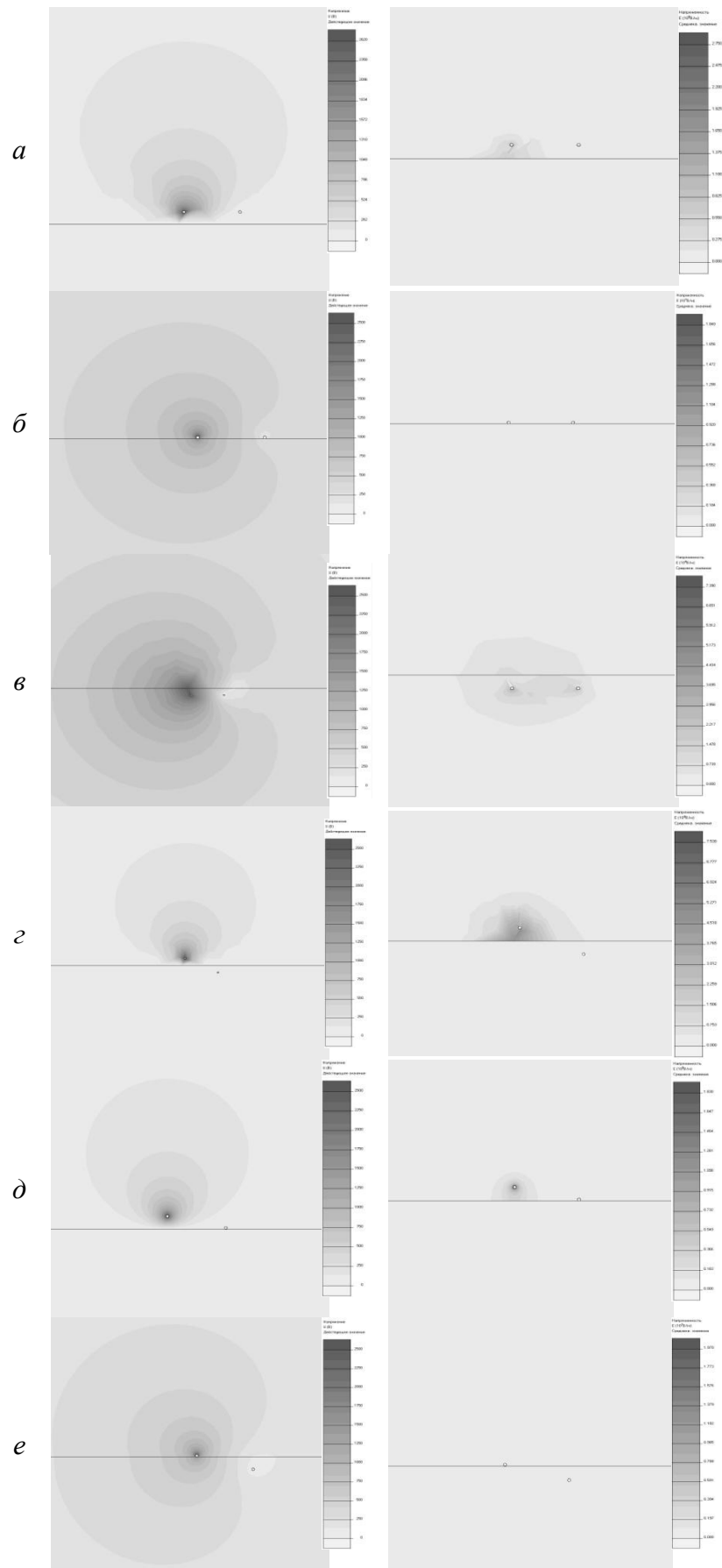


Рисунок 3. Картины распределения потенциала и напряженности электрического поля электродной системы ЭТК

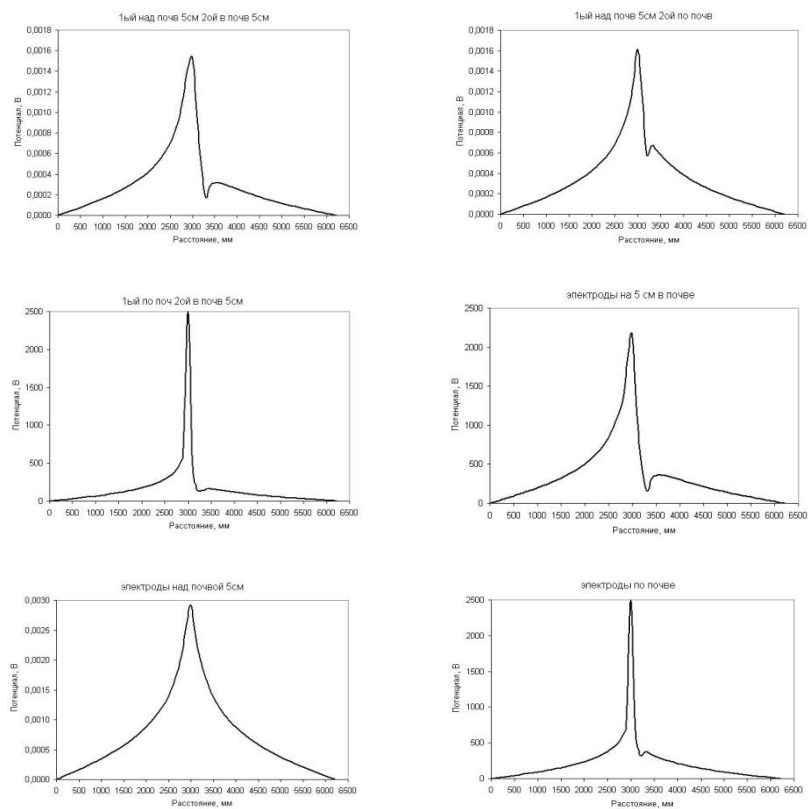


Рисунок 4. Зависимости изменения потенциала по линии-1

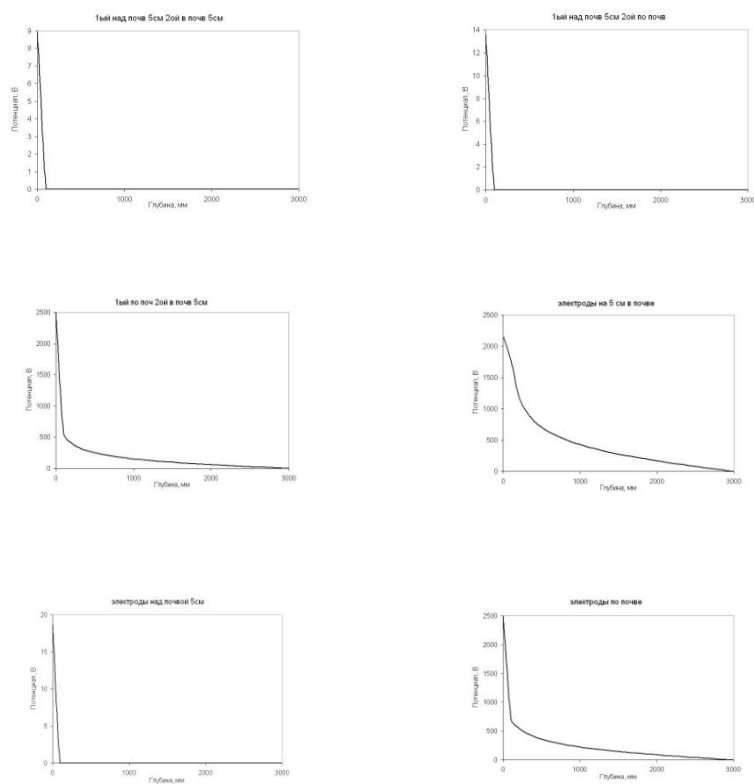


Рисунок 5. Зависимости изменения потенциала по линии-2

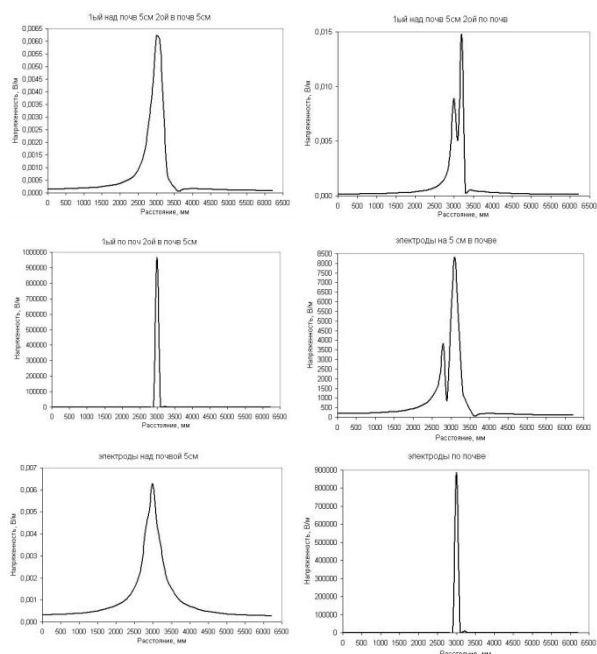


Рисунок 6. Зависимости изменения напряженности по линии-1

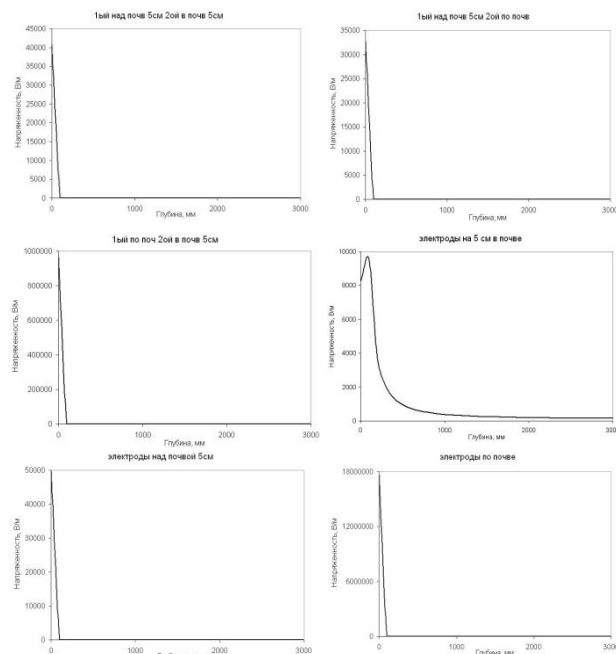


Рисунок 7. Зависимости изменения напряженности по линии-2

**Выводы.** Анализируя изменения потенциала (рисунок 4, 5) и напряженности (рисунок 6, 7) ЭП ЭС ЭТК по линии-1 и линии -2, а также картины изменения потенциала и напряженности (рисунок 3), можно прийти к заключению, что наивысшего уровня потенциал (2500 В) и напряженность (970 кВ/м) достигают при расположении первого электрода на поверхности почвы, а второго – в почве на глубине 5 см, и уровня потенциала 2500 В и напряженности 880 кВ/м при расположении электродов на поверхности почвы. Менее интенсивного уровня достигает потенциал при расположении электродов в почве на глубине 5 см, и составляет 2300 В, напряженность при этом составляет 8,4 кВ/м.

При остальных вариантах расположения электродов ЭС ЭТК наблюдается значительно меньший максимум потенциала в промежутке 0,0017-0,003 В и напряженности 0,007-0,015 В/м. Основным фактором, влияющим на распределение потенциала и напряженности, является расположение первого (фазного) электрода относительно поверхности почвы. Расположение второго (нулевого) электрода оказывает значительно менее интенсивное воздействие. Сопоставляя зависимости изменения потенциала и напряженности при расположении двух электродов на поверхности почвы, и при расположении первого на поверхности, а второго – в почве на глубине 5 см, можно заметить, что при втором варианте распространение потенциала и напряженности значительно менее плавное, чем при первом. Из этого можно сделать вывод, что расположением нулевого электрода относительно фазного можно снижать интенсивность распространения потенциала и напряженности в зоне воздействия ЭС ЭТК. Применение расположения двух электродов на поверхности почвы, и расположения первого на поверхности почвы, а второго в почве на глубине 5 см, наиболее целесообразно в случаях, когда необходимо концентрировать воздействие в основании вегетативной части растений и верхней части корневой системы. Наименьший максимум воздействия по линии-1 остальных вариантов расположения свидетельствуют о значительно меньшей энергозатратности этих процессов, однако, концентрироваться воздействие будет над поверхностью почвы, и, следовательно, воздействие на корневую систему и основание вегетативной массы будет гораздо менее интенсивное и эффективное. При расположении электродов ЭС ЭТК в почве на глубине 5 см (рисунок 3) основное воздействие концентрируется в почве (рисунки 5 и 7), а не на поверхности. Следовательно, наибольшей эффективности этот вид расположения электродов дает при воздействии на растения с глубоким залеганием корневой системы, но данный вид расположения ЭС наиболее энергозатратный.

**Использованные источники:**

1. Ляпин В.Г., Болотов Д.С. Лабораторные исследования электромагнитного поля электротехнологического культиватора // Машинно-технологическое, энергетическое и сервисное обеспечение сельхозтоваропроизводителей Сибири: материалы междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 100-летию со дня рождения акад. ВАСХНИЛ А.И. Селиванова (п. Краснообск, 9-11 июня 2008 г.). – Новосибирск: СО Россельхозакадемии. ГНУ СибИМЭ. 2008. – 648 с.
2. Болотов Д.С. К исследованию электрического поля за пределами полосы захвата электродной системы электротехнологического культиватора в полевых условиях // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей VI междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2011. – Кн. 3. – С. 9-12.

УДК 621.892(083.74)

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-234-238

*Вахрушев В.В., Иванов Н.М., Немцев А.Е.,  
СибИМЭ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

### **ОЦЕНКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Ресурс большинства тяжело нагруженных подшипниковых узлов сельскохозяйственных машин в АПК ограничивается качеством смазывающего материала. Для обеспечения работоспособного состояния подшипниковых узлов необходима оценка трибологических характеристик пластичных смазок. В работе исследована смазывающая способность пластичных смазок, используемых в сельском хозяйстве, по критерию «индекс задира». Исследования проводили с использованием штатных и оригинальных методик оценки смазочной способности пластичных смазок. В работе предложен и обоснован вариант оценки трибологических характеристик пластичных смазок на основе критерия «индекс задира», заключающегося в определении пятна износа шариков с учетом зоны их пластической деформации. Установлено, что пластичные смазки ЛИТОЛ и LGRT 2 имеют идентичные показатели противоизносных свойств.

**Ключевые слова:** подшипниковый узел, пластичная смазка, индекс задира, машина трения, момент трения, следы задира, поверхность трения.

**Введение.** Долговечность тяжело нагруженных подшипниковых узлов (ПУ) сельскохозяйственных машин преимущественно зависит от используемых смазочных материалов (пластичных смазок) и присадок к ним. Смазочный материал, наряду с конструкционным материалом ПУ, является неотъемлемой частью конструкции подшипникового узла машин, используемых в агропромышленном комплексе. В связи с этим, оценка служебных свойств пластичных смазок (ПС), а именно их трибологических характеристик, является в настоящее время приоритетной задачей.

Как показала работа I Европейского конгресса по трибологии, экономический эффект в машиностроении достигают не только применением новых материалов, покрытий, повышением точности расчетов и удачным конструированием узлов трения, но и в значительной степени правильным выбором смазочных материалов.

Одновременно с ростом требований к долговечности машин и механизмов увеличиваются и затраты времени на их испытания. В настоящее время, в целом по стране, на испытания затрачиваются миллионы машино-часов [4]; поэтому сокращение продолжительности таких испытаний за счет совершенствования и применения ускоренных методов испытаний имеет важное научное и практическое значение.

Одним из основных эксплуатационных свойств, характеризующих пластичные смазки, является их смазывающая способность. Смазки должны обладать высокой смазывающей способностью и высокой поверхностной активностью для образования на поверхности трущихся деталей прочной пленки, способной предотвращать или уменьшать их износ при рабочих нагрузках и скоростях [1].

В работах [2, 3] описаны отечественные и зарубежные лабораторные способы оценки служебных свойств ПС путем трибологических и физико-химических испытаний, в частно-

сти по стандартам IP (Англия), DIN (ФРГ), FTM и SAE (США).

Лабораторные способы оценки служебных свойств ПС можно условно подразделить на способы с использованием образцов с точечным контактом (например, четырехшариковых испытательных установок) и роликовых испытательных установок. Кроме того, применяют способы, основанные на определении изменений физико-химических характеристик пластичных смазок и поверхностей трения испытываемых образцов и т. д.

Анализ литературных источников, а также практика оценки служебных свойств ПС показали, что представленные способы не позволяют достоверно определять абсолютные параметры противозадирных и противоизносных свойств пластичных смазок, но позволяют проводить сравнительные исследования по оценке служебных свойств, как товарных, так и работающих ПС.

Основным недостатком приведенных способов является неопределенность и разночтение в критериальных оценках показателей противозадирных и противоизносных свойств пластичных смазок.

Поэтому необходима разработка достоверного и однозначного критерия оценки противозадирных и противоизносных свойств ПС.

Распространение получили четырехшариковые машины трения (ЧМТ), но общепринятой и научно обоснованной методики испытания и обработки экспериментальных данных при оценке смазочных материалов на этой машине до сих пор не создано [3-6].

Использование четырехшариковой машины трения для прогнозирования поведения смазочных материалов в реальных условиях эксплуатации дискуссионно, и справедливы замечания об ограниченности возможностей трактовок получаемых результатов, в трудности сопоставления и перенесении результатов исследования на конкретные объекты. И, тем не менее, этот способ до сих пор является актуальным.

Следовательно, служебные свойства ПС определяются как взаимодействием смазочного слоя с твердым телом (физическим или химическим), так и молекулярно-механическими свойствами этого слоя. Деформируемость и прочность поверхностного слоя металла может значительно больше влиять на износ, чем физико-химическое воздействие смазочного материала. На основании изложенного, однозначным и достоверным критерием оценки противоизносных и противозадирных свойств, как товарных (свежих), так и работающих пластичных смазок может выступать «индекс задира».

«Индекс задира» (ИЗ) оценивает способность смазочного материала снижать повреждение трущихся деталей под нагрузкой вследствие задира. Определяется на основании данных, полученных на четырехшариковой машине трения [1, 2, 3].

Согласно [5, 6] «индекс задира» определяется из соотношения:

$$\text{ИЗ} = \frac{\sum Q}{n}, \quad (1)$$

где  $Q$  – условная нагрузка, Н;

$n$  – число определений по ряду 1,  $n = 3$  [3].

$$Q = \frac{P \cdot d_j}{d_{из}}, \quad (2)$$

где  $P$  – осевая нагрузка, Н, по ряду 1 ( $P = 196 \dots 10000H$ );

$d_j$  – диаметр зоны упругой деформации шариков по Герцу, мм, при осевой нагрузке  $P = 196 \dots 10000H$ ;

$d_{из}$  – средний диаметр пятен износа нижних шариков, мм, при осевой нагрузке  $P = 196 \dots 10000H$ .

Таким образом, «индекс задира», исходя из зависимости (1), определяется в единицах силы.

Понятие «задир» (scoring, scuffing) включает образование в результате схватывания различимой невооруженным глазом борозды с оттеснением материала как в стороны, так и по направлению скольжения, является изменением топографии и микрорельефа поверхности



трения. В настоящей работе «индекс задира» предлагается оценивать, исходя из размеров следов задира (их геометрических размеров) и оценки величины топографии и микрорельефа поверхностей трения.

Следовательно, «индекс задира» может быть определен из соотношения:

$$\text{ИЗ} = d_j + 0,15 \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $d_j$  – диаметр зоны упругой деформации шариков по Герцу, мм;

0,15 мм – величина, характеризующая приращение следов задира от деструкции, адсорбции и пассивации поверхностно-активных и химически-активных веществ.

**Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы ставит своей целью проверку, уточнение результатов теоретических исследований и включает проведение лабораторного эксперимента по исследованию «индекса задира» товарных ПС.

Определение «индекса задира» осуществляли на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1. Общий вид машины показан на рисунке 1.



Рисунок 1. Четырехшариковая машина трения ЧМТ-1

Исследование позволяет получить характер, вид и величину износа. Таким образом, полученная информация характеризует смазывающие и рабочие свойства используемых материалов и их поведение под воздействием различных величин нагрузок.

Исследование проводили в соответствии с ГОСТ 9490-75 [6].

Перед началом исследования смазочного материала все детали машины, с которым он соприкасается во время испытания (чашка с деталями крепления нижних шариков и детали крепления верхнего шарика в шпинделе), промывали несколькими порциями спирта этилового ректифицированного по ГОСТ Р 51652-2000, до тех пор, пока растворитель не становился прозрачным, и просушивались на воздухе. Шарика, применяемые при испытании, проверяли на отклонение от сферической формы по ГОСТ 3722 и наличие внешних дефектов. Твердость шариков составляла HRC<sub>3</sub> 62 – 66.

При определении «индекса задира» узел трения машины нагружался постоянной силой 196 Н. Нагрузка 196 Н является основной.

Продолжительность работы машины от момента включения до момента выключения электродвигателя при текущей нагрузке составляла 60±2 сек. Контроль времени работы машины осуществлялся встроенным таймером.

За предельное значение «индекса задира», по рекомендации работы [5], принята величина пятна износа более 0,4 мм.

В процессе исследования не фиксировали момент трения, возникающий в узле трения, поскольку основным исследуемым показателем была величина «индекса задира».

Измерение диаметра пятна износа каждого шарика производили в двух взаимно перпендикулярных направлениях с точностью ± 0,01 мм.

Перед измерением величины пятна износа шарики изымались из чашки узла трения и промывались несколькими порциями спирта этилового ректифицированного по ГОСТ Р 51652-2000, до тех пор, пока растворитель не становился прозрачным, и просушивались на воздухе. Измерения проводились при температуре  $20^{\circ}$ - $22^{\circ}$  С.

Эксперименты проводились с использованием пластичных смазок ЛИТОЛ и LGRT 2 (фирма SKF).

#### Результаты и обсуждение.

Результаты исследования противозадирных и противоизносных свойств пластичных смазок ЛИТОЛ и LGRT 2 по «индексу задира» приведены на Рисунке 2.

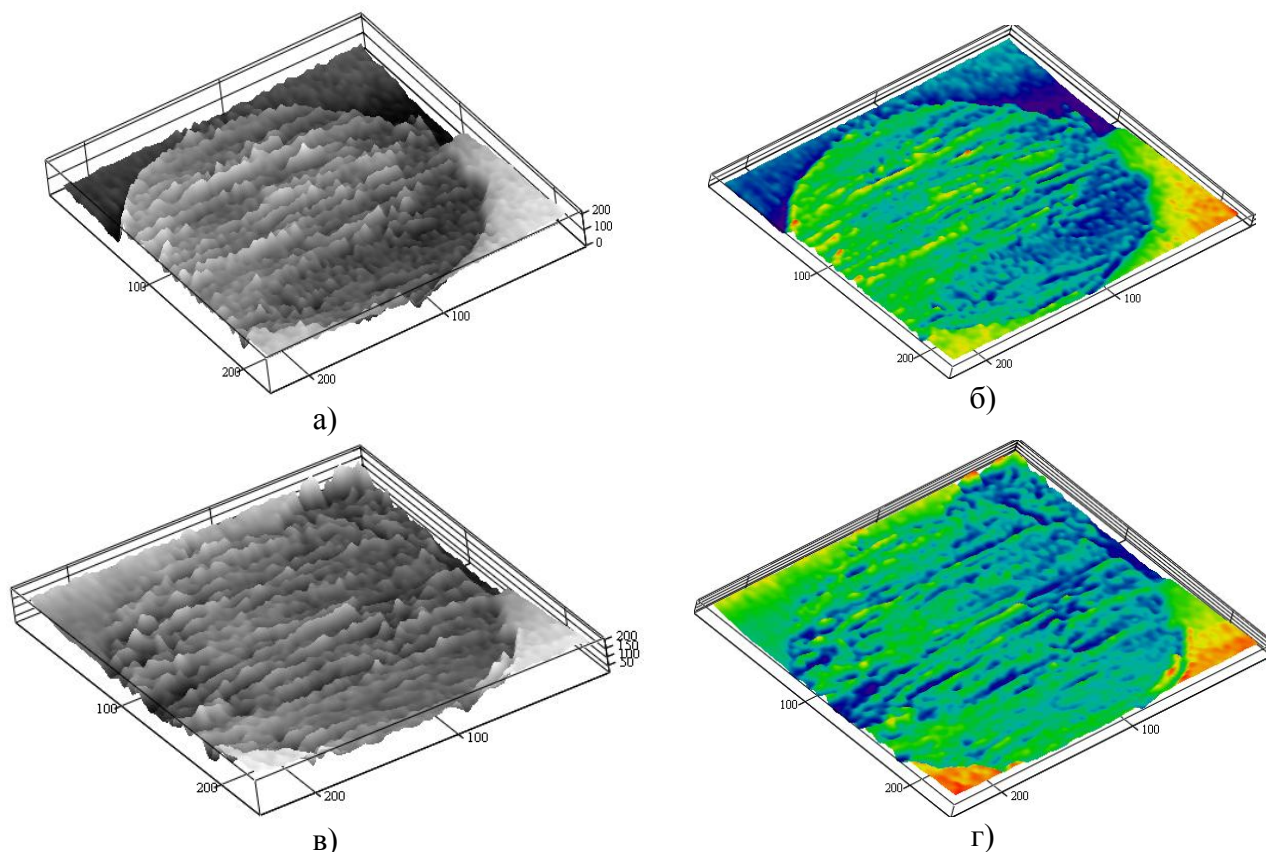


Рисунок 2. Трехмерная стереографическая интерпретация следов задира при испытании пластичной смазки ЛИТОЛ - 24 (а) и LGRT 2 (б), цифровая интерпретация изношенной поверхности шарика (топология поверхности) при испытании пластичной смазки ЛИТОЛ (в), LGRT 2 (г)

Анализ морфологии и топологии изношенных поверхностей (рисунок 2) при испытании трибологических характеристик обеих смазок показывает наличие значительных вырывов поверхностей с глубокими трещиноватыми углублениями. Значительные изменения претерпела поверхность трения, работавшая в пластичной смазке ЛИТОЛ. Величина «индекса задира» составила – 2,74 мм. При трибологическом испытании смазки LGRT 2 величина «индекса задира» составила – 2,67 мм. Таким образом, смазки по противозадирным свойствам являются идентичными и могут быть взаимозаменяемыми при эксплуатации в подшипниковых узлах сельскохозяйственных машин АПК.

#### Выводы.

1. Предложен и обоснован вариант оценки трибологических характеристик пластичных смазок на основе критерия «индекс задира», заключающегося в определении пятна износа шариков с учетом зоны их пластической деформации.

2. Проведены сравнительные трибологические испытания пластичных смазок ЛИТОЛ и LGRT 2, которые показали идентичность их противоизносных свойств по критерию «индекс задира».

**Использованные источники:**

1. Мельник С.В., Голощапов Г.А. Модифицированные пластичные смазки для быстроизнашивающихся узлов трения ходовой части транспортных и транспортно-технологических машин: монография. – Омск: Амфора, 2016. – 125 с.
2. Егоров М.А., Калякин А.В., Файзуллин Р.Р. Применение горючего на авиационной технике при проведении авиационных работ. Смазочные масла, пластичные смазки, специальные жидкости: учебное пособие – Ульяновск: Ульяновское высш. авиационное училище гражданской авиации (ин-т), 2015. – 169 с.
3. Крахмалев С.И., Мельников В.Г., Тыщенко В.А. Пластичные смазки \: основы рационального применения и надежность техники. – Самара: Офорт, 2010. – 454 с.
4. Коврига Е.В., Сумская О.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. – Армавир: АГПУ. 2017. – 115 с.
5. Зиновьева А.В., Чернов Г.И., Аистов И.П., Юша В.Л. Рабочие вещества низкотемпературной, вакуумной и компрессорной техники: учебное пособие. – Омск: Издательство ОмГТУ. 2018. – 139 с.
6. Козловский Э.А., Повтарев И.А. Технология ремонта и основы технической диагностики химического оборудования: учебное пособие. – Иваново: ИГХТУ. 2017. – 147 с.

УДК 621.31

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-238-242

*Виноградов А.В., Виноградова А.В., Букреев А.В., Калугин Е.С.,  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

## **ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ С ДАННЫМИ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Цифровизация электрических сетей строится на взаимодействии систем мониторинга, контроля, учета и управления, связанных друг с другом потоками данных. Эти данные необходимо получать, передавать, хранить и обрабатывать с применением принципов приоритетности, заданной точности, сохраняемости и других.

**Ключевые слова:** цифровизация электрических сетей, электрические сети, принципы получения, передачи, хранения, обработки данных.

Согласно концепции цифровой трансформации ПАО «Россети», цифровая сеть – совокупность объектов электрической сети, управление которыми осуществляется на базе цифровых технологий [1]. Стратегии цифровизации электрических сетей требуют, в первую очередь, обеспечения сетей системами мониторинга, контроля, учета и управления, собственно, и представляющих собой системы цифровизации. Эти системы связаны друг с другом потоками цифровых данных.

На разработку средств мониторинга, контроля, учета в электрических сетях направлены усилия ученых и производителей в разных странах [2-6]. Очень актуальным направлением является разработка решений по управлению электрическими сетями и микросетями. [7-10]. Управление электрической сетью сводится к управлению ее конфигурацией на основе получаемой информации о параметрах режимов работы сети. В качестве исполнительных элементов систем управления конфигурацией электрической сети применяются коммутационные аппараты, устанавливаемые в ней, в том числе мультиконтактные коммутационные системы и устройства секционирования и резервирования [11, 12]. Управление конфигурацией сети позволяет сокращать количество и время перерывов в электроснабжении потребителей, количество случаев и время несоответствия качества поставляемой потребителям электроэнергии и, косвенно, повышать доступность энергетической инфраструктуры. К основным принципам управления конфигурацией электрической сети относятся наблюдаемость, управляемость, гибкость конфигурации, сегментируемость электрической сети, а также интеллектуализация оборудования и интегрированность в экономику, выполнение которых в полном объеме невозможно без цифровизации электрической сети [13].

Выделим следующие основные подсистемы и элементы систем управления конфигурацией электрической сети:

- системы мониторинга: параметров режимов работы электрической сети; электрооборудования электрической сети и других параметров;
- системы контроля: состояния оборудования электрической сети и изменения этого состояния; параметров режимов работы электрической сети; других параметров;
- системы учета: потребления электроэнергии в разных точках сети; количества и результатов срабатываний электрооборудования; ресурса электрооборудования; количества и продолжительности перерывов в электроснабжении потребителей; других параметров; исполнительные элементы (устройства) системы управления (коммутационные аппараты, другое электрооборудование, установленное в сети и осуществляющее изменение ее конфигурации).

Указанные подсистемы и устройства должны быть интегрированы в систему управления конфигурацией, которая использует от подсистем необходимые данные и выдает команды на управление исполнительными элементами, предоставляет необходимую информацию персоналу, управляющему сетью, то есть обеспечивает выполнение указанных выше принципов управления конфигурацией электрической сети. Элементы указанных подсистем могут быть интегрированы также в электрооборудование электрической сети, в отдельных случаях одни и те же элементы, например, датчики, могут использоваться одновременно в нескольких подсистемах.

Системы контроля и мониторинга параметров режимов работы позволяют обеспечивать наблюдаемость сельской электрической сети за счет получения необходимых данных о ситуации в сети персоналом компаний, осуществляющих диспетчеризацию, эксплуатацию сети. Также системы контроля и мониторинга передают информацию, необходимую для управления электрической сетью, ее обслуживания. Это позволяет сокращать время перерывов в электроснабжении потребителей, время несоответствия качества поставляемой электроэнергии и время осуществления технологических присоединений.

На рисунке 1 показана структурная схема системы управления конфигурацией сети, отражающая концепцию и основные принципы управления конфигурацией. Схема включает в себя подсистемы и устройства контроля, учета, мониторинга и управления.

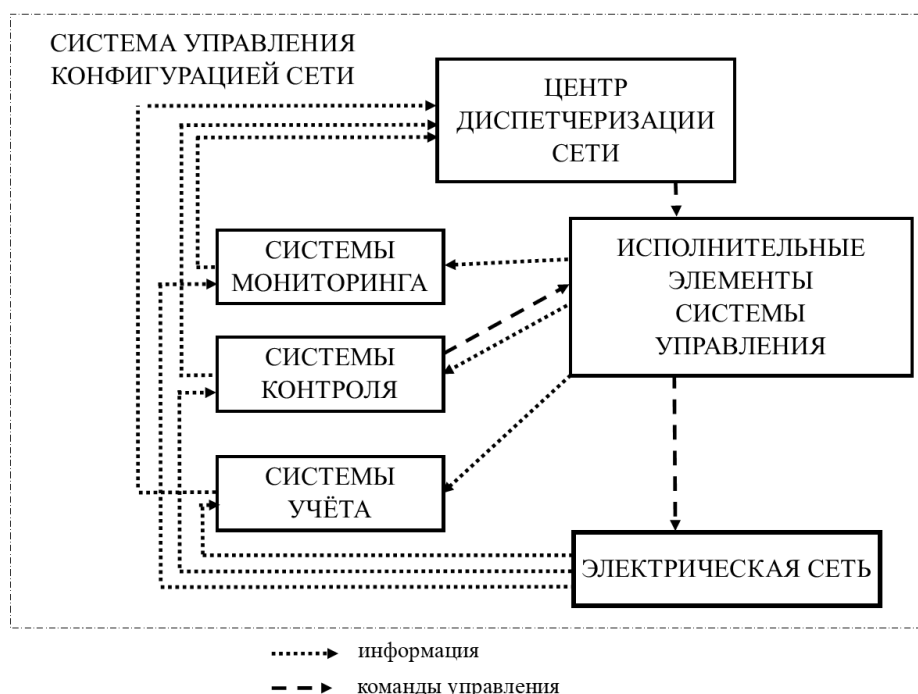
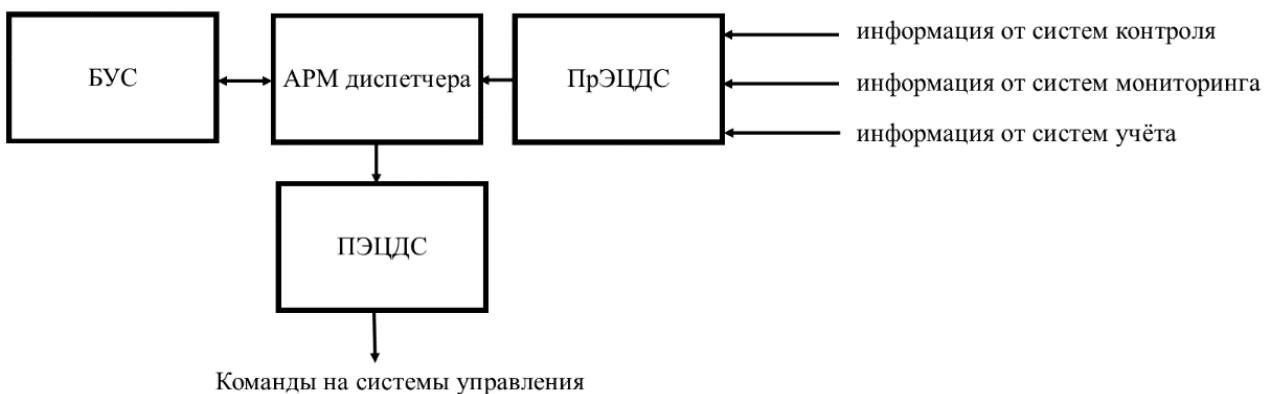


Рисунок 1. Структурная схема системы управления конфигурацией электрической сети

Исполнительные элементы включают все управляемое электрооборудование, такое как коммутационные аппараты, устройства регулирования напряжения, устройства компенсации реактивной мощности, вводно-учетно-распределительные устройства потребителей и т. п. Осуществляется контроль, мониторинг и учет в контрольных точках параметров режимов

работы электрической сети как управляемого объекта, а также контроль, мониторинг и учет параметров исполнительных элементов. К параметрам режимов работы электрической сети относятся значения тока, напряжения, мощности, угла сдвига фаз, показатели качества электрической энергии, параметры времени работы в том, или ином режиме и другие. К параметрам исполнительных элементов относятся состояние (включено/отключено), ресурс, уставки срабатывания, временные параметры срабатывания, регулирования, выдержки времени, диапазоны регулирования и другие.

Центр диспетчеризации сети (ЦДС) включает в себя блок обработки информации и управления сетью (можно назвать его также виртуальной электростанцией, или блоком управления сетью (БУС)); средства отображения информации о режимах работы сети и состоянии оборудования (ситуации в сети); средства приема и передачи данных; персонал, контролирующий сеть и управляющий ею (диспетчеры сети) и их автоматизированные рабочие места, построенные, например, как показано в [14]. Предполагается, в основном, автоматическое управление сетью с помощью БУС, а при необходимости – ручное управление, осуществляемое диспетчером, отдающим команды на переключения в сети, на управление оборудованием, регулирующим параметры режима работы сети. При этом задается приоритет автоматического и ручного управления на различные операции по управлению сетью. Диспетчер может перевести управление полностью в ручной режим. Упрощенная структурная схема ЦДС показана на рисунке 2.



БУС - блок управления сетью (виртуальная электростанция); АРМ диспетчера (АРМ) - автоматизированное рабочее место диспетчера; ПрЭЦДС - принимающий элемент центра диспетчеризации сети; ПЭЦДС - передающий элемент центра диспетчеризации сети.

Рисунок 2. Структурная схема центра диспетчеризации сети (ЦДС)

При построении систем контроля, учета, мониторинга используются принципы построения систем автоматизации [15, 16]. К параметрам режимов работы электрической сети следует относить:

- текущие значения тока, напряжения, активной и реактивной, полной мощности, показателей качества электроэнергии (ПКЭ), коэффициентов мощности, углов между током и напряжением, частоты;
- значения потребления электроэнергии за определенный период времени;
- значения времени отключений напряжения за определенный период времени;
- значения времени несоответствия качества электроэнергии (по различным ПКЭ);
- значения времени нахождения определенных параметров в заданных пределах (например, время наличия тока заданной величины);
- максимальные и минимальные значения тока, напряжения, мощности и т. д. за определенный период времени;
- скорость изменения тока, напряжения;
- форму графиков тока, напряжения;
- другие параметры.

Значения этих параметров должны быть получены, передаваться от систем мониторинга и контроля, учета, храниться и обрабатываться с соблюдением принципов, которые можно сформулировать следующим образом:

– принцип приоритетности. Он заключается в том, что поступающая информация должна сортироваться и обрабатываться с учетом ее приоритетности для целей управления. Как диспетчер, так и средства автоматического управления должны получать в первую очередь самую важную информацию, требующую немедленной реакции. В первую очередь это информация о возникновении аварийных режимов в сети и их параметрах. Эта приоритетная информация должна с максимально возможной скоростью передаваться в центр диспетчеризации сети (ЦДС) и на автоматизированное рабочее место диспетчера (АРМ) и обрабатываться. При этом должны быть приняты меры по привлечению внимания к ней диспетчера средствами визуализации и сигнализации. Для передачи этой информации должны использоваться протоколы «по событию», например, МЭК-104. Соблюдение данного принципа позволяет сократить время реакции на ситуации в сети, за счет чего повышается ее управляемость;

– принцип заданной точности. Этот принцип заключается в том, что разные данные о параметрах режимов работы сети требуют разной точности. Так для контроля отключений напряжения достаточно точности в десятки вольт, а для контроля отклонения напряжения – точность должна быть не менее 1 вольт. Это же касается контроля и мониторинга, учета значений тока, мощности и других параметров. В некоторых случаях достаточно контроля и мониторинга только наличия, или отсутствия параметра, например, при осуществлении способов блокировки обратной трансформации – только контроля наличия напряжения и направления тока в контролируемой сети. Выполнение этого принципа позволяет удешевить средства контроля, мониторинга, обработки и представления данных;

– принцип дифференцированности частоты записи и передачи данных. Принцип заключается в том, что сохранение и передача данных о значениях контролируемого параметра осуществляются с изменяемой частотой в зависимости от динамики их изменений. Нет необходимости сохранять и передавать значение параметра с высокой частотой при отсутствии фактов его изменений. В этом случае запись значений и их передача выполняется с гораздо более низкой частотой, чем при изменении контролируемого параметра. При изменении параметра запись и передача начинают автоматически выполняться с высокой заданной частотой. Это позволяет осуществлять экономию места на хранителях информации, снижать загрузку каналов передачи данных. При обработке данных, переданных с разной частотой, учитывается указанный принцип. То есть принимается максимальная частота получения данных, определяется количество данных, которые должны быть получены с этой частотой. Те данные, что получены с более низкой частотой, дополняются до необходимого их количества значениями, в промежутках между соседними полученными фактически данными, равными этим фактическим значением, или интерполированными между ними;

– принцип сохраняемости. Этот принцип заключается в обоснованном хранении данных и их дублировании. Так данные могут и в обоснованных случаях должны храниться как в ЦДС, так и непосредственно в системах мониторинга, контроля, учета и управления, а, также в обоснованных случаях, и на отдельных датчиках систем, которые должны быть оснащены для этого картами памяти, как правило, съемными. Это позволяет даже при отсутствии связи восстанавливать картину режима работы сети, повышает сохраняемость данных для дальнейшего их анализа;

– принцип защищенности. Этот принцип требует обеспечения необходимого уровня защиты хранения и передачи данных от взлома, вредоносного воздействия на системы контроля, мониторинга, учета и управления. Соответственно при передаче, хранении и обработке данных должны использоваться методы шифрования и расшифровки данных, обеспечивающие необходимый уровень защиты.

#### **Использованные источники:**

1. Концепция «Цифровая трансформация 2030». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [Kontseptsiya\\_Tsifrovaya\\_transformatsiya\\_2030.pdf \(rosseti.ru\)](https://rosseti.ru/press/2021/09/14/kontseptsiya_tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf). (дата обращения: 14.09.2021).



2. Виноградов А.В., Большев В.Е., Виноградова А.В. Системы интеллектуализации распределительных электрических сетей // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7-й Международной научно-практической конференции "Агроинфо-2018". – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. – С. 443-447.
3. Octavian Mihai Ghita, Sorin Dan Grigorescu, Costin Cepisca, Adela Vintea. Power Quality Monitoring Systems for Smart Grid Networks. Conference: Advanced Topics in Electrical Engineering ATEE 2013At: Bucharest Romania. May 2013. DOI:10.1109/ATEE.2013.6563537.
4. Aleksandar Stanimirović, Miloš Bogdanović, Milena Frtunić, Milena Frtunić. Low-voltage electricity network monitoring system: Design and production experience. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2020, Vol. 16(1). DOI: 10.1177/1550147720903629.
5. Joaquin Meléndez, Laiz Souto, Sergio Herraiz. Monitoring of low voltage grids with multilayer principal component analysis. International Journal of Electrical Power & Energy Systems 125:106471, February 2021. DOI:10.1016/j.ijepes.2020.106471
6. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солюянов Д.Ю. Применение интеллектуальных систем учета электроэнергии для своевременной корректировки нормативных значений для расчета электрических нагрузок // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: материалы 3-й междунар. молод. конф. REEPE 2021, – М.: МЭИ, 2021, Стр. 9388018. DOI 10.1109/REEPE51337.2021.9388018.
7. S. D. Thakar, A. S. Vijay and S. Doolla, "System Reconfiguration in Microgrids", Elsevier: Sustainable Energy, Grids and Networks., vol. 17, March 2019. DOI 17. 100191. 10.1016/j.segan.2019.100191
8. A. Vinogradov, A. Seyfullin, A. Vinogradova, V. Bolshev, A. Bukreev and Z. Shakurova, Analysis of the concepts of building microgrids containing distributed generation objects, E3S Web of Conferences: International Symposium Sustainable Energy and Power Engineering 2021 (SUSE-2021), Kazan, Russia, February 18-20, 2021. DOI 2021 288. 01108. 10.1051/e3sconf/202128801108.
9. H.J. Moon, J.W. Chang, S.I. Moon, Y.J. Kim, Decentralised active power control strategy for real-time power balance in an isolated microgrid with an energy storage system and diesel generators, Energies, 2019, vol. 12, no 3., p. 511. DOI 10.3390/en12030511.
10. A. Iqbal, T. Iqbal Low-cost and secure communication system for SCADA system of remote microgrids, Journal of Electrical and Computer Engineering, 2019, vol. 2019, p. 1986325. DOI 10.1155/2019/1986325.
11. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Псарёв А.И., Лансберг А.А., Большев В.Е. Повышение эффективности защиты линий электропередачи 0,4 кВ с отпайками от однофазных коротких замыканий за счет применения мультиконтактной коммутационной системы МКС-2-3В // Вестник Казанского ГАУ. – 2020. – № 3 (59). – С. 58-63.
12. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Псарёв А.И., Самарин Г.Н., Большев В.Е. Повышение надежности электроснабжения потребителей посредством применения мультиконтактных коммутационных систем в линиях электропередачи 0,4 кВ с отпайками // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 11 (114). – С. 48-64. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10105.
13. Виноградов А.В. Понятие и принципы управления конфигурацией интеллектуальных электрических сетей // Агротехника и энергообеспечение. – 2020. – №4 (29). – С. 5-14.
14. АРМ Диспетчера (software2b.ru) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.software2b.ru/> (дата обращения: 12.09.2021)
15. Пронин А.И., Щелкунов Е.Б. Теория автоматического управления : учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. – 108 с.
16. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ (narod.ru). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ani-studio.narod.ru/> (дата обращения: 12.09.2021).

УДК.629.113:658.58

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-242-248

*Гребенников С.А., Гребенников А.С., Басков В.Н., Киселёв Г.О., Рогожин А.В.,  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.»*

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ КОМПРЕССИИ ЦИЛИНДРОВ ДВС**

В работе анализируются методы контроля технического состояния цилиндропоршневой группы ДВС и рассмотрены методологические вопросы повышения точности диагностирования компрессионных свойств цилиндров по показателям внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала при работе двигателя в режиме холостого хода на одном цилиндре. Приведены результаты теоретического обоснования и экспериментальной проверки предложенного способа оценки компрессии в цилиндрах.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, диагностирование, компрессия цилиндров, неравномерность, угловая скорость.



Одним из самых главных агрегатов в автомобилях, дорожно-строительной и сельскохозяйственной технике является двигатель внутреннего сгорания (ДВС), в целом определяющий их экономические и экологические эксплуатационные показатели. Известно, что до 30 % материальных и трудовых затрат для обеспечения работоспособности ДВС расходуется на устранение отказов кривошипно-шатунного механизма (КШМ), 70 % дефектов которых относят к неисправностям цилиндропоршневой группы (ЦПГ) [1]. Этими причинами обусловлена экономическая целесообразность предупреждения отказов и неисправностей ЦПГ путем диагностирования ее состояния.

Общепринятым способом диагностирования технического состояния ЦПГ двигателя является анализ показателей компрессии в цилиндрах, оцениваемой по максимальному значению давления рабочей смеси в каждом цилиндре в конце такта сжатия –  $P_c$  и ее неравномерности по отдельным цилиндрам, которая не должна превышать 0,05 МПа для бензиновых и 1 МПа – для дизельных ДВС.

Измерение компрессии цилиндра осуществляется на прогретом до рабочей температуры 90–95 °С двигателе несколькими способами с использованием расходомера картерных газов, пневмотестера, вакуумметра, компрессометра, с применением динамического метода диагностирования с использованием тестовых динамических воздействий [1, 3–6]. Диагностика ЦПГ компрессометром особо популярна на станциях технического обслуживания (СТО) из-за простоты применения. Она выполняется с помощью компрессометра при прокручивании стартером коленчатого вала ДВС после удаления всех свечей зажигания (форсунок) при полностью открытых воздушной и дроссельной заслонках [1].

Более оперативно информацию о компрессионных свойствах цилиндров двигателя получают по значениям пульсаций тока стартера при прокручивании коленчатого вала в отсутствии подачи топлива или искры от свеч зажигания [1, 3, 4]. Однако, при этом способе диагностирования определяется только показатель относительной компрессии по цилиндрам без указания максимального ее значения в цилиндре, взятого за эталон (с максимальным значением тока). Высокая погрешность также обусловлена влиянием на силу тока технического состояния стартера, аккумуляторной батареи и электропроводов.

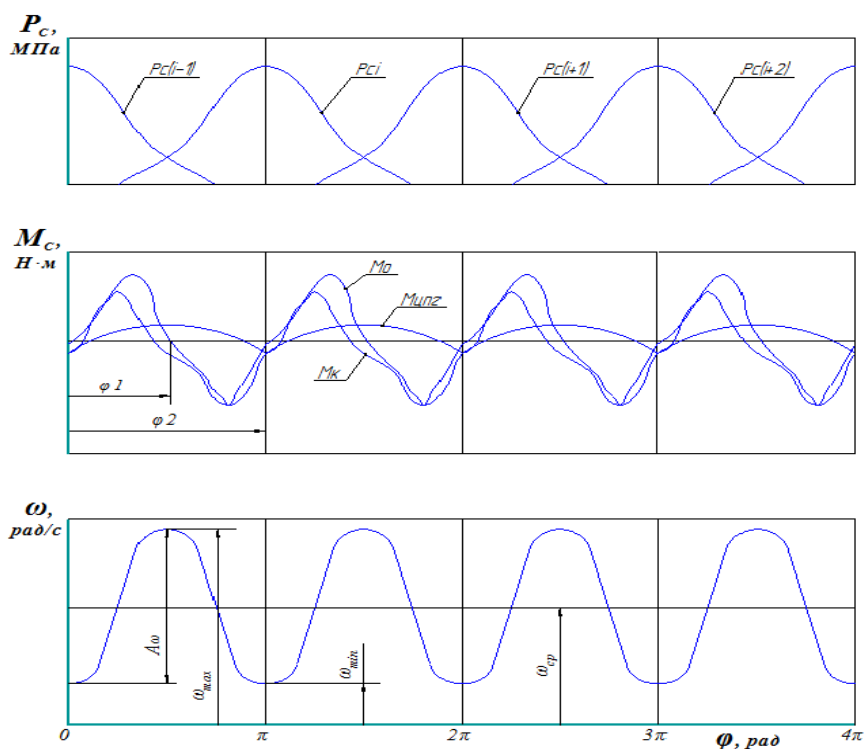


Рисунок 1. Изменение компрессии  $P_c$  в цилиндрах, составляющих момента сопротивления  $M_c$  и угловой скорости  $\omega$  по углу поворота  $\varphi$  коленчатого вала при прокручивании стартером четырехцилиндрового ДВС

Большой потенциал к совершенствованию имеет способ, разработанный в СГТУ имени Гагарина Ю.А., согласно которому о компрессионных свойствах цилиндров ДВС судят по показателям внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала (ВИУСКВ) при прокручивании коленчатого вала ДВС стартером в отсутствие процесса сгорания топливо-воздушной смеси в цилиндрах. Суть способа заключается в следующем.

Принудительное вращение коленчатого вала ДВС стартером со средней угловой скоростью  $\omega$  при отсутствии сгорания рабочей смеси в цилиндрах с крутящим моментом  $M$  вызывает изменение угловой скорости  $\omega$  вала по углу его поворота  $\phi$  (рисунок 1) из-за отклоненный мгновенного значения момента сопротивления от действия компрессионных сил  $M_{ср}$  относительно среднего его значения  $M_c$  [2, 5]:

$$M = M_c + J_n \omega \frac{d\omega}{d\phi}, \quad (1)$$

где  $J_n$  – суммарный момент инерции вращающихся и поступательно движущихся масс элементов системы «ДВС-стартер», приведенный к оси коленчатого вала.

Из уравнения (1) следует, что, если начальное значение угловой скорости «прикрепить» к положению коленчатого вала по углу его поворота  $\phi$ , соответствующему нахождению поршня первого цилиндра в ВМТ на такте сжатия, то по характерным точкам ее изменения в кратных числу  $z$  цилиндров угловых интервалах ( $4\pi/z$ ) можно оценивать и сравнивать компрессионные свойства цилиндров. Свидетельство этому – баланс моментов, формирующих момент сопротивления  $M_{ср}$  на коленчатом валу двигателя, и расчеты их удельного влияния на показатели ВИУСКВ.

$$M_{сф} = M_m + M_n \pm M_{п} \pm M_{пр} + M_{цпг} \pm M_k, \quad (2)$$

где  $M_m$  – момент механических потерь от действия сил трения в подшипниках коленчатого и распределительного валов и вспомогательных механизмах (водяной, масляный и топливный насосы, генератор, вентилятор и другие);

$M_n$  – момент, затрачиваемый на процесс газообмена в цилиндрах (насосные потери);

$M_{п}$  – момент переменной составляющей сил инерции от возвратно-поступательно движущихся масс двигателя;

$M_{пр}$  – переменный момент, затрачиваемый на преодоление сил упругости клапанных пружин;

$M_{цпг}$  – момент от сил трения в сопряжениях ЦПГ;

$M_k$  – переменный момент сопротивления от действия компрессионных сил сжатия-расширения рабочего тела  $P_k$ .

Количественный анализ моментов сопротивления (2) показал, что основной переменной составляющей механических потерь ДВС являются потери на трение поршневых колец и поршней  $M_{цпг}$ , функционально зависящие от угла поворота коленчатого вала  $\phi$ .

$$M_{цпг} = \sum_{i=1}^z P_{цпгi} R \frac{\sin \phi_i + \beta_i}{\cos \beta_i} \approx \sum_{i=1}^z P_{цпгi} \cdot R \left( \sin \phi_i + \frac{\lambda}{2} \sin 2\phi_i \right), \quad (3)$$

где  $P_{цпгi}$  – сила трения в сопряжениях ЦПГ  $i$ -го цилиндра;

$\phi_i$  – значение угла поворота коленчатого вала при работе  $i$ -го цилиндра в порядке их чередования с учетом фазового угла сдвига между одноименными рабочими тактами;

$\lambda = R/L$  – отношение радиуса кривошипа  $R$  к длине шатуна  $L$ ;

$\beta$  – угол отклонения шатуна от оси цилиндра, соответствующий  $\phi_i$ .

Сила трения  $P_{цпг}$  определяется силами взаимодействия поршневых колец  $P_{пк}$  и юбки поршня  $P_{юп}$  со стенками цилиндра и зависит от условий смазки, упругости колец и давления газовых сил. На установившемся режиме прокручивания коленчатого вала эти условия при скорости движения поршня в узком диапазоне 0-5 м/с и незначительной разности газовых сил в цилиндрах ДВС примерно одинаковы  $P_{цпгi} = P_{цпг(i+1)} = P_{цпгz}$ . Таким образом, момент  $M_{цпг}$  является функцией только угла поворота  $\phi$  коленчатого вала с периодом, кратным числу цилиндров  $T_{M_{цпг}} = 4\pi/z$  (рисунок 1).

Поскольку момент сопротивления от действия компрессионных сил  $P_{кр}$  для  $i$ -го цилиндра с площадью поршня  $F_n$  определяется

$$M_{\kappa_i} = P_{\kappa_i} F_n \cdot R \frac{\sin \phi_i + \beta_i}{\cos \beta_i} \approx P_{\kappa_i} F_n R \left( \sin \phi_i + \frac{\lambda}{2} \sin 2\phi_i \right), \quad (4)$$

то, в общем случае, суммарное действие компрессионных сил на среднее значение момента сопротивления  $M_c$  можно принять равным нулю (исходя из того, что затраченная кинетическая энергия на сжатие рабочего тела полностью возвращается при движении поршня от ВМТ на такте расширения). Однако влияние компрессионных сил на мгновенное значение момента сопротивления на протяжении такта сжатия в  $i$ -м цилиндре различно. Большая часть (75 %) работы сил давления сжатия рабочего тела при его расширении в предыдущем ( $i-1$ )-м цилиндре приходится на первую половину такта сжатия диагностируемого  $i$ -го цилиндра, а от сил сопротивления сжатия (компрессии) – на заключительную его половину (рисунок 1). Как следствие, действие компрессионных сил в первой части такта сжатия от 0 до  $\phi_1$ , характеризующих такт расширения в ( $i-1$ )-м цилиндре, проявится в уменьшении  $M_{сф}$  по отношению к его среднему значению  $M_c$ :

$$M_{c \text{ } 0-\phi_1} = M_m - M_{\kappa}, \quad (5)$$

а во второй части – от  $\phi_1$  до  $\phi_2$ , на такте сжатия в  $i$ -м цилиндре, – в увеличении

$$M_{c(\phi_1-\phi_2)} = M_m + M_{\kappa} \quad (6)$$

Исходя из вышеописанного, суммарный момент сопротивления  $M_c$  в режиме прокручивания стартером определяется моментами  $M_m$ ,  $M_{шпг}$  и  $M_{\kappa}$ , причем  $M_m$  – постоянная величина по углу поворота коленчатого вала, а  $M_m$  изменяется идентично в каждом угловом интервале, соответствующем периоду изменения  $M_c$  ( $T_{M_c} = 4\pi/z$ ). Единственной составляющей, способной вызвать индивидуальные внутрицикловые изменения  $M_c$  в угловых интервалах, кратных числу цилиндров ДВС, является момент компрессионных сил  $M_{\kappa}$ , что и следовало доказать.

При одинаковых значениях компрессии по цилиндрам значения экстремумов  $\omega_{max}$  и  $\omega_{min}$  колебаний угловой скорости в пределах угловых интервалов, соответствующих тактам сжатия рабочей смеси в каждом цилиндре, будут равны, а следовательно, одинаковые их значения амплитуд  $A_{\omega} = \omega_{max} - \omega_{min}$  колебаний и избыточных работ  $A_{изб} = J_n(\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2)/2$  на участках разгона каждого цилиндра.

Снижение компрессии в одном из цилиндров ДВС вызывает уменьшение  $M_c$  и соответственно участка убывания угловой скорости. В свою очередь, сжатые газы производят меньшую работу по разгону инерционных масс ДВС на такте расширения. Эти изменения  $M_{сф}$  отразятся на значениях экстремумов угловой скорости в интервале углов поворота, соответствующих такту расширения в цилиндре с меньшей компрессией (рисунок 2).

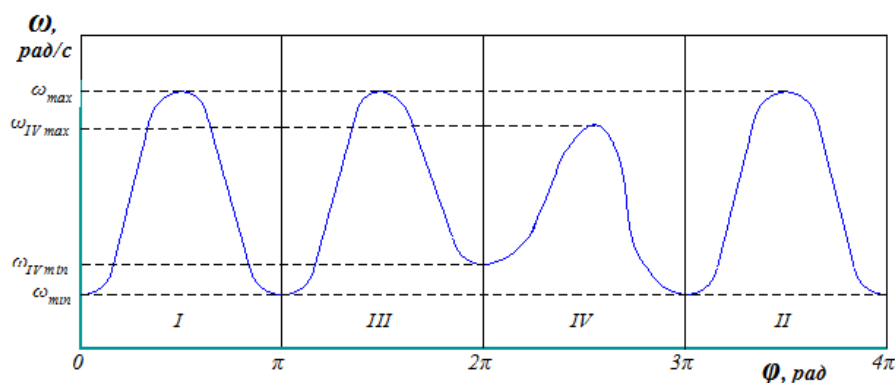


Рисунок 2. Изменение скорости  $\omega$  по углу  $\phi$  коленчатого вала при прокручивании стартером четырехцилиндрового ДВС с уменьшенной компрессией в IV цилиндре: I-IV – номера цилиндров;  $\omega_{IV max}$ ,  $\omega_{IV min}$  – экстремумы угловой скорости для IV цилиндра

Так как чередование одноименных тактов по цилиндрам четырехцилиндрового ДВС происходит через  $180^0$  ( $\pi$  радиан) по углу поворота коленчатого вала, а начало измерений  $\omega$  совпадает с ВМТ опорного I цилиндра в конце такта сжатия, то интервал  $0-\pi$  поворота коленчатого вала на диаграмме (рисунок 2) соответствует такту рабочего хода I цилиндра,  $\pi-2\pi$  – III цилиндра и, так далее, по порядку их работы.

Привязка угловых интервалов изменения  $\omega$  именно к тактам рабочего хода соответствующих цилиндров обусловлена действием на этом такте компрессионной силы  $P_c$ , которая, как следует из анализа составляющих момента сопротивления (1), (2), определяет характер изменения  $M_c$  и, соответственно, внутрицикловой угловой скорости по углу поворота коленчатого вала  $\omega = f(\varphi)$ , по которой определяют показатели компрессионных свойств:

– относительную неравномерность по цилиндрам как отношение разности между максимальным и минимальным значениями одноименных экстремумов угловой скорости ( $\omega'_{max}$  либо  $\omega'_{min}$ ) к ее среднему значению  $\bar{\omega}$ :

$$\delta_k = \frac{\omega'_{max} - \omega'_{min}}{\bar{\omega}}, \quad (7)$$

– по отдельным цилиндрам – по значениям амплитуд  $A_\omega$  колебаний угловой скорости или избыточных работ  $A_{изб}$  [2] на участках разгона в пределах соответствующих углов поворота.

Точность рассмотренного метода определения компрессионных свойств цилиндров выше других известных способов, т. к. диагностирование осуществляется за два оборота коленчатого вала – при более стабильных частотах вращения и тепловых состояниях деталей ЦПГ. Но и для этого способа диагностирования присущи недостатки, понижающие достоверность диагноза:

– нестабильная частота прокрутки коленчатого вала стартером – ее зависимость от зарядки аккумулятора и состояния стартера;

– имеется методическая погрешность измерения значений мгновенных угловых скоростей коленчатого вала из-за наличия гармоник высокочастотных ее колебаний в режиме прокрутки ДВС от динамического взаимодействия зубьев стартера с венцом маховика двигателя (рисунок 3).

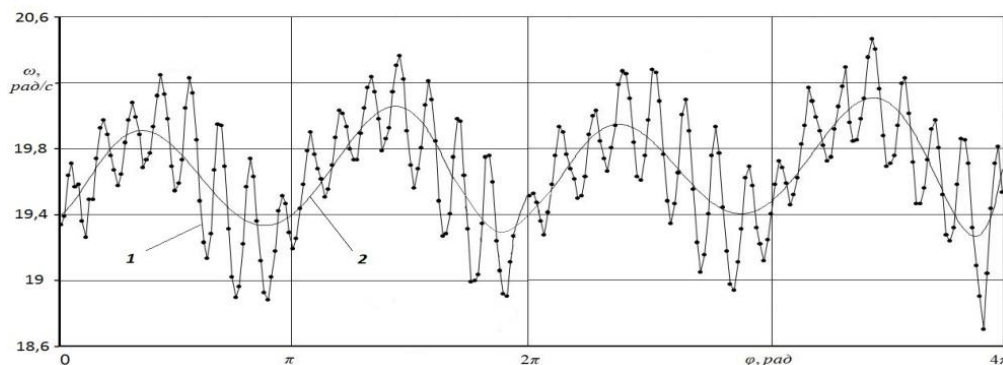


Рисунок 3. Диаграмма мгновенных значений угловой скорости  $\omega$  коленчатого вала по углу его поворота  $\varphi$  при прокручивании стартером четырехцилиндрового ДВС:

1 – исходная; 2 – аппроксимирующая кривая (по методу наименьших квадратов)

С целью исключить данные недостатки и повысить точность определения технического состояния ЦПГ предлагается осуществлять измерения ВИУСКВ при работе ДВС на одном цилиндре с отключенными остальными путем или при осуществлении режима торможения двигателем автомобиля на ровном участке дороги. Такой тестовый режим диагностирования технического ЦПГ возможен в современных ДВС, в которых автоматически прекращается поступление топлива в цилиндры при движении автомобиля в отсутствие нажатия на педаль управления его подачей.

Результаты экспериментальной проверки предложенного способа с помощью разработанного устройства (рисунок 4), работающего с датчиком угловых перемещений коленчатого вала высокой точности по первому варианту осуществления тестового режима диагностирования ЦПГ, подтвердили его эффективность.



Рисунок 4. Устройство для поэлементного диагностирования систем и механизмов ДВС

Благодаря запасенной кинетической энергии вращающихся и возвратно-поступательно движущихся элементов ДВС от работающего I цилиндра, значения мгновенных угловых скоростей коленчатого вала по углу его поворота в зависимости  $\omega = f(\varphi)$  плавно изменяются (рисунок 5), в наибольшей степени соответствуют их действительным значениям, и позволяют по диагностическим параметрам  $A_{изб.р}$ ,  $A_{p_i}/A_{v_i}$  в интервалах  $\pi-2\pi$  и  $2\pi-3\pi$ , более точно оценить компрессионные свойства в III и IV цилиндрах. Для оценки компрессии I и II цилиндров необходимо выполнить диагностику при осуществлении рабочего процесса в IV цилиндре.

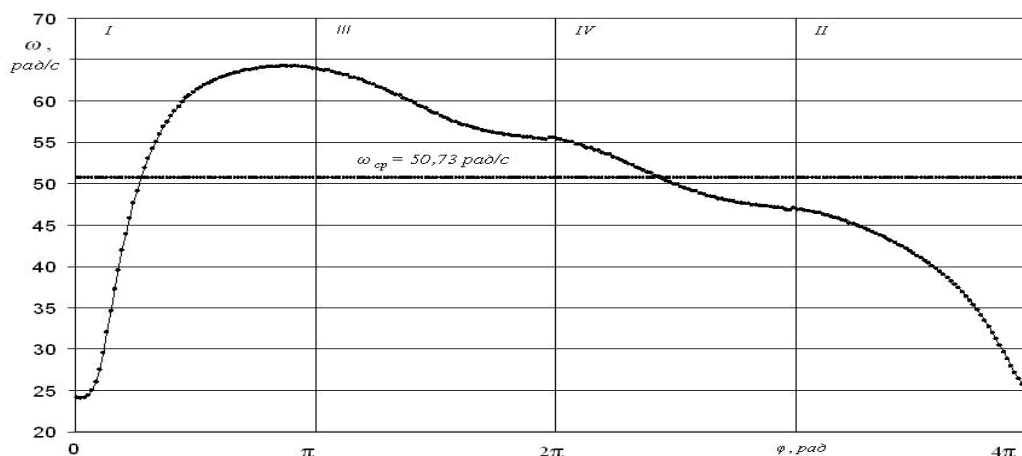


Рисунок 5. Изменение угловой скорости  $\omega$  коленчатого вала по углу  $\varphi$  его поворота при работе ДВС 4Ч 9,2/9,2 на одном цилиндре с отключенными остальными

Разработанный бестормозной способ обеспечивает высокую точность поэлементного диагностирования ДВС и может быть использован для унифицированной бортовой диагностики автомобилей, имеющих электронные системы отключения цилиндров.

### Выводы

1. Рассмотрены методологические вопросы повышения точности диагностирования компрессионных свойств цилиндров по показателям внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала (ВИУСКВ) при работе двигателя в режиме холостого хода на одном цилиндре.

2. Предложено определять следующие показатели компрессионных свойств:

– относительную неравномерность по цилиндрам как отношение разности между максимальным и минимальным значениями одноименных экстремумов угловой скорости к ее среднему значению;

– по отдельным цилиндрам – по значениям амплитуд колебаний угловой скорости или избыточных работ на участках разгона в пределах соответствующих углов поворота.

3. Определены недостатки способа диагностирования, понижающие достоверность диагноза:

нестабильная частота прокрутки коленчатого вала стартером – ее зависимость от зарядки аккумулятора и состояния стартера;

наличие методической погрешности измерения значений мгновенных угловых скоростей коленчатого вала из-за наличия гармоник высокочастотных ее колебаний в режиме прокрутки ДВС от динамического взаимодействия зубьев стартера с венцом маховика двигателя.

4. Предложено для повышения точности определения технического состояния ЦПГ путем исключения этих недостатков осуществлять измерения ВИУСКВ при работе ДВС на одном цилиндре с отключенными остальными путем или при осуществлении режима торможения двигателем автомобиля на ровном участке дороги.

5. Результаты экспериментальной проверки предложенного способа подтвердили его эффективность.

#### Использованные источники:

1. Болдин А.П., Сарбаев В.И. Надежность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта: теоретические основы. – М.: Изд-во МАИИ, 2010. – 206 с.
2. Гребенников А.С., Гребенников С.А., Никитин А.В. Математическая модель внутрициклового изменения угловой скорости коленчатого вала дизеля на холостом ходу // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. – Волгоград: ВолгГТУ. 2013. – №12(115). – С. 42-46.
3. Кривцова Т.И. Совершенствование метода диагностирования компрессионных свойств дизельных двигателей тракторов и автомобилей сельскохозяйственного назначения по характеристикам стартерного тока: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03. – Иркутск: ИРНТУ, 2011. – 153 с.
4. Ларин О.Н., Куков С.С., Гриценко А.В., Глемба К.В. Результаты диагностирования цилиндропоршневой группы способом оценки динамической компрессии // АПК России. – 2016. – Т. 23. – № 3. – С. 619-625.
5. Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК / под ред. В.В. Альта. – Новосибирск: ГНУ СибФТИ СО Россельхозакадемии, 2013. – 523 с.
6. Альт В.В., Савченко О.Ф., Елкин О. В. Цифровая технология оценки мощности тракторного парка сельхозпредприятия // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13. – № 4. – С. 25–31.

УДК 629.051

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-248-251

*Дедова М.С., Кириченко А.А., Колточихин Н.Н.,  
ФГБОУ ВО НГАУ, г. Новосибирск*

## СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ ТРАКТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК

В данной статье проведен обобщенный анализ состава тракторного парка сельхозорганизаций России, обозначен ряд проблем и тенденций в переоснащении и обновлении парка сельскохозяйственных тракторов и других машин новой современной техникой. Особое внимание уделено целесообразности использования гибких информационных систем на базе спутниковой навигации для повышения эффективности работы машинно-тракторного парка и технического сервиса АПК. Рассмотрен эффективный способ оперативного контроля технического состояния трактора через систему удаленного мониторинга.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная техника, телематика, навигация, спутниковый мониторинг, техническое обеспечение.

В статье рассмотрено состояние систем мониторинга для сельскохозяйственного производства. Актуальность этой проблемы вызвана необходимостью повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции. А для этого необходимо строго контролировать работу технических средств, выполняющих операции в технологическом процессе сельско-

хозяйственного производства. На рынке с начала 2000-х годов стали применяться спутниковые навигационные системы. В статье рассмотрены различные аналоги от зарубежных и отечественных производителей. Проанализированы продукты ведущих мировых производителей сельскохозяйственной техники, таких как «Джон Дир» и Claas, а также отечественные разработки от ведущих компаний по производству навигационного оборудования «М2М телематика» и ООО «Агронавт» и др. Для оценки их возможностей были проанализированы данные систем по 10 различным критериям. Данный анализ показал, что наиболее точную оценку работы технических средств осуществляет система от фирмы Claas. Однако ее существенным недостатком является высокая стоимость и несовместимость с техническими средствами других производителей.

Чтобы оценить возможности использования системы мониторинга транспортных средств на базе устройства Teltonika FM-4200, были проведены исследования в одном из хозяйств Ленинградской области. По результатам измерений были рассчитаны показатели работы технического средства. Были определены показатели работы трактора, а именно расход топлива при выполнении технологических операций, удельный расход топлива, коэффициент расхода топлива. Данные показатели рассчитываются автоматически, характеризуют работу технического средства в режиме реального времени, что позволяет эффективно планировать распределение трудовых и энергетических ресурсов в сельскохозяйственном производстве.

На сегодняшний день в сельскохозяйственных предприятиях планирование технологий происходит путем составления технологических карт с использованием номинальной и принятой в хозяйстве производительности используемых машин. При таком планировании не учитывается фактическая производительность машины, которая зависит от ее технического состояния [3].

Контроль и управление технологическими процессами также происходит после проведения работ и расчета затрат, произведенных фактически. Все это в конечном итоге приводит к удорожанию технологий, увеличению трудоемкости, что в конечном итоге приводит к увеличению себестоимости продукции.

На сегодняшний день в сельскохозяйственном производстве широко внедряются современные технологии отечественных и зарубежных разработок. В сельском хозяйстве Российской Федерации широко представлены практически все мировые лидеры. Почти все они предлагают внедрить технологии собственного производства. При этом обещают очень хорошие финансовые показатели. Однако комплексная оценка этих технологий показывает, что зачастую заявленные показатели не достигаются.

Это зависит от:

- человеческого фактора;
- природно-климатических условий;
- технического состояния машин и оборудования.

На сегодняшний день на рынке широко представлены различные решения для мониторинга технических средств. Большинство этих продуктов рассчитаны на применение в автотранспортных парках. На рынке присутствуют как отечественные так зарубежные производители. Мобильный модуль может быть построен на основе приемников спутникового сигнала, работающих в стандартах NAVSTAR GPS или ГЛОНАСС [2].

В настоящее время в России активно продвигается и лоббируется использование сигналов спутников ГЛОНАСС, разработка и производство клиентского оборудования мониторинга для этой системы. Принят ряд законодательных актов, в основе которых лежит Указ Президента РФ № 638 «Национальная программа возрождения навигационной системы ГЛОНАСС».

Во исполнение указа Правительством России принят ряд нормативных документов, которыми определены полномочия федеральных органов исполнительной власти по поддержке, развитию и использованию системы ГЛОНАСС, а также определены транспортные, технические средства и системы, подлежащие оборудованию аппаратурой спутниковой навигации [1].





Рисунок 1. Решения для сельского хозяйства на основе системы Navstar и GLONAS

Также на рынке широко представлены и иностранные разработки. Их отличием от отечественных является применение технологий автоматического вождения и управления техническими средствами систем, наиболее распространенных — это AMS от John Deere.

Однако применение средств автоматического вождения и управления применимо только на тех тракторах и комбайнах, где установлено соответствующее оборудование. Существенным недостатком является высокая стоимость оборудования, где только комплект оборудования стоит 150-450 тысяч рублей в зависимости от комплектации и до 1,5 млн рублей на программное обеспечение.

Наиболее полную оценку показателей производит система Easy от фирмы CLAAS. Данная система позволяет оценить работу машины с учетом времени поворотов простоев и т. д. Но недостатком данной системы является также дороговизна и специализация по машинам фирмы CLAAS, ее применение невозможно на других технических средствах и машинах. Также недостатком этих систем является простейший учетный анализ показателей, что в большинстве случаев не отражает показатели эффективности работы машины [2].

Возможности для получения информации о работе машины имеют практически все системы, но из-за малой популярности они медленно развиваются.

Одним из таких показателей является коэффициент загрузки двигателя, который используется для оценки загрузки трактора при выполнении сельхозработ и характеризует правильность агрегатирования трактора, а, следовательно, и производительность агрегата [4].

Для оценки используются следующие показатели:

- время движения агрегата;
- время простоя агрегата;
- расход топлива при движении;
- общий расход топлива.

Система ведения сельского хозяйства в нашем понимании — это комплекс элементов и подсистем, построенных на организационно-технологических и социально-экономических принципах ведения конкурентоспособного производства с целью удовлетворения потребности общества в сельскохозяйственных продуктах.

В основу научного подхода к построению оптимальной и конкурентоспособной системы ведения хозяйства должны быть положены принципы, обеспечивающие ее целостность и структурированность, рациональное использования факторов внешней среды и внутренних резервов организации.

Современные модели спутниковых навигаций используют послойный принцип организации информации – слой объектов гидрографии, слой шоссейных дорог, слой растительного покрова и рельефа местности.

Технологические проблемы перехода на научную основу ведения отраслей и формирование оптимального состава и структуры систем сельского хозяйства заключаются в том, что высокопроизводительные ресурсосберегающие технологии применяются на ограниченных площадях. Технологии растениеводства и животноводства предельно упрощены из-за низкого уровня технической оснащенности хозяйств и рентабельности производства. Многие специалисты оказались в затруднении, поскольку новые технологии и техника требуют новых подходов к процессу технологического нормирования.

Нормирование труда занимает важное место в формировании системы ведения хозяйства, позволяя исключить непроизводительные затраты времени и ресурсов, повысить производительность за счет эффективного использования потенциала предприятия. В основу расчета нормативов, затрат времени смены и режимов работы агрегатов, используемых при разработке норм времени традиционно закладываются данные фотохронометражных наблюдений. Процесс трудоемкий, для достоверности требует присутствия специалиста на месте выполнения работ или операций до 20 раз. Используя программный продукт «Панорама АГРО» с ГЛОНАСС/GPS-приемником и GSM-модем, можно обеспечить регистрацию координат объекта, сбор измерений и передачу собранной информации по каналам связи на сервер данных, исключив присутствие специалиста на поле, наблюдая с монитора движение техники.

В принятии оперативных решений для управления сельскохозяйственным производством зарубежная практика широко использует в тандеме ГИС и различные виды дистанционного зондирования земли для оценки посевных площадей, всходов по периодам вегетации, качеству уборочных работ и др. В основу работы по формированию системы ведения хозяйства на всех уровнях планирования с использованием спутниковых технологий должен быть положен глубокий всесторонний анализ состояния производства, его эффективности и конкурентоспособности, опасностей, угроз и возможностей дальнейшего развития, учет фактических природно-климатических, социально-экономических, экологических и правовых факторов, максимальное выявление и использование имеющихся резервов, дальнейшее развитие специализации и концентрации производства.

Таким образом можно сделать вывод, что спутниковые системы мониторинга в агропромышленном комплексе развиваются в ускоренном темпе и тем самым позволяют повышать конкурентоспособность сельскохозяйственного производства.

#### **Использованные источники:**

1. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Шерстобитов С.В. Управление производственными процессами в агроэкосистемах с применением спутниковых навигационных систем // Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень: ГАУ Сев. Зауралья, 2017. – С. 32-38.
2. Нардина С.А., Епанчинцев М.В. Функциональные возможности программы CLASS TELEMATCS для автоматизации технологических процессов в растениеводстве // Проблемы научно-технологической модернизации сельского хозяйства: производство, менеджмент, экономика: сб. трудов междунар. науч.-практ. конф. обучающихся в магистратуре. – Омск: ОмГАУ им. П.А. Столыпина. 2014. – С. 70-73.
3. Власов В.М., Ефименко Д.Б., Жанказиев С.В. Использование ГИС в технологии диспетчерского управления маршрутизированным транспортом: методическое пособие МАДИ (ГТУ); под ред. В.М. Власова. – М., 2007. – 72 с.
4. Глобальная спутниковая радионавигационная система [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://eraglnss.ru/reshen\\_ija/selhoztehnika/](https://eraglnss.ru/reshen_ija/selhoztehnika/), (дата обращения 20.08.2021).

УДК 629.3.015

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-252-254

*Домнышев Д.А., Долгушин А.А., Курносое А.Ф., Тихоновский В.В.,  
Домнышева В.В., Сацкевич Н.Е., Корниенков В.Н.,  
Новосибирский государственнй аграрный университет*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ**

Для транспортировки сельхозпродукции с использование грузового автотранспорта требуется учитывать сезонность и расстояние грузоперевозок. В суровых климатических условиях преимущественный объем составляют внутрихозяйственные перевозки не более 20 км. По мнению многих ученых для этого наиболее подходящими являются грузовые автомобили, например, семейства КамАЗ, обеспечивающие выполнение задач в рамках эксплуатации в АПК. Как уже установлено в результате исследований, одним из наиболее нагруженных устройств и агрегатов автомобилей в суровых условиях эксплуатации являются подвеска и ее элементы, а именно, гидравлические амортизаторы. В представленной работе приведены методика и результаты обеспечения параметров функционирования за счет поддержания вязкостно-температурных характеристик рабочей жидкости в производственных условиях при добавлении модификаторов ДТ-3-К5. Приведены результаты испытаний модифицированной рабочей жидкости с содержанием 25 % модификатора от общего объема на изменения показателей ресурса амортизаторов и рекомендации по ее использованию в производственных условиях.

**Ключевые слова:** транспортировка грузов, амортизатор, модифицированная жидкость.

Производственный процесс транспортировки сельскохозяйственной продукции с использование автомобильного транспорта отличается определенными особенностями – сезонностью работ и расстоянием грузоперевозок. Анализ объемов и структуры перевозок грузов в сельском хозяйстве показал, что внутрихозяйственные перевозки составляют 67,3 % от общего объема, внешние – 32,7 %, из них 26,6 % по завозу и 6,1 % по вывозу грузов. В холодные месяцы наиболее значимыми являются внутрихозяйственные перевозки, составляющие около 50 % годового грузооборота. Анализом номенклатуры грузов установлено, что зерно (9,5 %), корнеклубнеплоды (12,7 %), молоко (4,3 %), корма (34,5 %), семена и удобрения (35 %) и прочие грузы перемещают по территории хозяйств на расстояние не более 20 км, вследствие чего для их транспортировки в условиях сельскохозяйственных предприятий требуется высокопроизводительная техника [1]. Наиболее подходящими для описанных видов работ являются грузовые автомобили. Современные производители отечественных грузовых автомобилей, например, автомобили семейства КамАЗ, производят серийную технику, отвечающую поставленным задачам в рамках эксплуатации в АПК.

Одним из устройств, обеспечивающих снижение виброн нагруженности всех узлов и механизмов автомобиля, является подвеска [2]. Однако эксплуатации автомобилей в суровых условиях влечет за собой ухудшение процесса функционирования основных агрегатов, ухудшаются показатели плавности, и падает средняя эффективная скорость движения, а также возрастает количество неисправностей. Основная проблема нарушения теплового режима элементов подвески – ухудшение процесса функционирования гидравлических амортизаторов. Это связано с повышением вязкости рабочей жидкости, изменением внутреннего давления и недостаточным взаимным функционированием основных подвижных узлов, изменением свойств резинотехнических изделий и металлов [3, 4]. Усугубляется это и тем, что при транспортировке грузов при внутрихозяйственных перевозках из-за небольших расстояний транспортирования грузов (менее 20 км) происходит незначительный нагрев элементов подвески, а при погрузочно-разгрузочных работах и их остывание (рисунок 1) за промежутки от 3 до 17 минут, тем самым нарушается их тепловой режим функционирования.

Приведенная статистика показывает, что даже разовая эксплуатация неподготовленной техники при низких температурах приводит к таким неисправностям, как поломка пружин-

ных элементов (3 %), износ и поломка рулевых шарниров (13 %) и опорных элементов (21 %), износ и разрыв резино-металлических шарниров [5]. Однако наибольшее количество отказов приходится на амортизаторы подвески, вызванные вытеканием рабочей жидкости. Следовательно, для обеспечения процесса функционирования амортизаторов и их безотказной работы при низких температурах эксплуатации требуется обеспечить вязкость рабочей жидкости в диапазоне, при котором возможно сохранение параметров функционирования и надежности.

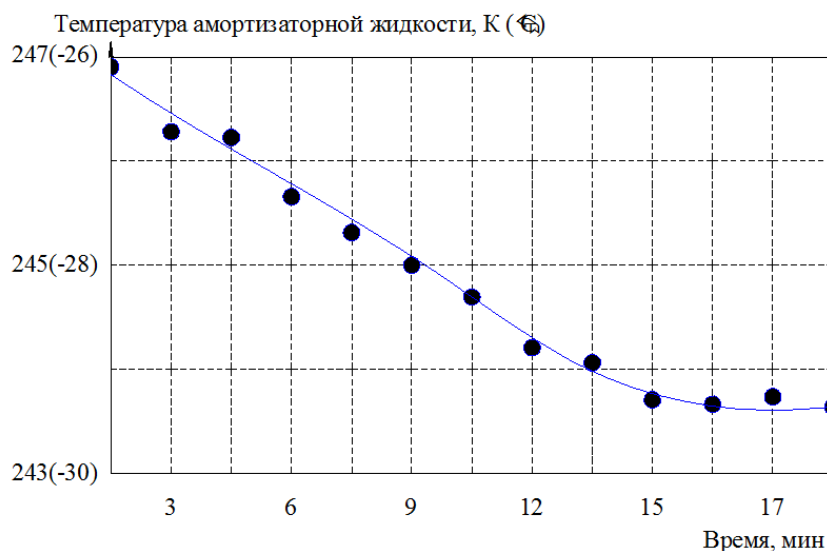


Рисунок 1. Динамика охлаждения гидравлических амортизаторов

Одним из способов поддержания вязкостно-температурных характеристик амортизаторных жидкостей в производственных условиях является добавление маловязких модификаторов или технических жидкостей, например, дизельного топлива [5]. Для подтверждения теоретических предпосылок в лаборатории кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка проведены стендовые испытания, включающие опыты с гидравлическим амортизатором модели П40.2905005 подвески автомобиля КамАЗ. В амортизаторную жидкость АЖ-12Т, используемую в качестве рабочей заводом-изготовителем, добавляли модификатор – дизельное топливо ДТ-3-К5 в соотношении 5-25 % от общего объема. Для проведения испытаний использовали специально разработанный стенд для определения эксплуатационных характеристик гидравлических амортизаторов с функцией записи данных на персональный компьютер. Испытания проводили при низких температурах окружающей среды до минус 30°C. Параметры функционирования амортизатора при испытаниях соответствовали методике стендовых испытаний по ГОСТ Р 53816-2010 [7].

**Результаты исследования.** Добавление ранее описанного модификатора в количестве не более 20 % от общего объема позволило уменьшить значения сил сопротивления в режимах «отбой» и «сжатие». Однако эти значения превышали максимальные установленные заводом-изготовителем для данного типа амортизаторов и составляли 4022 Н и 1226 Н на отбой и сжатие, соответственно. Добавление 25 % модификатора позволило снизить значения сил сопротивления на «отбой» и «сжатие» до допустимых, и они составили 4000 Н и 1200 Н. Далее полученная модифицированная жидкость подвергалась испытаниям, позволяющим установить изменения показателей ресурса амортизаторов. Смесь 75 % рабочей жидкости марки АЖ-12Т и 25 % модификатора ДТ-3-К5, позволила выявить следующее: отклонения значений сил сопротивления от номинальных значений на протяжении 2 млн циклов работы существенно не происходило, и не превышало установленную стандартом отметку до 15 %. Следовательно, использование модификатора ДТ-3-К5 является целесообразным и общедоступным, и может быть рекомендовано для использования в производственных условиях для обеспечения параметров функционирования гидравлических амортизаторов при эксплуатации автомобилей в суровых климатических условиях.

**Использованные источники:**

1. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С. Пути развития сельскохозяйственных транспортных средств // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 38-49.
2. Левицкий Д.Ю. Влияние природно-климатических условий на отказы автомобилей КамАЗ-43114 ОАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ» // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет. – 2016. – С. 213-218.
3. Павлишин С.Г., Зинатуллин Р.Р. Особенности обеспечения эксплуатационной надежности автотехники КамАЗ в Дальневосточном федеральном округе // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2011. – № 1 (24). – С. 29-33.
4. Павлишин С.Г., Галимзянов И.М. Оценка надежности самосвалов КамАЗ в гарантийный период эксплуатации // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2009. – № 4 (19). – С. 44-47.
5. Яковлева С.П., Буслаева И.И., Махарова С.Н., Левин А.И. Эксплуатационные повреждения структуры и разрушение рессоры автомобиля КамАЗ в температурно-нагрузочных условиях севера // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2017. – № 5. – С. 81-87.
6. Домнышев Д.А., Долгушин А.А., Курносоев А.Ф., Тихоновский В.В. Результаты эксплуатационных испытаний модифицированной амортизаторной жидкости // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (74). – С. 89-91.
7. ГОСТ Р 53816-2010 «Автомобильные транспортные средства. Амортизаторы гидравлические телескопические. Технические требования и методы испытаний» (Указатель ФГУП «НАМИ» 2012 г.).

УДК 621.43.001.4:681.518.3

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-254-258

*Добролюбов И.П.,  
ФГОУ ВПО Новосибирский государственный аграрный университет*

### **СНИЖЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ОПРЕДЕЛЯЕМОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ**

Определено снижение информативности состояния объекта экспертизы (на примере ДВС) при применении измерительной экспертной системы для измерения физических величин (давление, угловые ускорения, вибрация и др.) из-за потерь информации в каждом звене измерительного канала: согласующем усилителе с первичным измерительным преобразователем, формирователе импульсов, активном фильтре нижних частот, дифференциаторе, сумматоре, вольтметре при формировании сигнала и его преобразовании до регистратора (индикатора).

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, состояние, измерительный канал, звенья, потери информации.

Определение технического состояния двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с использованием автоматизированной измерительной экспертной системы двигателей (АИЭСД) основано на выборе информативных признаков и обосновании совокупности косвенных диагностических параметров при измерении рабочих процессов двигателя и его составных элементов [1–5]. Результаты исследований по точности измерения характеристик ДВС и определению точностных и информационных показателей измерительных каналов АИЭСД изложены в работах [1, 5]. Однако в этих работах не отражено имеющееся фактическое снижение информативности определяемого состояния объекта экспертизы. Оценке потерь информации и посвящена данная статья.

Формирование измерительного сигнала и его преобразование от первичного измерительного преобразователя – ПИП (датчика) до регистратора (индикатора) в измерительном канале (ИК) АИЭСД обязательно связано с потерей информации, т.е. со снижением информативности о состоянии объекта экспертизы. Например, при измерении углового ускорения коленчатого вала ДВС производится снятие информации с угловых меток на маховике коленчатого вала с помощью индукционного датчика (или с помощью установленного на валу фотоэлектрического преобразователя) с последовательным автоматическим преобразованием сигнала в аналоговом ИК: формированием импульсов в формирователе, фильтрацией (сгла-

живанием) активным фильтром нижних частот (или интегратором), дифференцированием, вторичным сглаживанием активным фильтром нижних частот (или интегратором), измерением углового ускорения  $\varepsilon(t)$  в виде напряжения  $E_\varepsilon$  с помощью вольтметра и его регистрацией. На входе вольтметра напряжение

$$U_{\text{вх}} = E_\varepsilon R_{\text{вх}} / (R_{\text{вх}} + R_\varepsilon),$$

где  $R_{\text{вх}}$  - входное сопротивление вольтметра,  $R_\varepsilon$  - внутреннее сопротивление источника напряжения  $E_\varepsilon$  (на выходе фильтра).

В силу множества факторов ускорение  $\varepsilon(t)$  является случайным процессом со средним квадратическим значением  $\sigma_{E_\varepsilon}$  [1...5], поэтому при постоянных значениях сопротивлений  $R_{\text{вх}}$  и  $R_\varepsilon$  среднее квадратическое значение напряжения  $U_{\text{вх}}(t)$  на входе вольтметра равно

$$\sigma_U = \sigma_{E_\varepsilon} R_{\text{вх}} / (R_{\text{вх}} + R_\varepsilon).$$

Дифференциальные законы распределения вероятностей процессов  $E_\varepsilon(t)$  и  $U(t)$  можно полагать нормальными с безусловными энтропиями

$$H(E_\varepsilon) = \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_{E_\varepsilon}); \quad H(U) = \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_U).$$

В результате измерения условная энтропия  $H(U_{\text{вх}}/U_u)$ , количество информации при идеальном  $I_{\varepsilon u \text{д}}$ , фактическим  $I_\varepsilon$  преобразовании сигнала в ИК и потеря информации  $\Delta I_\varepsilon$  за счет неидеального измерения равны:

$$\left. \begin{aligned} H(U_{\text{вх}}/U_u) &= \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_B); \\ I_{\varepsilon u \text{д}} &= \log_2(\sigma_{E_\varepsilon} / \sigma_B); \\ I_\varepsilon &= \log_2(\sigma_U / \sigma_B); \\ \Delta I_\varepsilon &= I_\varepsilon - I_{\varepsilon u \text{д}} = \log_2[1/(1 + R_\varepsilon / R_{\text{вх}})]. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $U_u$  - измеренное вольтметром (регистрируемое) значение напряжения;  $\sigma_B$  - среднее квадратическое значение погрешности измерения вольтметра.

Из (1) следует, что потеря информации после измерения тем меньше, чем меньше погрешность  $\sigma_B$  и чем больше  $R_{\text{вх}}$  по сравнению с  $R_\varepsilon$ . Аналогичные потери информации возникают при измерении частоты вращения вала, давления в камере сгорания ДВС и др.

Каждое  $i$ -е звено ИК при измерении описывается уравнением связи:

$$U_{\text{вх}i} = E_{i-1} R_{\text{вх}} / (R_{\text{вх}} + R_{i-1}),$$

где  $U_{\text{вх}i}$  - напряжение на входе  $i$ -го звена;  $R_{\text{вх}}$  - входное сопротивление  $i$ -го звена;  $R_{i-1}$  - внутренне сопротивление  $(i-1)$ -го звена;  $E_{i-1}$  - напряжение на выходе  $(i-1)$ -го звена.

Потери информации в каждом из этих звеньев аналогичны (1) при замене в них  $R_\varepsilon / R_{\text{вх}}$  на  $R_{i-1} / R_{\text{вх}}$ . Суммарные потери в ИК АИЭСД в 5-6 раз больше потерь (1). Например, при реальном значении  $R_{i-1} / R_{\text{вх}} = 0,3$  суммарные потери в ИК составят более 2-3 бит. Аналогичные потери информации будут при дискретном измерении  $\varepsilon(t)$ .

Другим источником потерь информации является то, что любое средство измерения или звено ИК АИЭСД измеряет не мгновенное значение, а усредненное за какой-то интервал времени, определяемый постоянной времени звена или средства измерения. Например, при измерении стационарного случайного процесса  $\varepsilon(t)$  на протяжении времени  $T_u$  полная информация о процессе без учета погрешностей измерения:

$$I_{T u \text{д}} = (T_u / \tau_{\kappa \varepsilon}) H_0[\varepsilon(t)],$$

где  $\tau_{\kappa \varepsilon}$  - интервал корреляции процесса  $\varepsilon(t)$ ;  $H_0[\varepsilon(t)]$  - безусловная энтропия на одно независимое измерение (отсчет); полагаем  $T_u$  кратным  $\tau_{\kappa \varepsilon}$ .

Замена среднего значения процесса  $\varepsilon(t)$  на приближенное показывает, что дисперсия усредненного процесса меньше дисперсии исходного процесса:

$$\bar{\varepsilon} \approx \frac{\tau_{\kappa\varepsilon}}{T_u} \sum_{i=1}^k \varepsilon(i\tau_{\kappa\varepsilon}); \quad k = \text{ent}(T_u / \tau_{\kappa\varepsilon}); \quad \sigma_{\bar{\varepsilon}}^2 = (\tau_{\kappa\varepsilon} / T_u) \sigma_{\varepsilon}^2.$$

Уменьшение дисперсии при усреднении приводит к уменьшению количества информации. Например, полагая плотность вероятности процесса  $\varepsilon(t)$  нормальной, имеем

$$\begin{aligned} I_{T_{u0}} &= (T_u / \tau_{\kappa\varepsilon}) \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_{\varepsilon}); \\ I_{T_{cp}} &= \log_2(\sqrt{2\pi e} (\tau_{\kappa\varepsilon} / T_u) \sigma_{\varepsilon}); \\ \Delta I_T &= I_{T_{cp}} - I_{T_{u0}} = \log_2 \left[ (\sqrt{2\pi e} \sigma_{\varepsilon})^{[(T_u / \tau_{\kappa\varepsilon}) - 1]} \sqrt{(T_u / \tau_{\kappa\varepsilon})} \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Из (2) видно, что потери информации при постоянной дисперсии  $\sigma_{\varepsilon}^2$  растут с увеличением времени усреднения  $T_u$  (при измерениях, как правило,  $T_u \gg \tau_{\kappa\varepsilon}$ ) и уменьшением  $\tau_{\kappa\varepsilon}$  (ростом быстродействия и расширением амплитудно-частотного спектра процесса  $\varepsilon(t)$ ). Эти потери также растут с ростом  $\sigma_{\varepsilon}^2$ . При обработке сигнала в ИК АИЭСД накапливаются аддитивные погрешности измерений (например, при измерении  $\varepsilon(t)$  аналоговым или цифровым способом погрешность не превышает 1 %). Полагая что их плотность вероятности распределена по нормальному закону с дисперсией  $\sigma_{\xi}^2$  и интервалом корреляции  $\tau_{\kappa\xi}$ , получим аналогично (2):

$$\left. \begin{aligned} I_{T_{u0\xi}} &= (T_u / \tau_{\kappa\xi}) \log_2(\sigma_{\varepsilon} / \sigma_{\xi}); \\ I_{T_{cp\xi}} &= \log_2(\sigma_{\varepsilon} / \sigma_{\xi}); \\ \Delta I_T &= I_{T_{cp}} - I_{T_{u0}} = \log_2 \left[ (\sigma_{\varepsilon} / \sigma_{\xi})^{[(T_u / \tau_{\kappa\varepsilon}) - 1]} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Из сравнения формул (2) и (3) видно, что с учетом погрешностей измерений потери информации в АИЭСД при усреднении снижаются, так как при этом погрешности сглаживаются, что ведет к уменьшению условной энтропии. Однако общий характер зависимости потерь информации от  $T_u$ ,  $\tau_{\kappa\varepsilon}$  и  $\sigma_{\varepsilon}^2$  сохраняется. Например, при реальных значениях  $\sigma_{\varepsilon} / \sigma_{\xi} = 10$  и  $T_u / \tau_{\kappa\varepsilon} = 5$ , потери  $\Delta I_T \approx 13$  бит. Так как в каждом из звеньев ИК происходит усреднение за время  $T_u$ , то суммарные потери информации в ИК превысят 65 бит, а с учетом потерь (1) они возрастут до 70 бит.

Из-за случайности процессов необходимо проводить их усреднение (например, по множеству  $m$  разгонов, выбегов или циклов). При идеальном суммировании  $m$  усредняемых величин каждый отсчет (например, значение ускорения  $\varepsilon_i(t)$  при заданной частоте вращения  $n^*$ ), безусловная и условная энтропия (полагая закон распределения вероятностей случайных процессов  $\varepsilon_i(t)$  и  $\xi(t)$  нормальным), количество информации и ее потери равны:

$$\left. \begin{aligned} H(\varepsilon_i) &= \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_{\varepsilon_i}); \\ H(\varepsilon_i / \varepsilon_{\Sigma}) &= \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_{\varepsilon_{\Sigma}}); \\ I_{\varepsilon_{u0}} &= \log_2(\sigma_{\varepsilon_i} / \sigma_c); \\ I_{\varepsilon_{\Sigma}} &= \log_2(\sigma_{\varepsilon_{\Sigma}} / \sigma_c); \\ \Delta I_{\varepsilon_{\Sigma}} &= \log_2(\sigma_{\varepsilon_{\Sigma}} / \sigma_{\varepsilon_i}), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $\sigma_c$  - среднее квадратическое значение погрешности сумматора.



С учетом погрешностей, накопленных в ИК АИЭСД до сумматора, на его выходе имеем:

$$z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i + \sum_{i=1}^m \xi_i;$$

$$R_{\varepsilon_i z} = \sum_{i=1}^m R_{\varepsilon_i \varepsilon_j} + \sum_{i=1}^m R_{\varepsilon_i \xi_j};$$

$$\sigma_z^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m [R_{\varepsilon_i \xi_j} + R_{\varepsilon_i \varepsilon_j} + R_{\xi_i \xi_j} + R_{\varepsilon_j \xi_i}],$$

где  $\sigma_z^2$ ,  $R_{\varepsilon_i \varepsilon_j}$ ,  $R_{\xi_i \xi_j}$ ,  $R_{\varepsilon_j \xi_i}$ ,  $R_{\varepsilon_i \xi_j}$  - дисперсия процесса на выходе сумматора, автокорреляционные функции процессов  $\varepsilon_i(t)$  и  $\xi(t)$ , взаимокорреляционные функции процессов  $\varepsilon_i(t)$  и  $\xi(t)$ ,

Количество информации после суммирования и потери информации:

$$I_{z\Sigma} = -\frac{1}{2} \log_2 \left[ 1 - \frac{\left( \sum_{i=1}^m R_{\varepsilon_i z} \right)^2}{\sigma_z^2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m R_{\varepsilon_i \xi_j}} \right] \sum_{i=1}^m \varepsilon_i + \sum_{i=1}^m \xi_i;$$

$$H(\varepsilon_i / \varepsilon_{\Sigma}) = \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_z);$$

$$\Delta I_{\varepsilon_z} = \log_2(\sigma_z / \sigma_{\varepsilon_i}). \quad (5)$$

Если отсчеты  $\varepsilon_i(t)$  и  $\varepsilon_j(t)$ , а также  $\varepsilon_i(t)$  и  $\xi_i(t)$  независимы и  $\sigma_{\varepsilon_i}^2 = const$ ;  $\sigma_{\xi_i}^2 = const$ , то при аддитивных погрешностях количество и потери информации после суммирования равны:

$$I_{z\Sigma} = 0,5 \log_2 [1 + (\sigma_{\varepsilon_i}^2 / \sigma_{\xi_i}^2)];$$

$$\Delta I_{\varepsilon_z} = \log_2(\sigma_{\xi_i} / \sigma_{\varepsilon_i}). \quad (6)$$

К предыдущим потерям (1), (3), (4) добавятся потери (5) и (6) и в примере суммарные потери информации в ИК превысят 75 бит.

При измерении давления в камере сгорания ДВС, а также при измерении вибраций применяются пьезоэлектрические ПИП (датчики). Согласно эквивалентной схеме измерений с помощью этих датчиков напряжение на входе согласующего усилителя заряда равно:

$$U_{ex} = E_n R_{ex} / (R_{ex} + R_0),$$

где  $R_{ex}$  - входное сопротивление измерительной цепи (кабеля и согласующего усилителя),  $R_0$  - внутренне сопротивление ПИП,  $E_n$  - напряжения на выходе ПИП.

Среднее квадратическое значение напряжения  $U_{ex}(t)$  и информационные характеристики измерений с помощью пьезоэлектрического ПИП аналогичны (1) и (2) при замене в них  $\sigma_{E\varepsilon}$  на  $\sigma_{E_n}$ ,  $R_{\varepsilon}$  на  $R_0$ ,  $\sigma_{\varepsilon}$  на  $\sigma_{cy}$  ( $\sigma_{E_n}$  и  $\sigma_{cy}$  - средние квадратические значения напряжений  $E_n$  и погрешности согласующего усилителя). Следовательно, потери информации в ИК давления в камере сгорания с учетом (1)-(6) также превысят 75 бит. Аналогичные потери информации в ИК давления в топливопроводе высокого давления (ТВД). В канале синхронизации при установке пьезоэлектрических виброизмерительных датчиков на ТВД или метки ВМТ получим

примерно такие же потери. Таким образом, суммарные потери информации в АИЭСД могут достигнуть 400 бит.

При стендовых испытаниях с помощью АИЭСД предварительно проводится прогрев двигателя. При этом измеряется температура жидкостей (топлива, масла, воды). Результирующая температура жидкости  $\theta_p$ , разность между измеренной  $\theta_p$  и фактической температурой  $\theta_{жс}$  жидкости  $\zeta$ , среднее квадратическое значение разности  $\sigma_\zeta$ , безусловная и условная энтропии температуры  $\theta_{жс}$ , количество и потеря информации после измерения термоизмерительным преобразователем (ТПИП) любого вида равны:

$$\left. \begin{aligned} \theta_p &= (c_{жс} m_{жс} \theta_{жс} + c_T m_T \theta_T) / (c_{жс} m_{жс} + c_T m_T); \\ \zeta &= \theta_p - \theta_{жс} = c_T m_T (\theta_T - \theta_{жс}) / (c_{жс} m_{жс} + c_T m_T); \\ \sigma_\zeta^2 &= \sigma_{\theta_{жс}}^2 / [1 + (c_{жс} m_{жс} / c_T m_T)^2]; \\ H(\theta_{жс}) &= \log_2(\sqrt{2\pi e} \sigma_{\theta_{жс}}^2); \\ H(\theta_{жс} | \theta_p) &= \log_2[\sqrt{2\pi e} (c_T m_T / c_{жс} m_{жс}) \sigma_{\theta_T}]; \\ I_{\theta_p} &= \log_2[(\sigma_{\theta_{жс}} / \sigma_{\theta_T}) (c_{жс} m_{жс} / c_T m_T)]; \\ \Delta I_{\theta_p} &= \log_2 \left[ 1 / \sqrt{1 + (c_{жс} m_{жс} / c_T m_T)^2} \right], \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где  $c_{жс}$  и  $c_T$  – удельные теплоемкости жидкости и ТПИП;  $m_{жс}$  и  $m_T$  – массы жидкости и ТПИП;  $\sigma_{\theta_T}$  – среднее квадратическое значение погрешности ТПИП.

Как видно из (7), чем больше отношение  $c_{жс} m_{жс} / c_T m_T$  тем меньше потери информации при измерении температуры (например, при реальном соотношении  $c_{жс} m_{жс} / c_T m_T = 10$  потери информации составят около 7 бит.).

Подставляя конкретные значения параметров звеньев в каждом измерительном канале, можно согласно (1)-(7) определить реальные потери информации в АИЭСД, выбором соответствующих параметров звеньев ИК добиться снижения этих потерь и, следовательно, повысить информативность определяемого состояния объекта экспертизы при испытании с помощью АИЭСД.

#### Использованные источники:

1. Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК // – Новосибирск: Россельхозакадемия, Сибирское региональное отделение, ГНУ СибФТИ, 2013. – 523 с.
2. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф. Определение технического состояния топливной системы ДВС статистическими методами // Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2016. – Т. 122. – С. 48-58.
3. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф. Анализ рабочих процессов ДВС для оценки его технического состояния // Распределенные информационно-вычислительные ресурсы. Наука – цифровой экономике: труды XVI Всероссийской конф. – Новосибирск: ИВТ СО РАН. 2017. – С. 491-496.
4. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф. Идентификация состояния ДВС с помощью динамических амплитудно-частотных спектров в измерительной экспертной системе // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7-й междунар. науч.- практ. конф. «Агроинфо-2018». СФНЦА РАН. – Новосибирск: Академиздат, 2018. – С. 431-437.
5. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф. Погрешность определения экстремумов рабочих процессов ДВС с помощью измерительной экспертной системы // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: материалы междунар. науч.- практ. конф. – Новосибирск: СибИМЭ СФНЦА РАН, НГАУ, 2019. – С. 39-43.

УДК 621.43:681.518

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-259-263

*Елкин О.В., Савченко О.Ф.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРНОГО ПАРКА**

Показана целесообразность оперативного контроля энергетических параметров машинно-тракторного парка (МТП) сельхозпредприятия в условиях эксплуатации, позволяющего своевременно провести ремонтно-обслуживающие мероприятия для снижения потерь мощности. Разработан алгоритм автоматизации мониторинга энергетических показателей тракторных двигателей, включающий основные технологические процедуры по каждой единице техники хозяйства. Сформирована автоматизированная система на основе предложенного алгоритма и разработанного в СибФТИ диагностического устройства энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия. Рассмотрены вопросы практического применения системы в сельхозпредприятии.

**Ключевые слова:** тракторный двигатель, диагностирование, динамический метод, мощность, энергетические параметры, сельхозпредприятие.

Потери мощности тракторов при выполнении сельскохозяйственных работ из-за износа деталей, нарушения регулировок и настроек механизмов и систем существенно снижают эффективность и конкурентоспособность хозяйства. Отсутствие контроля параметров технического состояния двигателей внутреннего сгорания (ДВС) МТП сельхозпредприятия (мощность, расход топлива) без специальных средств приводит к использованию тракторов при завышенных расходах топлива из-за потери тяговых свойств. В то же время при обеспечении постоянного определения фактического состояния машинно-тракторного агрегата можно выявить скрытые резервы по мощности в пределах 6-15,6 %, по расходу топлива – 12-18,7 % [1, 2].

Это дает основания для решения задачи поддержания необходимого уровня энергообеспеченности полевых работ за счет оперативной оценки энергетических параметров каждого трактора МТП отдельного хозяйства и своевременного принятия управляющих воздействий, что обеспечит снижение себестоимости и трудоемкости ремонтно-обслуживающих работ.

Имеющийся метод энергетической оценки сельхозмашин по ГОСТ 52777 предусматривает стендовые испытания двигателей, что практически исключает его использование в эксплуатационных условиях. Поэтому целесообразно применение известного и получившего широкое распространение динамического метода диагностики тракторных двигателей [3]. Особенностью метода является необходимость получения и обработки больших объемов данных физических рабочих процессов. Успешному решению этой задачи способствует существенное развитие цифровых технологий и электронных средств в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники [4, 5].

Исходя из этого, для автоматизации процесса проведения энергетической оценки целесообразно привлечение информационных цифровых технологий для реализации сложных алгоритмов компьютерного моделирования переходных процессов, расчета скоростных характеристик и энергетических параметров ДВС. Кроме того, важно решить задачу информационного сопровождения технологического процесса оценки мощности ДВС, обеспечивая регистрацию данных и их обработку, а также визуализацию результатов на основе удобного интерфейса пользователя.

**Цель исследования** – разработка автоматизированной системы энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия на основе динамического метода диагностики ДВС с применением современных информационных технологий сбора и обработки данных.

**Методы исследований.** Методической основой исследований является *компьютерная модель динамики ДВС*, разработанная с учетом многолетнего опыта разработчиков [6]. Она учитывает нелинейность и нестационарность отдельных звеньев, влияние изменения множе-

ства важнейших параметров отдельных агрегатов и систем и проявление существенных нелинейностей и других отклонений на выходные процессы двигателя в функции времени, углового перемещения, скоростного и нагрузочного режимов. При этом рассчитываются временные, частотные и статистические характеристики процессов, их частные и интегральные показатели. Она применима как при стендовых исследовательских испытаниях, так и в эксплуатационных условиях.

Для определения мощности ДВС при динамическом методе вычисляется угловое ускорение коленчатого вала  $\varepsilon$ . В стационарном режиме за счет неравномерности вращения коленчатого вала и в режиме свободного разгона (при моменте нагрузки  $M_{наз} = 0$ ) угловое ускорение коленчатого вала определяется зависимостью:

$$\varepsilon = \frac{1}{J_{д}} \left( M_i - \omega^2 \frac{dJ_{д}}{d\varphi} - M_{en} - M_{наз} \right) = \frac{1}{J_{д}} \left( M_i^k + M_i^g - M_{ин} - M_{en} - M_{наз} \right), \quad (1)$$

где  $J_{д} = J_{д}(\varphi)$  – приведенный момент инерции ДВС и нагрузочных масс (при моменте нагрузки  $M_{наз} = 0$  – это собственный приведенный к коленчатому валу момент инерции ДВС);

$\omega$  – угловая скорость коленчатого вала (частота вращения  $n = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \omega d\varphi$ );  $\varphi$  – угол поворота коленчатого вала (ПКВ);

$M_i = M_i(\omega, \psi, \varphi) = M_i^k + M_i^g$  – индикаторный момент двигателя ( $\psi$  –

положение органа топливоподачи);  $M_i^k = \sum_{k=1}^{i_{ц}} M_{i1(k)}^k$  и  $M_i^g = \sum_{k=1}^{i_{ц}} M_{i1(k)}^g$  – компрессионная и газовая составляющие индикаторного момента;

$M_{i1}^k$  и  $M_{i1}^g$  – компрессионная и газовая составляющие одного цилиндра;  $i_{ц}$  – число цилиндров;

$M_{ин} = M_{ин}(\omega, \varphi) = M_{ин}^{pec}(\varphi - \zeta_m) + M_{ин}^{ocm} = \omega^2 \frac{dJ_{д}}{d\varphi}$

– инерционная составляющая крутящего момента, содержащая регулярную составляющую, вызванную неуравновешенными инерционными силами;  $M_{en} = M_{en}(\omega, \varphi)$  – момент внутренних потерь (преимущественно трения). Если обеспечить разделение полного ускорения коленчатого вала ДВС на отдельные составляющие для каждого из цилиндров как в стационарном режиме полной нагрузки, так и в разгоне, то по ним можно оценить неравномерность работы цилиндров и внутрицикловую неравномерность работы ДВС.

При диагностировании состояния ДВС используются *сигналы физических процессов*, характеризующие работу двигателя. После измерения и предварительной обработки сигналов с датчиков выполняется обработка информации. Случайность процессов подачи топлива и его сгорания от цикла к циклу, а также процессов трения в сопряжениях ДВС вызывают случайные отклонения угловых скорости и ускорения коленчатого вала  $\omega(t)$  и  $\varepsilon(t)$  от их средних значений. Это приводит к необходимости рассматривать измеряемые процессы как аддитивную совокупность полезного информативного (диагностического) процесса и помехи. Для определения параметров при обосновании метода целесообразно использование известных вероятностных методов анализа сигналов, статистических методов оптимальной обработки сигналов на фоне помех [7].

Важным аспектом развития исследований является необходимость учета того, что современные автотракторные двигатели оснащены *электронной системой управления*, обеспечивающей необходимый алгоритм управления режимами работы двигателя на основе характеристик по измеренным значениям параметров двигателя. Отсюда очевиден принцип создания диагностических систем, использующих бортовую сеть трактора – это диагностирование различными аналитическими методами по измеренным процессам не только от специальных устанавливаемых датчиков физических процессов ДВС (например, датчиков углового положения коленчатого вала), но и с использованием сигналов, определяемых стандартным протоколом средств коммуникаций от датчиков электронной системы управления [8].

**Результаты исследований.** Обоснован и разработан алгоритм автоматизации мониторинга энергетических показателей машинно-тракторного парка сельхозпредприятия, схема

которого приведена на рисунке 1.

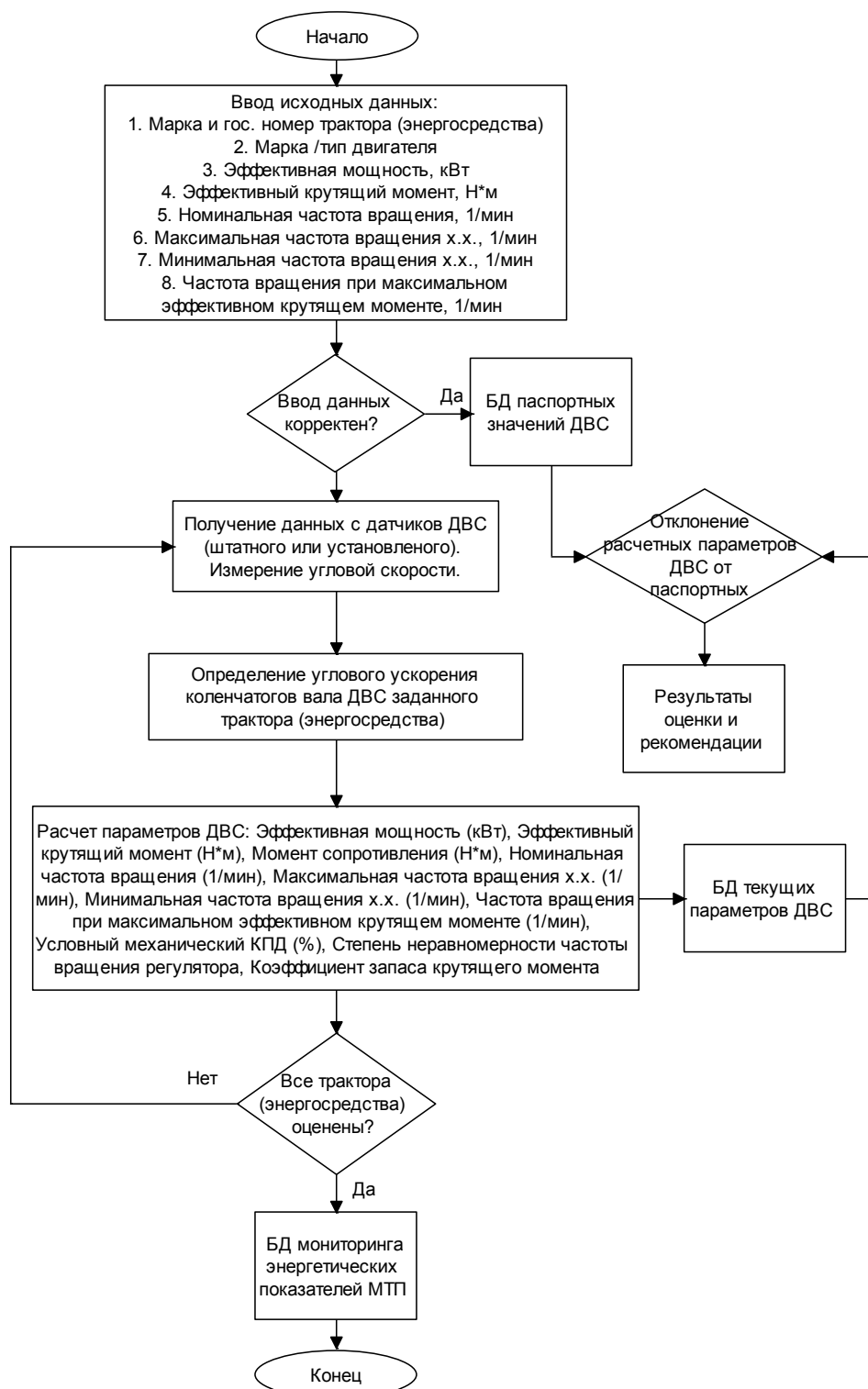


Рисунок 1. Схема алгоритма мониторинга энергетических показателей МТП

В алгоритме предусмотрены процедуры ввода исходных (паспортных) данных по каждой единице тракторного парка отдельного сельхозпредприятия, оценки текущих энергетических показателей каждого трактора с помощью инструментального средства, формирование баз данных текущих и паспортных значений, а также результатов отклонений и рекомендаций.

В качестве инструментального средства для автоматизации оценки энергетических параметров ДВС применено разработанное в СибФТИ СФНЦА РАН диагностическое устройство [8, 9]. Его структурная схема приведена на рисунке 2.

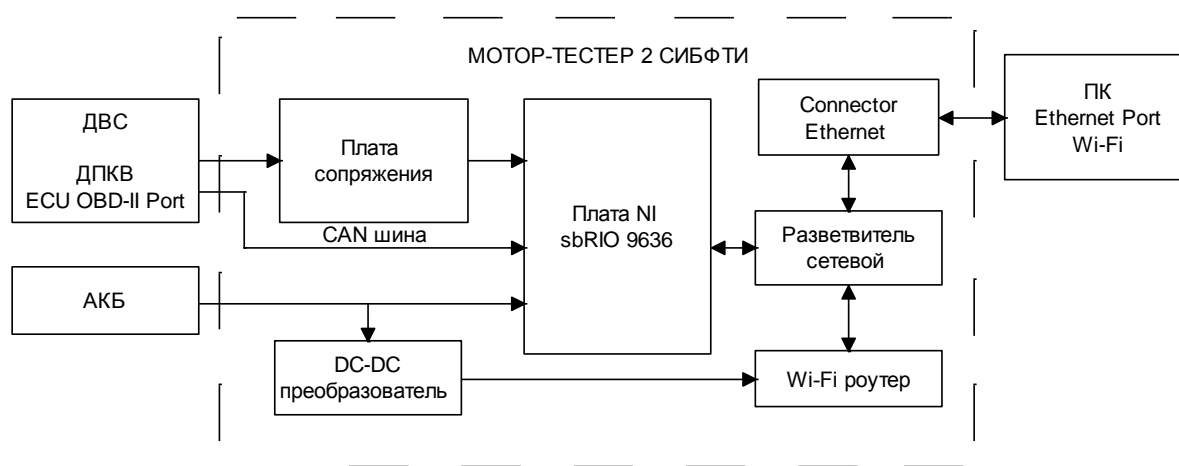


Рисунок 2. Структурная схема мотор-тестера автоматизации энергетической оценки ДВС  
 ДВС - двигатель внутреннего сгорания; ECU – электронный блок управления двигателем;  
 ДПКВ - датчик положения коленчатого вала; АКБ - аккумуляторная батарея; ПК - персональный компьютер

Основные функции: измерение частоты вращения коленчатого вала при динамических воздействиях на ДВС; синхронизация измерений с контролем и обеспечением в цикле испытаний необходимого числа полноценных единичных тестовых воздействий; построение скоростной динамической характеристики ДВС по мощности и крутящему моменту; расчет комплекса диагностических энергетических характеристик по скоростной характеристике аналогично стендовым испытаниям.

При регистрации данных одновременно с работой программного обеспечения механизатором выполняется процедура многократных тестов воздействия на ДВС (разгон-выбег). Оценка мощности ДВС выполняется в режиме реального времени по скоростной характеристике методом дискретного дифференцирования данных временных интервалов.

Обеспечивается информационное сопровождение операций технологического процесса энергетической оценки ДВС с использованием удобного интерфейса пользователя, предоставляя пользователю возможность, среди прочих, непосредственно контролировать процесс подачи тестовых воздействий, регистрации данных.

Проведена экспериментальная проверка автоматизированной системы в условиях сельскохозяйственного предприятия на примере ФГУП «Элитное» Новосибирской области [10]. Испытания проводились во время полевых работ с мая по октябрь с периодичностью 2–4 раза в неделю на пяти тракторах отечественного производства, оборудованных датчиками угла поворота коленчатого вала. Оценены значения мощности ДВС и установлены их изменения во времени как по каждому трактору, так и, в целом, по контрольной группе тракторов:

- по группе тракторов МТЗ-82 за период испытаний значение мощности изменялись в пределах 5–10 % от среднего разброса от измерения к измерению;
- на МТЗ-1221 в 2015 году выявлено снижение мощности на 7,9 % от номинальной, а в 2016 году уменьшение мощности до 11,2 %, что на 3,3 % выше по отношению к 2015 г. Выявлена неисправность регулятора насоса;
- на К-700А наблюдалось падение мощности (до 20 %) за весь период наблюдений.

Полученные параметры мощности по ДВС оценивались с учетом динамики их изменения при выполнении полевых работ. Формировалось заключение о возможности дальнейшей эксплуатации трактора; предлагались рекомендации об оперативном проведении требуемого технического обслуживания, ремонтно-регулирующих работ.

В результате исследований разработана цифровая технология энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия и подготовлены методические рекомендации по диагностике ДВС энергонасыщенной техники динамическим методом [11, 12]. Технология предназначена для получения оперативных данных по энергетическим параметрам

тракторных двигателей МТП хозяйства, способствуя своевременному принятию управляющих воздействий.

Кроме того, зная фактически имеющийся на текущий момент времени энергетический потенциал хозяйства и учитывая экспериментально-обоснованную динамику его изменения, можно обеспечить объективное планирование сроков и объемов выполнения полевых работ, что способствует повышению эффективности использования техники и снижению себестоимости продукции.

### **Выводы.**

Показана целесообразность оперативного контроля энергетических параметров ДВС МТП сельхозпредприятия в условиях эксплуатации, позволяющего своевременно провести ремонтно-обслуживающие мероприятия для снижения потерь мощности.

Разработан алгоритм автоматизации мониторинга энергетических показателей тракторных двигателей, включающий основные технологические процедуры по каждой единице техники хозяйства – ввод паспортных данных, измерение рабочих процессов при тестовом динамическом воздействии, расчет параметров.

Сформирована автоматизированная система на основе предложенного алгоритма и разработанного в СибФТИ СФНЦА РАН диагностического устройства энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия во время полевых работ.

Экспериментальная проверка в производственных условиях подтвердила возможность мониторинга мощностных параметров ДВС во время полевых работ. Анализ полученных данных позволил хозяйству принять оперативные ремонтно-регулирующие управляющие воздействия, предотвратить перерасход топлива и увеличение затрат, повысить тем самым эффективность производства сельхозпродукции.

### **Использованные источники:**

1. Немцев А.Е., Криков А.М., Коротких В.В., Деменок И.В. Концепция развития системы обеспечения работоспособности мобильных энергетических средств. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. – 72 с.
2. Калачин С.В. Прогнозирование изменения контролируемых эксплуатационных параметров МТА // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 6. – С. 29-31.
3. Добролюбов И.П., Лившиц В.М. Динамический метод диагностики автотракторных двигателей. Принципы построения диагностических моделей переходных процессов: метод. рекомендации. – Новосибирск: ВАСХ-НИИ, Сиб. отд-ние, 1981. – 88 с.
4. Тимонин С.Б., Тимонина А.С. Внедрение цифровых технологий в процессы обеспечения оптимального функционирования машинно-тракторного агрегата // Нива Поволжья. – 2018. – № 3. – С. 124-132.
5. Черноиванов В.И., Габитов И.И., Неговора А.В. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники // Технический сервис машин, 2018. – № 130. – С. 74–81.
6. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н. Разработка компьютерной настраиваемой модели двигателя внутреннего сгорания // Вычислительные технологии, 2013. – Т.18. – № 6. – С. 54-61.
7. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н. Моделирование процесса оптимального определения параметров состояния двигателя внутреннего сгорания измерительной экспертной системой // Вычислительные технологии, 2015. – Т. 20. – № 6. – С. 22–35.
8. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Орехов А.К. Определение мощности автотракторных двигателей по параметрам системы бортовой диагностики //Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 119. С. 151-156.
9. Альт В.В., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н., Елкин О.В., Клименко Д.Н. Автоматизированная технология энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия // Труды ГОСНИТИ, 2017. – Т. 129. – С. 36-44.
10. Савченко О.Ф., Елкин О.В., Сапронов В.Н. Оценка мощности тракторных двигателей в производственных условиях с применением устройства «МОТОР-ТЕСТЕР СИБФТИ» // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: мат. междунар. науч.-техн. конф. – Новосибирск: СибИМЭ СФНЦА РАН, 2017. – Т. 1. – С. 390-394.
11. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф., Елкин О.В., Добролюбов И.П., Клименко Д.Н., Орехов А.К., Борисов А.А. Методические положения по диагностике двигателей внутреннего сгорания энергонасыщенной техники динамическим методом. – Новосибирск: СибФТИ СФНЦА РАН, 2017. – 56 с.
12. Альт В.В., Савченко О.Ф., Елкин О.В. Цифровая технология оценки мощности тракторного парка сельхозпредприятия // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2019. – Т. 13. – № 4. – С. 25–31.



УДК 623.746:633/635 (571.151)

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-264-268

*Карякин К.С., Медведева Ж.В., Смышляев А.А.,  
ФГБОУ ВПО Алтайский ГАУ, Алтайский край, г. Барнаул*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ КФХ «КАРЯКИН А.Ф.»**

В статье описаны перспективы использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях крестьянского фермерского хозяйства (КФХ). На сегодняшний день развитие техники позволяет использовать беспилотные технологии в любых сферах. Такая техника используется в аграрном секторе страны, особенно в условиях развития технологий точного земледелия. Дроны мониторят, делают снимки с высоты, оценку всхожести сельскохозяйственных культур, создают электронные карты полей, вносят минеральные удобрения и химические препараты, контролируют посевы, помогают в охране посевов. Мировая практика и опыт успешных отечественных сельскохозяйственных производителей показывают, что применение современных цифровых технологий позволяет сформировать оптимальные условия, позволяющие контролировать и оптимизировать информационные составляющие, касающиеся посевных площадей.

**Ключевые слова:** использование информационных технологий, БПЛА, сельское хозяйство, растениеводство.

В настоящее время приоритетным направлением развития экономики сельского хозяйства является внедрение и использование информационных технологий в агробизнесе. Рост качества и уровня жизни населения, приход на отечественный рынок зарубежных компаний обостряют конкуренцию на продовольственном рынке и заставляют организации сельского хозяйства наращивать производство продукции, совершенствовать технологические процессы, снижать себестоимость продукции, повышать ее качество, искать новые принципы развития, неперенным инструментом которого становится использование инноваций. Благодаря современным цифровым технологиям отрасль сельского хозяйства переходит на новый технологический уровень развития агропромышленного комплекса.

Современное производство сельскохозяйственной продукции должно быть не только высокоэффективным, но и обеспечивать рациональное, сбалансированное снижение себестоимости единицы продукции с повышением производительности в расчете на единицу затрат ресурсов.

Опыт успешных отечественных сельскохозяйственных производителей и мировая практика показывают, что применение современных цифровых технологий позволяет сформировать оптимальные почвенно-агротехнические и организационно-территориальные условия, обеспечивающие в течение всего жизненного цикла сельскохозяйственной продукции значительное повышение урожайности и производительности труда, снижение материальных затрат на ГСМ, электроэнергию, средства защиты растений, оплату труда и другие виды расходов, сохранение плодородия почв и защиту окружающей среды [1].

Однако отечественные производители сельскохозяйственной продукции и продовольствия, вследствие длительного отсутствия условий для инвестиций и сложившегося на текущий момент времени низкого уровня обеспеченности современными информационными технологиями, отстают от сельскохозяйственных производителей стран с развитым АПК в таких значимых показателях как производительность труда, урожайность и др.

Перспективным направлением в точном земледелии является использование беспилотных летательных аппаратов – «дронов», в обиходе – «беспилотников». С их помощью фермер может наблюдать за всхожестью и ростом, анализировать состояние растений, принимать решения по ряду вопросов. Таким образом, значение современных информационных технологий в растениеводстве нельзя переоценить – они помогают упростить наблюдение, сделать его более точным и за счет этого повысить продуктивность сельскохозяйственных культур.

Беспилотный летательный аппарат – это летательный аппарат без экипажа на борту, способный обладать разной степенью автономности – от управляемого дистанционно до полностью автоматического режима, а также различаться по конструкции и назначению. Одни технические устройства и получаемые с их помощью данные не принесут пользу фермерам. Нужны готовые решения, системы, которые будут не только собирать, но и анализировать полученную информацию, выдавать рекомендации по повышению урожайности и эффективности производства, а также сокращению потерь из-за неблагоприятных природных факторов.

Целью работы явилось применение БПЛА в КФХ «Карякин А.Ф.» Усть-Коксинского района республики Алтай при реализации задач точного земледелия, оценка мониторинга состояния посевов.

На данном предприятии применение информационных технологий не являются новшеством. БПЛА уже используются для наблюдения за животными (лошадьми, овцами, маралами), разводимыми в данном хозяйстве [3]. Благодаря легкости использования и достаточно приемлемой стоимости данные средства могут применяться для получения данных всего цикла возделывания сельскохозяйственных культур.

Процесс управления большим фермерским хозяйством всегда считался непростым видом деятельности. Имея в своем распоряжении необъятные поля, фермеры зачастую просто физически не имеют возможности отследить все изменения, которые происходят с их сельхозугодьями. Безусловно данная особенность отрицательно влияет на урожайность. В этих условиях огромное значение отводится вопросам внедрения инновационной техники и технологий, в том числе робототехники.

Возможности применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве представлены на рисунке 1.

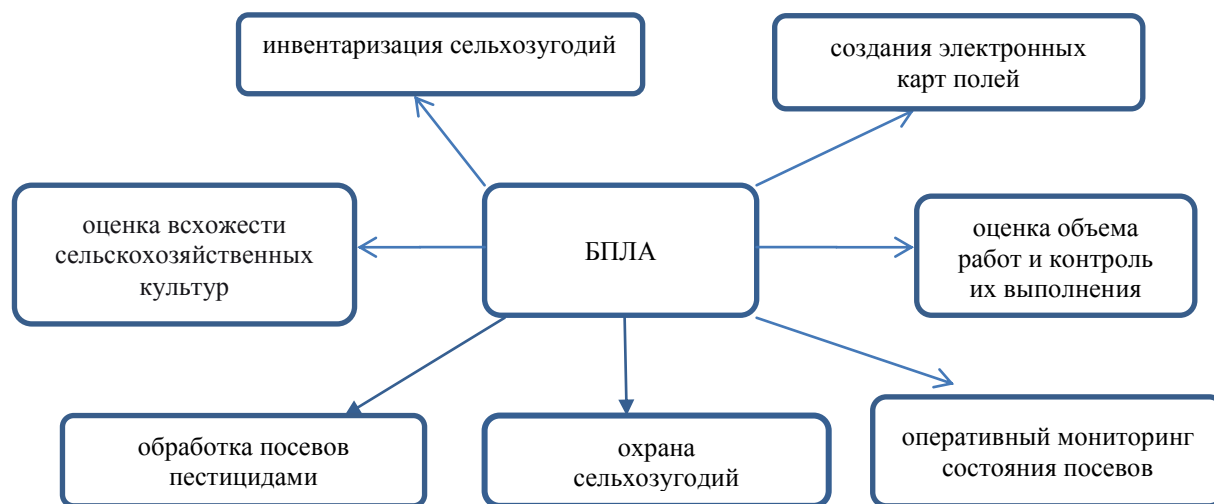


Рисунок 1. Целевые возможности применения беспилотных летательных аппаратов в растениеводстве

Потенциал Усть-Коксинского района Республики Алтай высок и определен благоприятными агроклиматическими условиями региона для разведения животных и выращивания зерновых культур [3]. Почвенный покров представлен обыкновенными и южными черноземами, которые характеризуются хорошей биологической активностью и хорошей водопроницаемостью. Посевные площади Усть-Коксинского района составляют 43,13 % всех посевных площадей Республики, здесь производится 19,2 % всей ее сельскохозяйственной продукции, в том числе 6,3 % продукции растениеводства и 19,5 % животноводства. При этом Усть-Коксинский район является единственным районом республики, где производится основной объем продовольственной пшеницы – 98,7 %. Важное место в хозяйстве занимает кормопроизводство, здесь заготавливается около 30 % республиканского объема кормов.

КФХ «Карякин А.Ф.» имеет посевные площади для выращивания зерновых культур, масляничных культур, многолетних трав на сено [5].

Положительными сторонами применения БПЛА является большое покрытие площади фотосъемки за один вылет и скорость получения данных больших территорий быстрее, чем у аппаратов вертолетного типа. Время одного полета до 50 мин. Комплекс может снять до 4 кв. км за полет с разрешением 5 см/пиксель и до 10 кв. км при разрешении 15 см/пиксель. Особенности конструкции не позволяют беспилотнику работать в режиме зависания из-за постоянного движения. Отрицательной стороной является и сложность в управлении (запуск одного БПЛА осуществляют два специалиста с профессиональной подготовкой для управления этим комплексом), также существует высокий риск повреждения дорогостоящего оборудования.

На аппарат может быть установлена и другая полезная нагрузка: тепловизоры, мультиспектральные и ИК-камеры и т. д. С помощью полученных данных с БПЛА возможно создание ортофотоплана или 3D-модели местности, создание карты высот, определение состояния поля и определение индекса NDVI [5].

Коптерные беспилотники могут оснащаться различным количеством винтов, это позволяет им точечной съемкой на месте при обследовании небольшого участка посевной площади, трехмерного моделирования, а также опрыскивания всходов.

Все это возможно решить за счет использования робототехники в опасных, тяжелых, монотонных и утомительных видах работ в сельском хозяйстве. Изучая экономическую эффективность данных летательных аппаратов в растениеводстве, можно привести опыт компании «Геомир». При использовании данных аппаратов в компании стояла задача выявить всхожесть растений, подсчитать количество всходов. В результате анализа, выявили нестабильное расстояние между всходами, присутствовало количество пропусков и двойников. Сингулярная (точность высева) составляла 86 %. Была установлена причина – низкое качество работы используемых посевных комплексов.

При расчете затрат  $1000 \text{ км}^2 * (4000 + 2000 + 2000) * (\text{полеты} + \text{ортофотоплан} + \text{векторизация M1:2000}) = 800 \text{ тыс. руб.}$

При анализе полученных результатов было произведено переоборудование и настройка посевного комплекса. Это помогло значительно повысить качество посевов и получить сингаляцию всходов около 98 % и прибавку к урожайности 8 %. Чистая прибыль при этом составила 15 млн руб.

Чтобы разобраться в реальной востребованности беспилотной аэросъемки, мы изучили опыт применения БПЛА зарубежными и отечественными сельхозпроизводителями и исследователями. При облете полей для осмотра, проводится съемка и воспроизведение цветных изображений или видео высокой четкости, которые могут предоставить много полезной информации для анализа всхожести, оценки перезимовки озимых, определения оптимальных сроков уборки урожая, прогнозирования урожайности, зонирования участков, засоренных сорняками или пораженных болезнями и вредителями, с подготовкой электронных файлов любых форматов (например «shape»). По результатам аэросъемки за несколько минут может быть сформирован файл-предписание для внесения азотных подкормок по технологии off line с учетом неоднородности посева.

На сегодняшний день на БПЛА могут устанавливаться два типа камер: модифицированные или мультиспектральные. В модифицированной камере линза изменена таким образом, чтобы фиксировать отражение в ближней инфракрасной области спектра. Такие камеры дешевле и более доступны, но в них может присутствовать «шум», который негативно скажется на качестве интерпретации. В мультиспектральной камере количество линз может достигать до 12 (Tetracam MiniMCA12), и каждая линза регистрирует излучение в узкой области спектра, исключая возможный «шум». В отличие от модифицированных камер, мультиспектральные позволяют получать гораздо больше комбинированных изображений, и рассчитывать большее количество индексов. Однако стоимость таких камер гораздо выше модифицированных, и для обработки снимков нужно обладать необходимыми навыками и более продвинутым программным обеспечением для обработки мультиспектральных данных. Затем с помощью специальных алгоритмов данные обрабатываются и делаются выводы о состоянии

изучаемого участка. Получение большей информации позволит повысить качество принимаемых управленческих решений, снизить кадровые риски. Они связаны с невыходами людей на работу, с трудоемкостью и преодолением огромных расстояний [2].

Применение данных технологий по мониторингу, анализу всхожести, обработке растений на полях осуществляется в зависимости от реализации потребностей, выращиваемых в данной местности культур. При этом средства обработки дифференцируются в пределах различных участков поля, давая максимальный эффект при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ, в том числе удобрений и иных химикатов. Кроме того, статистика по обработке и урожайности позволяет посредством применения аналитических информационных систем корректировать технологические операции для повышения экономической эффективности сельскохозяйственного предприятия.

В то же время в хозяйстве наблюдается острая нехватка кадров, продолжается отток населения из сельской местности.

В современных условиях огромное значение приобретают вопросы внедрения инновационной техники и технологий, в том числе робототехники, сберегающих трудовые ресурсы и повышающих творческую составляющую труда в сельском хозяйстве, тем самым закрепляя кадры на селе [4].

Особое значение, для внедрения роботизированных комплексов на любом сельскохозяйственном предприятии имеет подготовка кадров, способных освоить данную технику и цифровые, интеллектуальные технологии, которые необходимы для улучшения условий труда работников, снижения профессиональной заболеваемости и травматизма на производстве, повышение творческого характера труда, снижения зависимости от дефицита кадров. Руководители хозяйства тесно сотрудничают с Алтайским ГАУ, они участвуют в семинарах, вебинарах, повышают квалификацию на базе вуза.

На базе Алтайского ГАУ на инженерном факультете организован центр молодежного инновационного творчества «Создатель», его целью является развитие инновационного творчества молодежи в области цифровых технологий, робототехники и аддитивного производства. В рамках деятельности данного центра реализуется проект «Точки роста», основная цель которого – создание на базе сельских школ инновационных площадок в области цифровых технологий. В рамках направления совместно с Детским технопарком «Кванториум 22» реализуется образовательная, информационная, техническая и кадровая поддержка педагогов и учащихся. Совместно с технопарком Алтайский ГАУ реализует ряд образовательных проектов, таких как детский технопарк «Цифровое поле». Его целью является формирование и развитие у обучающихся компетенции в области цифрового сельского хозяйства посредством разработки цифровых решений для агробизнеса и их апробации в реальных условиях поля по следующим трекам: «АгроРОБОТЫ», «АгроКОПТЕРЫ». Наличие персонала, владеющего навыками работы с цифровыми устройствами, положительно влияет на результативность работы предприятия за счет упорядочения обмена информацией и улучшения прослеживания и контроля [5].

Таким образом, использование БПЛА в КФХ «Карякин А.Ф.» Усть-Коксинского района Республики Алтай позволит вывести сельскохозяйственное производство на новый уровень с повышением рентабельности отрасли. В хозяйстве пришли к выводу о необходимости модернизации сельского хозяйства, внедрения инновационных технологий, в том числе ИТ-технологий. Будут получены съемки с летательных аппаратов, включающие информацию о структуре посевных площадей, урожайности культур, применении удобрений и средств защиты, которые помогут осуществлять стратегическое, оперативное планирование и контроль выполнения сельскохозяйственных работ на полях. Образовательные организации, в частности, Алтайский ГАУ, готовят специалистов с необходимой квалификацией. Все это дает уверенность в том, что в хозяйстве смогут успешно осуществить переход на новый уровень развития, что позволит ему конкурировать на российском, а также мировых рынках сельхозпродукции.

**Используемые источники:**

1. Будущее животноводства за беспилотными летающими аппаратами // Информационное агентство Milknews.ru. – М.: 2016.
2. Зубарев Ю.Н., Фомин Д.С., Чашин А.Н., Заболотнова М.В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник ПФИЦ. – 2019. – №2. – С. 47-51.
3. Карякин К.С., Медведева Ж.В., Карякин К.С. Внедрение и использование роботизации в мараловодстве // Аграрные проблемы Горного Алтая и сопредельных регионов: сборник научных работ / под ред. С.Я. Сыевой. – Барнаул: Азбука, 2020. – Вып. 5. – С. 397-404.
4. Садов В.В., Смышляев А.А., Медведева Ж.В., Карякин К.С. Возможности применения беспилотных летающих аппаратов на животноводческих предприятиях // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. V Всероссийской (национальной) науч. конф. (г. Новосибирск, 18 декабря 2020 г.). – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020 – С. 247-251.
5. Смышляев А.А., Медведева Ж.В., Карякин К.С. Использование беспилотных летающих аппаратов в условиях КФХ «Карякин А.Ф.» // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. матер. XVI Междунар. науч.-практ. конф. (9-10 февраля 2021 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2021. – Кн. 2. – С. 39-41.

УДК 631.171

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-268-271

*Кем А.А., Михальцов Е.М., Даманский Р.В., Шмидт А.Н.,  
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»*

## **ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК ОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Статья посвящена вопросам цифровизации предприятий Российского агропромышленного комплекса (АПК) на примере Омской области. Рассмотрены предпосылки и актуальность применения цифровых технологий на предприятиях АПК. Выявлены тенденции и динамика использования информационных технологий в области сельхозпредприятий. Выделены основные факторы, влияющие на развитие экономики предприятий АПК. Описаны основные направления используемых цифровых систем. Отмечены вопросы оценки использования информационных технологий (ИТ) на предприятиях агропромышленного комплекса. Указаны положительные аспекты автоматизации сельского хозяйства. Описана актуальность проблем цифровизации АПК России.

**Ключевые слова:** цифровизация, информационные технологии, автоматизация, агропромышленный комплекс.

Современное развитие агропромышленного комплекса России включает в себя процесс цифровизации предприятий. Новые технологии и цифровизация производственных процессов позволяют модернизировать сельское хозяйство, открывая при этом новые возможности для совершенствования структур и экономики агропромышленного комплекса. Под термином «цифровизация» предполагается процесс перехода на цифровые технологии, в основе которых лежит не только решение задач производства или управления, информационно-коммуникационных технологий, но также накопление и анализ больших данных, в целях прогнозирования ситуаций, оптимизации процессов и затрат, привлечения новых контрагентов и т. д. [1].

Цифровизация предприятий агропромышленного комплекса приобретает современное название «Умное сельское хозяйство» или «Электронное сельское хозяйство» [2]. Применение цифровых технологий, включая интернет, мобильных приложений и устройств, способных произвести сбор и аналитику данных, используя искусственный интеллект, дает возможность оказывать услуги, предоставляемые в цифровом виде для облегчения операций, применяемых в продовольственной системе АПК. Это позволяет снизить затраты на производство без ущерба качеству выпускаемой продукции.

Автоматизация сельскохозяйственной техники дает возможность регулировать затраты и снижать спрос на ручной труд с высокой точностью. Сравнительно большой объем данных, получаемых в производственном процессе, при отлаженных системах сбора, обработки и хранения информации, анализируется с высокой точностью и передается соответствующему

подразделению для дальнейшего принятия решений [5]. Например, в сфере растениеводства использование датчиков, управляемых удаленно посредством спутников, дает возможность мониторинга различных параметров, таких как:

- рост выращиваемых сельскохозяйственных культур;
- качество земли;
- качество воды.

Сбор и обработка полученной информации позволяет повысить точность и снизить стоимость продукции. Мониторинг выходных параметров и автоматическое выстраивание информации позволяют оптимизировать систему логистики, что положительно сказывается на обеспечении поставок агропродовольственных товаров, а также позволяет предоставить достоверную информацию руководству предприятий АПК. Применение цифровых технологий на государственном уровне дает возможность повысить экономические аспекты в области сельского хозяйства и продовольствия, повысить эффективность существующих программ производства и реализации продукции, а также разрабатывать более совершенные.

Внедрение цифровых технологий в АПК также предполагает ведение торговли пищевыми продуктами сельского хозяйства, при этом обеспечивая единую платформу, на которой происходит взаимодействие поставщиков из частного сектора с новыми рынками. Это позволит обеспечивать контроль и соблюдение государственных стандартов, а также быстрое и эффективное выполнение пограничных процедур, которые необходимы для скоропортящихся продуктов.

Научно-техническое развитие технологий и техники в современном агропромышленном комплексе необходимо с использованием цифровизации. При внедрении новых технологий с целью повышения производительности и управления рисками, появляется возможность установления экономической и экологической устойчивости [7]. Основные сегменты цифровизации в области АПК:

- беспилотные летательные аппараты (дроны);
- автоматизированные системы вегетации агрокультур;
- автоматизированные системы управления молочными фермами;
- системы управления базами данных предприятий.

**Беспилотные летательные аппараты (дроны)** посредством камер с высокочувствительными сенсорами, позволяют оперативно исследовать сельскохозяйственные участки крупных размеров. Результаты сбора, анализа и обработки информации позволяют фермеру создавать электронные карты полей, по которым предоставляется возможность рассчитывать эффективный рацион удобрения культур и доставки влаги.

По результатам проведенного анализа современного состояния использования беспилотных летательных аппаратов, применяемых в сельском хозяйстве (рисунок 1), одной из ведущих стран, использующих дроны при возделывании сельскохозяйственных культур, является США.

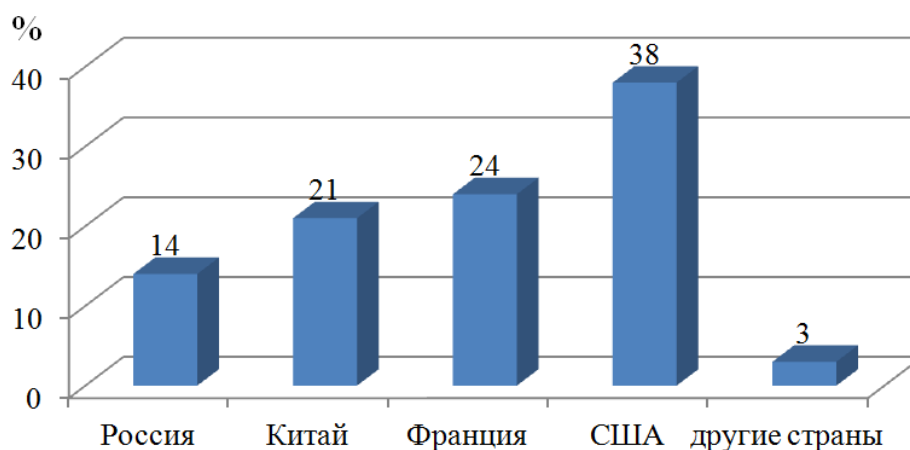


Рисунок 1. Страны, использующие беспилотные летательные аппараты в АПК

Имеется несколько вариантов использования сельскохозяйственных дронов. Основные:

- контроль земельных участков и посевов;
- анализ засоренности сорными растениями и точечная обработка участков;
- анализ состояния урожая.

Использование дронов полагает полную трансформацию методов возделывания сельскохозяйственных культур. Согласно анализу [3], в ближайшие пять лет рынок сельскохозяйственных беспилотников вырастет до 24 %. При современной динамике роста численности населения и изменения климата вопрос о повышении эффективности сельского хозяйства становится актуальнее.

**Автоматизированные системы вегетации агрокультур** подразумевают использование различных сенсорных датчиков, предназначенных для управления и контроля режима работы двигателей и орудий машинно-тракторного парка, обеспечивая выполнение заданных технологических параметров [4]. Такие системы способны выполнять следующие задачи:

- контроль измерения химического состава и структуры почвы;
- контроль роста растений;
- внесение жидких минеральных удобрений и средств защиты растений;
- отслеживание роста сорняков, вредителей, болезней растений;
- оценка урожайности.

Основными ведущими производителями систем автоматического управления тракторов и комбайнов являются John Deere (США), Autonomous Tractor Corporation (США), CNH Industrial (Нидерланды), и CLAAS KGaA GmbH (Германия) [6].

**Автоматизированные системы управления молочными фермами.** Указанные системы способны выполнять следующий комплекс задач:

- учет поголовья скота с контролем его перемещения;
- вакцинация;
- оптимизация селекционной работы.

При этом снижаются риски возможных ошибок, сокращаются трудозатраты, упрощается выявление положительной и отрицательной наследственности.

Внедрение элементов цифровизации в работу сельхозпредприятий с постоянным пополнением новыми функционалами активно происходит и в АПК Омской области.

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Омской области посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений выделяет ряд преимуществ в работе цифровой платформы сельского хозяйства Омской области. Платформа была реализована в 2019 году, и в 2020 году на ее основе создана дополнительная площадка по продаже сельскохозяйственной продукции, основными преимуществами которой являются:

- повышение качества проведения сделок с оценкой контрагентов площадки, фиксацией истории сделок, рейтинги;
- возможность экспорта продукции, контроль исполнения сделки, прозрачный процесс с использованием электронного документооборота;
- получение товаров с доставкой, контроль качества и количества на всех этапах покупки.

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» по достоинству оценил преимущества цифровизации. Основными направлениями деятельности нашего предприятия являются:

- разработка новых и усовершенствование существующих технологических процессов и средств механизации зонального комплекса машин для возделывания зерновых культур;
- разработка систем земледелия и агротехнологий нового поколения;
- селекция и семеноводство зерновых и зернобобовых культур, многолетних трав, картофеля.

На предприятии используется система спутникового мониторинга транспорта и контроля топлива АвтоГРАФ, которая позволяет решать ряд задач:

- определение текущего местоположения автотранспорта;
- онлайн-слежение за расходом топлива, параметрами работы двигателя, других систем;



- мониторинг транспорта, различного оборудования, технологических процессов в режиме реального времени;
- оценка эффективности работы сотрудников, целевого использования техники, оборудования, материалов;
- учет технического состояния машин, спецтехники, оборудования, агрегатов.

Кроме того, в ближайшие 5 лет запланировано проведение исследований и разработка методики применения беспилотных летательных аппаратов. Появится возможность с помощью дронов проводить мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур и качества выполнения технологических операций.

Таким образом, внедрение цифровизации в область АПК дает возможность выйти на новый этап производства сельскохозяйственной продукции, обеспечив более стабильную экономику и сравнительно высокий уровень качества продукции АПК.

#### Использованные источники:

1. Ковригин А.С., Астафуров А.М., Демчук Е.В. Навигационные системы в агропромышленном комплексе // Инновационные технологии в АПК как фактор развития науки в современных условиях: материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 70-летию создания факультета ТС в АПК (МХ ФАК). – Омск: Омский ГАУ, 2020. – С. 112-117.
2. Мулярец С.А. Специфика и проблемы цифровой трансформации предприятий Российского агропромышленного комплекса // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 4. – С. 315-320.
3. Сельское хозяйство. Мониторинг спецтехники. – 2012. [Электронный ресурс]. – URL: <https://aggregate.digital/ru/-industries/agriculture.html> (дата обращения: 07.07.2021).
4. Тупенов Р.Р., Бакулин Т.М., Дюсенов Т.Е., Союнов А.С. Тенденции автоматизации сельскохозяйственной отрасли // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития: сборник IV Междунар. научно-практ. конф. – Омск, 2020. – С. 297-301.
5. Цифровые модели в сельском хозяйстве. – 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://agbz.ru/tsifrovye-modeli-v-selskom-khozyaystve/>. (дата обращения: 22.05.2021).
6. Agriculture and fisheries – OECD / учредитель «Organisation for Economic Co-operation and Development». – Франция, 2010. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.oecd.org/agriculture/> (дата обращения: 17.04.2021).
7. Solomkin A.P., Myalo O.V., Prokopov S.P., Soyunov A.S., Myalo V.V. Experimental assessment of the farm's profitability formation in respect to the factors affecting the process of the technical service organization for enterprises // British Journal of Innovation in Science and Technology. – 2017. – Т. 2. – № 1. – С. 23-32.

УДК 631.331.85

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-271-277

*Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А.,  
Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТМ)*

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В РЯДОК ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ**

В статье приведены результаты исследования по распределению семян гибридов кукурузы сортов «КР 194» (1 и 2 фракции), «КР 415» (1 и 2 фракции) и «КР291» (фракция 2) в рядок пневматическим высевальным аппаратом сеялки фирмы MaterMass (мод. 3XL) в составе стендового оборудования с нормой высева 5 шт./м погонный для скоростей движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч).

Сравнительные показатели исследуемых семян представлены графическими распределениями семян в рядок и статистическими данными с применением закона больших чисел.

**Ключевые слова:** семена, кукуруза, гибрид, фракция, сферы-имитаторы семян, распределение, датчик, единичная регистрация семян, высевальный аппарат, статистика.

**Постановка проблемы.** Одним из важных направлений постановления № 740. научно-технологического развития Российской Федерации является переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, который на сегодняшний день невозможно осуществить без системы точного земледелия, дружных всходов, получения максимальной урожайности качественной сельскохозяйственной продукции. Получение высокой урожайности

в первую очередь обусловлено выбором качественных семян для посева. Семена для посева калибруют на сепараторах по фракциям и оценивают по результатам взвешивания 1000 шт. [1]. Конструктивно технологический процесс калибровки семян до настоящего времени неоднозначен из-за чрезвычайно сложности научно-технического решения. Поэтому для производителя растениеводческой продукции выбор семян для посева, предлагаемых различными фирмами, является не простой задачей. Выбранные семена необходимо равномерно распределить по площади питания растений в соответствии с нормой высева. Показатели качества технологического процесса сеялок точного высева по равномерности высева семян вдоль строки в основном определяются их распределением в рядок режимом работы высевающего аппарата. Однако неправильная форма и различная масса семян являются причинами отклонения от заданной нормы высева, что влияет на урожайность культуры. Как показывают результаты исследований, отклонение оптимального числа растений на гектаре, например, кукуруза теряет своей урожайности 19-20 %, что подтверждает научную гипотезу о важности рационального размещения каждого растения на своей площади питания. Основным показателем качества работы сеялок точного высева в технологическом процессе, является равномерность высева семян высевающим аппаратом, которая конкретизируется определенными требованиями к распределению семян. Поэтому информационные сведения о распределении семян различных фракций высевающим аппаратом в рядок могут служить основой при расчетах урожайности культуры.

**Цель исследований** – распределение семян гибридов кукурузы сортов «КР 194» (1 и 2 фракции), «КР 415» (1 и 2 фракции) и «КР291» (фракция 2) в рядок пневматическим высевающим аппаратом сеялки фирмы MaterMass (мод. 3XL) в составе стендового оборудования с нормой высева 5 шт./м погонный для скоростей движения сеялки 6,6 и 8,9 км/ч.

**Материалы и методы исследования.** Для реализации поставленной цели применялось стендовое оборудование при испытании пневматических высевающих аппаратов. Обеспечение условий единичной регистрации высеваемых семян высевающим аппаратом (ВА) с малым промежутком времени в стендовом оборудовании осуществляется средствами:

- контроля оборотов высевающего диска;
- контроля вакуума перед высевающим диском для присасывания различных семян к отверстиям высевающего диска;
- регулирования и контроля расхода воздушного потока в пневмосистеме пневмотранспорта семян;
- акустическим датчиком единичной регистрации семян [2];
- компьютером с программным обеспечением для обработки опытных данных.

Общий вид стендового оборудования, приведен на рисунке 1 [3].



Рисунок 1. Общий вид стендового оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева

С применением в конструкции стенда специализированного оборудования, важнейшим элементом которого является акустический датчик единичной регистрации семян [1], были

проведены исследования моделирования скоростных режимов работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Масс(мод. 3XL) по распределению семян с гибридами семян кукурузы таких сортов, как «Краснодарский 194» (1 и 2 фракции), «Краснодарский 415» (1 и 2 фракции) и «Краснодарский 291» (фракция 2) в рядок.

В качестве объекта исследований в соответствии с постановкой проблемы установлена норма высева семян 5 шт./м пог. для условных скоростей движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч).

Некоторые основные характеристики выбранных для исследований сортов гибридов зубовидной кукурузы представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1

Основные характеристики гибридов кукурузы

Наименование характеристики	Значение			
	1	2	3	4
Сорт	«Краснодарский 194»	«Краснодарский 415»	«Краснодарский 291»	
ФАО*) кукурузы	90	400	290	
Свойства гибрида	Раннеспелый двойной межлинейный	Среднепоздний двойной межлинейный	Среднеранний простой модифицированный	
Вегетационный период, дней	94-95	116-117	105-108	
Масса 1000 зерен, г	260-270	285-290	280-300	
Рекомендации районам РФ для возделывания	На зерно и силос по Центральному, Волго-Вятскому, Средне Волжскому, Уральскому, Западно-Сибирскому, Восточно-Сибирскому	На зерно и силос по Северо-Кавказскому, Нижневолжскому	На силос по Центральному; на зерно по Северо-Кавказскому, Центрально-Черноземному	
Оптимальная густота стояния, тыс. растений на 1 га	65-75	75-80	75-80	

\*) **ФАО кукурузы** - условный индекс скороспелости, принятый Международной продовольственной и сельскохозяйственной организацией при **ФАО** (Food and Agricultural Organization) для создания единой единицы измерения характеристик гибридов

Взвешивание 1000 семян [5, 6] гибридов зубовидной кукурузы «Краснодарский 194» («КР 194») и «Краснодарский 415» («КР 415») (первая фракция) [виды а) и б)], а также «КР 194», КР 415» и «Краснодарский 291» («КР 291») (вторая фракция) [виды в) - д)] показано на рисунке 2.

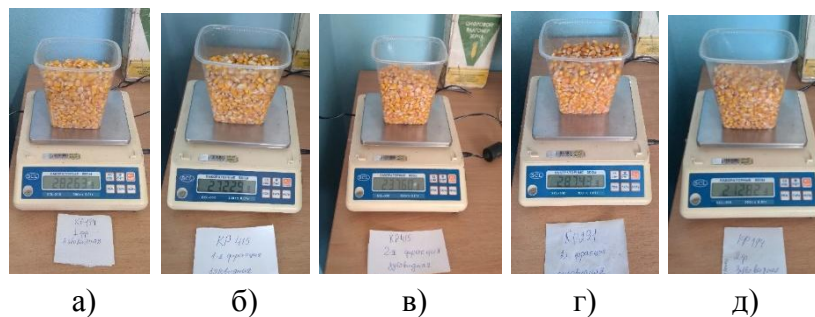


Рисунок 2. Общий вид взвешивания 1000 семян гибридов зубовидной кукурузы «КР 194» (а), «КР 415» (б) (первая фракция), зубовидной кукурузы «КР 194» (в), КР 415» (г), «КР 291» (д) (вторая фракция)

Лабораторные опыты на стендовом оборудовании проводились в соответствии с методикой [5, 6].

**Результаты исследований и обсуждение.** Распределение в рядок первой фракции семян гибридов зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 3.

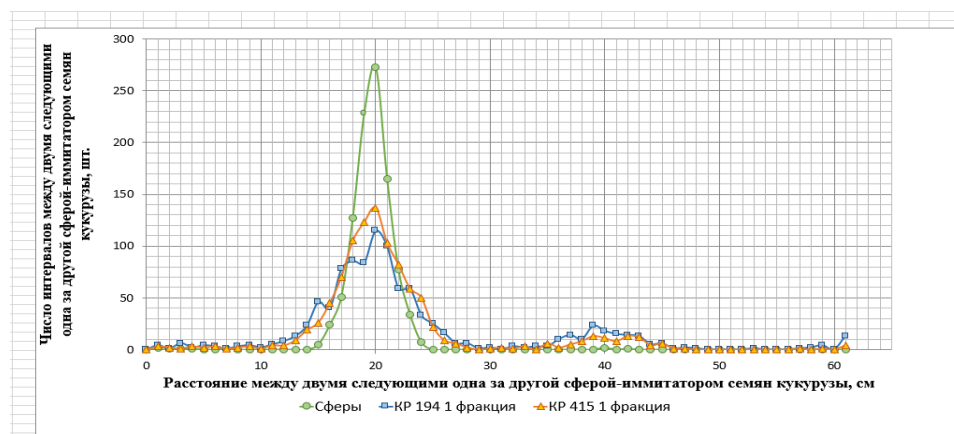


Рисунок 3. Распределение в рядок первой фракции семян гибридов зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог.

Распределение в рядок первой фракции зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 8,9 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 4.

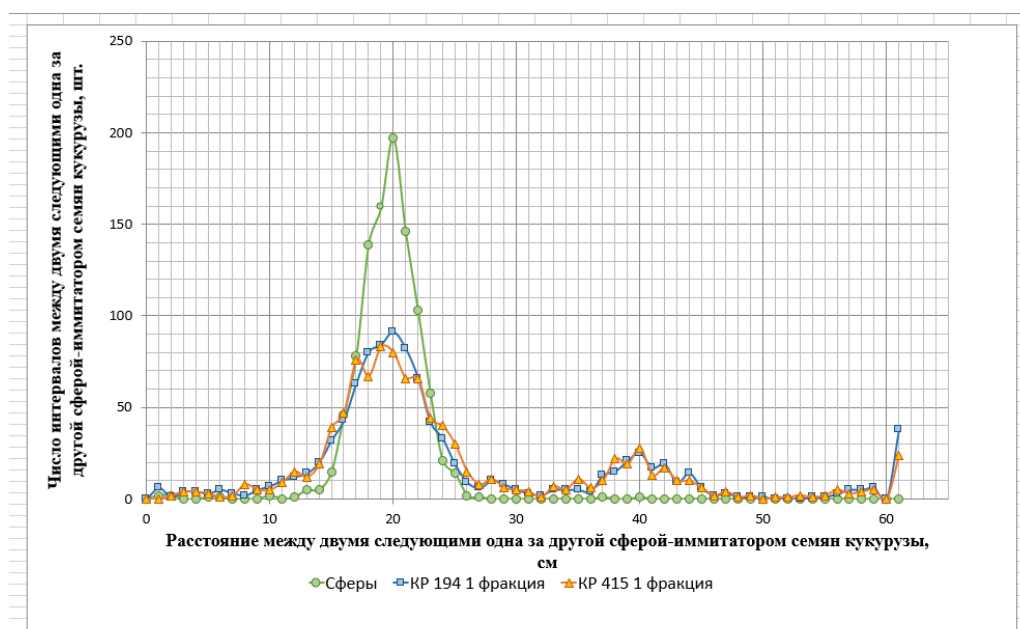


Рисунок 4. Распределение в рядок первой фракции зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 8,9 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог.

Результаты статистической оценки [7] распределения семян первой фракции зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м (8,9 км/ч) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты статистической оценки распределения семян первой фракции зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя					
Условная скорость движения сеялки, м/с (км/ч)	1,83 (6,6)			2,47 (8,9)		
Сорт семян	«КР 194»	«КР 415»	Сферы-имитаторы	«КР 194»	«КР 415»	Сферы-имитаторы
Фракция семян	первая фракция					
Объем выборки, шт.	999	999	1000	999	998	1000
Центр						
Среднеарифметическое, см	23,40	22,11	20,09	25,98	25,50	20,07
Медиана, см	21,00	20,00	20,00	21,00	21,00	20,00
Разброс						
Дисперсия (выборочная)	109,36	63,00	5,42	245,75	198,38	7,53
Среднеквадратическое отклонение, см	10,46	7,94	2,33	15,68	14,08	2,74
Коэффициент вариации (%)	44,68	35,89	11,59	60,33	55,24	13,67

Из приведенных в таблице 2 данных следует, что лучшие показатели по значению коэффициента вариации – у зубовидной кукурузы «КР 415» при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч). При увеличении скорости сеялки в 1,35 раза коэффициент вариации увеличивается в 1,5 раза, значение которого для получения максимальной урожайности должно быть менее 30 %. Сравнительные распределения семян в рядок высевальным аппаратом наиболее наглядно представлены в графическом виде на рисунках 3 и 4.

Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 5.

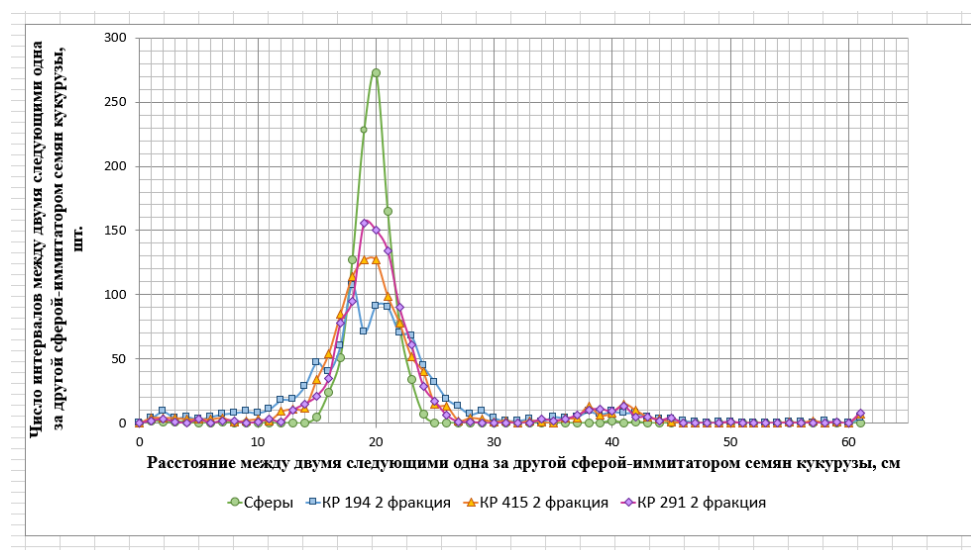


Рисунок 5. Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог.

Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 8,9 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 6.



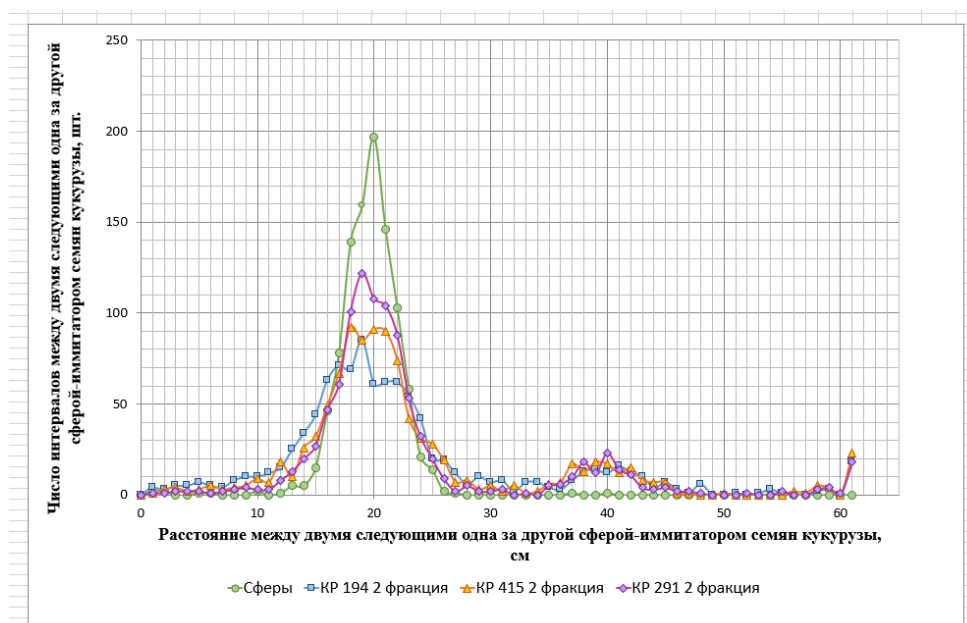


Рисунок 6. Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 8,9 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог.

Результаты статистической оценки [7] распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» (2 фракция) в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты статистической оценки распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» (2 фракция) в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя							
Условная скорость движения сеялки, м/с (км/ч)	1,83 (6,6)				2,47 (8,9)			
Сорт семян	«КР 194»	«КР 415»	«КР 291»	Сферы-имитаторы	«КР 194»	«КР 415»	«КР 291»	Сферы-имитаторы
Фракция семян	вторая фракция							
Объем выборки, шт.	999	998	1000	1000	1000	998	996	1000
	Центр							
Среднеарифметическое, см	21,21	21,68	21,83	20,09	23,30	24,39	23,49	20,07
Медиана, см	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	20,00
	Разброс							
Дисперсия (выборочная)	68,78	120,30	56,96	5,42	171,55	318,33	112,31	7,53
Среднеквадратическое отклонение, см	8,29	10,97	7,55	2,33	13,10	17,84	10,60	2,74
Коэффициент вариации (%)	39,10	50,60	34,57	11,59	56,22	73,16	45,11	13,67

Из данных таблицы 3 следует, что лучшие показатели распределения в рядок пневматическим высевальным аппаратом по значению коэффициента вариации – у семян зубовидной кукурузы «КР 291» и «КР 194» (2 фракция). Такие показатели иллюстрируются графическими распределениями на рисунках 5 и 6.

**Выводы.**

1. Результатами проведенных исследований установлено, что при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) показатели распределения семян в рядок высевающим аппаратом с нормой высева 5 шт./м погонный лучшие, среди которых можно выделить семена кукурузы «КР 291» и для скорости движения сеялки 8,9 км/ч (2,47 м/с).

2. Экспериментальные распределения семян в рядок с применением закона больших чисел высевающим аппаратом в составе стендового оборудования и статистические данные наглядно и численно отражают качества семян для технологического процесса работы высевающего аппарата и урожайности культуры.

**Использованные источники:**

1. РОСАГРОТРЕЙД. Мы производим семена: каталог. Краснодар., 2019. – 46 с.
2. Акустический датчик числа семян: пат. На полезную модель 202622 Рос. Федерация : МПК А01С17/00 / Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А., Новиков В.И.; заявитель и патентообладатель Правдинский. ФГБНУ «Росинформагротех». № 2020125139; заявл. 27.07.20 ; опубл. 01.03.21, Бюл. № 7. 3 с.
3. Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Новые метод и средства контроля качества работы пневматических высевающих аппаратов точного высева семян // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 1 – С. 24-27.
4. Семена гибридов кукурузы. Лучшее от кубанских производителей. Агрохолдинг «Агромир». Мир семян: буклет. Краснодарский край, Красноармейский район, ст. Полтавская. 2021.
5. Киреев И.М., Коваль З.М. Распределение семян кукурузы и подсолнечника пневматическим высевающим аппаратом для скоростных движений сеялки // Агрофорум. – 2021. – № 4. – С. 60-63.
6. ГОСТ 31345-2017 Техника сельскохозяйственная. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ., 2018. – 53 с.
7. Схиртладзе А.Г., Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 540 с.

УДК 629.056

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-277-280

*Кириченко А.А., Колточихин Н.Н., Тихоновский В.В.,  
ФГБОУ ВО НГАУ, г. Новосибирск*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ**

В данной статье приведен принцип работы дистанционной диагностической системы и ее основные возможности. На основе исследования статистических данных выявлены недостатки в регламенте технического обслуживания автомобилей. Показано, что алгоритм технического обслуживания автомобиля опирается в большей степени на утверждение регламента технического обслуживания автомобиля, но не учитывает особенностей его эксплуатации и историю ремонтов. Что снижает эффективность проведения технического обслуживания. Доказано, что применение методов дистанционной диагностики в процессе технического обслуживания позволяет подстраивать график и регламент технического обслуживания и позволит перейти от планово-предупредительной системы к адаптивной стратегии ТО и ТР.

**Ключевые слова:** дистанционная диагностика, автомобиль, техническое состояние, информационные технологии.

Современный автомобиль, кроме сложности его механических систем, наполнен различной электроникой и имеет большую мощность для обработки различных массивов данных. Также, автомобили, которые в настоящее время сходят с конвейеров имеют от тридцати до ста отдельных исполнительных устройств, которые контролируют работу многих систем. На определенном этапе развития электронных систем в автомобилестроении, производители начали связывать их в единую сеть, это позволило компонентам электрической сети в автомобиле обмениваться данными для более эффективного взаимодействия.

Внедрение общей шины обмена данными (CAN) позволило отказаться от огромного числа отдельных проводов и существенно уменьшить объем электропроводки и, что важнее,



обеспечило взаимодействие всех электронных устройств для более эффективной работы. В бортовой сети CAN существует несколько точек консолидации данных для их дальнейшей обработки. Но данные системы можно использовать только для внутренних потребностей электронных систем.

Бортовая электронная сеть не имеет специализированных устройств хранения маршрутной, эксплуатационной и технической информации, которые бы давали возможность периодически считывать эксплуатационные данные. Также отсутствует возможность оперативно диагностировать неисправности и принимать меры по их устранению.

Одним из недостатков современных принципов и стратегий диагностики электронных систем автомобиля и дальнейшего технического обслуживания является неудовлетворительная обратная связь по результатам данных диагностики в процессе эксплуатации.

Строение современной автомобильной электрической сети дает возможность накапливать данные о состоянии большинства систем и агрегатов автомобиля.

Данная проблема является актуальной и требует разработки стратегии технического обслуживания автомобиля, основанной на оперативном реагировании на выявление неисправностей, используя современные методы дистанционной электронной диагностики (ДЭД), принятия мер, согласно фактическому техническому состоянию автомобиля.

Произведя анализ последних публикаций и исследований, можно сделать вывод, что наличие у автомобилей большего числа различных электронных блоков управления позволяет пользоваться параметрами работы его систем, которые собирают и обрабатывают полученную диагностическую информацию. Для того, чтобы эффективно использовать данную информацию, необходимо адаптировать процесс технического обслуживания автомобилей под современный уровень развития автомобильных систем [3].

В настоящее время ведутся активные исследования по внедрению инноваций в сфере компьютеризации автомобиля. Разрабатывается программное обеспечение для компьютерной электронной диагностики автомобиля, совершенствуются соответствующие диагностические устройства. Все чаще технологии, считавшиеся сложнейшими и которые использовались только в автоспорте, стали применяться и в массовом производстве машин для населения. Проводятся активные исследования и разработки в области дистанционной диагностики на транспорте такими мировыми производителями как Magneti Marelli и TEXA. Дальнейшие разработки приобретают устройства, которые обеспечивают дистанционный обмен данными между автомобилями и сервисным центром.

По рассматриваемой теме исследования ведутся условно по двум отдельным направлениям: дистанционная диагностика автомобиля и процессов технического обслуживания, а также общая стратегия, используемая при ТО и ТР (преимущественно имеет планово-предупредительный характер). Но в современных условиях, в эпоху дистанционных систем, применять планово-предупредительный характер ТО и ТР не целесообразно. Кроме того, исследования в области диагностики не охватывают возможности ее глубокой интеграции в техническое обслуживание автомобиля.

Основной задачей работы является построение с использованием инструментов ДЭД алгоритма технического обслуживания и выяснения возможности дистанционной диагностики, а также с использованием статистических данных и дистанционных систем диагностики перейти от планово-предупредительной стратегии ТО и ТР к адаптивной стратегии дистанционной диагностики с непрерывным контролем за техническим состоянием автомобиля.

Следующим этапом развития диагностирования и устранения неисправностей автотранспортного средства станет ремонт по состоянию. Это значит, что собственнику ТС не нужно будет периодически приезжать на технический осмотр, он будет заезжать на ремонт, когда это необходимо. Для этой цели нужно создать автоматизированную систему сбора, накопления и анализа данных о состоянии автомобиля и его агрегатов для того, чтобы своевременно сообщать автовладельцу о необходимости проведения технического обслуживания [2].

Для того, чтобы накапливать и собирать информацию о состоянии важных узлов автомобиля, требуется создать устройство, которое будет посылать на сервер пакет данных с опре-

деленной периодичностью в случае нахождения зоны покрытия сети, либо накапливать и хранить для последующей передачи ее на сервер. На рисунке 1 приведена структурная схема системы дистанционной диагностики.



Рисунок 1. Структурная схема дистанционной системы диагностирования автомобиля

Устройство, позволяющее диагностировать основные узлы автомобиля и передавать на сервер информацию об их состоянии, должно уметь поддерживать связь с электронным блоком управления (ЭБУ) автомобиля, иметь датчики первичной информации (ГЛОНАСС, GPS, акселерометр и гироскоп), иметь память для записи телеметрической диагностической информации, в случае нахождения вне зоны действия сети, приемо-передающее устройство для «общения» с сервером. Данное устройство показано на рисунке 2.

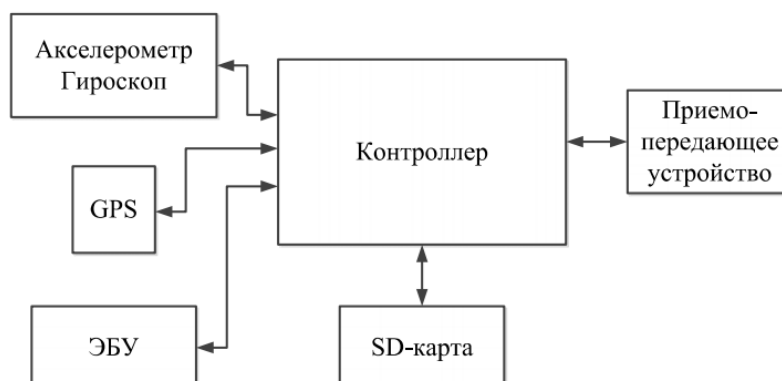


Рисунок 2. Структурная схема устройства диагностирования автомобиля

Контроллер обеспечивает сбор, первичную обработку, накопление и передачу информации.

Для того, чтобы осуществить диагностирование состояния механических частей автомобиля (коробки переключения передач, ведущих механизмов, колес), следует получать данные с акселерометра и гироскопа, которые показывают периодически повторяющиеся ускорения и угловые скорости, говорящие о неполадке механического узла автомобиля, либо об ускорениях, свидетельствующих об условиях эксплуатации автотранспортного средства, например, о движении по пересеченной местности.

ГЛОНАСС-, GPS-датчик обеспечивает контроллер информацией о местонахождении автомобиля и о пройденном им пути для анализа состояния эксплуатации.

Приемо-передающее устройство обеспечивает связь контроллера с сервером для передачи команд от сервера к контроллеру и передачи информации, накопленной в процессе эксплуатации автомобиля на SD-карте, от контроллера к серверу [3].

Вследствие того, что система рассчитана на большое число автомобилей, поток данных от каждого диагностируемого автомобиля должен быть небольшим по объему и емким, что-

бы не нагружать сеть, поэтому в разрабатываемом устройстве должна осуществляться первичная обработка данных, которая позволит сократить объем сообщения с минимальными потерями полезной информации.

Сообщение о состоянии автомобиля может отправляться владельцу различными способами: от обыкновенной СМС о необходимости пройти техническое обслуживание или оповещением с помощью автомобильных систем до получения наиболее полной информации о состоянии из специальной программы, расположенной на компьютере, планшете или смартфоне владельца.

В настоящее время процедура диагностирования электронных систем управления автомобилями осуществляется на предприятиях автомобильного сервиса при непосредственном контакте транспортного средства и диагностического устройства (что не очень удобно), особенно при возникновении неисправности вдали от крупных городов и специализированных станций технического обслуживания. В подобных ситуациях возникает необходимость доставки транспортного средства на СТО, что ведет к экономическим потерям [4].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что практика использования средств диагностирования автомобилей свидетельствует о возможности сокращения эксплуатационных издержек. Это достигается за счет увеличения фактически используемого ресурса, сокращения числа ремонтов и экономии расхода запасных частей. Уменьшаются временные затраты на техническое диагностирование за счет того, что исключается потребность доставки автомобилей в диагностический центр.

#### **Использованные источники:**

1. Котесова А.А. Дистанционная диагностика автомобиля: учебник для вузов. – М.: Наука, 2016. – 96 с.
2. Аулин В.В., Панарин Д.Е. Усовершенствование процесса технического обслуживания автомобилей с использованием методов дистанционной диагностики // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 4(115). – С. 88-91.
3. Фукс В.А. Универсальная система удаленной диагностики транспортных средств // Молодой ученый. – 2019. – № 12 (250). – С. 40-44.
4. Особенности систем дистанционного диагностирования автомобилей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/250/57481/>, (дата обращения 02.09.2021).

УДК 631.3:2

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-280-285

*Кондратьева О.В., Войтюк В.А.,  
ФГБНУ «Росинформагротех», Московская обл., р.п. Правдинский*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АПК**

Представлен анализ информационных ресурсов по проблематике цифрового земледелия, включенных в международные информационные системы и базы данных. Рассмотрен вопрос научно-информационного обеспечения точного и цифрового земледелия АПК.

**Ключевые слова:** информационные ресурсы, базы данных, цифровизация, точное земледелие, технологии, инновации.

В ходе цифровой революции характер, объем данных и методы их анализа претерпевают радикальные изменения и могут влиять на зависимость сельхозтоваропроизводителей от информационно-консультационных услуг. Данный этап развития «умного сельского хозяйства» называют «интеллектуальным» [1]. Например, интеллектуальное земледелие – это применение информационных технологий в оптимизации сложных систем земледелия. Фокус интеллектуального земледелия направлен не на точное измерение или определение различий внутри поля, а на доступ к данным и на их применение. Интеллектуальное земледелие включает в себя не только отдельные машины, но и все сельскохозяйственные операции.

Сельхозтоваропроизводители могут использовать различные мобильные устройства, для доступа к данным в режиме реального времени о состоянии почвы и растений, местности, климате, погоде, использовании ресурсов, рабочей силе, финансировании и т. д. В результате сельхозтоваропроизводители получают информацию, необходимую для принятия решений, основанных на конкретных данных, а не на интуиции. Это делает данные ценным ресурсом для цифровизации технологических процессов и свидетельствует о постепенной эволюции точного земледелия в цифровое земледелие. Суть цифрового земледелия заключается в создании ценностей на основе данных. Оно означает выход за рамки простого наличия и доступности данных и создание действенного интеллекта и значимой добавленной стоимости из таких данных.

Цифровое сельское хозяйство объединяет обе концепции – точное земледелие и интеллектуальное земледелие. Согласно документу по цифровому земледелию, подготовленному Немецким сельскохозяйственным обществом (DLG), под цифровым земледелием понимается «последовательное применение методов точного земледелия и интеллектуального земледелия, внутренняя и внешняя сеть хозяйства и использование веб-платформ данных вместе с анализом больших данных» [2]. Цифровое земледелие использует всю имеющуюся информацию и экспертизу для автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве, полностью базируется на технологии точного земледелия.

Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 гг. определяет цели, задачи и меры, направленные на развитие информационного общества, формирование цифровой экономики в целях реализации стратегических национальных приоритетов. Реализация цифровой экономики в Российской Федерации осуществляется в рамках государственной Программы «Цифровая экономика Российской Федерации». С 2019 г. Министерство сельского хозяйства России развивает ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», который предполагает создание и развитие национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством «Цифровое сельское хозяйство», модуля «Агрорешения», отраслевой электронной образовательной среды «Земля знаний» [3]. Помимо создания перечисленных программных продуктов проект предполагает одновременную работу по подготовке специалистов сельскохозяйственных предприятий с целью формирования у них компетенций в области цифровой экономики. В совокупности данные сервисы аккумулируют весь массив информации о производственных процессах в области сельского хозяйства. Свободный и открытый доступ к информационным ресурсам обеспечит оптимизацию производственных процессов, позволит существенно сократить расходы предприятий, что должно привести к увеличению показателей производства как по объемам получаемого сырья, продукции, так и по показателям финансово-хозяйственной деятельности.

Цель исследования: цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности труда на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза.

Переход науки на новую ступень развития позволил ученым учитывать свой рейтинг с применением различных информационных технологий.

Методология, представленная в таблице 1, позволяет сравнивать отдельные показатели различных стран, а также средние показатели, характеризующие группу стран. Сравнение можно проводить как по отдельным показателям, так и по сводным индикаторам [4].

Рассмотрим состояние вопроса в международных БД доступных российскому пользователю: DOAJ и AGRIS (свободный доступ), Web of Science и Scopus за 5 лет (2015-2019 гг.) [5].

БД DOAJ (Directory of open access journals) представляет собой международный мультидисциплинарный каталог журналов (более 15 тыс. журналов) открытого доступа (Open Access) и содержит, кроме названий самих научных журналов, также метаданные статей и ссылки на первоисточник. В DOAJ после тщательной экспертной оценки включаются научные журналы, которые придерживаются общих принципов качества научных изданий. Це-

лью DOAJ является продвижение и повышение доступности научных журналов, публикующих свои материалы в открытом доступе, что ведет к росту их популярности и цитируемости. DOAJ ставит целью всестороннее освещение научной периодики, находящейся в открытом доступе и использующей определенные меры, гарантирующие достойное качество их содержания. Под «открытым доступом» понимается право пользователя «читать, скачивать, копировать, распространять, печатать, осуществлять поиск в тексте или давать ссылки на полный текст статей». БД содержит полные тексты статей из научных периодических изданий, публикующих статьи, содержащие результаты исследований или обзоры на всех языках мира. Основными поставщиками информации в БД являются академические и правительственные журналы коммерческих и некоммерческих организаций.

Таблица 1

Сравнительные показатели отдельных стран по количеству патентов и научно-исследовательской активности

Страна	Рейтинг стран мира по количеству патентов научно-технического развития в 2019 г.		Рейтинг стран мира по уровню научно-исследовательской активности в 2019 г.	
	Рейтинг из 125 стран	Кол-во патентов	Рейтинг из 197 стран	Кол-во статей
Китай	1	1542002	1	528263
США	2	597141	2	422808
Япония	3	313567	5	98793
Южная Корея	4	209992	9	66376
Германия	5	67898	4	104396
Индия	6	50055	3	135788
Россия	7	37957	7	81579
Канада	8	36161	12	59968
Австралия	9	29957	14	53610
Бразилия	10	24857	11	60148
Великобритания	11	20941	6	97681
Мексика	12	16424	16	16346
Франция	13	16222	10	66352
Италия	17	9821	8	71240
Испания	40	1674	13	54537

По запросу «precision agriculture» (точное земледелие) размещено 35 статей, опубликованных в 35 журналах. В основном в журналах публиковалось по 1 статье, больше 2 статей было опубликовано в 5 журналах: Agriculture, Agronomy, Remote Sensing, Sensors, Sustainability.

На запрос «digital farming» (цифровое земледелие) из базы DOAJ получено 443 документа. Анализ документов за 2015-2019 гг. выявил 103 документа, которые соответствовали теме запроса. За 2015 г. отобрано 11 документов, за 2016 г. – 17, за 2017 г. – 18, за 2018 г. – 21, за 2019 г. – 36 документов.

Материалы публиковались в 47 журналах, более чем 1 статья – в 23 журналах. Наибольшее количество статей опубликовано в 3 изданиях: Agronomy, Land, Сельскохозяйственные машины и технологии. Эта БД включает только журналы открытого доступа, что ограничивает ее репертуар, но ее преимущество в наличии полного текста и свободном доступе к ним.

База данных Web of Science (WOS) – мультидисциплинарная, реферативная, создана в 1964 г. и является первой в мире БД научного цитирования с ретроспекцией до 1900 г. Объем БД более 50 млн. записей, число ссылок – более 800 млн. В БД представлено более 15 тыс. научных журналов. В основном включены публикации на английском языке (более 95%). Доступ к базе платный. Для пользователей ЦНСХБ БД доступна в читальных залах.

По теме «точное земледелие» (precision agriculture) с 2000 г. в БД WOS содержится 6524 документа, из них 1195 - в открытом доступе. За 2015-2019 гг. включено 3321 документа (статьи и обзоры), в т. ч. в 2015 г. – 411 документов; 2016 г. – 469; 2017 г. – 430; 2018 г. – 665; в 2019 г. – 1346 документа.

Статьи публиковались в 239 журналах. Наибольшее количество статей опубликовано в 5 изданиях: Computers and electronics in agriculture, Precision agriculture, Proceedings of SPIE, Remote Sensing, Sensor.

В 86 журналах опубликовано по 10 и более статей по теме «precision agriculture». В остальных журналах опубликовано от 1 до 9 статей за период 2000-2019 гг.

По запросу «digital farming» за период 2015-2019 гг. в базе Web of Science получено 1467 документов, однако релевантных запросу оказалось только 271 документ, из них 67 в открытом доступе (полный текст). Из них за 2015 г. – 8 документов, 2016 г. – 7, 2017 г. – 14, 2018 г. – 19, 2019 г. – 223 документа.

Материалы публиковались в 61 издании, более чем 1 статья – в 11 изданиях. Наибольшее количество статей опубликовано в 3 изданиях: Computers and electronics in agriculture, Geoderma, Chemical Engineering News.

База данных Scopus – мультидисциплинарная, реферативная создана в середине 1990-х годов и содержит более 50 млн. записей, глубина ретроспекции – с 1823 г. (с 1823 г. по 1996 г. – 21 млн. записей). Доступ к базе платный. Для пользователей ЦНСХБ БД доступна в читальных залах. Около 82% публикаций в БД на английском языке; 3,5% – на немецком; 2,4% – на французском; 2,2% – на китайском; 2,2% – на русском языке. Ежегодное пополнение - около 2 млн. записей.

По теме «точное земледелие» (precision agriculture) с 2000 г. в БД Scopus содержится 6465 документов, из них 940 в открытом доступе. За последние 5 лет БД включено 3696 документов, в т. ч. за 2015 г. – 429 документов, за 2016 г. – 538, 2017 г. – 621, 2018 г. – 660, 2019 г. – 1448 документов.

Материалы публиковались в 209 журналах, при этом более чем 1 статья публиковались в 157 журналах. В 73 журналах опубликовано от 10 и более статей. Наибольшее количество статей опубликовано в 3 изданиях: Computers and electronics in agriculture, Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, Precision agriculture

По запросу «digital farming» за период 2015-2019 гг. получено 964 документа, но релеванты запросу оказалось только 311 документов, из них 50 – в открытом доступе: за 2015 г. – 11 документов, 2016 г. – 18 документов, 2017 г. – 21 документ, 2018 г. – 37, 2019 г. – 224 документ. Материалы публиковались в 100 журналах, более чем 1 статья – в 19 журналах. Наибольшее количество статей было опубликовано в 2 журналах: Computers and electronics in agriculture, Njas Wageningen Journal of Life Sciences.

Выявлено, что из 239 журналов БД WOS и из 209 журналов БД Scopus 100 журналов присутствуют в обеих базах.

AGRIS (Agricultural Research Information System) - международная информационная система по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям.

Система была создана странами – членами ФАО (Международной организации по сельскому хозяйству и продовольствию при ООН) с целью распространения знаний о передовых способах ведения сельского хозяйства, в т. ч. для преодоления голода в развивающихся странах, и в настоящее время является наиболее полным источником научной и научно-практической информации в указанной предметной области, доступ к которой предоставляется на безвозмездной основе (т.н. ресурс открытого доступа). По состоянию на 2020 г. AGRIS содержит более 12 млн. записей в свободном доступе [6].

Изначально AGRIS существовала как библиографическая БД, в которой была предусмотрена возможность включить в состав записи 2 реферата (на английском и национальном языках). В ходе разработки концепции развития AGRIS была поставлена стратегическая задача облегчить доступ к оригиналам документов, поэтому было рекомендовано включать в состав библиографической записи ссылку на полный текст статьи. В основу работы AGRIS

были положены принципы доступности, полезности и применимости информации. Это означает, что участники системы поставляют свою информацию в систему бесплатно и так же бесплатно пользуются информацией, предоставленной другими участниками; поступающие сведения должны быть результатом многолетних исследований и представлять научный и практический интерес для мирового сообщества.

В БД AGRIS найдено за 2000-2019 гг. 3214 записей по теме «precision agriculture», в т.ч с полным текстом -2395 документов. За 2015-2019 гг. выявлено 1653 документа, все они релевантны запросу: 2015 г. – 287 (253 с полным тестом), 2016 г. – 198 (165), 2017 г. - 340 (297), 2018 г. – 412 (363), 2019 г. – 416 (406). Документы публиковались в 120 журналах, но наиболее часто публиковались статьи по данной теме в 35 журналах. Наибольшее количество статей опубликовано в 5 изданиях: Precision agriculture, Computers and electronics in agriculture, Agronomy journal, Acta horticulturae, Biosystems engineering

Заметный рост публикаций отмечен с 2017 г.

На запрос «digital +farming» (цифровое земледелие) за 2000-2019 гг. получено 1135 документов, все они были релевантны запросу. Материалы на английском языке публиковались в 68 журналах, более чем 1 статья опубликована в 24 журналах. Наибольшее количество статей опубликовано в 5 изданиях: Sustainability, Water, Agriculture, Agronomy, IJERPH 25 + International Journal of Environmental Research and Public Health.

База данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) в России стала мощным статистическим инструментом, хранилищем научной информации и средством, с помощью которого рассчитывается реальный рейтинг ученого в мировом масштабе. Система организована на базе научной электронной библиотеки (НЭБ), в которой учтено более чем 17800 научных журналов, около 36 мил. публикации, относящиеся к работам более 14,5 тыс. организаций, ведущих научную деятельность [7].

В ФГБНУ ЦНСХБ было проведено исследование по анализу информационных ресурсов по проблематике цифрового земледелия, представленных как в отечественных, так и международных информационных системах, и базах данных (БД). Анализ показал, что системой информационного обеспечения, существующей в ФГБНУ ЦНСХБ, охвачены все отрасли АПК и смежные с ним области знания, в том числе цифровое земледелие, точное земледелие. Материалы по точному и цифровому земледелию представлены в информационных продуктах библиотеки: БД «АГРОС», систематических ежемесячных библиографических указателях: отечественных документов – «Сельскохозяйственная литература» и иностранной литературы «Сельское хозяйство». Реферативная информация представлена в реферативном журнале «Инженерно-техническое обеспечение АПК», в т. ч. в разделе автоматизация и электронизация сельского хозяйства [8].

По результатам анализа можно сделать следующие выводы:

- наибольшее количество документов по данным темам в БД WOS и Scopus, но в результатах поиска присутствует большой процент нерелевантных документов. При поиске зарубежных документов целесообразно использовать все БД, однако наличие полных текстов и свободного доступа выделяет БД DOAJ и AGRIS. Следует отметить эффективность поиска в БД AGRIS: в результатах поиска получено наибольшее число релевантных документов, что объясняется использованием в ней в качестве лингвистического средства тезауруса.

- за последние 5 лет появилось больше статей по теме «точное земледелие», чем за предыдущие 15 лет, наибольшее количество документов было за 2019 г., заметный рост начался с 2018 г. Это, вероятно, связано с вступлением стран Запада в 4-ю технологическую революцию, что повлекло за собой ускорение развития компьютерных технологий во всех отраслях экономики, в т. ч. в сельском хозяйстве;

- информационное обеспечение тем «точное земледелие» и «цифровое земледелие» включает разнообразные источники информации и информационные ресурсы;

- информация по данной теме рассеяна по многим источникам и ресурсам. В разных количествах она имеется во всех рассматриваемых международных БД, что говорит об актуальности и важности проблемы.



**Использованные источники:**

1. Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2018. № 9. С. 43-48.
2. Воловиков С.А., Слинько О.В., Кондратьева О.В., Федоров А.Д. Направления развития информационного обеспечения агробизнеса за рубежом // В сборнике: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : матер. XII Межд. научно-практической интернет-конференции. 2020. С. 289-292.
3. Кондратьева О.В., Федоров А.Д. Информационно-консультационные службы АПК – участники популяризации научных знаний // В сб.: Историческое наследие Московского общества сельского хозяйства и модернизация аграрного сектора России. 2020. С. 145-148.
4. Глобальный индекс инноваций — Гуманитарный портал [Электронный ресурс]. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/global-innovation-index> (дата обращения: 15.05.2021).
5. Мишуров Н.П., Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтук В.А., Воловиков С.А. Зарубежный опыт распространения новых знаний в сельском хозяйстве // Техника и оборудование для села. 2021. № 1 (283). С. 38-43.
6. Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В. Состояние и перспективы инновационной активности в сельском хозяйстве // Техника и оборудование для села. 2018. № 11. С. 17-24.
7. Научная электронная библиотека Elibrary.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/> (дата обращения: 17.03.2021).
8. Бунин М.С., Коленченко И.А., Пирумова Л.Н. Роль ЦНСХБ в информационном обеспечении аграрной науки // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – № 4. –2020. – С. 8-12.

УДК 631.

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-285-288

*Корниенко И.О.,  
СибИМЭ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

**МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА РЕГИОНОВ  
СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

Рассмотрены вопросы динамики парка тракторов и зерноуборочных комбайнов, возрастной структуры и энергообеспеченности сельскохозяйственного производства регионов Сибирского федерального округа, результаты обновления парка машин, сделан прогноз суммарных затрат на приобретение техники, указаны основные проблемы ускоренной реализации технической и технологической модернизации отрасли и пути их решения.

**Ключевые слова:** модернизация, техника, тракторы, зерноуборочные комбайны, хозяйства, регионы, Сибирский федеральный округ, технологии, сельскохозяйственная продукция, сельскохозяйственная техника, интенсификация.

Машинно-технологический комплекс сельского хозяйства Сибирского федерального округа (СФО) как инновационная база аграрного производства является важнейшей социально-ориентированной производственной системой, которая регулирует объемы, качество и экономические характеристики конечной сельскохозяйственной продукции, включает в себя агротехнологии, выполняемые машинными агрегатами, технические средства, материально-технические ресурсы и инфраструктуру, обеспечивающие работоспособность системы. Агротехнологии производства растениеводческой продукции – это комплекс воздействий на биологический объект, в результате которых обеспечивается получение сельскохозяйственной продукции с запроектированными количеством, качеством и экономическими параметрами [1, 2, 3].

На текущем этапе функционирования сельское хозяйство региона использует, в основном, агротехнологии с невысокими выходными параметрами и экстенсивные по вложению и отдаче знаний, капитала и материальных ресурсов, что не позволяет ему быть конкурентоспособным на рынке продовольствия.

Большинство хозяйств используют устаревшую технику и технологии, что тормозит развитие производства. Интенсификация технологий растениеводства идет слабо: в настоящее время по нормальным и интенсивным технологиям работает не более 30 % хозяйств. Министрством сельского хозяйства РФ отмечается низкий уровень химизации в регионах округа,

и только в Красноярском крае полностью достигнут стартовый уровень применения удобрений, что позволило даже при существующих технологиях и приемах защиты растений иметь значительно более высокую урожайность [5].

Тенденция ежегодного сокращения машин в регионах СФО сохраняется. Парк тракторов в 2020 году по сравнению с 2017 годом сократился на 7770 единиц или на 11,8 %; зерноуборочных комбайнов – на 2072 штуки (8,7 %). По Российской Федерации по тракторам парк сократился на 4,6 %, по комбайнам – на 3,9 %, т. е. снижение по СФО превышает российские показатели почти в 3 раза, но, начиная с 2020 года, машинно-тракторный парк (МТП) относительно стабилизировался на уровне 60 тыс. тракторов и 22 тыс. зерноуборочных комбайнов. По прогнозам МТП СФО останется на этом уровне до 2025 года.

Количество сельскохозяйственной техники в СФО на 30 % меньше, чем необходимо для осуществления сезонных полевых работ. На один физический трактор в СФО приходится 356 га пашни, что на 30 % больше, чем по РФ; на один зерноуборочный комбайн – 485,4 га посевной площади, что почти в 2 раза превышает нормативные показатели и нарушает агротехнические сроки выполнения технологических операций.

Энергетические мощности в расчете на 100 га посевной площади за 3 года увеличились незначительно – с 141,8 л.с. до 143,2 л.с. Это ниже показателя по Российской Федерации и далеко от научно обоснованного уровня – 300 л.с. на 100 га.

Положение усугубляется еще и тем, что сохраняется большая доля техники, находящейся за пределами нормативных сроков использования. Однако, есть положительная динамика в сокращении этой доли, так как за последние 3 года доля техники со сроком эксплуатации более 10 лет сократилось: по тракторам с 72 % до 67,5 %; по зерноуборочным комбайнам с 56,6 % до 50,28 %. До 20 % техники со сроком эксплуатации более 10 лет простаивает и не используется в сезонных полевых работах.

Парка сельскохозяйственной техники регионов СФО, включающего 60 тыс. тракторов и 22 тыс. зерноуборочных комбайнов, в основном, достаточно для выполнения всего комплекса полевых работ, обеспечивающего производство 14-15 млн тонн зерна.

На текущем этапе функционирования сельское хозяйство использует, в основном, агротехнологии с невысокими выходными параметрами и экстенсивные по вложению и отдаче знаний, капитала и материальных ресурсов, что не позволяет быть конкурентоспособным на рынке продовольствия. Перед нами стоит задача решения основных проблем технической и технологической модернизации отрасли производства зерна в регионах Сибирского федерального округа с выходным параметром к 2025 году по среднегодовому показателю 20,6 млн тонн. Эти проблемы в укрупненном плане заключаются в следующем:

- недостаток квалифицированных кадров механизаторов, специалистов в хозяйствах, низкий уровень оплаты труда, отсутствие должных социально-бытовых условий, потеря в обществе признания важности труда хлебороба;

- ежегодное существенное снижение материально-технической базы хозяйств, производителей зерна, явно выраженное в количественном и качественном состоянии парка сельскохозяйственной техники;

- технологическая и техническая отсталость отечественного производства в результате деградации сельскохозяйственной науки, федерального и регионального сельхозмашиностроения;

- отсутствие достаточных объемов инвестиций, условий привлекательности инвестирования капитала в сельскохозяйственное производство, науку и сельхозмашиностроение;

- недостаточная, фрагментарная, малоэффективная государственная (федеральная и региональная) финансовая поддержка, нестабильная закупочная ценовая политика на рынке России, отсутствие должного тарифно-ценового контроля за ростом цен на энергоресурсы и материально-технические ресурсы (МТР);

- несовершенство региональной и федеральной законодательной базы, обеспечивающей условия для стабильного, прогрессирующего развития отрасли растениеводства СФО и России, в целом.

Научное сообщество рассматривает прогноз трансформации отрасли в эффективно развитую систему на базе ввода в хозяйственный оборот агротехнологий и машин интенсивного типа с высоким уровнем знаний и материально-технических ресурсов нового поколения. Техничко-технологическая модернизация сельского хозяйства рассчитана на период до 2025 г. и включает действующие Программы развития отрасли регионов [3].

Важную роль в процессе производства играет обеспеченность необходимыми материально-техническими ресурсами, которая состоит из поэтапного решения следующих задач:

- определение приоритетного набора технологий для введения в производственный процесс эффективных приемов производства зерна в различных природно-климатических зонах СФО;

- научное обоснование структуры МТП, оснащенной опциями для реализации современных передовых технологий;

- построение системы инновационного реформирования отрасли с заменой ее технологического уклада на новое поколение агротехнологий с использованием цифровых элементов точного земледелия;

- разработка путей модернизации инфраструктуры машинно-технологической системы.

Отличительная особенность производства растениеводческой продукции состоит в широкой возможности управления производственным процессом. Пока этим приемам не уделяется должного внимания и, как следствие, не удается поддерживать необходимый уровень урожайности, качества продукции, сохранения плодородия почв, оптимальных затрат на единицу продукции, а в конечном итоге поддерживать на отечественном и мировом рынке достаточно конкурентный уровень. Даже при простых методах управления производственным процессом, без значительно высоких затрат, при наличии имеющейся техники, средств химизации, сортов и т. д. возможнократно поднять эффективность использования энергетических, материально-технических, биологических и финансовых ресурсов.

Использование высокопроизводительной, надежной техники с опциями и электронным программным обеспечением реализации элементов точного земледелия в совокупности с организационными мерами позволит существенно увеличить производительность труда.

Реализовать предлагаемую парадигму автоматизированных систем для мониторинга и управления технологическими процессами, сельскохозяйственными машинами и оборудованием в растениеводстве с использованием алгоритмов на основе цифровых технологий и функций нейросетевых интеллектуальных систем – комплексная задача в рамках тесного и взаимовыгодного сотрудничества сквозной научно-производственной кооперации: науки, федеральных и региональных органов государственной власти и бизнеса.

Основными сдерживающими факторами ускоренной цифровой трансформации сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического и технического прорыва в АПК являются:

*Первый и главный* – нет должного поступательного движения в модернизации материально-технической базы сельского хозяйства и системы наполнения субплатформ цифровых технологий. При стабилизации численности МТП хозяйств СФО на уровне 60 тысяч тракторов, 22 тысячи зерноуборочных комбайнов, ежегодного приобретения техники на сумму 33-35 млрд рублей, темпы приведения парка техники в состояние, соответствующее требованиям современных технологий растянутся на десяток лет, т. к. 70-80 % технических средств в хозяйствах морально устарели, а приобретаются хозяйствами уже морально устаревшие машины, не имеющие опций для автоматизации.

Цифровизация без «железа» – профанация. К «железу», кроме датчиков мониторинга, исполнительных механизмов мобильных, сельскохозяйственных машин и оборудования относятся: средства связи, беспилотники, бортовые и сетевые компьютеры, серверы и другие технические и электронные средства и программы.

*Второй фактор* – нет системы мер государственной поддержки внедрения технологий точного земледелия по направлениям производственной деятельности, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции.

*Третий* – низкий уровень знаний в области IT-технологий в АПК отечественных научных сотрудников НИИ, преподавателей аграрных вузов и, как следствие, почти нет IT-специалистов в хозяйствах. За три года в Новосибирской области прошли переподготовку по направлению точное земледелие 35 человек из 23 хозяйств, что составляет 1,8 % к общему количеству хозяйств. Нет отраслевой квазикорпоративной системы знаний.

В новых условиях очевидна востребованность в специалистах новой формации.

*Четвертый* – дефицит кадров массовых профессий, главных специалистов и руководителей среднего звена. Анализ качественного состава руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций показывает их невысокую подготовленность к новым инновационным процессам на селе. Около 50 % специалистов-технологов (агрономы, инженеры, зоотехники, ветврачи) не имеют высшего образования. В постсоветское время в кадровой политике на селе произошли коренные изменения. В 1990 году в 552 хозяйствах было 9662 технолога с высшим и средним специальным образованием (главных специалистов-отраслевиков – 1920); в 2016 г. – 872 главных специалиста; в 2020 г. – 685. Таким образом, за пять лет уменьшилось на 187 человек, в т. ч. с высшим образованием гл. инженеров уменьшилось на 28 чел., ветврачей – на 62 чел., зоотехников – на 27, агрономов – на 9 чел.

Существующая система подготовки, переподготовки и закрепления кадров массовых профессий, специалистов всех уровней не эффективна и не имеет положительных тенденций.

Рассчитывать на значительное увеличение численности и повышение качества знаний и опыта в реализации IT – технологий у существующего контингента работников не реально. В перспективе эта проблема должна решаться путем индустриализации, автоматизации, компьютеризации, цифровизации и роботизации производства с оказанием консалтинговых технологических и технических услуг, подготовки специалистов новой формации и создания условий для работы и жизни на селе.

#### **Использованные источники:**

1. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
2. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 года №350 «О мерах по реализации государственной научно-технической программы развития сельского хозяйства» с продолжением его действия до 2030 года.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.08. 2017 № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы».
4. Корниенко И.О. Мониторинг ресурсного потенциала (составляющих роста) эффективности сельскохозяйственного производства, роста производительности труда, социального благополучия в АПК Новосибирской области. – Новосибирск, 2021. – 20 с.
5. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Форма ГПС-24-4: Техническая и технологическая модернизация сельского хозяйства. Энергообеспеченность сельскохозяйственных организаций по состоянию на 01.01.2021.

УДК 665.73/.75

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-288-291

*Кошелев Д.А., Долгушин А.А.,  
Новосибирский государственный аграрный университет*

## **К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Статья посвящена проблеме обеспечения теплового режима системы питания дизельных двигателей в условиях низких температур. Равенство температур окружающей среды и топливной системы машины ведет к ухудшению прокачиваемости топлива из-за кристаллизации парафинов. Рассмотрены нормы вязкости дизельного топлива и температур, при которых осуществляется эффективная работа машины. Предложены методы подогрева элементов топливной системы для обеспечения оптимального теплового режима.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, вязкость, низкие температуры, подогреватели, тепловой режим.



На сегодняшний день топливная система дизельных двигателей Common Rail является наиболее совершенной. Принцип работы данной системы заключается в подаче топлива из топливного аккумулятора высокого давления (топливной рампы) к форсункам. Такой подход, в сравнении с другими схемами, повышает экологическую безопасность транспорта, снижает уровень шума двигателя, обеспечивает наиболее экономичный расход топлива, а также – производит его подачу в камеру сгорания под более высоким давлением.

Высокая технологичность системы Common Rail предоставляет возможность значительного повышения мощности двигателя, его гибкости и надежности в работе. Однако использование данной системы устанавливает определенные требования к качественным показателям дизельного топлива и качеству технического обслуживания. Особенно остро вопрос соблюдения требований стоит в зимний период эксплуатации дизельной техники [6].

Температура окружающего воздуха является основным показателем, характеризующим погодные условия, который на прямую воздействует на физико-химические свойства материалов эксплуатации, а в следствии, на пусковые качества и работу ДВС автомобилей и тракторов.

В условиях низких температур одним из основных требований к качеству дизельного топлива является его прокачиваемость по топливопроводящей системе, что обеспечивает необходимую подачу топлива в цилиндры двигателя при выбранном режиме.

Одним из показателей, которым оценивается прокачиваемость, является вязкость. Вязкость топлива влияет непосредственно на процесс образования смеси. От нее зависит надежность и ресурс топливной аппаратуры двигателя. Прокачиваемость дизельного топлива ухудшается при низких температурах с увеличением вязкости, которая сопровождается помутнением, кристаллизацией и дальнейшим его застыванием [1].

Чрезмерная вязкость дизельного топлива оказывает весомое сопротивление для движения по топливопроводящей системе через фильтры, отверстия форсунок и т. д. Капли высоковязкого топлива имеют крупный размер, что приводит к излишней дальнобойности образованного из них факела, ведущей к более медленному испарению и частичному оседанию нагара на днище поршня и стенки камеры сгорания.

С другой стороны, применение топлива с недостаточной вязкостью ухудшает смазку органов топливного насоса высокого давления (ТНВД) и нарушает дозировку подачи топлива. Также топливо с малой вязкостью имеет недостаточную дальнобойность струи из-за наибольшего распыливания. Следствием малой вязкости является неоднородность рабочей смеси, перегрев форсунок и менее эффективный процесс сгорания [7].

Из ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) следует, что топливо для быстроходных дизельных двигателей должно обладать оптимальной кинематической вязкостью (при 20°C) и находиться для летней эксплуатации в пределах 3,0-6,0 мм<sup>2</sup>/с, для зимней 1,8-6,0 мм<sup>2</sup>/с, для арктических условий – в пределах 1,5-4,0 мм<sup>2</sup>/с [2].

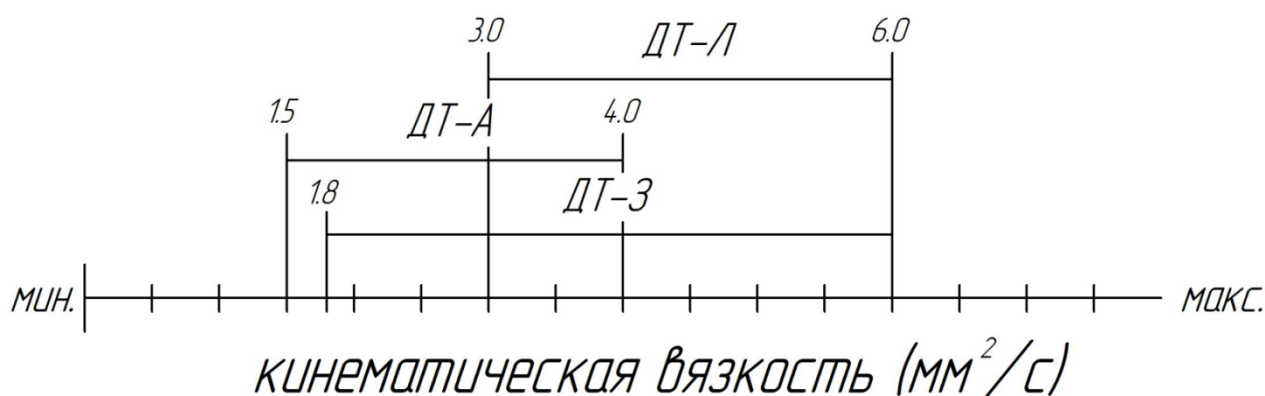


Рисунок 1. Норма вязкости для различных сортов дизельного топлива, при температуре 20 °C в мм<sup>2</sup>/с: ДТ-Л - летнее, ДТ-З - зимнее, ДТ-А – арктическое

Главным недостатком дизельного топлива является его свойство к загустению даже при незначительном понижении температуры. От кристаллизации парафиновых соединений и дальнейшего застывания не застраховано даже горючее стандарта «Евро 5» [8].

При трансформации текучести дизельное топливо проходит три этапа:

1. Помутнение – это начало выпадения кристаллов парафинов, находящихся в дизельном топливе. Температура помутнения ДТ, согласно ГОСТ 32511-2013, составляет для летних сортов  $-5^{\circ}\text{C}$ , а для зимних в районе  $-25^{\circ}\text{C}$ ;

2. Предельная фильтруемость – это состояние, при котором кристаллы парафинов забивают собой ячейки фильтрующих сеток и элементов, а также оседают в топливоподводящей магистрали и останавливают работу ДВС;

3. Застывание – это состояние полной потери текучести. Согласно ГОСТ 32511-2013, летние сорта ДТ превращаются в желейную массу при  $-10^{\circ}\text{C}$ , а зимние при  $-40^{\circ}\text{C}$  [2].

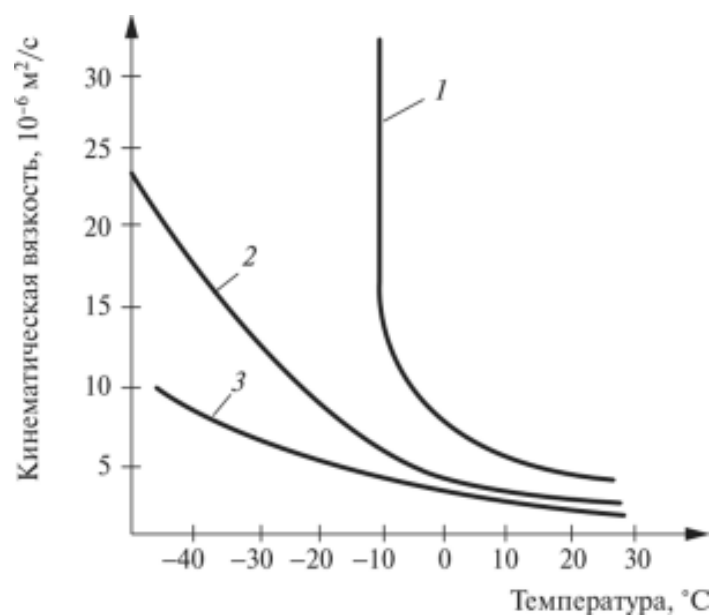


Рисунок 2. Зависимость вязкости дизельного топлива от температуры: 1 – летнее ДТ; 2 – зимнее ДТ; 3 – арктическое ДТ

Для соблюдения постоянства экономических и мощностных показателей необходимо обеспечить тепловой режим, при котором во время охлаждения или нагрева во время эксплуатации дизеля вязкость дизельного топлива будет изменяться как можно меньше. Предотвратить возможные неприятности поможет комплексная подготовка топливной магистрали с использованием подогрева при отрицательных температурах [1].

В основном, у подогревателей дизельного топлива отмечают две функции:

1. Предпусковой подогрев – это подогрев дизельного топлива в момент запуска двигателя;
2. Маршевый подогрев – это поддержание необходимой температуры дизельного топлива при работе двигателя [3].

Перечисленные функции могут быть реализованы как отдельно, так и совместно. Во втором случае же речь идет о системе подогрева дизельного топлива.

Предпусковые подогреватели дизельного топлива представляют собой: подогреваемые топливозаборники, подогреватели фильтров тонкой очистки и ленточные подогреватели. В основе конструкции перечисленного оборудования находится нагревательный элемент, который питается от аккумуляторной батареи [5].

Самым уязвимым местом топливной системы является фильтр тонкой очистки топлива, т. к. при отрицательных температурах он первый теряет свою пропускную способность, из-за чего останавливается подача топлива. Для подогрева фильтра тонкой очистки, как правило, применяют бандажные подогреватели. Данное устройство обеспечивает предпусковой подогрев в диапазоне пониженных температур от  $-5$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  [5].

Более универсальным видом являются гибкие ленточные подогреватели, т. к. могут крепиться в таких местах топливной системы, как: топливопроводы, топливные фильтры. Они способны обеспечить предпусковой и маршевый подогрев топлива.

Предпусковые подогреваемые топливозаборники снабжены электрическим нагревательным элементом. При работе двигателя подогрев топливозаборника может осуществляться за счет теплообмена с нагретой охлаждающей жидкостью или топливом обратной подачи.

В движении же подогрев дизельного топлива может быть обеспечен двумя способами – жидкостным и электрическим.

К жидкостным подогревателям дизельного топлива относятся змеевики и подогреваемые топливозаборники. Конструкция змеевика представляется трубопроводом охлаждающей жидкости спиральной формы, который проходит вдоль соответствующего топливопровода [3].

Электрические маршевые подогреватели представлены проточными подогревателями и гибкими ленточными подогревателями. Крепление проточного подогревателя, как правило, происходит перед фильтром тонкой очистки в разрезе топливопровода. Питаются данные устройства от работающего автомобильного генератора [3].

Маршевые и предпусковые электрические подогреватели могут быть объединены в систему подогрева дизельного топлива. В подобной системе блок управления сможет обеспечить оптимальную температуру дизельного топлива, в зависимости от температуры окружающего воздуха, путем задействования определенных подогревателей [4].

#### **Выводы:**

1. В условиях низких температур одним из основных свойств дизельного топлива является его вязкость, от которой зависит надежность и ресурс топливной аппаратуры двигателя.

2. Для соблюдения постоянства экономических и мощностных показателей необходимо обеспечить тепловой режим, при котором вязкость дизельного топлива будет изменяться как можно меньше.

3. Организовать необходимый тепловой режим при отрицательных температурах поможет комплексная подготовка топливной магистрали с использованием предпускового и маршевого подогрева, объединенных в систему подогрева дизельного топлива.

#### **Использованные источники:**

1. Борисов Г.А., Колодяжная И.Н., Ичанкин Ю.В. Анализ условий эксплуатации дизельных двигателей в условиях пониженных температур // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 1(17). – С. 38-43.
2. ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Поправками, с Изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2019.
3. Долгушин А.А. Обеспечение рационального теплового режима трансмиссии автомобилей, используемых в сельском хозяйстве при низких температурах: дис. ... д-ра техн. наук. – НСО, р.п. Краснообск, 2020. – 301 с.
4. Долгушин А.А., Воронин Д.М. Обеспечение теплового комфорта агрегатов трансмиссии автомобиля при использовании в условиях холодного климата // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7-й междунар. науч.-практ. конф. «Агроинфо-2018». – Новосибирская обл., р.п. Краснообск: СФНЦА РАН, СибФТИ, 2018. – С. 428-431.
5. Драгуленко В.В. Типы подогревателей дизельного топлива в автомобилях // Новая наука: техника и технологии : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Стерлитамак: ООО «Агентство международных исследований», 2017. – С. 49-51.
6. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Симдянкин А.А., Успенский И.А., Сеницын П.С. Инновационные технологии оценки ресурса фильтров тонкой очистки топлива системы Common Rail // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 2. – С. 9-12.
7. Костиков О.М., Герасименко М.А., Герасименко А.А., Пугла М.Э. Особенности эксплуатации дизельных двигателей в зимний период // Актуальные направления научных исследований для эффективного развития АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра I, 2020. – С. 223-226.
8. Ходяков А.А., Хлопков С.В., Бернацкий В.В. Физико-химические свойства дизельного топлива стандарта Евро // Известия МГТУ МАМИ. – 2018. – № 1(31). – С. 57-62.



УДК 629.113

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-292-299

*Кривцов С.Н., Деньгин И.Д., Хмыльнин О.М.,  
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»*

## КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ

В работе приведено описание оригинального оборудования собственной разработки – трекера для измерения параметров работы автомобиля. Он позволяет определять ускорения центра масс автомобиля в трех плоскостях, скорость и пройденное расстояние, а также топливную экономичность. В качестве измерителя ускорений применен цифровой акселерометр, скорость и пройденный путь определяются с помощью GPS/ГЛОНАСС-приемника, а топливная экономичность – при помощи проточных датчиков расхода объемного типа. Сигналы системы измерения обрабатываются микроконтроллером и сохраняются в потоковом режиме на SD-карте с частотой 5 Гц.

**Ключевые слова:** топливная экономичность, ускорение автомобиля, тягово-скоростные свойства, трекер, расход топлива.

В практике эксплуатации автомобильного транспорта нередко возникает необходимость измерения параметров работы автомобилей. Когда нужно сравнить эффективность того или иного вида топлива или привода, определить общее техническое состояние автомобиля, норматив расхода топлива и др., применяют стендовые либо дорожные методы. Стендовые методы, несмотря на свои плюсы, имеют все-таки ряд ограничений, препятствующих их широкому распространению в условиях рядовой эксплуатации. При современном уровне электроники некоторые свойства автомобиля, такие как топливная экономичность, тягово-скоростные и тормозные свойства, управляемость и устойчивость могут быть измерены в дорожных условиях. Для этого могут быть применены либо встроенные средства самодиагностики, либо внешние приборные комплексы [1, 2].

В данной статье речь пойдет об измерении тягово-скоростных свойств и топливной экономичности в дорожных условиях. Нами ранее были апробированы следующие способы измерения указанных свойств:

- с помощью дилерского программного обеспечения на основе данных, получаемых от бортовой системы самодиагностики [2];

- непосредственным измерением параметров с помощью внешнего приборного комплекса, где величины ускорений, скорости, пройденного пути определялись по данным колеса, катящегося без увода в ведомом режиме [3, 4].

Апробация этих методов позволила оценить их преимущества и недостатки и создать предпосылки к совершенствованию приборного комплекса [5, 6].

Запишем выражение для измерения топливной экономичности автомобиля в условиях эксплуатации [7]:

$$Q_S = \frac{Q}{G_{zp}S} = \frac{Q}{S} \cdot \frac{t}{G_{zp}} = \frac{Q_u}{V_a \cdot G_{zp}} \approx \frac{g_e}{V_a \cdot \rho_m \cdot G_{zp}} \cdot \frac{N_W + N_\psi + N_j}{\eta_m}, \quad (1)$$

где:  $Q_u$  – часовой расход топлива, л/ч;

$t$  – время, ч;

$\frac{N_W + N_\psi + N_j}{\eta_m}$  – мощность, затрачиваемая на разгон и движение автомобиля без учета скоростных потерь в шинах, кВт;

$G_{zp}$  – масса груза, т;

$S$  – пройденный путь, км;

$V_a$  – скорость автомобиля, км/ч;

$g_e$  – удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч;

$\rho_m$  – плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>.

В предлагаемом приборном комплексе реализован подход, основанный на измерении расхода топлива, как разницы расходов через подающую и обратную магистраль [3].

$$Q_s = \frac{Q_{np} - Q_{обр}}{V_a}, \frac{\text{л}}{\text{км}} \text{ или } Q_s = \frac{Q_{np} - Q_{обр}}{V_a G_{гр}}, \frac{\text{л}}{\text{т км}}, \quad (2)$$

где  $Q_{np}$  – расход топлива через прямую магистраль, л/ч;

$Q_{обр}$  – расход топлива через обратную магистраль, л/ч;

$V_a$  – скорость автомобиля, км/ч;

$G_{гр}$  – масса груза (количество пассажиров), т (пасс).

Тягово-скоростные свойства автомобиля определяем, исходя из следующих предпосылок. Согласно большинству нормативных документов при испытаниях автомобиль должен двигаться по ровной горизонтальной поверхности без прицепа. Исходя из данных условий, пренебрегаем силой сопротивления подъема и силой сопротивления прицепа. На основании этого запишем уравнение мощностного баланса [7]:

$$N_k = N_j + (N_w + N_\psi), \quad (3)$$

где:  $N_j$  – мощность запаса на ускорение, кВт;

$(N_w + N_\psi)$  – суммарные затраты мощности на дорожное сопротивление движению автомобиля и на его аэродинамические потери, кВт.

Мощность запаса определим исходя из данных полученных при разгоне автомобиля, по формуле:

$$N_j = m_a \cdot \delta_{разг} \cdot j_x \cdot V_a, \quad (4)$$

где:  $m_a$  – масса автомобиля во время эксперимента, кг;

$\delta_{разг}$  – коэффициент учета вращающихся масс при разгоне;

$j_x$  – ускорение автомобиля во время разгона; м/с<sup>2</sup>;

$V_a$  – скорость автомобиля, м/с.

Суммарные затраты мощности на дорожное сопротивление движению автомобиля и на его аэродинамические потери определяются по формуле 2.9 [3]:

$$(N_w + N_\psi) = -m_a \cdot \delta_{выбег} \cdot j_x \cdot V_a, \quad (5)$$

где:  $m_a$  – масса автомобиля во время эксперимента, кг;

$\delta_{выбег}$  – коэффициент учета вращающихся масс;

$j_x$  – ускорение автомобиля во время выбега, м/с<sup>2</sup>;

$V_a$  – скорость автомобиля, м/с.

Зная суммарные затраты мощности на дорожное сопротивление движению автомобиля, на его аэродинамические потери  $(N_w + N_\psi)$  и мощность запаса  $N_j$ , вычислим мощность, подведенную к колесам  $N_k$ .

Общая структурная схема предлагаемого устройства приведена на рисунке 1.

Исходя из теоретических предпосылок, для полноценного измерения тягово-скоростных свойств и топливной экономичности для измерения скорости, ускорения, пройденного пути и расхода топлива был использован GPS-трекер. Скорость и пройденный путь определяется модулем GPS/ГЛОНАСС, ускорение – цифровым трехосевым (X,Y,Z) акселерометром, встроенными в корпус трекера. Расход топлива измеряется проточными датчиками расхода объемного типа  $D_1$  и  $D_2$ , которые являются отдельными составляющими данного комплекса. Для обеспечения автономности сигналы системы измерения обрабатываются микроконтроллером и сохраняются в потоковом режиме на SD - карту с частотой 5 Гц (рисунок 2). Устройство работает под управлением микроконтроллера ATmega32U4.

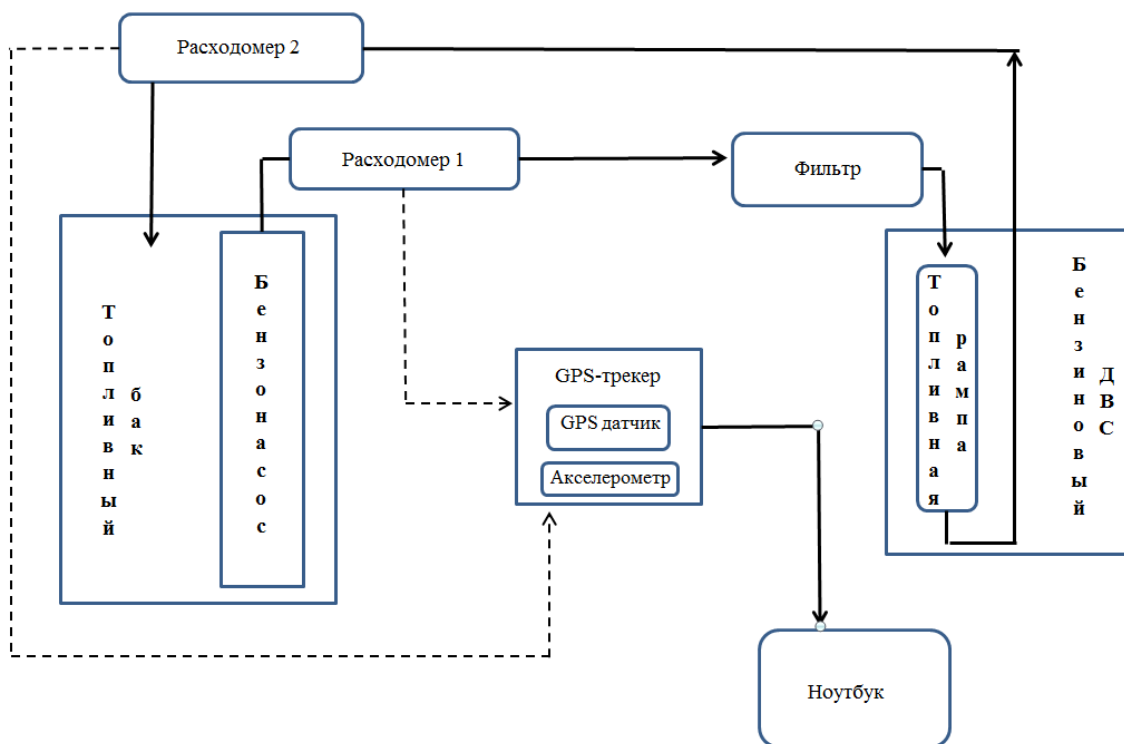


Рисунок 1. Структурная схема приборного комплекса

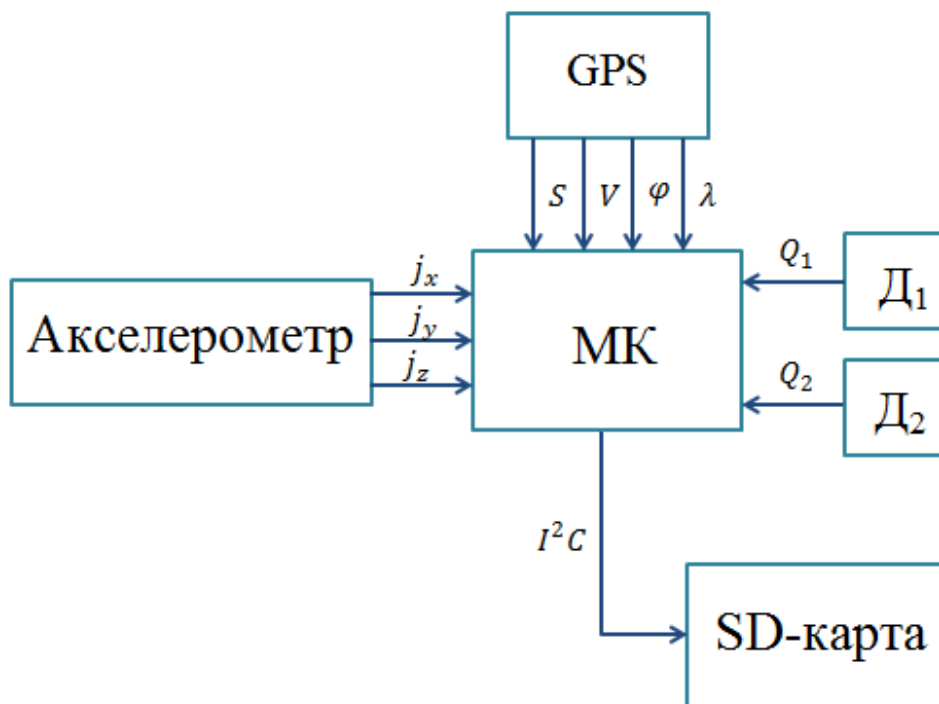
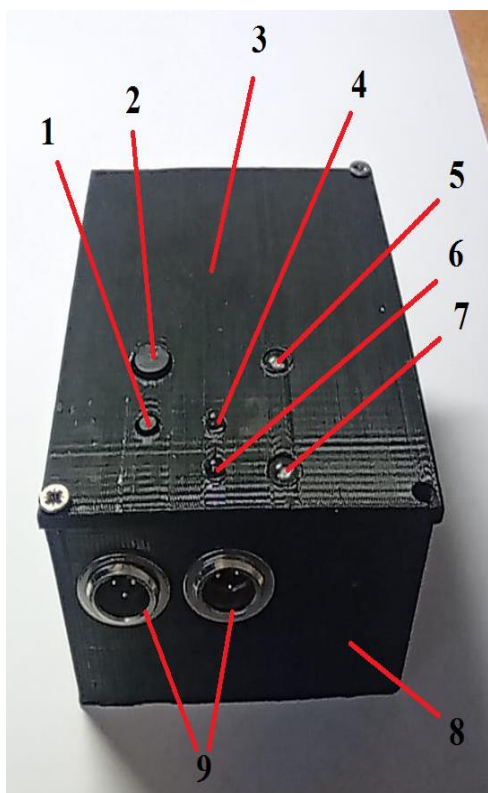


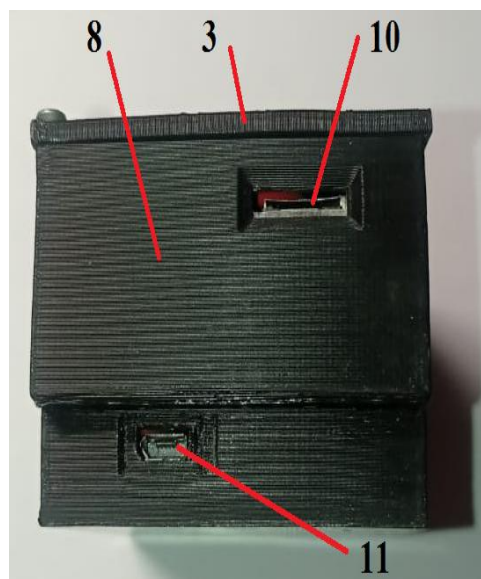
Рисунок 2. Структурная схема GPS/ГЛОНАСС-трекера для измерения параметров работы автомобиля

На рисунках 3а, и 3б представлен внешний вид трекера.

Для измерения расхода топлива в прямой и обратной магистралях использовались датчики объемного расхода с овальными шестернями OVAL M-III LSF45L. Преимущество этих датчиков состоит в широком диапазоне измерений, малых габаритах, простоте конструкции, надежности и достаточной точностью измерений (1 %).



а) вид сверху



б) вид сзади

- 1 – клавиша перезагрузки трекера; 2 – клавиша запуска/остановки записи; 3 – крышка корпуса трекера; 4 – индикатор перезагрузки трекера; 5 – индикатор приема сигналов GPS; 6 – индикатор записи/остановки данных; 7 – индикатор частоты обмена данными; 8 – корпус трекера; 9 – выходы для подключения датчиков расхода топлива; 10 – слот для накопителя MicroSD; 11 – слот для подключения кабеля microUSB

Рисунок 3. Внешний вид GPS-трекера

Обработка сигнала датчика угловых меток производилась следующим образом. Для исследуемого сигнала (рисунок 4) определялись одноименные фронты, например, передние А и Б. Конечная точка прямого фронта Б является начальной позицией для расчета следующего импульса. В то же время разница двух одноименных фронтов является импульсом.

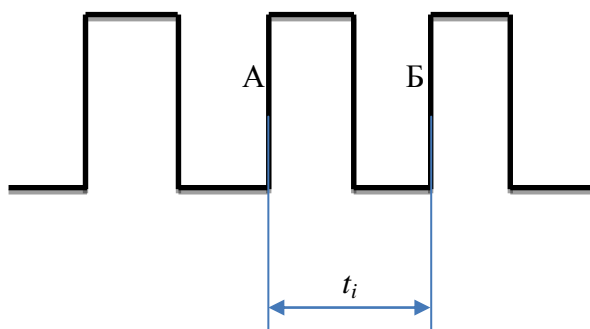


Рисунок 4. Сигнал с датчика расхода топлива

Время прохождения двух фронтов определяется с учетом частоты опроса канала:

$$t_i = \frac{pos_B - pos_A}{v} \quad (6)$$

где  $pos_A$  и  $pos_B$  – положение передних фронтов А и Б, соответственно;  
 $v$  – тактовая частота микроконтроллера, Гц.

Расход топлива, пройденного через датчик в подающей магистрали, определялся по выражению, л/ч:

$$Q_{np} = 3600 \cdot \frac{z_{ui}}{k_{np} \cdot \Delta t_i}, \quad (7)$$

где  $z_{ui}$  – количество импульсов;

$k_{np}$  – калибровочное значение датчика на подающей магистрали, имп/л;

$\Delta t_i$  – время прохождения импульсов  $z_{ui}$ , с.

Аналогичным образом вычисляется расход топлива, пройденного через датчик в обратной магистрали.

Технические характеристики GPS-трекера приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики GPS-трекера

Параметр	Значение
Напряжение питания, В	5
Аппаратные интерфейсы	UART, I <sup>2</sup> C, SPI
Системы	GPS / GLONASS / GALILEO
Протокол передачи данных	NMEA (National Marine Electronics Association)
Точность приемника, м	3.0 (с применением поправок DGPS 2.5 SBAS)
Частота сбора данных, Гц	5-10
Точность измерения расходомера, %	±1
Диапазон рабочей температуры расходомера, °С	от - 20 до +80
Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	85x 62 x 42
Масса, г	141

Примеры получаемых данных с приборного комплекса представлены на рисунках 5-8.

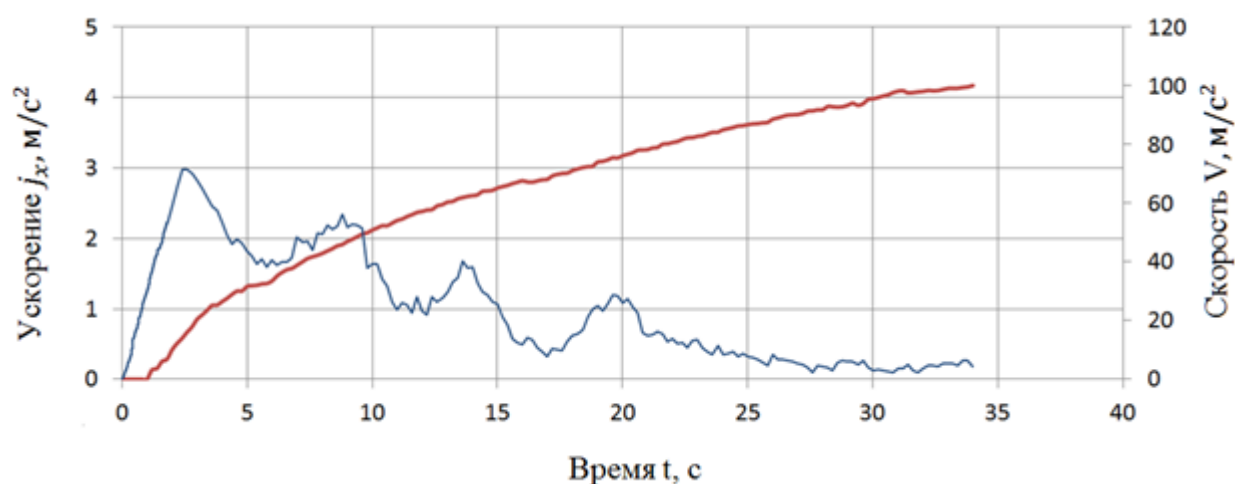
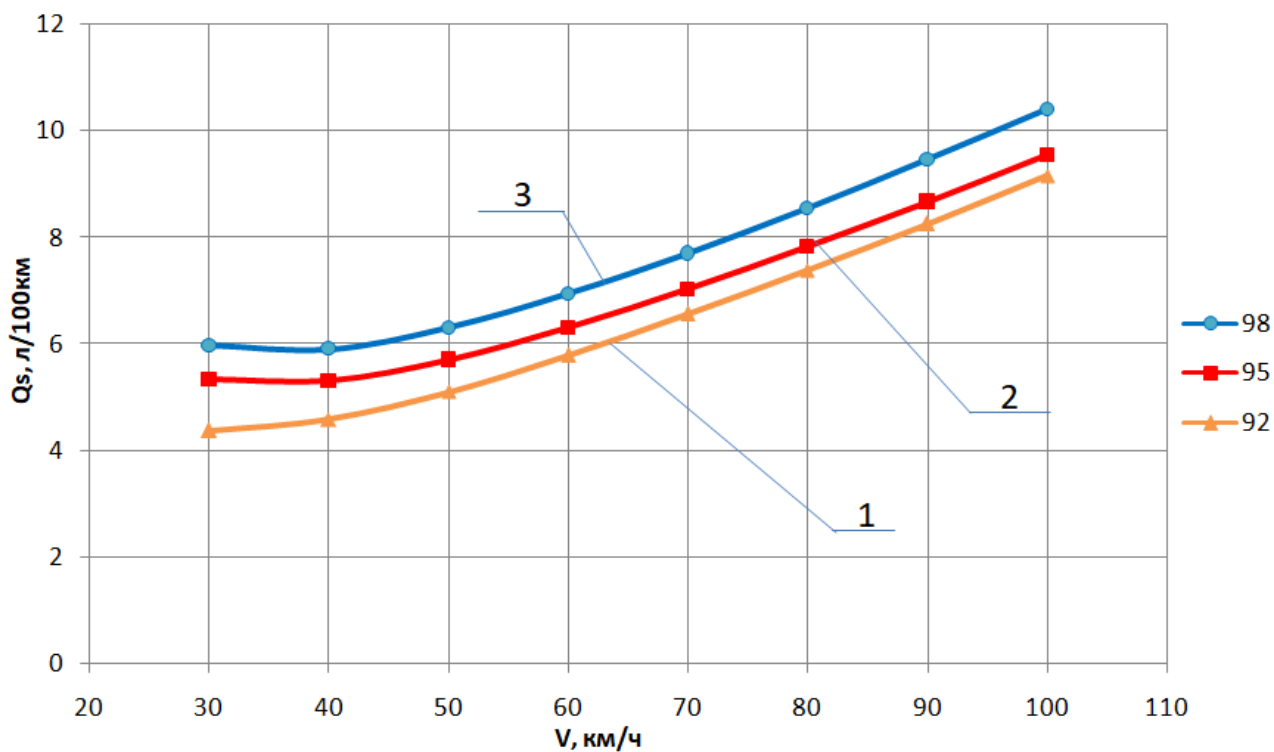


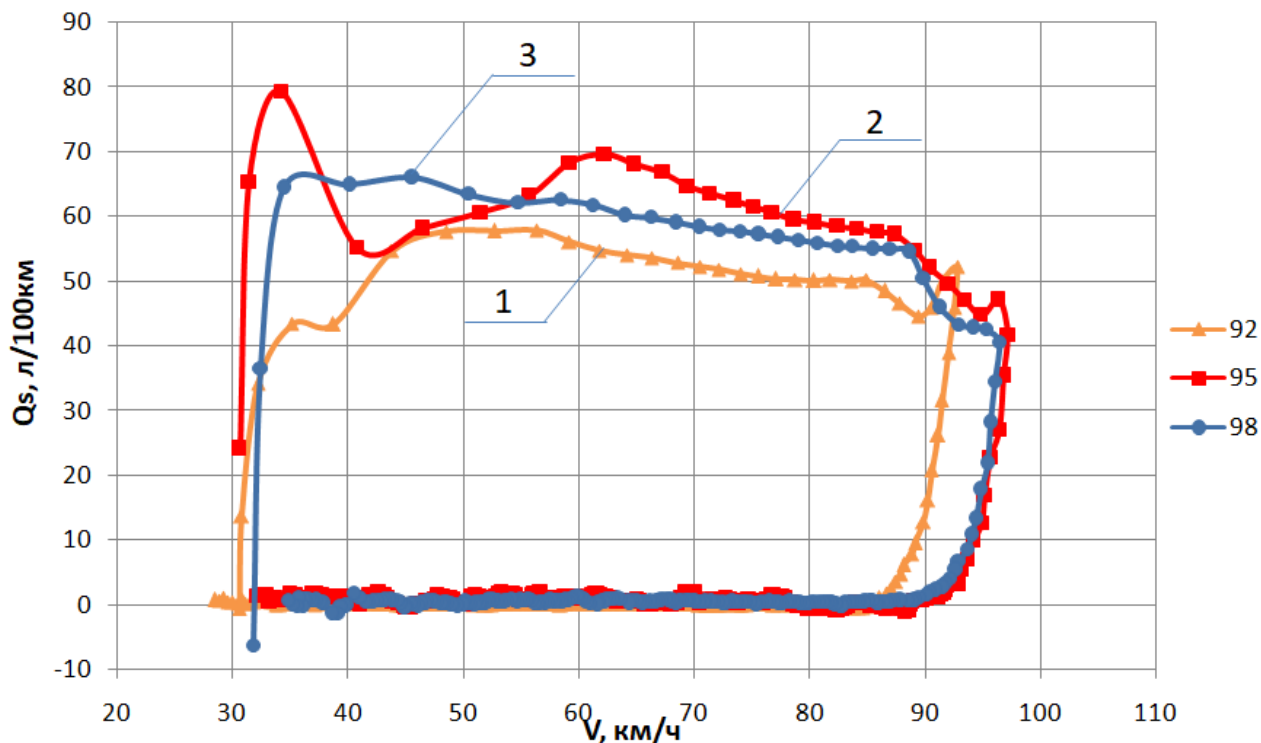
Рисунок 5. График разгона автомобиля до 100 км/ч с полной подачей топлива по ровному горизонтальному асфальто-бетонному покрытию

Пример проведенных эксплуатационных испытаний разработанного комплекса для автомобиля Toyota Chaser при работе его на товарных бензинах марок АИ-92, АИ-95, АИ-98 показал удобство применения и достаточную для практики точность. Это касается, как испытаний в установившихся режимах (рисунок 6), так и в неустойчивых (рисунки 5, 7, 8).



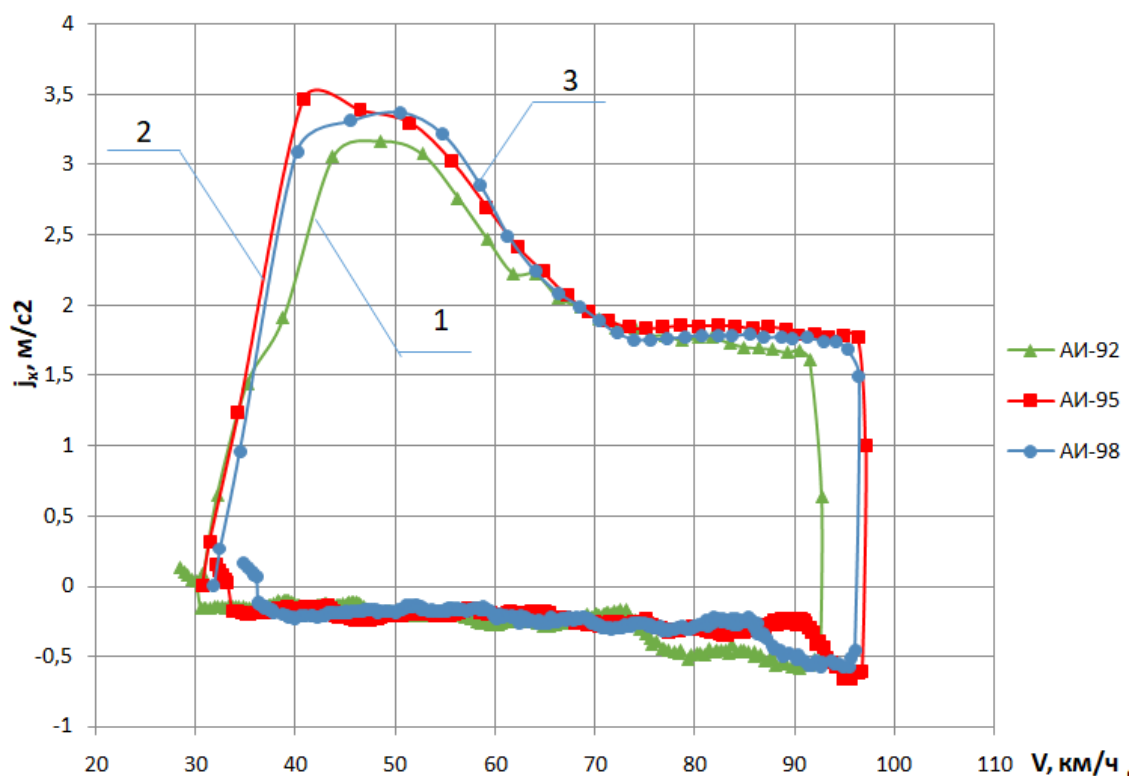
1 – Бензин марки АИ-92; 2 – Бензин марки АИ-95; 3 – Бензин марки АИ-98

Рисунок 6. График зависимости путевого расхода топлива от скорости при движении автомобиля Toyota Chaser по ровному асфальтобетонному покрытию, на разных марках топлива



1 – Бензин марки АИ-92; 2 – Бензин марки АИ-95; 3 – Бензин марки АИ-98

Рисунок 7. График зависимости путевого расхода топлива от скорости при разгоне автомобиля Toyota Chaser по ровному асфальтобетонному покрытию, на разных марках топлива



1 – Бензин марки АИ-92; 2 – Бензин марки АИ-95; 3 – Бензин марки АИ-98

Рисунок 8. График зависимости ускорения от скорости при разгоне и выбеге автомобиля Toyota Chaser на бензине разных марок по ровному асфальтобетонному покрытию

### Выводы

В результате исследований разработан трекер для измерения топливно-энергетических параметров работы автомобиля. Он определяет топливную экономичность, скорость и пройденное расстояние, а также ускорения центра масс автомобиля. В качестве измерителя ускорений применен цифровой акселерометр, скорость и пройденный путь определяются с помощью GPS/ГЛОНАСС-приемника, а топливная экономичность – при помощи проточных датчиков расхода объемного типа.

Эксплуатационные испытания комплекса как на установившихся, так и на неустановившихся режимах для автомобиля Toyota Chaser при работе на товарных бензинах марок АИ-92, АИ-95, АИ-98 показали удобство его применения и достаточную для практики точность.

### Использованные источники:

1. Блохин А.И., Молев Ю.И., Мошков П.С., Тихомиров А.Н. Сравнительный анализ определения расхода топлива автомобиля с использованием расходомера DFL3X-5BAR и расчетным методом с помощью данных диагностического протокола OBD II // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.
2. Кривцов С.Н., Зимин В.Г., Малашкин И.В. Использование дилерского диагностического программного обеспечения для сбора данных о режиме работы автомобиля с дизельным двигателем // Авиационное строительство и транспорт Сибири – 2015: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института Авиационного строительства и транспорта. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. – С. 29-33.
3. Кривцов С.Н., Зимин В.Г., Малашкин И.В. Обоснование способа измерения расхода топлива автомобилем с дизельным ДВС, оснащенный аккумуляторной топливоподающей системой в дорожных условиях // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 7–8 апреля 2016 г.) в 2 ч. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – Ч. 2. – С. 515-520.
4. Кривцов С.Н., Зимин В.Г., Якимов И.В., Кривцова Т.И. Экспериментальное исследование влияния технического состояния электрогидравлических форсунок на топливную экономичность автомобиля с дизельным двигателем, оснащенный аккумуляторной топливоподающей системой // Труды НАМИ, 2017. – №1 (268). – С. 29-36.
5. Кривцов С.Н., Ильин П.И., Тирских А.И., Широбоких М.А., Березовский М.П. Трекер для измерения параметров работы автомобиля в движении // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020, – Вып. 36. – С. 11-20.



6. Власов В.М., Ефименко Д.Б., Богумил В.Н. Информационные технологии на автомобильном транспорте: учебник, 2016. – 256 с.
7. Федотов А.И. Основы теории эксплуатационных свойств автомобиля: учебник. – Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2016. – 288 с.

УДК: 631.153

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-299-303

*Маринченко Т.Е.,  
ФГБНУ «Росинформагротех», Московская обл., р.п. Правдинский*

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ УСЛУГ В ХОДЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ АПК**

Цифровизация является мировым трендом. Национальные приоритеты, устанавливаемые программными документами социально-экономического развития страны на период до 2030 г., определяют цифровизацию различных отраслей, в том числе АПК, приоритетной задачей для обеспечения вхождения страны в число крупнейших экономик мира. Цифровизация АПК страны вызывает трансформацию сектора услуг. Проанализированы цифровые инициативы банков и операторов связи в интересах АПК.

**Ключевые слова:** АПК, Цифровизация, банк, оператор мобильной связи, услуги.

Уровень цифровизации и ее темпы определяют перспективы роста отдельных компаний и отраслей, способствуя росту национальных экономик [1]. В глобальном масштабе ведется многолетний мониторинг уровня цифровизации сельского хозяйства, такими организациями как Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО, англ. Food and Agriculture Organization, FAO), Всемирный банк, Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, англ. Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD), которые сообщают о высоком потенциале технологий «Agriculture 4.0» [2]. По данным MarketsAndMarkets, объем мирового рынка решений только на базе искусственного интеллекта в агросфере достиг в 2020 г. 1 млрд долл. США и вырастет до 4 млрд долл. к 2026 году [3].

Современная модель социально-экономического развития страны на период до 2030 г. предусматривает опережающее развитие и модернизацию экономики путем тиражирования базисных инноваций пятого и форсированного перехода на шестой технологический уклад, основой которого являются нано-, био- и цифровые технологии [4].

Агентство стратегических инициатив представило в 2017 г. «дорожную карту» развития рынка продовольствия FoodNet, согласно которому к 2035 г. российский сектор должен занять более 5 % мирового рынка в пяти приоритетных сегментах: «умное» сельское хозяйство, ускоренная селекция, доступная органика, «новые источники сырья» (переработка биомассы водорослей, насекомых, внедрение псевдозлаковых культур и др.), персонализированное питание [5].

Уровень агропроизводства сегодня все больше обуславливается степенью интеллектуализации производства и обеспеченности современными технологиями в рамках концепции «Индустрии 4.0», такими как цифровые платформы, экосистемы, аналитика Big Data, 3D-печать, роботизация, интернет вещей и др. [6, 7].

Рынок информационных технологий (ИТ, англ. Information Technology) в сельском хозяйстве России в 2019 г. достиг 360 млрд руб. и к 2026 г. по прогнозам увеличится более чем в 5 раз. Сельское хозяйство занимает четвертое место по возможности автоматизации среди всех отраслей экономики, опережая строительство, страхование и торговлю. Для ускорения процесса цифровизации в АПК реализуется ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», который должен обеспечить технологический прорыв и достижение роста производительности на «цифровых» агропредприятиях путем разработки и запуска тиражируемых сквозных интеллектуальных систем», основанных на отечественных разработках. Ожидается, что суммарный экономический эффект от цифровизации составит более 4,8 трлн руб. в годовом выражении, а рост производительности труда – в 3-5 раз. [8-10].

Анализ статистической информации Центра прогнозирования и мониторинга Кубанского ГАУ по использованию элементов точного сельского хозяйства 64 регионов в 2018-2019 гг. показал, что элементы точного земледелия используются в 55 регионах, в 2834 хозяйствах на площади 15,5 млн га в 2019 г. По сравнению с 2018 г. количество регионов, использующих новые технологии в растениеводстве, увеличилось на 38 %; хозяйств – на 47 %, общая площадь, на которой применяются элементы точного земледелия, – на 24 % (таблица 1).

Таблица 1  
Динамика использования элементов точного земледелия в 2018-2019 гг. [11]

Год	Число регионов		Хозяйства, использующие точное земледелие	
	всего	использующих точное земледелие	всего	общая площадь, млн га
2018	52	40	1930	12,5
2019	64	55	2834	15,5
Разница, ед. / %	12 / 23	15 / 38	904 / 47	3 / 24

IT-технологии в области животноводства используются в 58 регионах из 68 проанализированных, в 1707 хозяйствах с общим поголовьем 3 млн голов. По сравнению с 2018 годом увеличилось количество регионов, использующих новые технологии в животноводстве, на 66 %; хозяйств – на 116 %; поголовье коров в хозяйствах, использующих элементы точного животноводства по регионам, – на 76 % (таблица 2) [11].

Таблица 2  
Динамика использования IT-технологии в животноводстве в 2018- 2019 гг. [11]

Год	Число регионов		Хозяйства, использующие элементы точного животноводства	
	всего	использующих цифровизацию	всего	поголовье КРС, млн голов
2018	46	35	789	1,7
2019	68	58	1707	3
Разница, ед. / %	22 / 48	23 / 66	918 / 116	1,3 / 76

По оценкам Сбербанка АПК входит в тройку первых отраслей экономики, которые будут активно проходить цифровую трансформацию в 2023-2025 гг. Поэтому Сбербанк, как многие другие, развивает технологии интернета вещей, тесно сотрудничает с предприятиями отрасли с применением искусственного интеллекта. Например, выдает кредиты на проведение сезонных полевых работ, более 20 % клиентов сегмента малого бизнеса получают кредит в течение трех минут. Технологии обработки информации позволяют также прогнозировать потребности в услугах и оптимизировать затраты. Экосистема Сбера для аграриев включает в себя:

- компанию «Технологии отраслевой трансформации» (ToT), которая предлагает уникальные по охвату и полноте решения для определения зон роста бизнеса и развития территорий, анализа социально-демографических, финансовых и поведенческих характеристик, определения целевой аудитории бизнеса и повышения ее лояльности;
- облачные услуги компании SberCloud, позволяющие сократить расходы на IT более чем на 30 % за счет использования современных облачных инфраструктурных и платформенных решений и повысить эффективность бизнеса;
- компанию СберКорус, которая работает с процессом комплексной автоматизации производства для работы с системами «Честный ЗНАК» и ФГИС «Меркурий», чтобы облегчить предприятиям переход к обязательной маркировке молочной продукции.

В 2020 г. Сбербанк начал разрабатывать модуль льготного кредитования для Минсельхоза России. Дочерняя компания «Сберкорус» (ранее – «Корус Консалтинг СНГ») проектирует клиентские сценарии и пользовательские пути в концепции будущей системы. Генеральным подрядчиком выступает ООО «ФОРС – Центр разработки». Разработка модуля льготного кредитования является частью системы цифровых сервисов для АПК [14].

Россельхозбанк запустил цифровую экосистему «Свое. Фермерство» для предприятий АПК. На единой платформе собраны все товары, услуги и сервисы агросектора, которые позволяют автоматизировать процессы, сэкономить время, ресурсы и вывести бизнес на новый уровень. Платформа доступна для всех, кто связан с сельским хозяйством: фермеров, производителей и поставщиков товаров для АПК, агропредприятий, а также представителей смежных бизнес-отраслей. Сервисы экосистемы разделены на три группы.

Первая группа – это сервисы для поддержки агробизнеса, например, базовый набор возможностей для цифрового управления фермой или получения квалифицированной ветеринарной помощи.

Вторая группа – расширяет рынок сбыта и помогает в вопросах реализации продукции и продвижения услуг в условиях ограниченного спроса, включает в себя также сервис, позволяющий раскрыть туристический потенциал.

Третья группа представляет собой облегченную версию продуктового ряда Россельхозбанка с финансовыми сервисами, например, возможностью удаленной подачи заявок на получение льготного кредитования. Кредитуя около 70 % малых форм хозяйствования на селе, за 20 лет поддержки фермерства Россельхозбанк накопил большое количество данных. Экосистема позволяет фермерам и предприятиям АПК автоматизировать работу и получать в удобном цифровом формате необходимые для этого сервисы.

Количество сервисов и услуг, предоставляемых на платформе «Свое. Фермерство» развивается. Запланирован сервис «Телеветеринария», который облегчит фермерам получение квалифицированной ветеринарной помощи. Это первый в России сервис дистанционной круглосуточной поддержки, разработанный совместно с «ВетЭксперт» для АПК.

Развивается маркетплейс «Свое родное» – сервис, где поставщики и производители товаров могут размещать свою продукцию, а покупатели – находить и выбирать подходящий товар и/или услугу от проверенных предпринимателей. Экосистема объединяет тысячи товаров от сотен российских производителей в категориях: семена, удобрения, средства защиты растений, техника, агрохимия, корма и другие, включает в себя более 5000 вакансий в агросекторе.

В ходе создания фермерской экосистемы Россельхозбанк в 2020 г. провел масштабное мероприятие AgroCode, центральным событием которого стал уникальный форум для разработчиков – хакатон Agro Hack на лучшую адаптацию IT-решений для агросектора, а также конкурсы идей в сфере агротехнологий AgroIdea и конференция FutureTech Conference. Призовой фонд банка составил 1,35 млн руб.

Смещение технологий в сторону «интернета вещей» определило переход операторов связи от концепции традиционных операторов связи к концепции центров цифровых трансформаций в формате «Agriculture 4.0». Так, компанией МТС разработано комплексное решение MTS Smart Farming для управления молочной фермой. Сейчас этот сервис внедрен на фермах в Кемеровской области и в Хабаровском крае. Софт позволяет отслеживать состояние здоровья коров, прогнозировать наступление половой охоты и отела, ставить задачи сотрудникам фермы и контролировать их выполнение.

Также МТС тестирует систему контроля за поголовьем скота в животноводческих хозяйствах группы компаний «Деревенский молочный завод». Компания внедрила радиодатчики-болусы, которые животные проглатывают вместе с кормом и пожизненно в желудке собирают информацию о здоровье животного – температуре, кислотности в желудке, двигательной активности и физиологическом состоянии. Поскольку на данном этапе оборудование и его обслуживание обходится до 500 руб. в месяц на одно животное, то система востребована у крупных и средних молочных ферм с поголовьем от 300 животных.

Компания «Tele2» в 2019 г. сообщила о создании пилотного проекта по цифровизации (в сотрудничестве с «Ericsson») в марикультурных фермах Приморского края, который позволяет с помощью датчиков, установленных в акваториях, измерять физические и гидрохимические параметры воды и анализировать их через IoT-платформу [12].

Компания «МегаФон» работает в области Big Data и интернета вещей, предлагая производителям сервис в этом сегменте в доступной форме. Компания приняла новую стратегию развития, нацеленную на то, чтобы стать оператором цифровых возможностей, интегратором, предлагающим комплексные решения под ключ. Также «Мегафон» предоставляет доступ к системе мониторинга крупного рогатого скота.

У компании «Билайн» есть несколько проектов для животноводства и растениеводства, в том числе связанных с выращиванием экзотических растений в условиях средней полосы России [2].

Необходимо отметить, что как банки, так и операторы связи, активно осваивают новые для себя формы услуг, формируя для клиентов экосистемы, которые размывают между ними границы. Такие крупные операторы как «Билайн», МТС, «Мегафон», Tele2 все активнее предлагают клиентам финансовые услуги.

«Мегафон» выпускает собственную карту, которая может быть пластиковой или виртуальной, платежной системы Mastercard, объединяющий счет с мобильным телефоном. Пластиковую карту «Билайн» платежной системы Mastercard могут получить лица, не являющиеся абонентами оператора. Карта может быть дебетовой или кредитной с льготным периодом и программой лояльности. Карта MTS Cashback «МТС банка» также имеет программу лояльности. Банковские карты нужны мобильным операторам для удерживания своих клиентов, анализа финансового поведения для персонализации предложений товаров и услуг.

Некоторые операторы расширили спектр финансовых услуг, предлагая потребительские кредиты банков-партнеров, при этом, например, клиенты Tele2, могут получить условия более выгодные, что связано с тем, что Tele2 имеет большой массив данных о клиентах, которые можно использовать для оценки благонадежности заемщика. Реализуется выдача кредитов от банков-партнеров на карту «Мегафона».

Развивается сектор инвестиций. Так, «Мегафон» и «БКС брокер» предлагают всем желающим приобрести акции Московской и Санкт-Петербургской бирж, а также возможность межвалютной торговли через мобильное приложение «Мегафон инвестиции». «Билайн», «Tele2» и «МТС» дают возможность вложиться в паевые инвестиционные фонды (ПИФ) управляющих компаний. В «Билайне» паи доступны в приложении «Мой Билайн», у «Tele2» – на отдельной интернет-странице финансовых сервисов оператора, «МТС» реализует отдельный сервис «МТС инвестиции [13,14].

Банки в свою очередь также осваивают новые услуги для клиентов. В настоящее время уже четыре банка осуществляют предоставление сотовой связи в качестве виртуальных операторов сотовой связи (англ. MVNO – mobile virtual network operator): Сбербанк, ВТБ, Тинькофф, Газпромбанк. Банки активно привлекают новых клиентов и анализируют собранный массив данных своих клиентов с помощью технологий обработки big data. У трех крупнейших по объему активов банков в России (Сбер, ВТБ, Газпромбанк) есть свои MVNO-проекты. Эксперты говорят, что рынок банковских MVNO в 2020 г. стал основным драйвером роста и фактически единственным полноценным сегментом российского рынка MVNO, который получил относительно массовое распространение [15].

Рынок IT в сельском хозяйстве стремительно развивается и в краткосрочной перспективе ожидается, что АПК будет входить в число лидеров цифровой трансформации среди отраслей экономики. Это определяет интерес сектора услуг, в частности банков и операторов связи для обеспечения растущего спроса на новые продукты и услуги в рамках реализуемой с государственной поддержкой цифровизации АПК. Стратегии по обеспечению потребностей агропромышленного сектора определяют в свою очередь цифровизацию самого сектора услуг и перспективы его роста и развития. Как банки пошли в MVNO, так и операторы связи сейчас предоставляют финансовые услуги, при этом все новшества своей цифровой транс-

формации сектор услуг может использовать для оптимизации своих ресурсов и создания новых источников дохода.

Государство поставило задачу, преобразовать сельское хозяйство посредством внедрения цифровых технологий и предлагает государственную поддержку в рамках ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство», что активизировало внедрение цифровых продуктов в отрасли, операторы связи становятся участниками процесса, финансовые услуги банков также часто необходимы для цифровой модернизации производств. Операторы связи и банки оказались на стыке цифровой трансформации отраслей и традиционных форматов обслуживания. Для сохранения своих лидерских позиций они формируют свои экосистемы, в основе которых лежит контроль изменений интересов клиентов и точечное удовлетворение их потребностей.

Цифровизация АПК способствовала трансформации сектора услуг банков и операторов связи от концепции традиционных услуг к концепции центров цифровых трансформаций в формате «Agriculture 4.0», что также способствует, во-первых, цифровой трансформации сектора услуг, во-вторых, повышению инновационной активности агропредприятий, особенно в регионах, поскольку сектор услуг, внедряет новые продукты, формирует экосистемы и применяет все более персонализированные предложения для аграрных компаний, что способствует повышению их цифровой и инновационной активности, а также грамотности.

#### Использованные источники:

1. Грибанов Ю.И. Цифровая трансформация социально-экономических систем на основе развития института сервисной интеграции: дис. ... д-ра экон. наук. – СПб. 2019. – 355 с.
2. Кузьмин В.Н. Маринченко Т.Е., Королькова А.П. и др. Региональный опыт инновационной деятельности в АПК: аналит. обзор. – М.: Росинформагротех, 2021. – 96 с.
3. Industrial IoT Market by Device & Technology, Connectivity Type, Software, Vertical (Manufacturing, Energy, Oil & Gas, Healthcare, Retail, Transportation, Metals & Mining, Agriculture), and Geography - Global Forecast to 2026 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5359988/industrial-iot-market-by-device-and-technology#src-pos-1> (дата обращения: 14.06.2021).
4. Маринченко Т.Е. Цифровизация АПК: предварительные итоги // Цифровизация агропромышленного комплекса: сб. науч. ст. II между. науч.-практ. конф. в 2-х томах. 2020. – Т. 2. – С. 531-535.
5. Концепция дорожной карты рынка FoodNet 2.0. [Электронный ресурс]. URL: [https://drive.google.com/file/d/1G87-osN1yhKEq-Ju0odg\\_sOGlhDCBf45/view/](https://drive.google.com/file/d/1G87-osN1yhKEq-Ju0odg_sOGlhDCBf45/view/) (дата обращения: 25.07.2021).
6. Ognivtsev S. Digitalization of the economy and the economy of agribusiness // International Agricultural Journal. – 2019. – № 2 (368). – P. 77-80.
7. Маринченко Т.Е., Королькова А.П. Алгоритм цифровизации АПК // Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Нальчик, 2020. – С. 153-156.
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>. (дата обращения: 25.07.2021).
9. Аналитический центр Минсельхоза России. [Электронный ресурс]. URL: <http://mexac.ru/o-tsentre/novosti/2198> (дата обращения: 21.05.2021).
10. Маринченко Т.Е. Перспективы цифровизации АПК в России // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 56.
11. Труфляк Е.В. Рейтинг регионов по использованию элементов точного сельского хозяйства. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 37 с.
12. Automation of the Russian agricultural sector: realities and prospects. [Электронный ресурс]. URL: <https://foodretail.com/news/avtomatizatsiya-rossiyskogo-agrosetora-realii-i-perspektivi-401250> (дата обращения: 27.05.2021).
13. Как мобильные операторы пытаются стать финансовыми супермаркетами. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2019/07/19/806827-mobilnie-operatori-pitayutsya-stat-finansovimi-supermarketami> (дата обращения: 18.06.2021).
14. Нечаева М.Л., Антонов А.В. Организационно-экономические аспекты формирования и использования финансовых ресурсов операторов мобильной связи // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 149-160.
15. Топ-3 банков в РФ обзавелся MVNO-операторами. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.comnews.ru/content/212289/2020-12-21/2020-w52/top-3-bankov-rf-obzavelsya-mvno-operatorami> (дата обращения: 21.05.2021).

УДК 631.171

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-304-305

*Михальцов Е.М., Даманский Р.В., Шмидт А.Н.,  
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»*

## **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ АПРОБАЦИИ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ХОЗЯЙСТВ**

В статье рассмотрены проблемы внедрения системы точного земледелия в сельскохозяйственных организациях Омской области и предложено изучение практических аспектов применения элементов системы точного земледелия в условиях опытно-производственных хозяйств научных центров регионов.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, система точного земледелия, машинно-тракторный парк, инвестиционная привлекательность.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства России в современных условиях многими экспертами связывается с применением инновационных технологий. Применение системы точного земледелия стало возможным благодаря достижению соответствующего уровня развития спутниковых и компьютерных технологий. Результативность этой системы земледелия доказана использованием в фермерских хозяйствах развитых западных стран. Казалось бы, что обширность сельскохозяйственных угодий в нашей стране должна выступать катализатором для форсированного внедрения системы точного земледелия, однако, одной из основных характеристик российского сельского хозяйства, несмотря на бесспорность его значения в обеспечении продовольственной независимости и экономических перспектив наращивания экспорта продукции за границу, продолжает оставаться техническое и технологическое отставание от развитых зарубежных стран [1].

Получение и анализ значительного объема информации о состоянии почвы во множестве точек поля выполняется с помощью спутникового и наземного оборудования и машин, направлены на применение дифференцированного подхода при возделывании сельхозкультур с учетом неоднородности плодородия почвы, вариативности ее характеристик в различных точках поля для проведения дальнейших обработок с целью максимизации урожая возделываемой культуры независимо от почвенных разностей.

Несмотря на перспективность системы точного земледелия, в Омской области внедряются только лишь отдельные ее элементы и только в небольшом количестве хозяйств. Как правило это технология параллельного вождения. Ее внедрение требует меньших затрат, а эффект от ее применения заметен уже на стадии посева.

Основными причинами, по которым система точного земледелия несмотря на свою перспективность до сих пор не находит широкого применения в Омской области, где сосредоточено около 21 % посевных площадей Сибирского Федерального округа [2], на наш взгляд, являются крайне высокая изношенность имеющегося машинно-тракторного парка и высокие цены на новую технику в условиях диспаритета цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию.

Сложившиеся экономические условия привели к тому, что в агропромышленной отрасли Омской области тракторный парк на 87,4 % состоит из машин, вышедших за пределы десятилетнего срока эксплуатации, а обновление его проходит крайне низкими темпами, не обеспечивая даже восполнения количественного состава при явном дефиците энергообеспеченности. Совершенно очевидно, что о перспективах развития системы точного земледелия в таких условиях говорить не приходится.

Исправить положение могло бы привлечение средств сторонних инвесторов или государства, но анализ рейтинга субъектов Российской Федерации по уровню развития сферы государственно-частного партнерства за последние пять лет (таблица 1) показывает, что Омская область на фоне соседних Новосибирской и Тюменской областей не выглядит более инвести-

ционно привлекательной, а Томская область в отличие от Омской, на протяжении последних четырех лет демонстрирует поступательный рост инвестиционной привлекательности.

Таблица 1

Рейтинг Омской области и граничащих с ней регионов по уровню развития государственно-частного партнерства\*

Регионы	Место в рейтинге регионов Российской Федерации				
	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год
Новосибирская область	4	4	9	7	10
Тюменская область	53	19	20	23	11
Омская область	59	49	61	50	58
Томская область	56	72	65	63	62

\* составлено по данным [3, 4, 5].

Таким образом, анализ пятилетних данных о рейтинге регионов по уровню государственно-частного партнерства не дает оснований полагать что сложившаяся тенденция в ближайшем будущем претерпит перелом в инвестировании сельскохозяйственной отрасли Омской области со стороны государства или частного бизнеса.

В существующих условиях внедрение системы точного земледелия может быть экономически выгодным только в хозяйствах со значительными площадями посевов. Очевидно, что ее использование в небольших хозяйствах может быть нецелесообразным в силу высокой стоимости машин и оборудования, а возмещение затрат на них может оказаться несоразмерным прибыли. Определенно очерченных границ этой целесообразности в настоящее время не существует.

На основании вышеизложенного рациональным подходом при внедрении системы точного земледелия на уровне регионов представляется поэтапное внедрение ее элементов в опытно-производственных хозяйствах региональных научных центров с последующей оценкой затрат и экономического эффекта от внедрения именно в местных условиях.

Предлагаемый подход позволит проанализировать экономическую эффективность применения элементов системы точного земледелия в зональных условиях, учитывая исходное состояние материальной базы, величину посевных площадей, структуру посевов, логистику грузоперевозок и перемещения транспорта и прочее.

Опыт использования элементов системы точного земледелия в опытно-производственных хозяйствах, а в дальнейшем и системы целиком может быть использован для разработки экономически обоснованных рекомендаций по переходу хозяйств к системе точного земледелия с учетом местных экономических и зональных условий. В конечном итоге это позволит хозяйственникам еще на стадии планирования оценить все риски и перспективы внедрения точного земледелия в данном конкретном хозяйстве.

#### Использованные источники:

1. Ловчикова Е.И., Солодовник А.И., Алпатов А.В. Развитие цифровизации агропромышленного комплекса на основе государственно-частного партнерства: проблемы и перспективы // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 6 (81). – С. 104-112.
2. Федеральная служба государственной статистики. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 19.08.2021).
3. Министерство экономического развития Российской Федерации. Рейтинг субъектов Российской Федерации по уровню развития сферы государственно-частного партнерства за 2019 год. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/764aafac33fa544aec5b3008619e92a8/reiting\\_gchp\\_022020.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/764aafac33fa544aec5b3008619e92a8/reiting_gchp_022020.pdf) (дата обращения 16.08.2021).
4. Национальный центр государственно-частного партнерства. Исследование Государственно-частное партнерство в России 2016-2017: текущее состояние и тренды, рейтинг регионов. [Электронный ресурс]. URL: <https://pppcenter.ru/upload/iblock/304/3040bf2d5455b38fe5296b2afdc8eda0.pdf> (дата обращения 16.08.2021).
5. Росинфра. Рейтинг регионов Российской Федерации по уровню развития ГЧП за 2018 год. [Электронный ресурс]. URL: // <https://rosinfra.ru/digest/rating/views> (дата обращения 16.08.2021).



*Назаров А.Н., Юзенко Ю.А.,  
Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ)*

## СЕЯЛКА ТОЧНОГО ВЫСЕВА ОРТИМА ТFМАХІ НА ПРЯМОМ ПОСЕВЕ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

В статье приведены характеристики и эксплуатационно-технологические показатели технических средств, обеспечивающих проведение прямого посева кукурузы на зерно.

**Ключевые слова:** прямой посев, кукуруза на зерно, сеялка, техническая характеристика, эксплуатационно-технологические показатели.

Последнее десятилетие прямой посев пропашных культур является одной из дискуссионных тем среди отечественных ученых и производителей. В первую очередь это обусловлено противоречивыми данными о результатах научно-практических экспериментов и хозяйственной практики применения прямого посева [1, 2].

В 2021 г. Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ) на базе К(Ф)Х Деревянко В.И. (ст. Бесскорбная Новокубанского района Краснодарского края) провел исследования сеялки точного высева Optima TFmaxi в оптимальные агротехнические сроки посева кукурузы на зерно.

Сеялка точного высева Optima TFmaxi (HD II+e-drive) (рисунок 1) предназначена для посева в мულчу и обычного сева кукурузы, с одновременным внесением удобрений.



Рисунок 1. Общий вид сеялки точного высева Optima TFmaxi в агрегате с трактором John Deere 8310RT

Сеялка точного высева Optima TFmaxi состоит из телескопической рамы, на которую установлен центральный бункер для удобрений и дополнительное оборудование для внесения жидких комплексных удобрений (ЖКУ), высевающих секций, дисковых и зубчатых сошников, спицевых дисков опорных колес, V-образных катков, основного шасси размером 250×450 мм, электрооборудования и гидросистемы для поднятия боковых секций. Соединительные компоненты для электроники и гидравлики размещены внутри рамы сеялки.

Система высева семян HD II+e-drive состоит из вакуумного высевающего центра с электроприводом и двухдискового сошника с семенным каналом. Высевающий центр не имеет уплотнительных колец, высевающий диск вращается вместе с вакуумной камерой. Вакуум создается через полуось вращения высевающего центра. Данная конструкция предотвращает потерю вакуума и, соответственно, требует меньшей мощности вентилятора. Верхний отделитель выполняет основную роль при поштучном разделении семян на высевающем диске. Нижний отделитель центрует семена сложной формы в отверстиях диска и полностью

исключает «двойники». В процессе настройки высевающего центра через смотровое окошко виден каждый из отделителей и результат изменения положения каждого из них.

Каждый высевающий аппарат с электроприводом в сочетании с GPS и GEOCONTROL автоматически включается или выключается в правильном месте, гарантируя отсутствие перекрытия какого-либо уже засеянного рядка, особенно при работе на полях неправильной формы или на поворотных полосах.

Электропривод Optima e-drive обеспечивает полный контроль всех функций сеялки и мониторинг сева из кабины трактора с помощью оптического сенсора в соответствии со стандартом ISOBUS. Благодаря электроприводу e-drive каждая высевающая секция управляется индивидуально с помощью электронного монитора, междурядье настраивается по необходимости. Вся информация вводится и считывается с помощью терминалов IsoMarch Tellus PRO (рисунок 2). Интуитивный интерфейс терминала разработан для круглосуточного использования. Под рукой у оператора находятся все важнейшие функции машины. На верхнем мониторе отображены функции оборудования для внесения удобрений, а нижний управляет высевающими секциями сеялки.



Рисунок 2. Общий вид ISOBUS терминала модели IsoMatch Tellus

Система управления включает в себя также оптоэлектронный контроль высева и управление всеми гидравлическими функциями сеялки (складывание, маркеры и т. п.).

Высевающая секция и двухдисковые сошники крепятся к раме при помощи параллелограммного механизма, копирование рельефа поля и плавность хода обеспечиваются двумя опорными колесами на шагающей подвеске. Точное размещение и закрывание семян обеспечивается промежуточным прикатывающим катком (опция) и регулируемые V-образным прикатывающими колесами.

Оптимальный контроль глубины даже в экстремальных условиях обеспечивает собственный вес секции, с возможностью дополнительного нагружения до 100 кг индивидуально для каждой секции системой пружин.

При переводе машины в транспортное положение рама телескопически удлиняется таким образом, чтобы секции с двумя крыльями складывались параллельно главной раме. В транспортном положении общая ширина составляет 3,0 м.

Опционально сеялка может быть оснащена бункером для семян вместимостью 1000 л, шнеком для загрузки удобрений, промежуточными катками и устройством для внесения микрогранулята.

Сеялка точного высева Optima TFmaxi HD II+e-drive дополнительно оборудована устройством LF 600 M1.

Устройство для внесения жидких удобрений LF 600 M1 (APV, Австрия) предназначено для локального внесения жидких удобрений и биостимуляторов, при различных рабочих

операциях за один рабочий проход, таких как обработка почвы и всходов, боронование и посев (рисунок 3).



Рисунок 3. Общий вид устройства для внесения жидких удобрений LF 600 M1

Устройство для внесения жидких удобрений LF 600 M1 состоит из: стальной рамы, баков для удобрения и чистой воды, крышки бака для удобрения с заливной сеткой, опоры, освещения, двух шаровых кранов, всасывающего фильтра, датчика уровня заполнения.

Устройство для внесения ЖКУ LF 600 M1 разработано специально для дозирования жидкостей. Основной упор сделан на удобстве использования и точности дозирования всех используемых в сельском хозяйстве жидких удобрений. Разнообразная регулировка норм внесения во время прохода настраивается посредством управляющего модуля 5.2 (рисунок 4). В процессе эксплуатации ее можно изменять, в зависимости от условий внесения ЖКУ.



Рисунок 4. Общий вид управляющего модуля 5.2 устройства для внесения ЖКУ LF 600 M1

Адаптированное к скорости внесение жидких удобрений и управление на разворотной полосе у LF 600 M1 происходит с помощью разных датчиков (GPS-датчика, датчиков подъемного механизма, 7-полюсного сигнального кабеля). За точное внесение по рядам отвечают форсунки, которые размещаются на сеялке. Точная регулировка количества вносимых удобрений обеспечивается датчиком расхода.

Краткая техническая характеристика сеялки точного высева Optima TFmaxi HD II+e-drive приведена в таблице 1.

Посев кукурузы производится по минимально обработанной с осени почве (глубокое рыхление с целью заделки органического удобрения и сплошная культивация). Основными предшественниками являются озимая пшеница и кукуруза на зерно, а также озимый ячмень и соя.

В производственных условиях сеялка агрегируется с гусеничным трактором John Deere 8310RT с мощностью двигателя 320 л. с. Управление трактором и работой сеялки производится высококвалифицированным механизатором.



Таблица 1

Краткая техническая характеристика сеялки точного высева Optima TFmaxi HD II+e-drive

Наименование показателя	Значение показателя
Тип машины	прицепной
Агрегатирование	От 220 л.с.
Рабочая ширина захвата, м	12
Рабочие скорости движения, км/ч	8-10
Транспортная скорость, км/ч	50
Габаритные размеры машины в транспортном положении, мм	9800×3000×3480
Междурядье, см	70, 75, 80
Емкость бункера: - семян, л - удобрений, л	55 (16 шт.) 4000
Количество двухдисковых сошников, шт.	16
Оборудование для внесения ЖКУ LF 600 M1: - емкость бака, л - масса, кг	600 120
Изготовитель	Kverneland Group

Посевные работы в хозяйстве производятся с внесением ЖКУ, поэтому бункер для гранулированных удобрений остается неиспользованным. Транспортирование ЖКУ и заправка бака LF 600 M1 осуществляется из двух пластиковых емкостей (вместимостью 5 м<sup>3</sup> каждая), размещенных в кузове полуприцепа, агрегатируемого трактором ХТЗ-150 (рисунок 5).



Рисунок 5. Общий вид агрегата с емкостями для ЖКУ

Заправка семенами баков семенных секций осуществлялась механизаторами вручную из мешков.

С целью максимальной реализации потенциала сеялки работа в хозяйстве ведется в круглосуточном режиме.

Основные эксплуатационно-технологические показатели агрегата получены с использованием методических положений стандартов по испытаниям сельскохозяйственной техники (таблица 2) [3-5].

Возможности электронных систем управления, в том числе навигации, и исполнительных органов высевающих аппаратов позволяют производить высев семян без перекрытия засеянных участков в углах поля или на разворотной полосе. Общий вид поля после прохода сеялки представлен на рисунке 6.

Эксплуатационно-технологические показатели агрегата  
John Deere 8310RT+Optima TFmaxi HD II+e-drive

Наименование показателя	Значение показателя
Предшествующая обработка почвы	сплошная культивация
Предшественник	озимая пшеница
<i>Эксплуатационно-технологические показатели</i>	
Рабочая скорость движения, км/ч	8,5
Рабочая ширина захвата, м	11,2
Производительность за 1 ч времени, га:	
- основного	9,0
- сменного	5,0
Удельный расход топлива за время сменной работы, кг/га	3,1
<i>Качество выполнения технологического процесса</i>	
Норма высева семян, тыс. шт./га	78
Глубина заделки семян, см	4,3
Количество незаделанных семян в почву, шт./м <sup>2</sup>	0
Доза внесения ЖКУ, л/га	20,0
Гребнистость, см	4,1



Рисунок 6. Общий вид поля после прохода агрегата по предшественнику озимая пшеница

Анализ научно-технических публикаций и результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Практическая реализация прямого посева кукурузы на зерно с одновременным внесением жидких удобрений осуществляется с использованием высокопроизводительной техники зарубежного производства (как тракторов, так и сельхозмашин), оснащенной электронными системами управления и навигации.

Для раскрытия потенциала техника эксплуатируется максимально возможное время в сутки, при этом суточная выработка агрегата может достигать 110-120 га.

2. Пропашная сеялка Optima TFmaxi HD II обеспечивает высокое качество посева, размещая 95 % семян в заданном посевном горизонте. На поверхности почвы остаются единичные семена.

3. На данной операции имеется потенциал повышения производительности в части организации механизированной загрузки семян.

**Использованные источники:**

1. Науку привяжут к «нулю» // Деловой крестьянин. – 2019. – № 5. – С. 12-14.
2. Теоретические основы формирования агротехнологической политики применения нулевых и поверхностных обработок почвы под зерновые культуры для модернизации земледелия. – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. – 81 с.
3. ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
4. ГОСТ 24055-2016 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Стандартинформ, 2017. – 23 с.
5. ГОСТ 31345-2017 Техника сельскохозяйственная. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2018. – 54 с.

УДК 629.114.2.-192

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-311-315

*Немцев А.Е., Деменок И.В., Коптева И.В., Вахрушев В.В.,  
СибИМЭ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЕВ ТЕХНИКИ В ХОЗЯЙСТВЕ**

Для оценки продолжительности простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий отказов в хозяйстве в связи со сложностью расчетов разработана информационная технология на основе электронной таблицы персонального компьютера. При помощи информационной технологии были проведены расчеты продолжительности простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий отказов в хозяйстве через обобщенный показатель – продолжительность времени простоев техники при устранении последствий ее отказов. На примере зерноуборочных комбайнов Новосибирской области при выполнении технологического процесса устранения последствий отказов сельскохозяйственной техники в хозяйстве с обслуживающего уровня «район» продолжительность времени ее простоев составила, в среднем, 9,53 часа с погрешностью 2,3 %.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, техника, отказ, продолжительность простоев, информационная технология.

**Введение.** В данной статье представлена методика формирования и определения общей продолжительности времени простоев техники при устранении последствий отказа или продолжительности удовлетворения спроса на заявку по техническому сервису  $T_{УС}$  [1].

В связи со сложностью расчетов, разработана информационная технология оценки продолжительности времени простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий ее отказов в хозяйстве. Для обработки собранной информации разработаны входные и выходные формы – листы. По входной информации в виде этих форм – листов (электронных таблиц) с гиперссылками по переходам к необходимым данным проводятся расчеты продолжительности времени простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий ее отказов в хозяйстве, и выдаются рекомендации для принятия решений в виде форм выходной информации.

**Материалы и методы.** Применяются математические методы аналитического моделирования, теории массового обслуживания, информационные технологии.

Общее время простоев техники при устранении последствий отказа или продолжительность удовлетворения спроса на заявку по техническому сервису  $T_{УС}$  состоит из следующих составляющих [1]:

$$T_{УС} = T_{ПО} + T_{ОЖ} + T_{ОТ} + T_{ДЗ} + T_{УО}, \quad (1)$$

где  $T_{УС}$  – время удовлетворения спроса на заявку по техническому сервису, ч;

$T_{ПО}$  – продолжительность определения причины отказа с проведением диагностики и передачи информации об отказе на обслуживающий уровень системы, ч;

$T_{ОЖ}$  – время ожидания обслуживания заявки в зависимости от наличия в резерве необходимых запчастей, ч;

$T_{ОТ}$  – время ожидания транспорта для выполнения заявки, ч;

$T_{ДЗ}$  – время доставки запасных частей с сервисного предприятия до обслуживаемого объекта, ч;

$T_{УО}$  – продолжительность непосредственного устранения последствий отказа (демонтаж, сварочные работы, монтаж), ч.

Составляющие в формуле (1) определяются, согласно [1].

Предполагается трехуровневая система обслуживания техники и снабжения запасными частями – хозяйство, район, область. Оперативное время восстановления работоспособности сельскохозяйственной техники предусматривает обеспечение запасными частями с любого уровня системы.

Расчеты проводятся на основе электронной таблицы Microsoft Excel персонального компьютера.

**Методика** оценки продолжительности времени простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий отказов разрабатывалась в соответствии с тематикой лаборатории технического сервиса машинно-тракторного парка Сибирского института механизации и электрификации СФНЦА РАН [1, 2, 3]. Ниже приведены формы рабочих таблиц.

Форма 1 содержит меню программы «Технический сервис», реализующей технологический процесс оценки продолжительности времени простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий отказов: наименование операций и переходы к ним: ввод и корректировка нормативно-справочной информации (НСИ); ввод оперативной информации; корректировка и выдача сведений по технической услуге «Устранение последствий отказа»; корректировка и выдача сведений по технической услуге «Проведение операций технического обслуживания (ТО)»; корректировки и выдача сведений по технической услуге «Заявочное диагностирование»; выдача сводной информации; вид технической услуги (таблица 1).

Таблица 1

Форма 1. Меню технологического процесса оценки продолжительности времени простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий отказов

№	Наименование операции	Переход
1	Ввод и корректировка НСИ	НСИ!A1
2	Ввод оперативной информации	Оперативная инф.!A1
3	Корректировка и выдача сведений по технической услуге: «Устранение последствий отказа»	Устранение отказа!A1
4	Корректировка и выдача сведений по технической услуге: «Проведение операций технического обслуживания (ТО)»	ТО!A1
5	Корректировки и выдача сведений по технической услуге: «Заявочное диагностирование»	Диагностика!A1
6	Выдача сводной информации	Сводная информация!A1
7	Вид технической услуги	Вид тех. услуги!A1

В формах 2-7 (таблицы 2-7) представлены разработанные формы входной НСИ в виде листов электронной таблицы с гиперссылками. Приведен пример таблиц для хозяйств Коченевского района Новосибирской области (НСО). В таблице 2 – входная нормативно-справочная информация: виды обслуживаемой техники; информация по сельхозтоваропроизводителям; НСИ по сервисным техническим центрам НСО; информация по транспортным средствам для перевозки запасных частей (ЗЧ). В таблице 3 – НСИ по видам обслуживаемой техники. В таблице 4 перечислены сельхозтоваропроизводители Коченевского района НСО, в таблице 5 – транспортные средства для доставки запасных частей из района в хозяйство. В таблице 6 – информация по районам, обслуживаемым техническим центрам (ТЦ) ОАО «Коченевское», в таблице 7 – НСИ по зерноуборочным комбайнам.



Таблица 2

## Форма 2. Входная нормативно-справочная информация

№	НСИ	Гиперссылка
1	Вид обслуживаемой техники	НСИ Вид тех!A1
2	Сельхозтоваропроизводители	Хозяйства!A1
3	Сервисные технические центры	Тех. центры!A1
4	Транспортные средства для доставки ЗЧ	Тран. ЗЧ!A1

Таблица 3

## Форма 3. Виды обслуживаемой техники

Зерноуборочные комбайны		Тракторы	Другая техника
Марки техники и их агрегаты			
Нива - Эффект	Агрегаты комбайнов!A5	К-744Р	
Вектор – 410	Агрегаты комбайнов!A15	МТЗ-1221.5	
КЗС-1218 «Полесье»	Агрегаты комбайнов!A25		
John Deere	Агрегаты комбайнов!A35		

Таблица 4

## Форма 4. Хозяйства Коченевского района НСО

Шифр	Наименования хозяйства	Расстояния до ТЦ ОАО «Коченевское», км
3.3.2.	ЗАО «Раздольное»	29
3.3.3.	ООО «Агросиб»	3
3.3.4.	ФГУП «Кремлевское»	25
3.3.5.	ОАО «Племзавод Чикский»	18
3.3.6.	ЗАО «Чистополье»	5

Таблица 5

## Форма 5. Транспортные средства для перевозки запасных частей

Шифр	Марки транспортных средств для перевозки запасных частей	Средняя скорость движения, км/ч	Расстояние, км	Доставка, ч
1	Автомобиль ГАЗ	20	5	0,25
2	Газель	30		

Таблица 6

## Форма 6. Районы, обслуживаемые Техническим центром ОАО «Коченевское»

Шифр	Наименование района	Расстояния от районного центра до ТЦ ОАО «Коченевское», км
3.1	Каргатский	160
3.2	Кольванский	60
3.3	Коченевский	2
3.4	Новосибирский	57
3.5	Ордынский	160
3.6	Чулымский	105

Таблица 7

## Форма 7. Зерноуборочные комбайны

№	Марки зерноуборочных комбайнов	Гиперссылка	Хозяйственный номер
1	Нива - Эффект	Агрегаты комбайнов!A5	1234
2	Вектор – 410	Агрегаты комбайнов!A15	1235
3	КЗС-1218 «Полесье»	Агрегаты комбайнов!A25	1236
4	Gohn Deere	Агрегаты комбайнов!A35	1237

Для контрольного примера было выбрано хозяйство ЗАО «Чистополье» Коченевского района Новосибирской области. В таблице 8 приведена промежуточная Форма 8, рассчитанная программой «Технический сервис», с информацией о продолжительности простоя зерноуборочного комбайна Нива-Эффект после отказа его двигателя Д-260.1S2-610.

Таблица 8

Форма 8 (расчетная). Продолжительность времени оказания услуги для зерноуборочного комбайна Нива-Эффект

№	Наименования агрегатов	Время на демонтаж, ч	Время на установку, ч	Продолжительность времени определения причины отказа и передачи заявки об отказе, ч	Продолжительность времени комплектования необходимой ЗЧ, ч	Продолжительность времени ожидания транспорта для доставки ЗЧ, ч	Продолжительность времени доставки ЗЧ с СП, ч	Продолжительность времени оказания услуги, ч
1	Двигатель Д-260.1S2-610	3,9	3,5	0,5	0,44	0,94	0,25	7,4

Выходная форма 9 – сформированная заявка – содержит результаты расчета «Основные параметры условий решения задачи»: «Оценка продолжительности времени удовлетворения заявки на услугу по техническому сервису для хозяйства с уровня «район»» (таблица 9).

Выходная форма 10 представляет собой результирующую таблицу по расчету общей продолжительности времени выполнения заявки по техническому сервису в хозяйстве с уровня «район» с разбивкой по составляющим (таблица 10).

Таблица 9

Форма 9. Заявки на услугу по техническому сервису для хозяйства с уровня «район»

Область	Новосибирская
Район	Коченевский
Сельхозтоваропроизводитель (СХП)	ЗАО «Чистополье»
Сервисное предприятие (СП), Технический центр (ТЦ)	ТЦ ОАО «Коченевское»
Вид обслуживаемой техники, марка	Зерноуборочный комбайн Нива - Эффект
Вид технического сервиса (устранение последствий отказа (УПО), ТО-1, ТО-2, ТО-3, СТО, заявочная диагностика)	Устранение последствий отказа (УПО)
ФИО механизатора СХП	Петров И.И.
Марка транспортного средства для доставки ЗЧ	Автомобиль ГАЗ
Наименование отказавшего узла, агрегата, затребованной запасной части (ЗЧ)	Двигатель Д-260.1S2-610

**Результаты и обсуждение.** Исследования направлены на сокращение времени простоев техники, которое зависит от оперативности ее восстановления, в т. ч. от продолжительности времени устранения последствий отказов. Оперативность устранения последствий отказов во многом зависит от того, насколько параметры всех уровней системы «хозяйство-район-область» будут согласованы между собой для обеспечения непрерывного выполнения технологических процессов в агротехнические сроки. Программой «Технический сервис» предусмотрен вывод на печать всех форм входной, промежуточной и выходной информации, вышеприведенной в таблицах. Для механизатора хозяйства выводится на печать Форма 9 – «Заявка на услугу по техническому сервису для хозяйства с уровня «район». Особенно важен для принятия решений вывод на печать расчетной выходной информации – Формы 10 «Устранение последствий отказа» («Продолжительность времени удовлетворения заявки на услугу»). В форме 10 сравниваются расчетные и фактические значения составляющих времени

удовлетворения заявки на услугу. Фактические значения представляют собой базу данных, ранее собранных и накопленных фактических статистических измерений.

Таблица 10

## Форма 10. «Устранение последствий отказа»

Продолжительность времени удовлетворения заявки на услугу – устранение последствий отказа

Наименование	Расчетная	Фактическая
Продолжительность времени определения причины отказа (с проведением диагностики) и передачи заявки об отказе, ч	0,5	0,6
Продолжительность времени поиска и комплектования необходимых ЗЧ, ч	0,4	0,5
Продолжительность времени ожидания и комплектования транспорта для доставки ЗЧ, ч	0,94	1,0
Продолжительность времени доставки ЗЧ из района до обслуживаемой техники СХП, ч	0,25	0,5
Продолжительность времени оказания услуги (демонтаж, монтаж машины), ч	7,4	7,4
Общая продолжительность выполнения заявки по техническому сервису в хозяйстве, ч	9,53	10

**Выводы.** С применением разработанной информационной технологии рассчитана продолжительность времени простоев сельскохозяйственной техники при устранении последствий внезапных отказов в хозяйстве. Приведен расчет контрольного примера, представленного в формах таблиц. Для зерноуборочного комбайна «Нива-Эффект» продолжительность времени простоя по «агрегату Двигатель Д-260.1S2-610» при устранении последствий отказа в хозяйстве ЗАО «Чистополье» Коченевского района Новосибирской области с уровня «район» составила в среднем 9,53 часа с погрешностью 2,3 %.

**Использованные источники:**

1. Немцев А.Е. Обеспечение работоспособности мобильной сельскохозяйственной техники на основе резервирования обменного фонда: авторефер. дис. ... д-ра техн. наук. – Новосибирск: ВАСХНИЛ, СибИМЭ, 1998. – 44 с.
2. Немцев А.Е., Деменок И.В. Оценка продолжительности времени простоев техники при устранении последствий отказов // сборник докладов XXIII Международной научно-технической конференции, Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Федеральное агентство научных организаций под ред.: П.П. Казакевич. – Минск: Беларуская навука, 2020. – С. 335-340. – ISBN 978-985-08-2664-0:~Б.ц.
3. Вахрушев В.В., Немцев А.Е., Деменок И.В., Коптева И.В. Метод оценки продолжительности выполнения технологического процесса в хозяйстве // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Новосибирск: СФНЦА РАН. – 2021. – С. 253-257.

УДК 006.057.2

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-315-319

*Пиджакова Е.Н.<sup>1</sup>, Казанцева Т.В.<sup>1</sup>, Казанцева Н.К.<sup>1,2</sup>, Бабичев А.С.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург,  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «УрГАУ», г. Екатеринбург*

### ОСОБЕННОСТИ ОБНОВЛЕНИЯ БАЗЫ СТАНДАРТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ АПК

В условиях перехода к цифровой экономике и внедрения цифровых технологий необходима цифровизация документов по стандартизации на всех уровнях управления. Любая база нормативных документов является базой данных для построения информационной системы. Проведенный анализ выявленных достоинств и недос-

татков различных моделей баз данных позволяет сделать вывод, что для адаптации информационной системы стандартов для работы в условиях цифровой экономики наиболее перспективной является семантическая модель данных. В статье рассматривается концептуальная модель обновления требований стандартов на базе семантической модели данных.

**Ключевые слова:** цифровая экономика, стандарт, база данных, модель данных.

В настоящее время мировая экономика находится на пороге новой трансформации. Ускорение преобразований в обществе происходит из-за внедрения новых информационно-коммуникационных технологий. Особенность цифровой экономики – это ведение хозяйственной деятельности с хранением данных в электронном виде и постоянной обработкой информации в больших объемах, что дает возможность получать точные и объективные сведения для оптимизации бизнес процессов.

Стандартизация как наука реагирует на «большие вызовы» в рамках стратегий и программ развития страны [1]. Для выхода на траекторию опережающего развития принят ряд законодательных актов и нормативных правил. Принята Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая реализуется в соответствии с Указом Президента Российской Федерации № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями на 21 июля 2020 года). Данная программа служила основанием для разработки Ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство», целью которой является цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности труда на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в два раза к 2024 году. В рамках данной программы предусмотрено осуществить комплексную цифровую трансформацию экономики и социальной сферы России через разработку законодательства в области цифровых технологий, модернизацию цифровой инфраструктуры, внедрение цифровых практик и подготовку соответствующих кадров.

Стандарты, как нормативные документы, действующие на основе принципов комплексной и опережающей стандартизации, занимают особое место на всех стадиях жизненного цикла продукции [2]. Именно уровень заявленных в стандартах требований к продукции определяет потенциальную конкурентоспособность этой продукции. Цифровизация информации стандартов зачастую очень затруднена из-за сложности взаимосвязанности требований [3].

Национальная база стандартов, как и база нормативных документов любого предприятия, по сути представляет собой информационную систему, в которой циркулируют большие объемы информации взаимосвязанных данных о стандартах, уровень требований в которой предметной области [4, 5]. Любая информационная система – это совокупность технических и программных средств, обеспечивающих сбор, хранение, обработку, поиск и выдачу информации. В основе любой информационной системы лежит база данных, в которой хранится и обрабатывается вся информация.

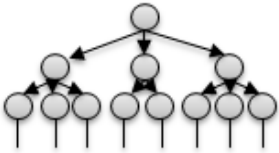

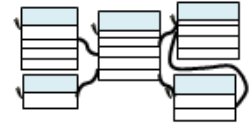
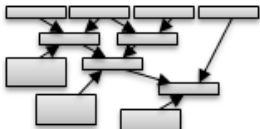
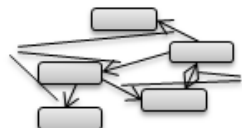
База данных является основой информационной системы, ее центральным звеном. Модель данных описывает информационные объекты предметной области, взаимосвязи между ними и позволяет определить границу между аспектами управления базой данных. Именно выбранная модель данных позволяет обеспечить конечным пользователям и программистам возможность и средства общего понимания смысла данных, возможность обработки множеств.

На концептуальном уровне данные представляются в виде абстрактных понятий, учитывающих особенности рассматриваемой предметной области. На данном уровне вводятся абстрактные понятия, такие как сущность и связь, агрегация и обобщение, что позволяет формализовать приемы обработки информации. Названия этих понятий для разных моделей концептуального уровня представления данных отличаются, но, в целом, они определяют особенности объектов предметной области и взаимосвязи между ними.

В таблице 1 приведены и оценены наиболее известные модели баз данных с точки зрения возможности их использования в электронной библиотеке стандартов.

Таблица 1

## Достоинства и причины затрудненности использования различных моделей данных

Наименование и вид модели данных	Достоинства модели	Причины затрудненности использования
Иерархическая 	1 точность и достоверность информации, 2 удобство для работы с упорядоченной информацией	1 дублирование данных: стандарты могут включаться в несколько групп или подгрупп, 2 громоздкость для обработки всей базы стандартов
Сетевая 	1 гибкость, быстроедействие, 2 универсальность, 3 возможность доступа к данным различного уровня	1 сложная структура памяти для хранения базы стандартов, 2 невозможность изменений в структуре
Реляционная 	1 удобство реализации связей, 2 однородность	1 ограниченность описания связей, 2 неделимость данных, хранящихся в полях записей таблиц
Объектно-ориентированная 	1 поддержка сложных объектов, 2 идентификация отдельных записей	1 неудобство и сложность обработки данных, 2 низкая скорость обработки
Семантическая 	1 возможность масштабирования, 2 отражение смысловых характеристик	1 затруднительно формирование модели, 2 трудоемкость

Проведенный анализ выявленных достоинств и недостатков различных моделей баз данных позволяет сделать вывод, что для адаптации информационной системы стандартов для работы в условиях цифровой экономики наиболее перспективной является семантическая модель данных [6-7]. Наиболее часто на практике семантическое моделирование используется на первой стадии проектирования базы данных.

При представлении семантической модели руководствуемся понятиями, представленными в таблице 2.

На основе сделанных авторами допущений была разработана концептуальная модель обновления требований стандартов в электронной библиотеке стандартов (рисунок 1).

На схеме указаны направления движения информации на различных стадиях обновления информации в стандарте в терминах документа ГОСТ Р 1.2-2020 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления, внесения поправок и отмены». В моделируемой ситуации стандарт соответствует понятию сущность.

В своем цикле стандарт может претерпевать различные состояния, такие как включение в фонд нового стандарта, внесение поправок в действующий стандарт, обновление посредством пересмотра или внесением изменений, отмена стандарта.

Применительно к устанавливаемым взаимосвязям в электронной библиотеке стандартов, в случае введения стандарта впервые, он включается в информационный фонд, распространяет изменения по действующим документам, вносит изменения в текст действующих стан-

дартов и осуществляет отслеживание информации о появлении вновь принятых стандартов и о внесении изменений в действующие стандарты.

Таблица 2

Понятия и обозначения, используемые при построении семантической модели

Наименование	Графическое изображение элемента	Значение элемента
Сущность	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Имя сущности</div>	Предмет, который может быть идентифицирован некоторым способом, отличающим его от других предметов
Атрибут	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Имя атрибута</div>	Свойство сущности
Связь	<div style="border: 1px solid black; width: fit-content; height: fit-content; margin: 0 auto;">Имя связи</div>	Ассоциация, устанавливаемая между сущностями



Рисунок 1. Концептуальная модель обновления требований стандартов

В случае обновления стандарта, если он пересматривается, взамен вводится новый стандарт, старый документ отменяют, а в новом указывают, взамен какого старого стандарта он разработан. Затем новый стандарт должен попасть в информационный фонд, в соответствии с содержанием нового стандарта распространяются изменения по действующим документам, вносятся изменения в текст действующих стандартов. Непрерывно происходит отслеживание информации о появлении вновь принятых стандартов и о внесении изменений в действующие стандарты.

В случае отмены стандарта взамен него вводится новый стандарт, тогда идет включение новых стандартов в фонд цифровой библиотеки, распространение изменений по нормативным ссылкам стандартов, внесение изменений в текст действующего стандарта, отслеживание информации о появлении вновь принятых стандартов и о внесении изменений в действующие стандарты. В случае отмены действующего стандарта убираются ссылки на отмененный стандарт из текста действующих стандартов.

На основании выделенных характеристик стандарта, способных обеспечивать его идентификацию, предлагается использовать электронную карту стандарта, в которой отражаются все виды информации о нем. Благодаря обеспечению представления модели объекта при из-

менении одного из параметров происходит автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов. Представим определение карты стандарта как виртуальное представление действующего документа (и связанных с ним среды и процессов), которое обновляется за счет обмена информацией между физическими и виртуальными системами.

Создание карты стандарта позволит отражать содержание соответствующего стандарта, своевременно изменять информацию, в случае внесения изменений в нормативный документ, и обеспечить быстрый поиск искомого стандарта по группе характеристик, заявленных пользователем.

Карты стандартов формируют цифровую библиотеку, которая отслеживает происходящие изменения в документах и вносит изменения в карту. Далее эта информация служит источником поиска в электронной библиотеке стандартов для пользователей библиотеки.

Таким образом, определены следующие особенности обновления баз данных стандартов АПК:

- в условиях становления цифровой экономики необходимо обеспечение достаточной скорости обмена информацией и быстродействия обновления и предоставления новых сведений из действующих стандартов;
- имеющуюся базу стандартов, как национального, так и корпоративного уровня, можно рассматривать в рамках информационной системы, описываемой моделью данных;
- с учетом проведенной оценки наиболее известных моделей баз данных применительно к использованию их возможностей в электронной библиотеке стандартов наиболее перспективной является семантическая модель данных;
- в рамках семантической модели данных на концептуальном уровне представлены необходимые сущности, атрибуты и связи между существующими стандартами и их обновлением в создаваемой информационной системе.

#### Использованные источники:

1. Белобрагин В.Я., Зажигалкин А.В. Техническое регулирование на рубеже индустрии 4.0 : монография. – М.: Научный консультант, 2019. – 95 с.
2. Полякова М.А. Казанцева Т.В., Казанцева Н.К., Ткачук Г.А. Использование принципа комплексной стандартизации для определения взаимоувязанных требований к объекту стандартизации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 11. – С. 519-523.
3. Казанцева Н.К., Ткачук Г.А., Казанцева Т.В. Что необходимо изменить в системе управления стандартами // Стандарты и качество. – 2020. – № 6. – С. 14-18.
4. Кудрявцев В.Б., Гасанов Э.Э., Подколзин А.С. Интеллектуальные системы. – М.: Юрайт, 2017. – 219 с.
5. Федорова Г.Н. Основы проектирования баз данных : учебное пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2019. – 224 с.
6. Пиджакова Е.Н., Бабичев А., Казанцева Н.К. О модели управления информационной системой стандартизации // Системная интеграция научных знаний. – Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2020. – С. 12-16.
7. Пиджакова Е.Н., Бабичев А., Казанцева Н.К. Возможности семантической модели данных для создания электронной библиотеки стандартов // Молодежь и наука. – 2021. – № 1. – С. 127-132.

УДК 636.2

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-319-324

*Ранта-Корхонен Т.<sup>1</sup>, Маркова М.В.<sup>1</sup>, Васильев Э.В.<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup>Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии (Хатк), г. Миккели, Финляндия,*

*<sup>2</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург*

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОЕКТА ЛУГА-БАЛТ-2

Статья посвящена результатам мониторинга состояния воды реки Урпаланйоки в районе города Миккели в Финляндии и реки Луга в России для подготовки предложений по улучшению их состояния. По результатам



мониторинга выявили хорошее качество воды в реке Урпаланйоки. Показано, что качество воды в реке Луга ухудшается в направлении ниже по течению. Так, содержание азота по Кьельдалю в точке выше по течению составляет 10,8 миллиграммов на литр, а в точке вниз по течению – только 1,6 миллиграмма. Подготовлены конкретные предложения по улучшению состояния реки Луга.

**Ключевые слова:** экологическая оценка, биогенная нагрузка на водные объекты, эвтрофикация водоемов, мониторинг.

Вопрос поддержания и улучшения состояния окружающей природной среды не имеет региональных и межгосударственных границ. Большие водные объекты, например Балтийское море, имеют обширные водосборные территории с множеством озер и рек. В таких условиях сложно улучшить состояние водного объекта без межгосударственного взаимодействия [1, 2]. Установлено постоянное ухудшение состояния Балтийского моря, в том числе и в результате сельскохозяйственной деятельности [3-7].

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии (*Hamk*) участвует в международном проекте Луга-Балт2 (Благополучная окружающая среда и чистые водные пути в голубое Балтийское море (*Safe Environment and Cleaner Waterways to Blue Baltic Sea*)), включающий мониторинг состояния водных объектов на целевых территориях Миккели и Луга. Кроме Университета прикладных наук Юго-Восточной Финляндии, проект реализуется Центром природных ресурсов Финляндии (*Luke*), а также основным партнером с российской стороны ИАЭП – филиалом ФНАЦ ВИМ и Межрегиональной общественной организацией «Общество содействия устойчивому развитию сельских территорий». Период реализации проекта Луга-Балт2 – с 01.02.2019 по 31.12.2021. Проект финансируется программой *Cross-Border Cooperation* Юго-Восточная Финляндия – Россия и Программой приграничного сотрудничества поддержки совместных проектов по внешним границам ЕС.

Во время проведения исследований отобраны пробы воды и проведен их анализ в лаборатории. В Университете прикладных наук Юго-Восточной Финляндии выполнили онлайн-мониторинг качества воды в пилотных точках проекта на реке Урпаланйоки с помощью непрерывно действующего водного зонда.

Река Урпаланйоки протекает через культурно-общественные и городские территории Миккели, а также через заливы Каттиланлахти и Пурсиаланлахти в пролив Паппиланселкя, часть водораздела Саймы ниже города Миккели. Бассейн реки Урпаланйоки занимает площадь около 39,80 км<sup>2</sup> (рисунок 1) [8-10].

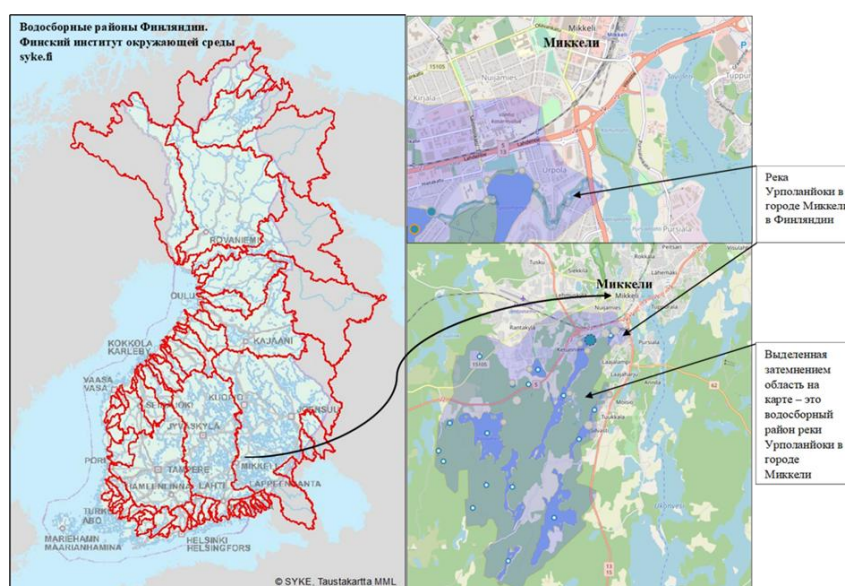


Рисунок 1. Водосборный бассейн реки Урпаланйоки в Миккели на карте Финляндии

Экологическое состояние в озере Питкяярви, самом большом в водосборе реки Урпаланйоки, в основном хорошее, согласно классификациям директивы ЕС (*Water Framework Directive*).

В проекте Луга-Балт-2 для онлайн-мониторинга параметров воды в водоемах использовали водный зонд YSI 6920-V2, с использованием различных датчиков (рисунок 3). Перед началом мониторинга была настроена программа выполнения измерений с требуемой периодичностью. Затем во время мониторинга получены результаты измерений в виде разнообразных пакетов данных в мобильном приложении интернет-сервиса *Kolibri Cloud*.

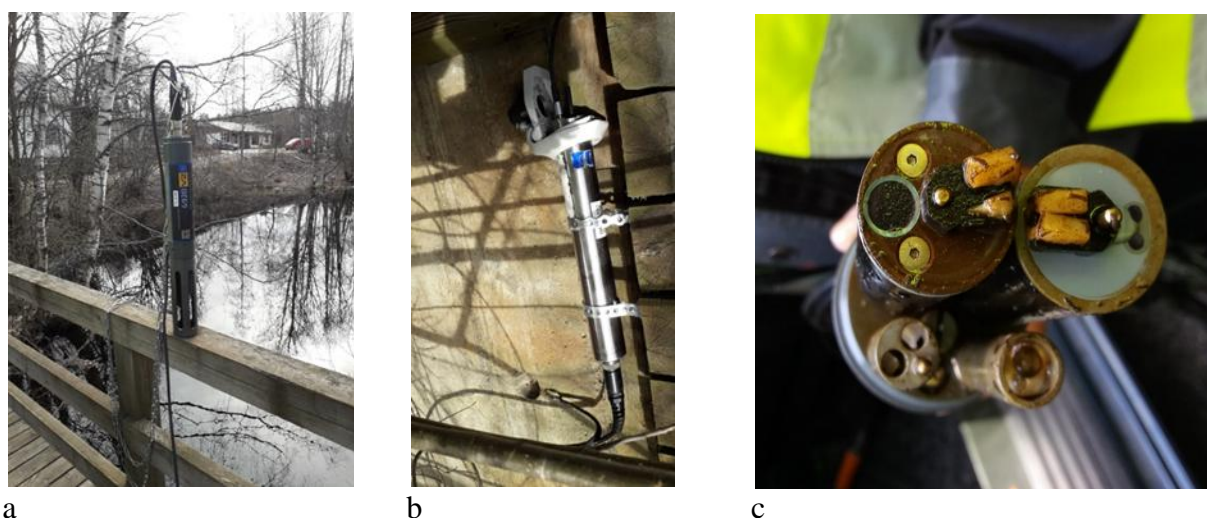


Рисунок 3. Водный зонд YSI 6920 V2:

а – общий вид; б – передатчик; с – измерительные датчики

С учетом уровня развития цифровых технологий необходимо наращивать темпы использования Интернета вещей и удаленных систем мониторинга [11-13]. Кроме онлайн-измерений, были отобраны натурные пробы воды, с целью периодического сопоставления результатов измерений зонда с результатами лабораторных анализов проб воды и для определения дополнительных параметров воды лабораторными методами.

ИАЭП – филиал ФНАЦ ВИМ проводил отбор проб воды на реке Луга и ее притоках. Пробы речной воды отбирали в 2019 г. в восьми разных точках 23 мая, 8 июля, 28 августа, 26 сентября, 23 октября и 24 декабря (рисунок 4). Некоторые точки отбора проб воды располагались в непосредственной близости от мест, вызывающих по результатам предварительного анализа обильное загрязнение воды.

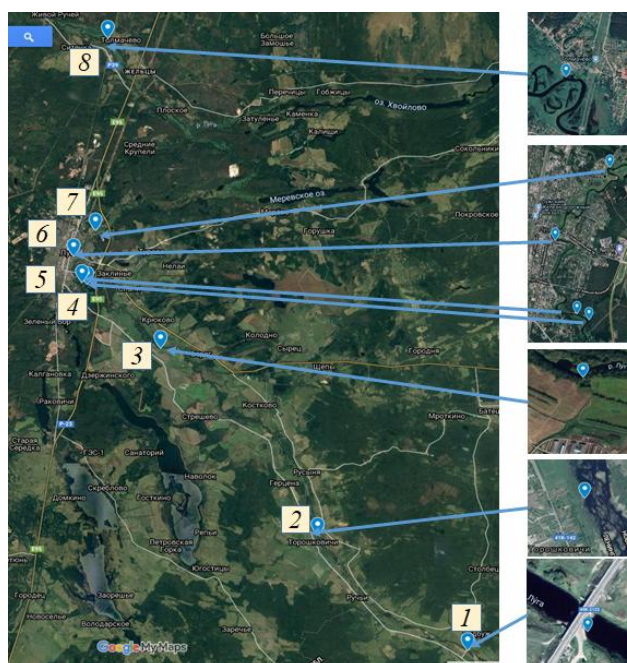


Рисунок 4. Расположение точек отбора проб воды на реке Луга

Точка № 1 располагалась выше по течению реки, а остальные находились последовательно вниз по течению.

По результатам мониторинга установлено, что качество воды в реке Урпаланйоки хорошее (таблица 1). Результаты онлайн-мониторинга подтвердили, что качество воды в реке Урпаланйоки в течение всего периода оставалось стабильным.

Таблица 1  
Результаты лабораторных исследований проб воды из реки Урпаланйоки в Миккели (Финляндия) весна 2020 г.

Дата отбора проб воды	Количество растворенного кислорода, мг/л	Уровень насыщения кислородом, %	Электропроводность, мкСм/см	pH	Цвет, мг/л Pt	Взвешенные вещества, мг/л	Общий фосфор, мкг/л
24.04.2020	11,20	89,58	90,4	6,71	30	1,1	9,200
04.05.2020	11,95	102,18	88,00	6,67	30	2,4	7,730
12.05.2020	12,74	110,78	82,50	6,86	30	1,7	5,570
27.05.2020	11,43	117,83	82,50	6,86	30	1,7	8,540
08.06.2020	9,73	101,40	81,50	6,94	30	1,6	7,660
25.06.2020	7,46	88,76	83,50	7,13	30	–	8,595
Границы значений параметров для классификации качества воды	4-10	85-110	50-100	6,5-6,8	20-40	1-3	<15

Мониторинг качества воды в реке Луга проводился по семи показателям (таблица 2).

Таблица 2  
Качество воды реки Луга в период мониторинга 2019 г.

Точки отбора проб*	Электропроводность, мкСм/см	pH	K <sup>+</sup> , мг/л	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	Азот N (Кьельдаль), мг/л	Общий фосфор P, мкг/л
1	270	7,5	0,18	0,06	0,6	1,5	8
2	420	7,5	0,44	0,18	1,8	1,9	29
3	1040	7,3	8,59	5,04	13,2	10,8	119
4	570	7,6	1,04	2,58	10,6	12,5	41
5	360	7,7	0,30	1,20	0,8	1,6	24
6	370	7,7	0,33	1,26	1,0	2,1	29
7	370	7,7	0,34	1,21	1,0	1,6	29
8	380	7,7	0,34	1,21	1,1	1,6	28

\*Точки расположены в направлении от верховья до нижних вод

Точки отбора проб № 3 и № 4 расположены вблизи участков, вызывающих загрязнение воды. Точка № 3 находится в конце дренажной канавы, имеющей на своем водосборе животноводческую ферму и поля, куда систематически вносят органические удобрения в больших дозах. В этой точке концентрация общего азота, ионов аммония, нитратов, общего фосфора превышает значения в остальных точках взятия проб воды. Такая же тенденция характерна и для электропроводности и ионов калия. Около ручья Стрельный, впадающего в реку Луга (точка мониторинга № 4), расположено множество частных домовладений, которые, скорее всего, не в достаточной мере очищают свои стоки.

Анализ результатов мониторинга показал, что качество воды в реке Луга ухудшается в направлении ниже по течению, в частности из-за деятельности земледельческих и животноводческих хозяйств вблизи от бассейна реки.

Снижение поступления биогенов в водные объекты может быть достигнуто с применением следующих организационно-технологических мер:

- минимизировать количество применяемых удобрений в пойме реки, в руслах водотоков, поступающих в реку Луга;

- менять русла с целью снижения скорости движения воды в дренажных каналах мелиорационных систем;

- высаживать азотопоглощающие культуры: тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и схеноплектус озерный (*Schoenoplectus lacustris*) и т. п.;

- создавать водно-болотные угодья для естественной очистки стоков (рисунок 7);

- установить локальные очистные сооружения в частных домовладениях, расположенных выше по течению впадающих в реку ручьев [14-18].

**Выводы.** Выявлено, что вода в реке Урпаланйоки в Миккели (Финляндия) соответствует категории хорошего качества, так, например, уровень насыщения воды кислородом колебался в пределах 88,76 %-117,83 %, что в допустимых пределах (85 %-110 %), установленных Институтом окружающей среды Финляндии.

Мониторинг реки Луга показал воздействие близлежащих сельскохозяйственных предприятий (точка № 3) и населенных пунктов (точка № 4) на водные объекты, где содержание общего фосфора превышает показатель пробы, взятой в верховье: 119 и 41 мкг/л против 8 мкг/л.

С целью уменьшения объема поступающих биогенов в реку Луга предлагается внедрить следующие технологические и организационные меры: сокращение количества применяемых удобрений в пойме реки; создание водно-болотных угодий для естественной очистки стоков; внедрение локальных очистных сооружений в частных домовладениях.

#### Использованные источники:

1. Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Васильев Э.В., Минакова Е.А., Терехов А.В., Обломкова Н.С. Оценка сельскохозяйственной биогенной нагрузки, сформированной на речных водосборах бассейна Куйбышевского водохранилища // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 96. – С. 175-186.
2. Кондратьев С.А., Шмакова М.В., Брюханов А.Ю., Викторова Н.В., Ершова А.А., Обломкова Н.С. К оценке биогенного стока в Финский залив Балтийского моря // Ученые записки РГГМУ. – 2018. – № 51. – С. 109-120.
3. Atilgan A., Yucel A., Markovic M. Determination of relationship between water level, volume and meteorological variables: study of lake Egirdir. Engineering for rural development. Proceedings of the 19th International Scientific Conference. – 2020. – Vol. 19. – P. 140-146.
4. Karlson B., Andersson L.S., S Kaitala, Kronsell J., Mohlin M., Seppälä J., Willstrand Wranne A. A comparison of FerryBox data vs. monitoring data from research vessels for near surface waters of the Baltic Sea and the Kattegat. Journal of Marine Systems. – 2016. – Vol. 162. – P. 98-111.
5. Gyraite G., Kataržytė M., Overlingė D., Vaičiūtė D., Jonikaitė E., Schernewski G. Skip the Dip – Avoid the Risk? Integrated Microbiological Water Quality Assessment in the South-Eastern Baltic Sea Coastal Waters. Water. 2020. 12(11). 3146.
6. Capo E., Bravo A.G., Soerensen A.L., Bertilsson S., Pinhassi J., Feng C., Andersson A.F., Buck M., Björn E. Delta-proteobacteria and Spirochaetes-Like Bacteria Are Abundant Putative Mercury Methylators in Oxygen-Deficient Water and Marine Particles in the Baltic Sea. Frontiers in Microbiology. 2020. N11. 574080.
7. Kalinowska D., Wielgat P., Kolerski T., Zima P. Model of Nutrient and Pesticide Outflow with Surface Water to Puck Bay (Southern Baltic Sea). Water. 2020. N12. 809.
8. Hovik S. Integrated Water Quality Governance and Sectoral Responsibility: The EU Water Framework Directive's Impact on Agricultural Sector Policies in Norway. Water. 2019. N11. 2215.
9. Hendry S. The Eu Water Framework Directive - Challenges, Gaps and Potential for the Future. Journal for European environmental & planning law. – 2017. – Vol. 14. Issue 3-4. – P. 249-268.
10. Wiering M., Boezeman D., Crabbé A. The Water Framework Directive and Agricultural Diffuse Pollution: Fighting a Running Battle? Water. 2020. N12(5). 1447.
11. Júnior A.C.D.S., Munoz R., Quezada M.D.L.Á., Neto A.V.L., Hassan M.M., Albuquerque V.H.C.D. Internet of Water Things: A Remote Raw Water Monitoring and Control System. IEEE Access. 2021. Vol. 9. 35790-35800.
12. Hattaraki S., Patil A., Kulkarni S. Integrated Water Monitoring and Control System-IWMCS. IEEE. Bangalore Humanitarian Technology Conference. 2020. 1-5.
13. Siiriä S., Roiha P., Tuomi L., Purokoski T., Haavisto N., Alenius P. Applying area-locked, shallow water Argo floats in Baltic Sea monitoring. Journal of Operational Oceanography. – 2019. – Vol. 12. – No. 1. – P. 58-72.



14. Hoffmann C.C., Kjærgaard C. Optimeret kvælstoffjernelse i matricevådområder. Vand & Jord. 2017. N3. 101-105.
15. Васильев Э.В. Повышение эколого-экономической эффективности процесса использования жидкого органического удобрения путем автоматизированного выбора рациональных вариантов технологий транспортировки и внесения в условиях Северо-Западного региона // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2013. – № 4(12). – С. 127-133.
16. Личман Г.И., Белых С.А., Марченко А.Н. Способы внесения удобрений в системе точного земледелия // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – Т. 12. – № 4. – С. 4-9.
17. Pozdnyakov Sh.R., Briukhanov A.Yu., Kondrat'ev S.A., Ignat'eva N.V., Shmakova M.V., Minakova E.A., Rasulova A.M., Oblomkova N.S., Vasil'ev E.V., Terekhov A.V. Perspectives of the Reduction of Nutrient Export from River Watersheds through the Introduction of Best Available Technologies for Agricultural Production: Based on Modeling Results. Water Resources. – 2020. – Vol. 47. – No. 5. – P. 771-784.
18. Martikainen K., Kauppinen A., Matikka V., Veijalainen A.-M., Torvinen E., Pitkänen T., Miettinen I.T., Heinonen-Tanski H. Efficiency of Private Household Sand Filters in Removing Nutrients and Microbes from Wastewater in Finland. Water. – 2018. N10. 1000.

УДК 621.43:681.518

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-324-328

*Савченко О.Ф., Елкин О.В., Добролюбов И.П.,  
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

Обоснована необходимость контроля энергетических показателей тракторных двигателей для оперативного обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники в эксплуатационных условиях. Предложена информационная модель мониторинга энергетических показателей машинно-тракторного парка сельхозпредприятия, отражающая основные аспекты получения, обработки, хранения и применения диагностической информации. За счет своевременной оценки состояния техники и выполнения необходимого технического обслуживания обеспечивается повышение эффективности ее работы.

**Ключевые слова:** машинно-тракторный парк (МТП), двигатель внутреннего сгорания (ДВС), мощность, динамическая модель, энергетические параметры, информационное моделирование, базы данных.

**Постановка проблемы.** Энергообеспеченность посевных площадей (суммарная мощность двигателей комбайнов, тракторов и другой техники (кВт) на 1 га) является одним из важных показателей уровня развития сельскохозяйственного производства. В России наблюдается тенденция к его снижению на протяжении последних 20 лет. Ежегодно парк тракторов сокращается в среднем на 7 %, парк зерноуборочных комбайнов – на 8 %; прогнозируется дальнейшее ежегодное сокращение парка на 10-12 %, что предопределяет и снижение энергообеспеченности полевых работ. В Новосибирской области отмечается уменьшение суммарной мощности двигателей тракторов, комбайнов и самоходных машин за последние пять лет на 20,6 % [1].

Существенно дополняет эту негативную тенденцию и неизбежная потеря мощности мобильной сельскохозяйственной техники при непосредственном выполнении полевых сельскохозяйственных работ. Это обусловлено ухудшением технического состояния ДВС – энергетического средства МТП сельхозпредприятия из-за износа деталей, нарушения регулировок и настроек механизмов и систем, обостряемое старением эксплуатируемой техники, необходимостью использования техники со средним сроком службы более 10 лет. Средняя нагрузка на один трактор за 1996-2016 гг. в стране возросла от 92 до 247 га пашни, т. е. в 2,7 раза при средней нормативной нагрузке 70 га. В Новосибирской области сроки фактической эксплуатации машин и оборудования превышают нормативные в 2-3 раза, энергообеспеченность полеводства составляет 1,7 л.с./га посевной площади против 3,0–3,5 л.с./га по нормативам [2].

Вышесказанное обосновывают необходимость ускоренного развития исследований, на-

целенных на разработку и практическую реализацию высокопроизводительных методов и систем эксплуатационного контроля технического состояния ДВС. Среди них важное место занимают методы оценки энергетических параметров, автоматизации определения динамики изменения мощности ДВС в эксплуатационных условиях [3].

Для оперативного контроля эксплуатационных энергетических параметров наиболее перспективно применение динамического метода диагностики ДВС различного назначения, использующего измерение и анализ угловой скорости и ускорения коленчатого вала на динамических режимах работы ДВС [4-7]. Для метода характерна необходимость оперирования большими объемами информации, получаемыми с ДВС и подлежащими углубленной аналитической обработке для расчета энергетических параметров. Это требует привлечения быстродействующих диагностических технических средств, передовых цифровых технологий передачи и обработки данных, позволяющих, в отличие от аналоговой техники, объединить в единое целое весь технологический процесс мониторинга сельскохозяйственной техники [8]. Практическому применению этого информационного подхода в инженерно-технической сфере АПК способствуют успешно развивающиеся статистические методы анализа сигналов, информационное компьютерное моделирование технологических процессов, а также усилившаяся в последнее время тенденция интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов, развитие систем телеметрии, мониторинга и параллельного вождения, разработка цифровых информационных и управляющих систем [9-11].

Учитывая особенности разработки средств мониторинга, обусловленные сложностью структуры ДВС, МТП и влиянием множества факторов, разнообразием знаний и данных, а также необходимостью комплексного решения задачи в приемлемые сроки целесообразно формирование информационной модели.

**Цель исследования** – анализ особенностей применения информационного моделирования тракторных двигателей для разработки цифровой информационной модели энергетического мониторинга МТП сельхозпредприятия.

#### **Методы исследований**

В ходе исследований обосновано применение метода информационного моделирования как наиболее адаптивного инструмента анализа для целостного и формализованного описания функционирования средств энергетического мониторинга ДВС. При этом информационная модель понимается как информация, которая описывает существенные свойства объекта и его связи, формализована с точки зрения цели исследования и зафиксирована на информационном носителе [12].

Необходимо создание модели с учетом внутреннего состояния объекта моделирования (ДВС) с отображением множеств возможных значений входов, состояний и выходов, а также связей между ними. Информационная модель мониторинга МТП должна отражать основные аспекты получения, обработки, хранения и применения диагностической информации рассматриваемого технологического процесса.

#### **Научно-методические особенности информационного моделирования**

1. Для расчета энергетических параметров привлечена компьютерная математическая модель динамики ДВС, разработанная с учетом многолетнего опыта разработчиков [13]. Она предназначена для диагностирования тракторных двигателей в условиях эксплуатации с применением тестовых переходных режимов работы ДВС на основе вычисления углового ускорения коленчатого вала. Разработанная модель учитывает нелинейность и нестационарность отдельных звеньев, влияние изменения множества важнейших параметров отдельных агрегатов и систем на выходные процессы двигателя в функции времени, углового перемещения, скоростного и нагрузочного режимов. Она применима как при стендовых исследовательских испытаниях, так и в эксплуатационных условиях.

2. Важным научно-методическим аспектом при создании информационной модели является необходимость анализа измерительной информации, оценки методических погрешностей. Как известно, при диагностировании состояния ДВС используются сигналы физических процессов, характеризующие работу двигателя. После измерения и предварительной

обработки сигналов с датчиков выполняется обработка информации. При этом в измерительном канале от датчика до микропроцессорного устройства происходит накопление погрешностей. Случайность процессов подачи топлива и его сгорания от цикла к циклу, а также процессов трения в сопряжениях ДВС вызывают случайные отклонения угловых скорости и ускорения коленчатого вала  $\omega(t)$  и  $\varepsilon(t)$  от их средних значений. Это приводит к необходимости рассматривать измеряемые процессы как аддитивную совокупность полезного информативного процесса и помехи. Для определения параметров целесообразно использование известных вероятностных методов анализа сигналов, статистических методов оптимальной обработки сигналов на фоне помех. Это позволило обосновать оптимальный метод обнаружения структурных параметров ДВС, скрытых в высоком уровне других составляющих рабочих процессов и измерения информативных параметров сигналов, отражающих эти параметры измерительной экспертной системой [14].

3. Значимой методической особенностью информационного моделирования является необходимость учета того, что современные тракторные двигатели оснащены электронной системой управления, обеспечивающей необходимый алгоритм управления режимами работы двигателя на основе характеристик по измеренным значениям параметров двигателя. Отсюда очевиден принцип создания диагностических систем, использующих бортовую сеть трактора – это диагностирование различными аналитическими методами по измеренным процессам не только от специальных устанавливаемых датчиков физических процессов ДВС (например, датчиков углового положения коленчатого вала), но и с использованием сигналов, определяемых стандартным протоколом средств коммуникаций от датчиков электронной системы управления. Здесь практическую ценность представляет предложенный метод определения мощности ДВС на основе изучения динамики ДВС (переходного процесса угловой скорости коленчатого вала) при диагностических тестах. При этом измеряются как потоки временных интервалов от датчиков скорости коленчатого вала, так и пакеты запроса-приема параметра частоты вращения по CAN-шине от электронного блока двигателя по диагностическому разъему OBD-II посредством разработанной диагностической системы на базе устройства NI SbRIO-9694 [15].

4. Большое внимание при исследованиях уделяется созданию информационного сопровождения для всего цикла технологического процесса, обеспечивая регистрацию данных, их обработку и визуализацию результатов на основе удобного интерфейса пользователя. Основой может стать созданное специальное программное обеспечение автоматизированной цифровой технологии энергетической оценки ДВС с использованием удобного интерфейса пользователя, предоставляя пользователю возможность непосредственно контролировать процесс подачи тестовых воздействий, регистрации и визуализации данных [16].

### **Результаты исследований**

Автоматизация мониторинга МТП предполагает инструментальный контроль энергетических параметров ДВС, для чего используются сигналы физических процессов, характеризующие работу двигателя. После измерения и предварительной обработки сигналов, поступающих с датчиков, выполняется целенаправленная обработка информации для вычисления характеристик и параметров ДВС, нахождения диагностических признаков оценки состояния ДВС с применением методов анализа сигналов. Информационная модель предусматривает и информационное сопровождение технологического процесса мониторинга: обеспечивается ввод и корректировка исходных данных; контролируется измерение, регистрация, расчет и визуализация значений параметров. Схема информационной модели мониторинга энергетических параметров МТП приведена на рисунке 1.

Информационная модель состоит из блоков: получения диагностических данных; первичной обработки; расчета параметров; а также базы данных парка техники (паспортные данные, данные текущего состояния, данные результатов мониторинга); оценки отклонений от нормальных значений и рекомендаций.

Для определения скоростной характеристика, по которой рассчитывается мощность ДВС и другие его параметры, используются сигналы от специально устанавливаемого на ДВС



датчика положения коленчатого вала (ДПКВ) в картере сцепления напротив зубчатого венца маховика или от штатного датчика ДВС по диагностическому разъему (OBD-II). В информационную базу данных заносятся паспортные сведения по ДВС парка МТП сельхозпредприятия, их номинальные значения на соответствующих режимах, допускаемые отклонения и допускаемое время отклонения.

Наряду с режимом ручного ввода информации предусмотрен и режим обучения – инструментальное занесение данных в базу при соответствующих (известных, стандартных) режимах работы ДВС.

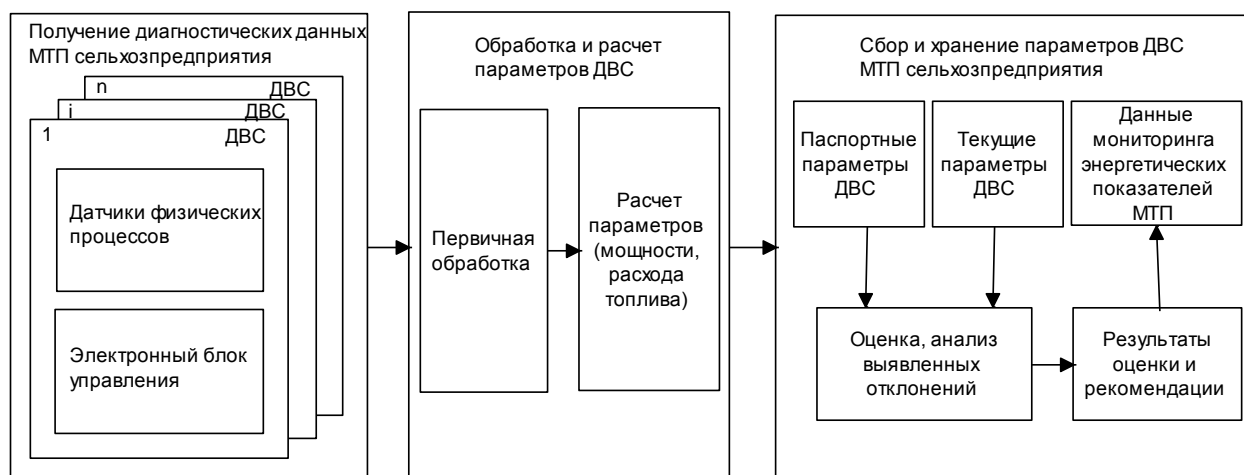


Рисунок 1. Схема информационной модели оценки эксплуатационных энергетических параметров тракторных двигателей

Для определения скоростной характеристика, по которой рассчитывается мощность ДВС и другие его параметры, используются сигналы от специально устанавливаемого на ДВС датчика положения коленчатого вала (ДПКВ) в картере сцепления напротив зубчатого венца маховика или от штатного датчика ДВС по диагностическому разъему (OBD-II). В информационную базу данных заносятся паспортные сведения по ДВС парка МТП сельхозпредприятия, их номинальные значения на соответствующих режимах, допускаемые отклонения и допускаемое время отклонения. При практическом использовании в режиме мониторинга идет постоянный (периодический) контроль текущего значения анализируемых параметров. По результатам испытаний ДВС производится оценка и анализ результатов, сравнение текущих значений с паспортными параметрами ДВС. Оцениваются отклонения значений эффективной мощности, расхода ГСМ и т. д. На основе результатов анализа формируется заключение о продолжении эксплуатации трактора или о необходимости ремонтно-регулирующих работ. Все данные текущего мониторинга заносятся в базу данных МТП, которая используется для комплексного анализа, создания рабочего архива хозяйства.

### Выводы

Проанализированы основные научно-методические аспекты информационного моделирования тракторных двигателей, которые применены для разработки информационной модели эксплуатационного мониторинга энергетических параметров машинно-тракторного парка сельхозпредприятия.

Применение цифровой технологии, построенной с использованием предложенной информационной модели, позволило в производственных условиях определить динамику изменения мощности ДВС МТП, оценить возможность продолжения эксплуатации техники или выявить необходимость ремонтно-регулирующих работ и принять соответствующие оперативные управляющие решения.

Предложенная модель может быть использована как научно-методическая основа формирования робототехнических технологий управления машинно-тракторными агрегатами на основе математических моделей, отражающих закономерности их функционирования.

**Использованные источники:**

1. Стадник А.Т., Кабаков В.М., Кабакова О.Г. Техническая оснащенность сельскохозяйственного производства региона и пути ее совершенствования // Вестник НГАУ. – 2018. – № 1(46). – С. 166-173.
2. Немцев А.Е., Криков А.М., Коротких В.В., Деменок И.В. Концепция развития системы обеспечения работоспособности мобильных энергетических средств. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. – 72 с.
3. Калачин С.В. Прогнозирование изменения контролируемых эксплуатационных параметров МТА // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 6. – С. 29-31.
4. Добролюбов И.П., Лившиц В.М. Динамический метод диагностики автотракторных двигателей. Принципы построения диагностических моделей переходных процессов: метод рекомендации. – Новосибирск: СО ВАСХ-НИЛ, СибИМЭ, 1981. – 88 с.
5. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Борисов А.А., Орехов А.К. Разработка динамической модели ДВС // Труды ГОСНИТИ. 2015. – Т. 118. – С. 8-15.
6. Гребенников С.А., Гребенников А.С., Косарева А.В., Шерин А.А. Диагностирование элементов ДВС динамическим методом // Грузовик. – 2016. – № 10. – С. 20-24.
7. Кривцов С.Н. Методический подход к формированию динамической модели дизельного автомобиля с аккумуляторной топливоподающей системой // Автомобильная промышленность. – 2016. – № 10. – С. 10-14.
8. Тимонин С.Б., Тимонина А.С. Внедрение цифровых технологий в процессы обеспечения оптимального функционирования машинно-тракторного агрегата // Нива Поволжья. – 2018. – № 3. – С. 124-132.
9. Савченко О.Ф., Шинделов А.В. Применение информационных технологий в инженерно-технической системе АПК // Вестник НГАУ. – 2013. – № 4. – С. 99-10.
10. Дидманидзе О.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11 (281). – С. 39-43.
11. Гольяпин В.Я., Мишуков Н.П., Буклагин Д.С., Апатенко А.С. Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 88 с.
12. Yadvovskaya M.V. Revisiting computer modeling. Advanced Engineering Research. – 2020. – 20 (3). 332-345.
13. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. Принципы разработки компьютерной динамической модели автотракторных ДВС // Вестник НГАУ. – 2014. – № 2. – С. 141-146.
14. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н. Моделирование процесса оптимального определения параметров состояния двигателя внутреннего сгорания измерительной экспертной системой // Вычислительные технологии. – 2015. – Т. 20. – № 6. – С. 22-35.
15. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Орехов А.К. Определение мощности автотракторных двигателей по параметрам системы бортовой диагностики // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 119. – С. 151-156.
16. Альт В.В., Савченко О.Ф., Елкин О.В. Цифровая технология оценки мощности тракторного парка сельхозпредприятия // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13. – № 4. – С. 25-31. DOI 10/22314/2073-7599-2019-13-4-25-31.

УДК: 631.153.46

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-328-333

*Саяпин А.С., Костомахин М.Н., Петрищев Н.А., Молибоженко К.К.,  
ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

### **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ТРАКТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЧЕТЧИКОВ-ИНДИКАТОРОВ**

В статье рассматриваются вопросы возможности повышения контролепригодности и приспособленности к диагностированию узлов коробок перемены передач с гидравлическим управлением энергонасыщенных тракторов для повышения эксплуатационной надежности за счет использования дополнительных средств контроля технического состояния в условиях рядовой эксплуатации.

**Ключевые слова:** датчик, диагностирование, техническое состояние, коробка перемены передач, трактор.

В настоящее время продукция АО «Петербургский тракторный завод» (АО ПТЗ) пользуется заслуженным успехом у сельхозтоваропроизводителей, выпуск тракторов за последние годы неуклонно увеличивается. При этом совершенствуются и сервисные центры фирменной дилерской сети, обеспечивающие полноту проведения регламентного технического обслужива-

живания, осуществляются гарантийные обязательства перед конечными потребителями в размере до 3000 моточасов в течение 24 месяцев [1, 2].

Значительным конкурентным преимуществом использования техники потребителями является фирменное техническое сопровождение и в послегарантийный период эксплуатации. Однако при этом необходимо учитывать, что обеспечение экономии времени и точность проведенных диагностических работ закладывается еще на стадии изготовления узлов и агрегатов. Современными трендами при экспресс-диагностировании являются использование различных индикаторов, цифровых технологий для оценки технического состояния в процессе эксплуатации, которые позволяют, например, инспекторам Гостехнадзора и диагностам визуально или с применением средств инструментального контроля оценивать текущее, а также предельное техническое состояние того или иного агрегата или системы [3, 4, 5].

Приходится констатировать, что у коробки передач (КП) тракторов «Кировец» необходимо расширять контролепригодность и приспособленность к диагностированию по ГОСТ 26656 в процессе эксплуатации [6]. В настоящее время проведение оценки состояния фрикционных дисков передач при техническом обслуживании и ресурсном диагностировании достаточно сложно из-за отсутствия методик и рекомендованного оборудования, а от степени износа фрикционных дисков во многом зависит величина наработки трактора на отказ II и III групп сложности.

При анализе эксплуатационной документации на трактор К-744 выявлено, что в процессе эксплуатации трактора на панели оператора контролируются только рабочее давление в системе управления за счет установки датчика в механизме переключения передач (МПП) и аварийный перепад давления в линейном фильтре. Уровень рабочей жидкости контролируется визуально. При этом отсутствует возможность контроля степени изнашивания фрикционных дисков, что не позволяет оператору вовремя выявить выход этих параметров за предельные величины, что увеличивает риск появления отказов техники.

В рамках темы НИР и НИОКР в лаборатории 13.1 ФГБНУ ФНАЦ ВИМ проведены поисковые работы по совершенствованию уровня контролепригодности и приспособленности к диагностированию коробки передач тракторов производства АО «ПТЗ».

Цель данных исследований – создание действующих макетных устройств, позволяющих расширить уровень контроля технического состояния деталей КП энергонасыщенных тракторов в процессе эксплуатации.

В качестве контролируемого ресурсоопределяющего параметра выбрана величина линейного перемещения нажимного диска бустера передачи при изменении давления и подачи рабочей жидкости (РЖ), которая, в свою очередь, характеризует износ, коробление фрикционных дисков, утечки в распределителе МПП.

При реализации опытных поисковых исследований были предложены три способа исполнения системы для контроля величины линейного перемещения:

- визуальный (№ 1) – использовался эндоскоп, оснащенный приспособлением для позиционирования зонда;
- датчиковый дискретный (№ 2) – использовался индукционный датчик положения с выходом на систему сигнальных индикаторов или телеметрический терминал;
- датчиковый аналоговый (№ 3) – использовался индукционный датчик с аналоговым выходом на плату АЦП и на ПК.

В процессе экспериментального моделирования выявлено, что все три варианта могут быть реализованы для оценки величины износа фрикционных дисков КП в процессе технического обслуживания при эксплуатации техники. Визуальный вариант (№1) требует минимальных изменений в конструкции КП, а именно: необходимы маркерные накатки – «легенды» на боковых цилиндрических поверхностях нажимного диска для упрощения определения текущего положения бустера по изображению на мониторе эндоскопа в узком секторе обзора. Такой способ можно использовать при ТО. Для позиционирования и установки зонда эндоскопа на боковой поверхности полукартера просверливается отверстие напротив нажимных дисков и устанавливается приспособление для визуального контроля.

Для моделирования работы штатного насоса КП при визуальном способе контроля может быть использована модернизированная установка ОМ-28257 или другая, имеющая следующие характеристики: насос установки должен обеспечивать циркуляционную подачу в диапазоне 0...20 л/мин подогретой до +50 °С рабочей жидкости под давлением 0...1,6 МПа через штатный фильтр в МПП КП.

Для контроля величины линейного перемещения нажимного диска под действием давления рабочей жидкости с применением датчиков были разработаны, изготовлены и установлены различные варианты специальных маркерных колец на боковую цилиндрическую часть нажимного диска (рисунок 1).

Для реализации вариантов № 2 и № 3, которые позволяют оценивать величину линейного перемещения нажимного диска в режиме on-line, необходима следующая модернизация в конструкции КП:

- изменение боковой цилиндрической формы поверхностей нажимных дисков на коническую или установка дополнительных маркерных колец [8];
- установка на боковой поверхности полукартера КП индукционных или вихретоковых датчиков с рабочей температурой не менее +120°С;
- подключение датчиков и коммутация сигнальных индикаторов на панель оператора или платы АЦП, телеметрический терминал для передачи данных на диагностический ПК.

Проведенные опыты подтвердили, что стабильность и чувствительность системы контроля составляет порядка 0,1 мм. Данный показатель является приемлемым для экспресс-диагностирования. При этом показания с датчика передавались на АЦП Е-140М (внесен в государственный реестр средств измерения), обрабатывались в среде программы L-graph.

Полученные результаты показали высокую информативность применения бесконтактных способов измерения, как линейного перемещения, так и радиального биения, которые возможно воспроизвести в условиях реальной эксплуатации техники.

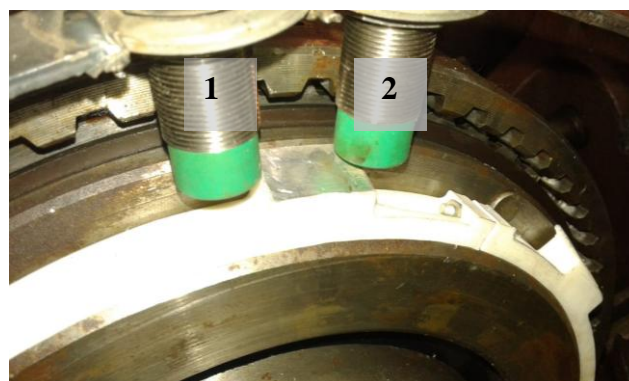
Необходимо отметить, что бесконтактные датчиковые способы контроля могут осуществляться даже при наличии на поверхности деталей следов консервационной смазки и рабочей жидкости, и могут применяться в стационарных условиях в процессе сборки, обкатки и испытаний КП в качестве индикаторов плоскостности фрикционных дисков, герметичности МПП и состояния подшипников.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Реализация контроля линейных перемещений с помощью бесконтактных датчиков:

а – коническое маркерное кольцо; б – комбинированное маркерное кольцо; в – индукционные датчики: 1 – с дискретным выходом; 2 – с аналоговым выходом

Для передачи данных на телеметрический терминал могут использоваться дискретные индукционные датчики, работающие в режиме ключа. При их срабатывании сигнал может одновременно поступать оператору и в системы удаленного мониторинга техники сервисной службы дилера и эксплуатирующей организации.

В настоящее время характеристики фрикционных дисков, применяемых в КП тракторов «Кировец», значительно изменились по сравнению с дисками ранее выпускавшихся тракторов К-701. Так как вместо стальных ведомых дисков, стали использовать фрикционный материал производства Молодечненского завода порошковой металлургии Республики Беларусь. При этом производитель дает расчетный ресурс дисков порядка 20000 включений. Для повышения эксплуатационной надежности КП в процессе работы техники встает вопрос о контроле использования передач и их равномерного использования по количеству включений для прогнозирования остаточного ресурса.

Разработан действующий прототип счетчика-индикатора включений передач каждой передачи КП трактора «Кировец», а также общее количество включений передач и процентное соотношение частоты и времени восстановления давления в соответствующей передаче (рисунок 2).

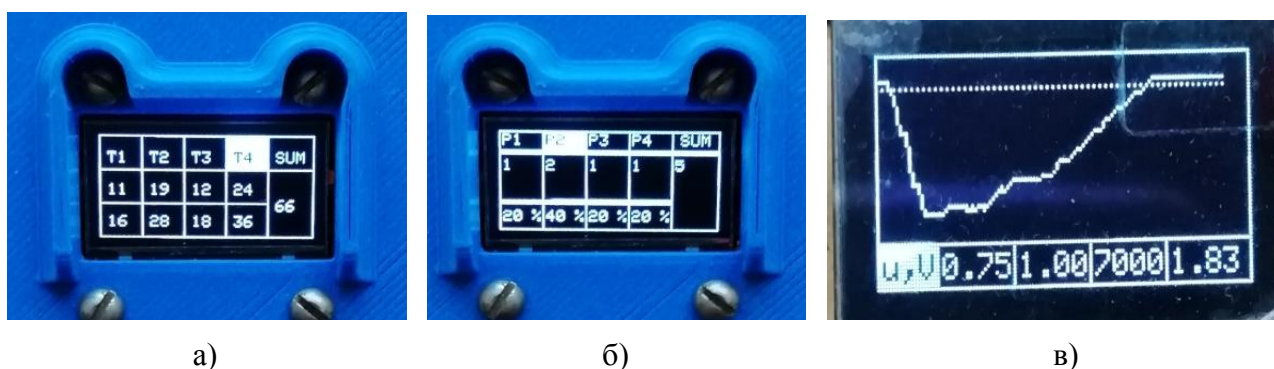


Рисунок 2. Табло счетчика-индикатора передач:  
 а – режим подсчета передач; б – режим использования передач по времени;  
 в – режим оценки времени восстановления давления

Разработан прототип счетчика-индикатора соответствия передаточным отношениям передач (буксования фрикционных дисков) и раздаточного вала, характеризующий необходимость подключения грузового моста по буксованию колес переднего моста (рисунок 3).

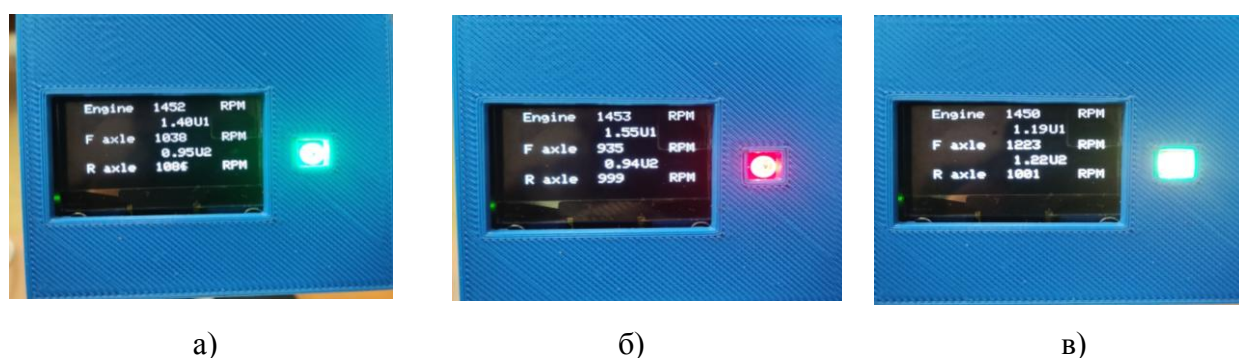


Рисунок 3. Счетчик-индикатор передаточных отношений:

а – нормальная – передаточные отношения передач и фланцев раздаточного вала не превышают предельных значений (цвет сигнального светодиода – зеленый);

б – несоответствие передаточных отношений между ведущим и раздаточным валом (более 3%) – буксование фрикционных дисков передач КП. При одновременном буксовании переднего моста (более 16 %) предпочтение отдается сигналу о пробуксовке фрикционных дисков (цвет сигнального светодиода – красный);

в – буксование переднего моста относительно неподключенного заднего (более 16 %) (цвет сигнального светодиода – желтый)



С целью недопущения эксплуатации КП с превышением допустимых параметров предлагается контролировать их значения путем установки счетчиков-индикаторов и дополнительных датчиков (рисунок 4):

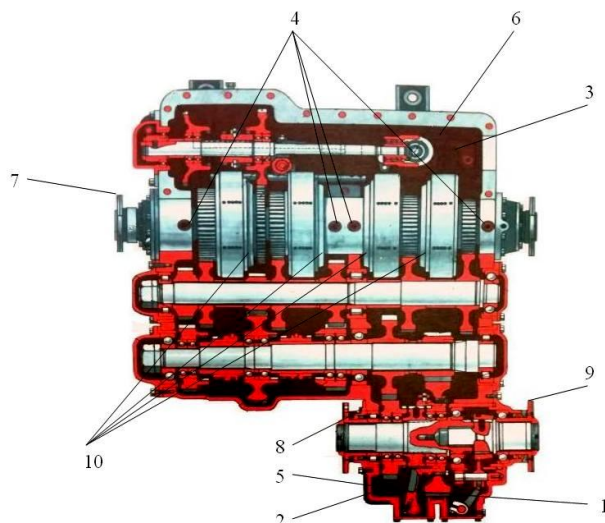


Рисунок 4. Предлагаемые места установки датчиков для контроля технического состояния узлов КП с применением счетчиков-индикаторов:

1 – аварийного уровня РЖ; 2 – температуры РЖ; 3 – дыма (наличия аварийных механических потерь); 4 – давления РЖ в системе управления; 5 – датчик давления разрежения РЖ (загрязненности сетки всасывающего фильтра); 6 – давления в полости КПП (загрязненности сапуна); 7 – датчик скорости ведущего вала; 8 – датчик скорости раздаточного вала переднего моста; 9 – датчик скорости раздаточного вала заднего (грузового) моста; пересчет сигналов датчиков 7-8 – величины буксования фрикционных дисков; пересчет сигналов датчиков 8-9 – уровень буксования движителей, сигнализации необходимости подключения заднего (грузового) моста; 10 – вихретоковые или индукционные датчики

Представленные образцы счетчиков-индикаторов позволяют по заданному функциональному признаку оперативно подавать данные о текущем техническом состоянии отдельных подсистем трактора, что в конечном итоге позволит получать полезную информацию для сравнения и принятия решений, а также своевременно выявлять ошибки персонала при эксплуатации и обслуживании техники. Получаемые данные при помощи счетчиков-индикаторов не только выводятся на экраны и индикаторы, но и передаются по цифровой шине данных с интерфейсом RS-485 в телеметрический терминал, где возможна их запись, хранение, дополнительная обработка и передача в режиме «on-line» по мобильной связи в сети Internet.

При помощи счетчиков-индикаторов можно создавать как внешние, так и встроенные средства диагностирования. Благодаря автоматическому интеллектуальному контролю рабочих параметров узлов и агрегатов машин непрерывно во время эксплуатации это позволит с учетом трудозатрат и стоимости установки значительно снизить время на подготовку к диагностированию, а в случае необходимости провести переустановку и быструю перенастройку на новый объект контроля.

## Выводы

1. Для дальнейшей реализации представленных разработанных счетчиков-индикаторов необходимо, на наш взгляд, совместно с производителями энергонасыщенных тракторов согласовать возможное оснащение ресурсопределяющих узлов и деталей КП, ведущих мостов тракторов системой индикаторов состояний, позволяющих с минимальными трудозатратами определять их текущее техническое состояние.

2. При совершенствовании систем удаленного мониторинга техники для оценки текущего состояния, а также прогнозирования ресурса в гарантийный и постгарантийный периоды необходима проработка вопроса повышения контролепригодности и приспособленности КП к диагностированию за счет утвержденных критериев, характеризующих номинальное, допускаемое и предельное состояния.

#### Использованные источники:

1. Дорохов А.С., Костомахин М.Н., Петрищев Н.А., Макаркин И.М., Саяпин А.С., Ивлева И.Б. Проект цифровой системы для диагностирования ресурсоопределяющих узлов коробок перемены передач с гидравлическим управлением мобильных энергетических средств // Технический сервис машин. – 2019. – № 4 (137). – С. 83-95.
2. Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Поспелов А.П., Крюковская Н.С., Капусткин А.О., Хисметов Н.З. Анализ и перспективы использования цифровых технологий для контроля качества эксплуатации силовых передач и ходовой части МТП // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 8. – С. 17-25.
3. Петрищев Н.А., Лавров А.В., Крюковская Н.С., Капусткин А.О., Саяпин А.С., Поспелов А.Р., Прядкин В.И. Контроль качества силовых передач и ходовых систем с использованием цифровых технологий // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 6. – С. 63-69.
4. Дорохов А.С., Петрищев Н.А., Макаркин И.М., Поспелов А.Р., Саяпин А.С., Крюковская Н.С. Резервы повышения производительности и надежности МТП в АПК // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 11. – С. 34-39.
5. Дорохов А.С. Совершенствование входного контроля качества сельскохозяйственной техники на дилерских предприятиях // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2009. – № 2. – С. 62-63.
6. Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Краснощеков Н.В., Федоренко В.Ф. Управление качеством в сельском хозяйстве: науч. изд. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 344 с.

УДК 681.5

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-333-337

*Середа Т.Г.<sup>1</sup>, Костарев С.Н.<sup>1,2</sup>, Кочетова О.В.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,  
<sup>2</sup>ФКОУ ВО Пермский институт ФСИИ России*

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ПОМЕЩЕНИИ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЕЙ

Экономическая эффективность ведения животноводства зависит от рационального содержания животных, которое в значительной мере определяется наличием оптимального микроклимата. Затраты на обогрев животноводческих помещений, как правило, значительно ниже, чем потери от падежа, снижения продуктивности и перерасхода кормов. Для оптимизации микроклимата в животноводческом помещении разработан алгоритм программы для ЭВМ, который позволит создать систему, обеспечивающую оптимальные условия содержания и обслуживания животных и повысить безопасность жизнедеятельности на животноводческих фермах.

**Ключевые слова:** микроклимат, свиноферма, релейно-контактная схема.

**Введение.** Разведение свиней с высокой скоростью роста требует поддержания комфортных параметров микроклимата в свинарниках [1]. Несмотря на то, что в помещениях свинокомплексов создается регулируемый микроклимат, он все-таки не всегда соответствует оптимальным значениям. Такие отклонения от рекомендуемых норм могут быть обусловлены временем года, природно-климатическими условиями, конструкцией зданий, особенностями содержания, а также эффективностью функционирования систем обеспечения оптимальных зооигиенических параметров [2]. Многочисленными исследованиями установлено, что неблагоприятные условия содержания являются причиной значительного отхода молодняка и ведут к сокращению продуктивности, из-за чего происходит перерасход кормов, сокращение сроков эксплуатации животных [3]. Методической основой разработки проекта управления микроклиматом являлся Приказ «Об утверждении Ветеринарных правил содержания свиней в целях их воспроизводства, выращивания и реализации».



## 1. Требования к физико-химическим параметрам воздуха в свиноводческих помещениях

Стойла свинарников, согласно ветеринарным правилам содержания свиней, разделяются на три типа: 1) свинарники для молодняка свиней и откорма; 2) свинарники для холостых, супоросных маток и хряков-производителей; 3) свинарники для подсосных маток с поросятами. Показатели микроклимата в помещении зависят от сезона года и характеризуются физическими и химическими показателями: температурой; влажностью; скоростью движения воздуха; предельно допустимой концентрацией вредных газов: аммиака и сероводорода. Описание датчиков (входных сигналов) дано в таблице 1.

Таблица 1

Входные сигналы

Сигналы	Обозначение	
Физические параметры воздушной среды		
Поток воздуха	ПО	Оперативный
	ПЛ	Левая граница
	ПП	Правая граница
Относительная влажность воздуха	ВО	Оперативная
	ВЛ	Левая граница
	ВП	Правая граница
Температура воздуха	ТО	Оперативная
	ТЛ	Левая граница
	ТП	Правая граница
Химические параметры воздушной среды		
Аммиак	АМ	Оперативный
Сероводород	СВ	Оперативный
Время выброса	ВВ	
Общие параметры управления		
Сезон года	СГ	
Ручное / Автоматическое управление	РА	

## 2. Разработка логических уравнений управления оборудованием

### 2.1 Мониторинг физических параметров воздушной среды

Граф-схема алгоритма мониторинга физических параметров воздушной среды на примере регулирования температуры воздуха показана на рисунке 1.

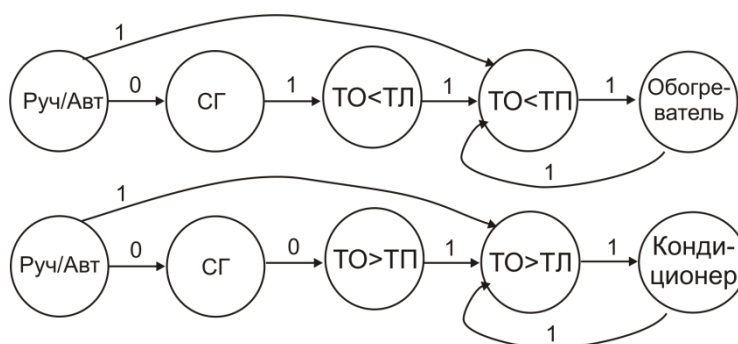


Рисунок 1. Граф-схема алгоритма регулирования температуры воздуха по сезонам года

Логические уравнения управления приводом оборудования описаны в таблице 2.

Таблица 2

Выходные сигналы на привод оборудования

Уравнение	Привод
$(PA \vee (\overline{PA} \cdot CG)(OB \vee (TO < TL))) \cdot (TO < TP) = OB$	Обогреватель
$(PA \vee (\overline{PA} \cdot \overline{CG})(KOND \vee (TO > TP))) \cdot (TO > TL) = KOND$	Кондиционер
$(PA \vee (\overline{PA} \cdot CG)(UVL \vee (VO < VL))) \cdot (VO < VP) = UVL$	Увлажнитель
$(PA \vee (\overline{PA} \cdot CG)(VEN \vee (VO < VL))) \cdot (VO < VP) = VEN$	Вентилятор

### 2.2 Мониторинг химических параметров воздушной среды

При жизнедеятельности свиней образуется навоз, который может являться источником образования сероводорода и аммиака, обладающих резким запахом. Превышение предельно-допустимых концентраций (ПДК) может вызвать отравление животных. Для разработки оповещателя наличия в воздухе помещения повышенных концентраций вредных газов был введен мониторинг времени превышения ПДК для оповещения персонала о неблагоприятной ситуации. Таблица истинности мониторинга концентрации газов показана в таблице 3.

Таблица 3

Таблица истинности мониторинга концентрации газов

Сигналы			Состояние	
CB	AM	BB	Опасное	Выброс газов
L	L	L	L	L
L	L	T	L	L
L	T	L	T	L
L	T	T	L	T
T	L	L	T	L
T	L	T	L	T
T	T	L	T	L
T	T	T	L	T

Для получения логических уравнений мониторинга эмиссии газов проведена минимизация конъюнктивной нормальной формы [4] и получены следующие выражения:

$$\overline{BB} \cdot (AM \vee CB) = OC \quad OC \quad \text{Опасное состояние}$$

$$BB \cdot (AM \vee CB) = BG \quad BG \quad \text{Выброс газов}$$

### 3. Составление лестничных диаграмм и имитационное моделирование

Для составления лестничных диаграмм использована релейно-контактная логика (РКЛ). Фрагмент РКЛ показан на рисунке 2.

Для проверки корректности работы схемы проведено имитационное моделирование (таблица 4).

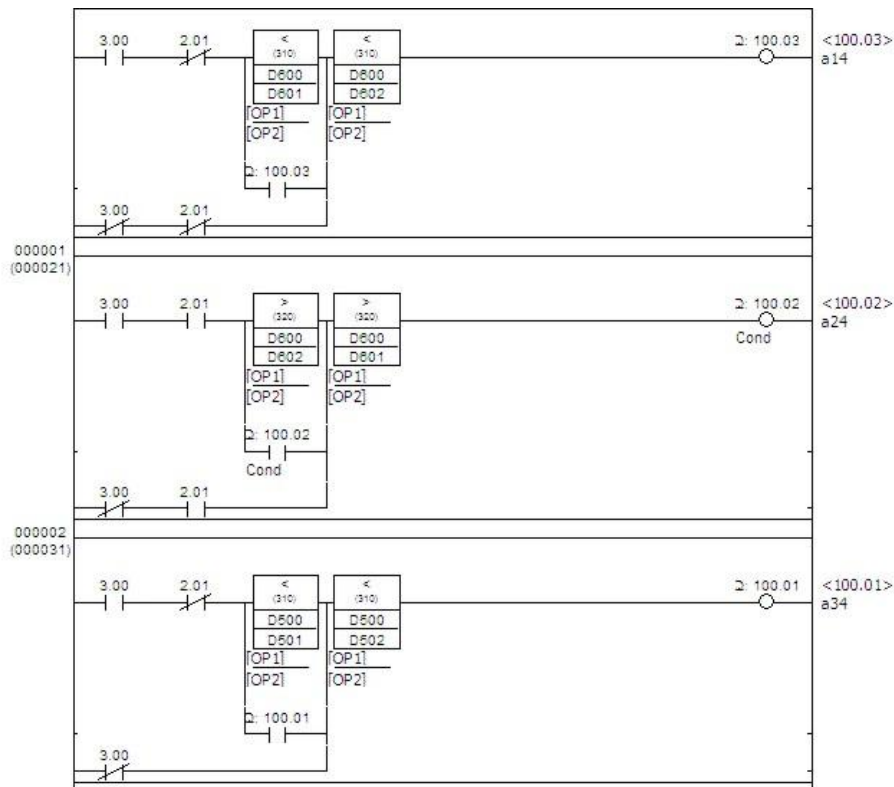


Рисунок 2. Фрагмент схемы релейно-контактной логики

Таблица 4

Имитационное моделирование

Описание состояния	Имитационное моделирование
Оперативная температура меньше левой границы, работает тепловая пушка	
Оперативная температура превысила левую границу, работает тепловая пушка	
Концентрация аммиака и углекислого газов не превысила ПДК	

### Заключение

В статье проанализированы требования к воздуху животноводческих помещений для содержания свиней. Проведен анализ и синтез логических уравнений мониторинга и поддержания допустимых физико-химических параметров воздушной среды. Проведено имитационное моделирование, которое показало положительные результаты работы программного обеспечения. Разработана и зарегистрирована программа для ЭВМ [5].

#### Использованные источники:

1. Долженкова Г.М., Миронова И.В., Тагиров Х.Х. Интенсификация производства высококачественной продукции животноводства. – СПб.: Лань, 2017. – 296 с.
2. Беззубов В.И., Ходосовский Д.Н., Петрушко А.С. Совершенствование систем вентиляции и создание микроклимата в цехе опоросов свиноводческих комплексов // Зоотехническая наука Беларуси. – 2018. – Т. 53. – № 2. – С. 127-134.
3. Шаронин В., Алтухов Н., Мистюкова О. Микроклимат в переоборудованных свинарниках для дорастивания поросят // Свиноводство. – 2004. – № 1. – С. 22-23.
4. Sereda T.G., Kostarev S.N. Development of automated control system for wood drying // Journal of Physics: Conference Series. International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems. 2018. – P. 042022.
5. Костарев С.Н., Кочетова О.В., Серeda Т.Г. Программа для управления микроклиматом на свиноферме / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021660460 от 25.06.2021.

УДК 635.25/26+631.315.2+631.332

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-337-343

*Сибирёв А.В.<sup>1</sup>, Аксёнов А.Г.<sup>1</sup>, Пономарёв А.Г.<sup>1</sup>, Зернов В.Н.<sup>1</sup>, Петухов С.Н.<sup>1</sup>,  
Мосяков М.А.<sup>1</sup>, Лазовский С.В.<sup>1</sup>, Сазонов Н.В.<sup>1</sup>, Синёв Е.Ю.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва,  
<sup>2</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону*

### РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Овощеводство является важной отраслью сельскохозяйственного производства. Среди множества овощных растений все большее значение придается культурам, продукция которых содержит физиологически активные вещества. К этим культурам относятся лук и пасленовые овощи – томаты, сладкий перец, баклажаны, картофель. Для производства овощных культур и картофеля применяются комплексы специальных и универсальных машин [1, 2]. Выведение, размножение и поддержание новых сортов картофеля очень длительный, трудоемкий и кропотливый процесс. Селекция и первичное семеноводство картофеля имеют специфичные технологические процессы, в большой степени, отличающиеся от процессов возделывания и уборки продовольственного и технического картофеля. В селекционно-семеноводческих питомниках (особенно на первых этапах работ) не могут быть применены серийные машины, предназначенные для товарного производства картофеля. Опытные партии экспериментальных машин (сажалка клоновая, сажалка кассетная [3], барабан поврежденный для оценки пригодности гибридов картофеля к механизированной уборке [4], копатель селекционный [5], подрезающая скоба, комбайн однорядный и др. [6-8]) за прошедшие годы пришли в негодность. В настоящий момент в Российской Федерации отсутствуют машины для возделывания и уборки картофеля на этапе селекционно-семеноводческих работ, качественно выполняющие технологические операции посадки, обработки, уборки, способные составить конкуренцию западноевропейским производителям сельскохозяйственных машин. Зарубежные аналоги, хотя и позволяют выполнять агротехнические требования, но и они не лишены недостатков использования их в российских почвенно-климатических условиях, особенно для выращивания сортов отечественной селекции [7].

В этой связи, обоснование требований к машинам и оборудованию, совершенствование технологии и комплекса машин для ее осуществления, является актуальной научной и практической проблемой, имеющей важное значение для экономики страны. В настоящее время практически вся селекция и оригинальное семеноводство России базируются на ручном труде.

К универсальным машинам относятся транспортные средства общего назначения, энергетические средства различного тягового класса, к специальным машинам – техника для посадки, культиваторы, машины для полива, химзащиты.

Интенсивность ведения сельского хозяйства в современных условиях производства невозможна без высокого уровня насыщения машинно-технологических комплексов средствами интеллектуализации.

Анализ особенностей технологических процессов селекции и семеноводства картофеля, последовательности этапов и разнообразия производственных операций, а также их классификация позволили разработать комплекс машин и оборудования для селекционных и семеноводческих работ в картофелеводстве:

- устройство для оценки пригодности сортов клубней картофеля к механизированной уборке;
- модуль по ускоренному размножению миниклубней картофеля;
- систему управления орошением технологического модуля с управляющим спектром облучения при производстве миниклубней картофеля;
- линию для послеуборочной обработки лука, моркови, столовой свеклы и картофеля с автоматической системой контроля;
- автоматическую посадочную машину для селекции и семеноводства картофеля.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработано и изготовлено устройство для оценки пригодности сортов клубней картофеля к механизированной уборке, которое предназначено для оценки силового воздействия на клубни картофеля рабочих органов уборочной машины в системе оригинального семеноводства картофеля.

Устройство (рисунок 1) состоит из барабана с обрешеточными прутками 1, с лопастью 2 и открытым за ней окном для загрузки и выгрузки партии испытуемых клубней. Внутри барабана над его осью установлена пальчиковая горка 3, позволяющая менять угол наклона. По торцам барабана установлены неподвижные стенки, предназначенные для удерживания клубней от выкатывания за пределы барабана и имитации боковин элеватора и боковин других рабочих органов картофелеуборочных комбайнов.



Рисунок 1. Общий вид макетного образца устройства для оценки пригодности сортов и гибридов к механизированной уборке

Лабораторно-полевые исследования макетного образца устройства для оценки пригодности сортов и гибридов к механизированной уборке клубней картофеля (рисунок 2), свидетельствуют о том, что в процессе сепарации на рабочих поверхностях устройства для оценки пригодности сортов и гибридов к механизированной уборке клубни взаимодействуют как между собой, так и с активными рабочими органами устройства. Клубни падают при прохождении участка встряхивания на прутки сепарирующего барабана и при переходе с одного ролика на другой, что отображают представленные ниже графические зависимости.





1 – площадка опорная; 2 – шкаф управления; 3 – барабан;  
4 – ПК; 5 – регистратор данных; 6 – пальчиковая горка

Рисунок 2. Общий вид лабораторной установки по оценке силового воздействия макетного образца устройства для оценки пригодности сортов и гибридов к механизированной уборке

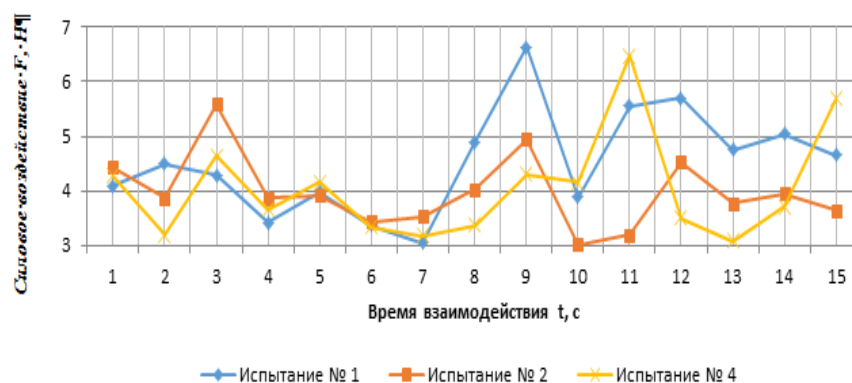


Рисунок 3. Силовое воздействие сепарирующей поверхности на клубень картофеля

Для технического обеспечения производства миниклубней в системе оригинального семеноводства картофеля разработан и изготовлен модуль по ускоренному размножению миниклубней картофеля.

Модуль состоит из следующих частей (рисунки 4, 5, 6): рама с четырьмя колесами, снабженными стопорами от свободного перемещения; короб для выращивания растений; осветительной панели; четыре направляющих для перемещения световой панели; семь технологических крышек; система для подвязывания растений к шпалере с целью удержания растений в вертикальном положении; система полива с резервуаром для питательного раствора; комплект датчиков контроля режима выращивания; электронный пульт управления модулем.



Рисунок 4. Общий вид модуля

Установка режима освещения и полива растений проводится с помощью программируемых реле времени.



Рисунок 5. Устройство модуля (общий вид после высадки рассады)

Результаты лабораторных исследований говорят о том, что модуль позволяет увеличить выход мини клубней в расчете на одно растение в 4-6 раз, при одновременном обеспечении однородности их массово-размерных характеристик. В качестве посадочного материала могут быть использованы микрорастения и мини клубни.

Для обеспечения растений картофеля необходимым количеством воды в разные фенологические фазы развития разработана автоматизированная система управления орошением модуля по производству мини клубней картофеля (рисунок 6).

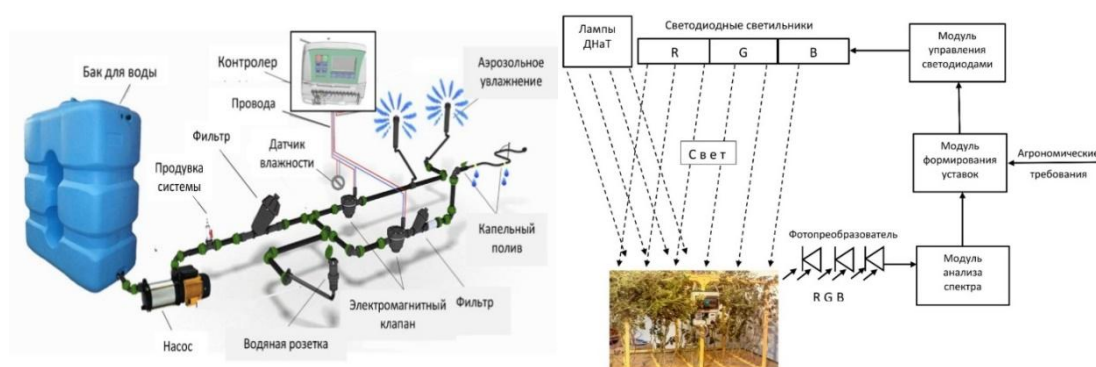


Рисунок 6. Схема системы управления орошением технологического модуля с управляющим спектром облучения при производстве мини клубней картофеля

Основные преимущества управления спектром облучения картофельных растений при производстве мини клубней картофеля в технологическом модуле:

- возможность подбора спектра облучения, который является оптимальным для разных фаз вегетации растений, с целью обеспечения большего количественного выхода мини клубней и повышения их качества;
- возможность изменения спектрального состава излучения вместе с мощностью излучения, что позволит управлять ростом, развитием и продолжительностью активного плодоношения картофельного растения;
- возможность легкой интеграции системы автоматического управления интенсивностью и спектральным составом света (САУ ИС) в систему управления всего технологического модуля для производства мини клубней.



Для выполнения поставленной задачи в контрольных местах грунта устанавливаются датчики влажности. Датчики постоянно анализируют наличие влаги в почве и выдают информацию на контроллер, который автоматически регулирует объем и продолжительность подачи воды. Для использования возможности адаптации спектра облучения растений в соответствии со спектром зеленых частей растения разработана система автоматического управления интенсивностью и спектральным составом света, облучающего растения (САУ ИС), в которой реализовано управление источником облучения как минимум по трем независимым каналам, ответственным за три опорных спектральных зоны: синюю – 490-440 нм, фиолетовую – 440-380 нм и ультрафиолетовую – 380-315 нм.

Модуль анализа спектра выполняет матричное преобразование сигналов фотопреобразователей к интенсивностям в опорных спектральных зонах. Модуль формирования уставок обеспечивает прием команд от системы управления технологическим модулем, в которых содержатся уровни интенсивности и спектрального состава облучения, соответствующие требованиям картофельных растений в данный период вегетации. Модуль формирования уставок, основываясь также на интенсивности и спектральном составе падающего и рассеянного зелеными частями растения излучения, формирует команды для модуля управления светодиодами. Модуль управления светодиодами, в свою очередь, обеспечивает стабилизацию тока светодиодных ламп таким образом, чтобы обеспечить заданную облученность картофельных растений.

Разработана линия для послеуборочной обработки корнеклубнеплодов и лука с системой автоматизированной сортировки товарной продукции посредством сканирования системой технического зрения разделяемого объекта, передачи полученной информации на блок управления и дальнейшей ее трансформации через систему оптического контроля (рисунок 7 А) на исполнительные механизмы сортирования, представленные упруго-эластичными рабочими органами, приводимыми в действие электроприводами, схема управления которыми представлена на рисунке 7 Б.

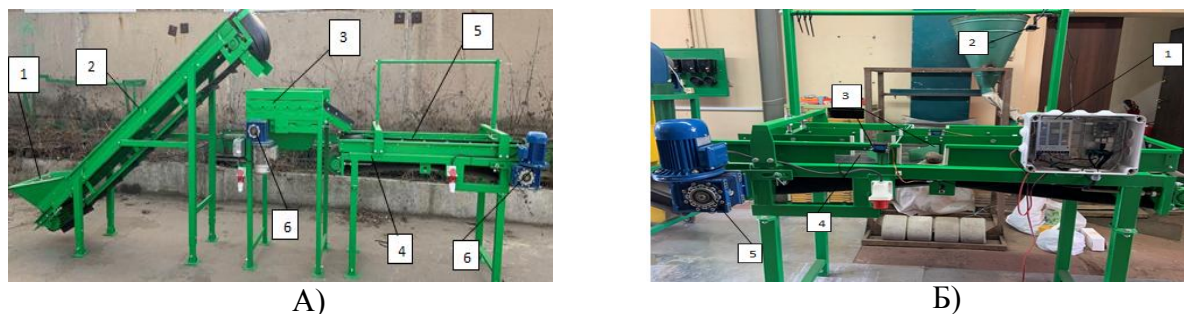


Рисунок 7. Общий вид линии для послеуборочной обработки лука, моркови и столовой свеклы с автоматической системой контроля: А): 1 – приемный бункер; 2 – передаточный транспортер; 3 – спиральный очиститель вороха; 4 – стол сортировочный; 5 – транспортерные ленты; 6 – электродвигатели; Б): 1 – блок управления; 2 – камера; 3 – исполнительные механизмы; 4 – лотки; 5 – электродвигатель привода транспортерной ленты

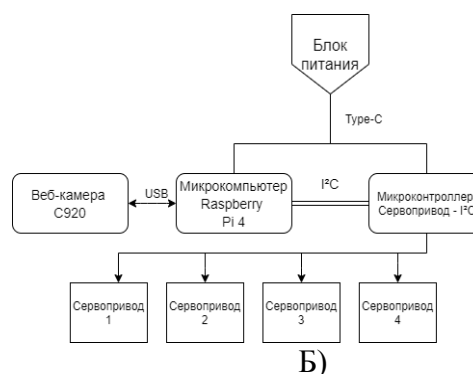
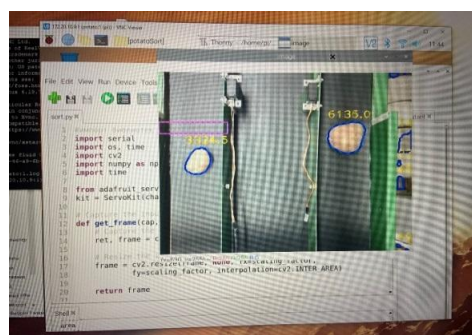


Рисунок 8: А) – Общий вид системы распознавания корнеклубнеплодов и луковец; Б) – Блок-схема системы управления комплексом машин послеуборочной обработки лука

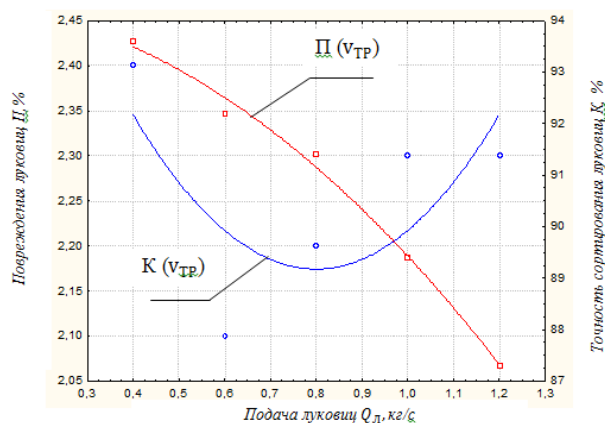


Рисунок 9. Зависимость точности сортирования  $K$  (%) и повреждений луковиц  $P$  (%) от поступательной скорости движения транспортера сортировального стола

Результаты лабораторных исследований линии для послуборочной обработки корнеклубнеплодов и лука с системой автоматизированного сортирования позволяют констатировать, что наибольшая точность сортирования луковиц (более 91 %) достигается при поступательной скорости движения транспортера сортировального стола, равной 1,2 м/с, при повреждении луковиц 2,3 %, что соответствует агротехническим требованиям на послуборочную обработку.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана автоматическая посадочная машина (рисунок 10 А), которая обеспечивает равномерную посадку клубней, как по ширине, так и по глубине раскрываемой борозды, что способствует более дружному появлению всходов картофеля, равномерному фракционному составу клубней, экономии земельных ресурсов и, как следствие, повышению рентабельности производимой продукции.

Современные посадочные машины комплектуются двумя наборами сменных ложечек: для крупной фракции семенных клубней 60-80 г и мелкой – 40-60 г. Т. к. в оригинальном семеноводстве размеры мини-клубней, полученных биотехнологическим способом, варьируют от 5 до 20 г, разработан высаживающий аппарат, обеспечивающий захват и перемещение в направляющий кожух по одному мини-клубню в каждой ложечке, и изготовлен опытный образец посадочной машины.

С целью исключения перескакивания мини-клубней с одной ложечки на другую и защемления их между ложечками и направляющим кожухом (рисунок 10 Б) необходимо обратную сторону ложечки выполнить в виде приемной чаши 8.

Обеспечение качественных показателей посадки клубней картофеля достигается в результате технического решения конструкции высаживающего аппарата, а именно за счет конфигурации формы поверхности ложечки высаживающего аппарата и ее расположения на тяговом элементе, выполненном в виде роликовой длиннозвенной цепи.



А)



Б)

Показатель	Значение
Тип	навесная
Агрегатируется (марки тракторов)	МТЗ-82 (кл. 2)
Ширина захвата, рядков, м	1,8
Габаритные размеры сажалки:	
длина×ширина×высота, мм	2210×2565×2300
Масса конструкционная, кг	1070
Количество высаживающих аппаратов, шт.	2
Диаметр высаживающих ложечек, мм	50

В)

Рисунок 10: А) – Общий вид макетного образца автоматической посадочной машины для селекции и семеноводства картофеля; Б) – Общий вид ложечек высаживающего аппарата; В) – Техническая характеристика посадочной машины

Набор сменных ложечек четырех типоразмеров позволит осуществлять более качественную и бережную посадку не только мини-клубней, но и супер-суперэлиты, суперэлиты, элиты, репродукционного и продовольственного картофеля.

Разработанная конструкция ложечек высаживающего аппарата элеваторного типа, в зависимости от установленных чаш, способствует обеспечению посадочной машины более универсальной, позволяющей производить более качественную и бережную посадку клубней картофеля всех категорий с массой от 5 до 80 грамм. Небольшие контурные размеры посадочной машины расширят ее применение на мелко-контурных делянках фермеров и в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) населения.

Таким образом, разработка энергоэффективных машин, выполняющих комплекс работ в селекции и семеноводстве картофеля, обеспечит необходимость ускоренного перевода селекционных работ, оригинального, элитного и репродукционного семеноводства картофеля на современный организационный и технологический уровень.

#### Использованные источники:

1. Аксенов А.Г., Сибирёв А.В., Козлова А.И. Методология разработки технологических и технических решений на возделывании овощных культур на примере посадки лука-севка // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Москва: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства», 2015. – С. 284-288.
2. Аксенов А.Г., Сибирёв А.В., Емельянов П.А. Обеспеченность техникой для овощеводства // Тракторы и сельхозмашины. – 2016, – № 8. – С. 25-30.
3. Валге А.М. Формализация технологий растениеводства как динамических систем // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2003. – № 74. – С. 26-34.
4. Морозов Ю.Л., Андрианов В.М., Максимов Д.А., Богданов К.В. Разработка адаптивных технологий производства продукции растениеводства: монография. – СПб.: Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства РАСХН, 2005.
5. Полузтков Р.А. Динамические модели агроэкосистемы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
6. Измайлов А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П., Лобачевский Я.П. Экспертные системы интеллектуальной автоматизации технических средств сельскохозяйственного назначения // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий. – М., – 2014. – С. 379-382.
7. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система технологий и машин для инновационного развития АПК России // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: сборник науч. статей междунар. науч.-техн. конф., посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина. – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, – 2013. – С. 7-10.
8. Попов В.Д., Валге А.М., Папушин Э.А. Повышение эффективности производства продукции растениеводства с использованием информационных технологий // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2009. – № 81. – С. 32-39.

УДК 681.5

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-344-347

*Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Кутырёв А.И.,  
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва*

## РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ САДОВОДСТВА

В статье рассчитаны и приведены основные конструктивные и технологические параметры новой универсальной роботизированной платформы для садоводства. Она отличается простотой конструкции, удобством адаптации к различным рабочим органам и исполнительным механизмам. Для обоснования эффективности применения роботизированной платформы проведен комплексный анализ технологических параметров насаждений.

**Ключевые слова:** роботизированная платформа, конструктивные параметры, технологические процессы, система управления.

**Введение.** Повышение технического уровня и технологических возможностей сельскохозяйственных агрегатов не может быть осуществлено без широкой автоматизации производственных процессов и применения систем компьютерного управления агрегатами [1-3]. Применение в сельском хозяйстве Smart-технологий является тем резервом, который позволяет повысить качество и урожайность сельскохозяйственных культур. Использование средств автоматизации, систем компьютерного зрения (Computer Vision) и электронных сенсоров на сельскохозяйственных машинах облегчает и упрощает процесс управления, улучшает условия работы оператора, обеспечивает повышение производительности процессов [4]. В настоящее время учеными ведутся исследования по оценке возможности применения Smart-технологий, различных алгоритмов работы в промышленных садовых насаждениях, в т. ч. совместно с системами глобального позиционирования, что позволяет вести точное (координатное) земледелие [5]. Разработка роботизированной платформы с системой компьютерного зрения для ухода за насаждениями и сбора урожая направлена на повышение качества выполнения технологических процессов и сокращение недобора урожая, за счет круглосуточного режима работы в различных условиях освещенности.

**Цель исследования.** Обосновать параметры роботизированной платформы для выполнения различных технологических операций по уходу за растениями и уборки урожая в садоводстве с учетом агротехнических требований современных технологий интенсивного типа.

**Материалы и методы.** Роботизированная платформа проектируется для работы в условиях посадки плодовых деревьев интенсивного типа с шириной междурядий 2,5-4 м и посадок земляники садовой в открытом грунте. Для достижения поставленной задачи предложена конструкция платформы, имеющей две ходовые оси с одинаковыми по размеру колесами и рамы-корпуса в форме параллелепипеда (рисунок 1).

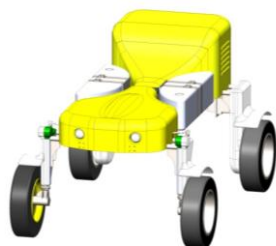


Рисунок 1. Изометрический вид платформы

**Результаты и обсуждения.** Разработан опытный образец универсальной роботизированной платформы (УРП), предназначенной для выполнения технологических операций в садоводстве: мониторинг насаждений, опрыскивание насаждений, междурядная и приствольная



обработка почвы, обрезка ветвей, роботизированный сбор и транспортировка урожая. Конструктивно состоит из рамы со стойками, энергетической установки, электротрансмиссии, блоков электронной системы управления (рисунок 2).



Рисунок 2. Универсальная роботизированная платформа

Преимущества заключаются в интеллектуальной системе управления движением, энергоустановкой и электротрансмиссией, которая позволяет осуществлять работу энергосредства в трех режимах: дистанционное управление, автономный режим по электронным картам местности с использованием сигналов GPS, а также в беспилотном режиме с помощью модулей машинного зрения. Технические характеристики УРП приведены в таблице 1.

Таблица 1

Общие технические характеристики УРП

№п.п	Основные параметры	Значение
1.	Марка машины	УРП
2.	Снаряженная масса, кг	850
3.	Грузоподъемность, кг	500
4.	Характеристика ходовой системы: ширина колес, мм-, не более Крутящий момент на каждом из приводных колес, Нм Колесная формула	колесный тип 200 330 4*2
5.	Габариты машины, не более, мм: -длина -ширина, регулируемая - высота, не более	2800,0 1840,0;1960,0;2080,0 1600
6.	Ширина колеи, база, мм: - передних колес - задних колес -база	1800 1800 1900
7.	Дорожный просвет, мм	1200
8.	Наименьший радиус поворота, не более, мм	3500
9.	Скорость поступательного движения, км/ч -рабочая -транспортная	2-6 8
10	Преодолеваемый подъем, град. Угол въезда, град. Угол съезда, град.	15 20 18
11.	Энергетическая установка: -тип -мощность генератора, Вт -напряжение силовой сети, В	Бензо-генератор 5500 48

Анализ конструктивно-технологических параметров роботизированной платформы в междурядьях садовых насаждений интенсивного типа показал применимость платформы с манипулятором для роботизированного сбора урожая плодов в междурядьях 2,5 и 4 м, с высотой кроны деревьев до 3,0-3,5 м. При выполнении базовых технологических операций по уходу за садовыми насаждениями (обработка почвы в междурядьях, опрыскивание, скашивание и др.) конструктивные параметры платформы УРП позволяют вписываться, кроме интенсивных садов, в междурядья садовой земляники 80 и 90 см (рисунок 4 а) и междурядья насаждений смородины черной 2,5 – 3,0 м (рисунок 3).

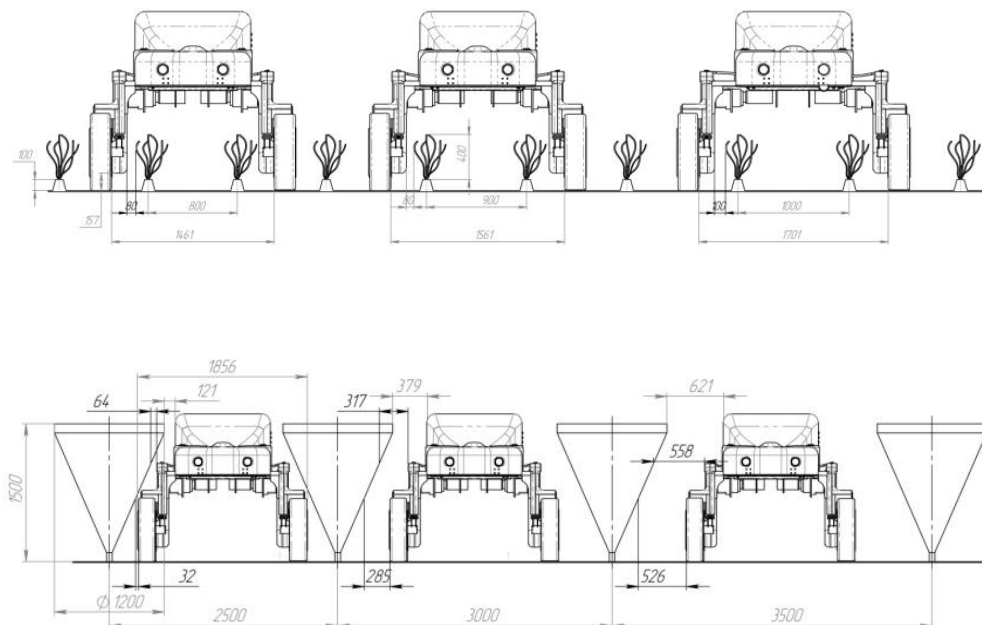


Рисунок 3. Вписываемость платформы УРП в междурядья садовой земляники 80 и 90 см (а) и междурядья насаждений смородины черной (б)

Рассмотрим тяговые свойства двухосной заднеприводной роботизированной платформы. Особенность работы роботизированной платформы с двумя ведущими колесами состоит в следующем: оси двух колес перемещаются с одинаковой поступательной скоростью. Если все колеса с одинаковым радиусом и перемещаются по опорной поверхности одинакового профиля, угловые скорости их вращения также будут одинаковыми. В эксплуатации такие условия работы ведущих колес роботизированной платформы выполнить невозможно. Радиусы колес различаются, вследствие разного давления в шинах и неодинакового износа, а также из-за различной вертикальной нагрузки на колеса. Каждое колесо роботизированной платформы проходит разный путь за одно и то же время, что обусловлено неровностями дороги, необходимостью выполнения поворота и т. д. Таким образом, ведущие колеса должны иметь возможность вращения с неодинаковой частотой в соответствии с условиями их работы. Если они кинематически жестко закреплены на валах, а валы установлены в жестком корпусе, скорости поступательного движения осей при движении роботизированной платформы выравниваются принудительно за счет буксования и проскальзыванию колес относительно почвы, потому что буксование снижает, а скольжение повышает скорость поступательного движения колеса в сравнение с окружной. Равенство поступательных скоростей осей ведущих колес для случая, когда  $v_k \neq v''_k$  можно выразить формулой 1:

$$v_k (1 - \delta') = v''_k (1 - \delta'') \quad (1)$$

где  $v_k$ ,  $\delta'$  и  $v''_k$ ,  $\delta''$  – окружные скорости и буксование колес, соответственно, одной и другой оси. Примем, что индекс «один штрих» относится к колесам, скорость которых

больше, а индекс «два штриха» – к колесам, скорость которых меньше. Тогда колеса со скоростью  $v_k$  будут забегающими, а со скоростью  $v''_k$  – отстающими. Решив формулу 1 относительно  $\delta''$ , получим:

$$\delta'' = 1 - k_H(1 - \delta') \quad (2)$$

Коэффициент кинематического несоответствия привода ведущих колес (формула 3):

$$k_H = v_k / v''_k \quad (3)$$

Наличие кинематического несоответствия привода колес ухудшает тяговые показатели роботизированной платформы. Наилучшие тяговые показатели роботизированной платформы теоретически развиваются при равенстве окружных скоростей  $v_k = v''_k$ , т. е. при  $k_H = v_k / v''_k = 1$ . Чем больше  $k_H$ , тем меньше используются сцепные свойства роботизированной платформы, т. к. уменьшается участие отстающих колес в процессе тягообразования. Сниженные тяговые показатели роботизированной платформы ведут к потере проходимости и увеличенному расходу электроэнергии. Избежать повышенного буксования и проскальзывания ведущих колес, вызываемого кинематическим несоответствием в их приводе, позволяет дифференциал или установка электродвигателя на каждое колесо роботизированной платформы.

Основным источником питания являются аккумуляторы, которые, благодаря определенному соединению (последовательно между собой и попарно параллельно), подают напряжение 24 В на контроллеры, которые управляются дистанционно пультом управления. Оператор с помощью пульта посылает сигналы на контроллеры ТВ6600 и PLN40, а они в свою очередь управляют двигателями. Во время работы УРП генератор включается для подзарядки АКБ, при недостаточной мощности АКБ, для питания подключаемых модулей к УРП. При разрядке аккумуляторов меньше 20 % включается система запуска генератора, которая включает в себя: регулировку воздушной, автоматическая регулировку оборотов двигателя при изменении нагрузки на аккумулятор, автозапуск генератора при помощи стартера, слежение за уровнем топлива.

**Выводы.** Предложенная конструкция роботизированной платформы для выполнения технологических операций в садоводстве отличается от аналогов увеличенным агропросветом, повышенной мощностью электропривода, проходимостью и высокоточной системой автоматического управления с использованием ГЛОНАСС-навигации, технического зрения и дистанционного управления. Конструкция платформы дает возможность существенно увеличить эффективность проведения технологических операций за счет применения недорогих комплектующих, высокой мобильности и возможности групповой работы. Регулируемые габаритные размеры платформы позволяют снизить механическое воздействие на целевой объект, сохранить внешний вид и качественные характеристики технологических операций.

#### Использованные источники:

1. Ермолов И.Л. Расширение функциональных возможностей мобильных технологических роботов путем повышения уровня их автономности с использованием иерархической комплексной обработки бортовых данных: дис. ... д-ра техн. наук. – Москва, 2012. – 350 с.
2. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Лобачевский Я.П., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-техн. конф. – М: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2015. – С. 128-132.
3. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырев А.И. Разработка универсального робототехнического средства сельскохозяйственного назначения // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2019. – № 13. – С. 69-73.
4. Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review // Computers and electronics in agriculture. University of California, Biological and Agricultural Engineering, United States, 2008. P. 63-78.
5. Blasco J., Aleixos N., Roger J.M., Rabatel G., Molto E., Robotic Weed Control using Machine Vision // Biosystems Engineering. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Spain. 2002. P. 149-157.



УДК 621. 431. 74-44

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-348-350

*Тельцов Д.С., Титов С.В., Осипов В.И., Юр Г.С.,  
ФГБОУ ВО «СГУВТ», г. Новосибирск*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ВОДЫ В ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ**

В статье приводится описание экспериментальной установки для получения коллоидного раствора воды в дизельном топливе и характеристики полученного раствора. Коллоидный раствор планируется использовать в качестве топлива в дизельных двигателях с целью улучшения их энергетических и экологических характеристик.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, вода, водотопливная эмульсия, коллоидный раствор, седиментационная устойчивость эмульсии.

Для дизелей, находящихся в эксплуатации, одним их эффективных способов уменьшения выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами является использование водотопливных эмульсий (ВТЭ) [1, 2]. Этот способ не требует внесения значительных изменений в конструкцию двигателей.

Двигателестроительные корпорации MAN Diesel & Turbo SE (Германия) и Mitsubishi (Япония) для сокращения вредных выбросов в судовых дизелях успешно используют ВТЭ.

Классификация смеси воды с топливом [3]:

- грубая эмульсия с размерами дисперсной фазы более 10 мкм;
- микрогетерогенная эмульсия с размерами включений воды 1-10 мкм;
- коллоидный раствор с размерами частиц воды менее 1 мкм;
- истинные растворы.

По результатам исследований, проведенных в ФГБОУ ВО «СГУВТ», отмечено, что при работе дизеля на микрогетерогенной эмульсии, сокращаются выбросы оксидов азота при одновременном уменьшении удельного расхода топлива.

Это объясняется тем, что с уменьшением размеров частиц воды в эмульсии увеличивается суммарная поверхность и площадь контакта воды с топливом, и повышается роль химического и каталитического действия паров воды на процесс горения.

Если характеристики грубой и микрогетерогенной эмульсии, а также особенности рабочего процесса дизелей на таких эмульсиях изучены достаточно основательно, то исследования в области получения и применения в дизелях коллоидного раствора воды с топливом являются актуальными, и требуют изучения.

Трудности по изучению таких смесей связаны с их получением и с тем, что коллоидно-дисперсная система состоит из частиц размерами от  $10^{-7}$  до  $10^{-9}$  м, которые не видны в оптический микроскоп.

Для получения коллоидного раствора воды в топливе в лаборатории кафедры Судовых двигателей внутреннего сгорания была спроектирована, изготовлена и испытана специальная экспериментальная установка, в которой реализован электрогидравлический эффект, описанный и запатентованный Юткиным Л.А.

Установка изготовлена на основе высоковольтного трансформатора мощностью 0,5 кВт, повышающего напряжение от 127 В до 25 кВ. Дробление частиц воды в эмульсии происходит в реакторе за счет воздействия ударных волн возбуждаемых генератором импульсов.

На рисунке 1 приведена фотография установки, а на рисунке 2 изображена ее принципиальная схема.

Одной из основных характеристик эмульсии является ее устойчивость [4]. Это:

- устойчивость к осаждению дисперсной фазы;
- устойчивость к укрупнению или агрегации ее частиц.



Рисунок 1. Общий вид экспериментальной установки

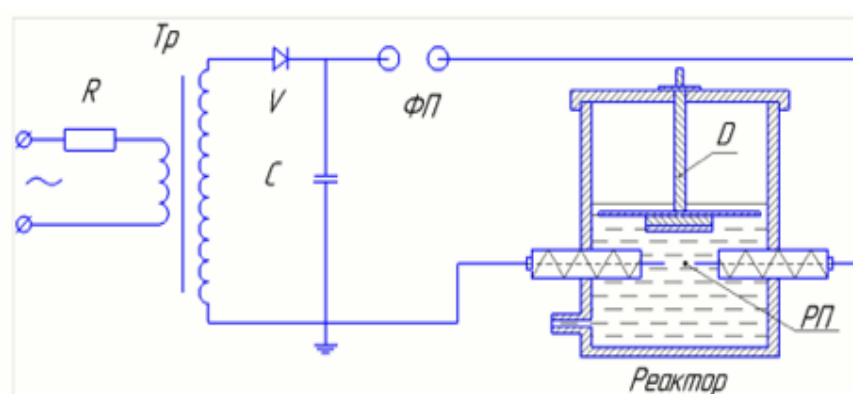


Рисунок 2. Схема работы установки для получения коллоидного раствора:  
 R – зарядное сопротивление; Tr – трансформатор; V – выпрямитель;  
 ФП – формирующий искровой промежуток; РП – рабочий промежуток;  
 C – конденсатор; D – подрессоренная крышка

Устойчивость, характеризующая способность дисперсной системы сохранять равномерное распределение частиц дисперсной фазы по объему дисперсионной среды, называется седиментационной.

В зависимости от факторов, влияющих на устойчивость эмульсии к осаждению, седиментационную устойчивость подразделяют на кинетическую и термодинамическую.

Термодинамическая седиментационная устойчивость характеризуется способностью дисперсных частиц удерживаться под действием броуновского движения во взвешенном состоянии.

Седиментационная устойчивость повышается с уменьшением размеров частиц воды и разности между плотностями воды и топлива.

Известно, что если грубую эмульсию дизельного топлива с водой, полученную в установке эжекторного типа и содержащую 20 % воды, налить в прозрачную цилиндрическую емкость, то вода на дне колбы появляется примерно через 5 минут, а еще через 8 минут высота слоя воды будет составлять около 5 % от общей высоты налитой эмульсии. Процесс расслоения воды из микрогетерогенной водотопливной эмульсии происходит в 2-3 раза медленнее.

В полученном нами коллоидном растворе вода на дне в виде тонкой пленки появилась только через сутки. В течение месяца толщина слоя воды увеличилась на 2-3 мм. В дальнейшем, в течение шести месяцев, расслоения коллоидного раствора не происходило.

Приготовленный на установке коллоидный раствор содержал по объему 10 % воды и 1,5 % мазута, который использовался в качестве поверхностно-активного вещества.

После отстоя коллоидного раствора в течение одного месяца были отобраны образцы раствора на различных уровнях и ареометром измерена его плотность.

В таблице 1 приведены данные, полученные при измерении плотности.

Таблица 1

## Характеристики топлив

№ п/п	Наименование жидкости	Плотность жидкости кг/м <sup>3</sup>
1	Безводное дизельное топливо	813
2	Грубая ВТЭ после приготовления	828
3	Верхний слой коллоидного раствора	822
4	Средний слой коллоидного раствора	827
5	Нижний слой коллоидного раствора	831
6	Значение среднего арифметического п. 3, 4, 5	826

**Вывод:** на разработанной и изготовленной нами экспериментальной установке, в которой использован электрогидравлический эффект, получен устойчивый к осаждению коллоидный раствор воды в дизельном топливе. Полученный раствор планируется использовать в качестве топлива для дизелей с целью улучшения их экологических характеристик.

**Использованные источники:**

1. Ponders. *Marin Diesel Engines and Gas Turbines*. Eighth edition. Elsevier Butterwoth–Heimemann. Linacre House. Jordan Hill. Oxford OX2 8DP. – 2004. – 884 p.
2. Мироненко И.Г. Особенности эксплуатации судовых дизелей на водотопливной эмульсии. – Новосибирск: Наука. 2005. – 103 с.
3. Терзиян Т.В. Физическая и коллоидная химия: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2012. – 108 с.
4. Калашников С.А., Николаев А.Г. Альтернативные топлива для судовых дизельных энергетических установок. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2011. – 90 с.

УДК 631.001:631.3.

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-350-354

*Утенков Г.Л.<sup>1</sup>, Иванов О.А.<sup>2</sup>, Иванова Т.Е.<sup>2</sup>, Власенко А.Н.<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск  
<sup>2</sup>НИИ АП Хакасии, Республика Хакасия, Усть-Абаканский р-н, с. Зеленое*

### АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ АГРОЛАНДШАФТОВ СИБИРИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

В связи с преобладающим возделыванием зерновых культур в Сибири, в статье рассматриваются вопросы совершенствования процессов адаптивного управления ресурсным потенциалом агроландшафтов. Для разработанной общей концепции временного четырехуровневого иерархического управления агротехнологиями, предложены механико-технологические решения, позволяющие снижать действия «природных капризов».

**Ключевые слова:** агроландшафт, адаптация, технология, управление, энергозатраты, зерновые культуры.

В растениеводстве Сибири зерновые культуры являются преобладающими, площадь возделывания которых достигает 60 %. При этом на долю Сибири приходится 46 % производимого в России овса, 17 % пшеницы и 15 % ячменя. Однако за последние 30 лет урожайность

и валовые сборы зерна не поменялись существенно. В среднем Сибирь производит 13-14 млн. т зерна в год при потенциале ежегодного урожая 30-35 млн т.[1]. Считается [2], что особенностью зернового производства Сибири на данном этапе является практически полное исчерпание экстенсивных технологий и стабилизации их продуктивности на уровне 1,2 т/га в степной зоне, 1,5 т/га – в южной лесостепи, что не соответствует потенциальным ресурсам агроландшафтов территории. По-прежнему экстенсивным, энергоемким и экологически несбалансированным остается зерновое производство в Сибири. Под агроландшафтом понимается природно-территориальный комплекс, естественная растительность которого на подавляющей его части заменена агроценозами. Характеризуется экологической неустойчивостью [3].

В целом, зерновое производство независимо от уровней интенсификации закономерно сопровождается ростом общих затрат на получение дополнительной единицы продукции и, в конечном итоге, повышением удельных затрат и энергозатрат. Рост удельных затрат и, соответственно, энергозатрат в зависимости от уровня интенсивности превышают в разы и даже на порядок. Поэтому решение проблемы производства зерна в размере 1–1,2 т на душу населения – это не только способ, но и основа благополучного будущего России [4]. По мнению Глазьева С.Ю.: «Устаревшие технологические уклады отягощены избыточными мощностями, что сталкивается с большими масштабами обесценивания капитала. Преимущество между двумя укладами состоит в применении технологии, основанной на использовании знаний об элементарных структурах материи, алгоритмах обработки и передачи информации, полученных фундаментальной наукой».

Для земледелия Сибири ресурсы тепла и влаги являются наименее регулируемые в земледелии факторами. Соединение агроэкологических требований культур и природных условий агроландшафтов осуществляется с помощью различных пакетов технологий, включающих три уровня технологий возделывания культур: экстенсивные, нормальные и интенсивные. При этом оптимальная технология подразумевает высокую экономическую эффективность и экологическую безопасность производства.

Считают [5], что в региональной системе продовольственной безопасности ограниченность ресурсов не позволяет сосредоточить производство всех продуктов в наиболее благоприятных условиях. Это оказывает существенное влияние на целесообразность специализации подсистем АПК региона на развитие отраслей, эффективных в данных почвенно-климатических и экономических условиях. Поэтому принято считать, что для природных систем важна не величина энергетического воздействия, а надлежащая форма пространственного распределения энергии – «архитектура» энергетического воздействия.

Основной причиной низкой эффективности возделывания сельскохозяйственных культур является несоответствие сопряжения биологических и экологических циклов в различных климатических зонах нашей страны. Организовать более эффективно сельскохозяйственное производство можно путем более полного и оптимального употребления имеющихся ресурсов, более широкого вовлечения в технологические процессы качественно новых факторов, соответствующих гибким и адаптивным реакциям биосистем на различных уровнях функционирования. При этом гибкость технологии должна проявляться в ее способности изменить программу функционирования при изменении намеченных целей, а адаптивность – в способности подчиняться намеченным условиям функционирования. Для эффективного производства зерна рекомендуется [6] активное освоение адаптивно-ландшафтной системы земледелия с набором агротехнологий различных уровней интенсификации. Для чего применяемые системы управления не должны быть слишком жесткими, позволяющими быстро адаптироваться не только к «капризам» природы, но и к резкому удорожанию энергетических и других ресурсов, переходу к рыночным, конкурентоспособным отношениям. С учетом агроландшафтного районирования, рациональной структуры использования посевных площадей, обеспечения интенсификации производства, прогнозируется рост производства зерна [1]. Причем оптимизация структуры посевных площадей в Сибирском федеральном округе, в среднем, может обеспечить двукратное увеличение валового дохода [7]. А выбор наилучших технологий, обеспечивающих получение заданного конечного результата, будет

являться тем возможным управлением режимами агроландшафта, при котором компромисс между продуктивностью посевов и устойчивостью агроэкосистемы получает свое окончательное разрешение. Именно машинные технологии определяют уровень продуктивности растений, эффективности и комфортности труда, потерь и качества продукции и в конечном итоге формируют социальные и экологические стороны агропромышленного производства. А технические средства в совокупности с обеспечивающими их системами составляют материально-техническую базу технологий, адаптация которых к природно-климатическим условиям и ресурсным возможностям сельхозпроизводителя определяют уровень интенсивности. Во всех случаях технологии должны обеспечивать окупаемость финансовых затрат, утилизацию отходов, экологическую чистоту производства. При этом необходимым условием является устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия [8].

Агротехнологии как способ управления продуктивностью агроценозов в преобладающем большинстве осуществляют свое технологическое воздействие (технологическое управление) на почвенный покров агроландшафта. Причем любая агротехнология содержит последовательность технологических операций, а сама проблема управления заключается в выборе оптимального числа этих операций, определения их размера и времени использования. Именно эта проблема пока не решена даже в самых современных системах точного земледелия [9]. А универсальной математической модели для практических расчетов и прогнозов в широком временном и пространственном масштабе не существует, и ее в принципе невозможно создать. Критерием эффективности является отношение результата к обеспечивающим его затратам. Однако до настоящего времени общепризнанный показатель экономической эффективности производства отсутствует. Практика свидетельствует о трудностях решения задач по переводу экономики на интенсивный путь развития и обеспечению роста эффективности. Корень неудач кроется не только в недоучете на всех уровнях важности этой проблемы, но и в неумении управлять этими процессами [10]. Поэтому правильная стратегия заключается в создании узко ориентированных решений для каждой конкретной проблемы – моделирование для конкретного случая [11].

Так как дальнейшая интенсификация земледелия связывается с развитием биотехнологий и повышением точности выполнения технологических операций [12], то технологиям точного земледелия в большей мере соответствует действительно возможная величина урожайности  $Y_{дву}$ :

$$Y_{дву} = 10K_t K_{ФАР} (e^{\pi K_o K_y} - 1) \left( a \pm \frac{b}{k_n} \right),$$

где: 10 – коэффициент перевода урожайности, т/га;  $K_t$  – коэффициент теплообеспеченности;  $K_o = 1,0507$  – коэффициент развития;  $K_{ФАР}$  – коэффициент фотосинтетически активной радиации;  $K_y$  – коэффициент увлажнения;  $a, b$  – коэффициенты аппроксимации;  $k_n$  – коэффициент неоднородности почвенного покрова (НСПП).

Для управления агротехнологиями предлагается концепция, содержащая четыре иерархических уровня для разных масштабов времени [9]. В условиях Сибири эти четыре временные уровня управления нами реализуются следующими технологическими управляющими воздействиями:

– верхний уровень – стратегическое управление. В зависимости от уровня интенсификации применяемых агротехнологий СибНИИЗиХ СФНЦА РАН разработаны адаптивно-мобильные полевые севообороты, обеспечивающие максимальный рост энергетического коэффициента в диапазоне 2,72–3,09 МДж. Для засушливых регионов Сибири НИИ АП Хакасии предложена технология поверхностного полива. Комплексное использование предлагаемого технического обеспечения на примере строительства и эксплуатации оросительных систем поверхностного полива (в сравнении с существующими машинами в мелиоративном строительстве) обеспечивает повышение качества выполняемых работ и производительность труда в 3-5 раз, снижает себестоимость 1 тонны сена в 3-4 раза при среднем урожае 5 т/га [13]. Данный уровень технологического управления способствует стабилизации почвенного плодородия в течение длительного времени;

– второй иерархический уровень – уровень управления, реализуемый на отдельный период вегетации. Предложенный бороздочно-ленточный посев на базе сеялки-культиватора Обь-43ТУ блочно-модульного построения в лабораторно-полевых и производственных опытах на выщелоченных черноземах (ОПХ Элитное) позволил установить прибавку урожайности зерновых культур в размере 20-35 % по сравнению с рядовым посевом, осуществляемым сеялкой СЗП-3,6;

– на третьем иерархическом уровне – реализуется технологическое управление в реальном времени (режим «on-line») - оперативное изменение параметров и режимов работы МТА). Так, для управления неоднородной структурой почвенного покрова в агроландшафтах Сибири предложен автоматический гибкий технологический комплекс для основной обработки почвы (АТКП), позволяющий улучшить качество обработки почвы, повысить производительность труда на 15-20 %, что в итоге приводит к снижению агросроков проведения полевых работ [14];

– четвертый – уровень технологического воздействия на базе научных принципов, учитывающих физико-механические и технологические свойства объекта обработки.

В целом, для получения прогнозируемой величины урожайности зерновых культур и затратного механизма ее получения разработан метод параметрического синтеза, рекомендуемый для условий Сибири трех уровней интенсивности агротехнологий [15].

#### Выводы.

В условиях Сибири наличие различных почвенно-климатических зон, обуславливающих пространственно-временное изменение свойств и состояний почвенного покрова, требуется точное (цифровое) управление ресурсным потенциалом агроландшафтов.

Для повышения эффективности возделывания зерновых культур в агроландшафтах Сибири предложено четыре технологических уровня управления для различных временных интервалов их реализации, позволяющих снижать действия «капризов природы».

#### Использованные источники:

1. Тю Л.В., Афанасьев Е.В., Быков А.А., Алещенко О.А. Экономическая эффективность и перспективы развития зернового производства в Сибири // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2021. – №1. – С. 28-32.
2. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. издание / под общ. науч. редакцией академиков РАН В.Ф. Федоренко, А.А. Завалина, Н.З. Милащенко. – М.: Росинформагротех, 2018. – 396 с.
3. Щербаков А.О., Жезмер В.Б. Разработка принципов экологически безопасного водоресурсного обеспечения агроландшафтов // МИВХ. – 2020. – №5. – С. 40-47.
4. Лачуга Ю.Ф. Сельскохозяйственному производству – новые знания // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – №3. – С. 3-8.
5. Першукевич П.М., Тю Л.В. Обеспечение продовольственной безопасности Сибирского федерального округа // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2015. – №5. – С. 104-110.
6. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И., Кулагин О.В. Эффективность интенсификации возделывания яровой пшеницы разных сортов в лесостепи Приобья // Земледелие. – 2015. – №5. – С. 31-33.
7. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Размещение аграрного производства как механизм адаптации к климатическим изменениям // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – №5. – С. 71-76.
8. Попов В.Д., Максимов Д.А., Морозов Ю.Л. Технологическая модернизация – основа инновационного развития АПК Северо-Западного региона России // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – №4. – С. 19-22.
9. Михайленко И.М. Теоретические основы и техническая реализация управления агротехнологиями. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 252 с.
10. Дасковский В.Б., Киселёв В.Б. Оценка эффективности производственно-хозяйственной деятельности // Экономист, 2017. – №6. – С. 64-82.
11. Баденко В.Л., Топаж А.Г., Якушев В.В., Мишель В., Нендель К. Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 3. – С. 437-445.
12. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 3-7.
13. Утенков Г.Л., Иванов О.А., Иванова Т.Е. Технологии поверхностного полива для юга Средней Сибири и техническое их обеспечение // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). – М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИ агрохимии», –2018. – Т. 4. – С. 395-399.
14. Утенков Г.Л., Добролюбов И.П. Моделирование рабочих процессов гибких автоматизированных технологических комплексов почвообработки: монография/ СФНЦА РАН. - НГАУ. – Новосибирск, 2018. – 204 с.

15. Утенков Г.Л., Рапопорт Э.О. Власенко А.Н. Синтез агротехнологий для управления продуктивностью агроценозов в Сибири // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – №1. – С. 21-25.

УДК 631.3:634

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-354-358

*Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинко О.В.,  
ФГБНУ «Росинформагротех», Московская обл., р.п. Правдинский*

## **ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ САДОВОДСТВА**

В статье приведен ряд примеров цифровых и инновационных технологий для агропромышленного комплекса, внедрение которых направлено на повышение экологической безопасности плодовой продукции, решение задач по увеличению урожайности: опрыскивание, уборка урожая, уход за насаждениями и др. минимизацию вредного воздействия химикатов на человека и прочее.

**Ключевые слова:** питомниководство, садоводство, инновации, робототехнические устройства, интеллектуальные системы, датчики, беспилотные летательные аппараты.

**Введение.** В целях реализации Указа Президента РФ от 21.07.2016 № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» постановлением Правительства РФ от 25.08.2017 № 996 утверждена Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (далее – ФНТП), где в одной из подпрограмм «Развитие питомниководства и садоводства» предлагается комплекс мер, осуществляющий новые подходы и направления к внедрению цифровых и инновационных технологий и техники, таких как «Умное сельское хозяйство», «Интеллектуальное сельское хозяйство», «Разумное земледелие», «Прецизионное земледелие» и т. д. Внедрение нововшеств (инноваций) прослеживаются в значительном росте производительности труда, в снижении затрат на производство и реализацию продукции, в повышении качества различных потребительских характеристик сельскохозяйственной отрасли [1].

Эксперты Продовольственной сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) считают, новые цифровые инновационные технологии и решения способны повысить рентабельность производства плодовой продукции от 50 до 100 % за счет минимизации рисков, связанных с размещением культур и сортов.

По мере развития искусственного интеллекта ученые все чаще обращаются к теме беспилотных автомобилей и летательных аппаратов, тракторов и универсальных роботов. В мире активно ведется работа по разработке и внедрению в производство роботизированных устройств, способных решать большой спектр задач: уход за насаждениями, опрыскивание, уборка урожая и т. д. Многие разработки ученых – беспилотные тракторы и роботы, сельскохозяйственные агрегаты с интеллектуальными системами управления движением, технического видения, способные распознавать образы, отличать культурные растения от сорняков и качественно выполнять технологические операции находят применение в сельском хозяйстве и направлено на повышение экологической безопасности продукции, минимизацию вредного воздействия химикатов на человека и увеличение урожайности [2, 3].

**Постановка проблемы.** Большинство интеллектуальных разработок не доводится до массового производства и конечного потребителя. В России только отдельные компании занимаются разработкой и использованием сельскохозяйственных роботов. Поэтому эта проблема актуальна и востребована наукой и производством.

**Цель исследований** – анализ технического обеспечения производства питомниководства и садоводства.

### **Материалы и методы исследования**

При проведении исследований использована информация из изданий Минсельхоза России, журналов, с сайтов, где представлены результаты исследований и сведения о современных технических средствах в садоводческой отрасли.



«Умные» технологии в сельском хозяйстве можно разделить на четыре больших кластера (таблица 1) [4].

Следует отметить, что среди наиболее универсальных роботов в технологиях растениеводства – зарубежные. Например, интеллектуальный роботизированный культиватор Garre Anatis (Франция), который использует существующую систему оптического зрения для позиционирования, перемещения и манипулирования саженцами картофеля, клубники и других культур с использованием системы автоматического управления *in vitro* [5].

В Японии в институте IAM-BRAIN (институт Биоориентированной сельскохозяйственной техники) разработана и испытана машина-робот, способная собирать зрелые ягоды земляники, снимать их и складывать в контейнер. Робот высотой около 2 м передвигается по рельсам между рядами земляники и определяет степень зрелости ягод по цвету затрачивая при это приблизительно 6-8 секунд. За процесс определения зрелости и позиционирования манипулятора отвечает система из трех цифровых камер: две – за предварительную настройку, третья – за точный захват и направление действий механической руки.

Итальянские компании ENERGREEN, Robo-Eco, FERRY, ETT Loader предлагают семейство роботизированных машин с резиновыми усиленными двигателями и системой дистанционного управления в агрегате со шлейфом сельскохозяйственных машин: буры, опрыскиватели для низкорастущих культур, косилки-измельчители, снегоуборщики, вилчатые погрузчики, бульдозерные лопаты и др.

Роботизированные машины со следящими электронными системами. Предназначены для обработки почвы и уничтожения сорняков в междурядьях и рядах растений. Роботы на основе применения системы технического зрения способны распознавать образцы культурной и сорной растительности, что обеспечивает деликатную прополку без повреждения растений, разноглубинную культивацию в зависимости от наличия сорняков в междурядьях и дифференцированное внесение гербицидов в междурядья (фирма «Garford», Великобритания).

В Калифорнийском технологическом институте (UCLA) создан опытный образец земляникоуборочного робота, который оснащен системой стерео-видеокамер. Ягода обнаруживается путем сканирования поверхности ряда с нескольких сторон и анализа полученных изображений с помощью специализированного программного обеспечения. Далее «рука-манипулятор» захватывает, отрывает и переносит ягоду в контейнер. Манипулятор смонтирован на самоходном шасси и имеет возможность перемещаться по полю. Робот находится на стадии лабораторных разработок и требует испытаний в полевых условиях. В связи с этим остается перспективным направление рационализации ручного труда сборщиков при помощи применения автоматизированных платформ с электроприводом.

Фирмой «Vision Robotics Corporation» разработано самоходное робототехническое устройство для обрезки виноградной лозы, которое позволяет повысить производительность на 40-50 %. Срок окупаемости устройства около двух лет. В основе системы технического зрения лежит стереоскопическое сканирование видеокамерами ряда виноградной лозы по движению робота – на длину работы секаторов. После обработки информации происходит обрезка по программе, заложенной в бортовой компьютер. Другой разработкой этой же компании является устройство для сканирования урожайности яблонь, в котором использован принцип сканирования дерева видеокамерами с последующей постройкой 3D-модели всей яблони.

Робототехническое устройство Agrobot SW6010 and AGS Hydro испанской фирмы «Agrobot» представляет собой комбайн для уборки земляники на гидропонных плантациях. Комбайн содержит набор из 60 манипуляторов и систему технического зрения для построения 3D-моделей ягод с различной степенью спелости, что позволило осуществить принцип селективной уборки только зрелой ягоды в автоматическом режиме.

В компании «Naio Technologies» (Франция) создан полноприводный мобильный небольшой робот Naio Technologies Oz. При ширине 40 см рыхления почвы и уничтожения сорняков в междурядьях культурных 490 растений способен производить обработку почвы на различных схемах посадки. Время автономной работы составляет 4 ч с последующим возвращением к пункту зарядки.

## «Умные» технологии в сельском хозяйстве

Кластеры	Группы решений	Передовые технологии от основных игроков
1. Точное сельское хозяйство – система управления продуктивностью посевов, основанная на использовании комплекса спутниковых и компьютерных технологий	– Системы навигации и телеметрии (системы точного позиционирования агрегата в поле, параллельного вождения, картирования урожайности); – Дистанционное зондирование Земли. Например, оперативное получение спутниковых снимков с Formosat-2 (NSPO, Тайвань), RapidEye (RapidEye AG, Германия) и аэрофотоснимков; – Геоинформационные системы (ГИС); – Технология дифференцированного внесения удобрений	Система GreenStar от компании John Deere (США); Система параллельного вождения CAM PILOT от компании CLAAS (Германия); Системы параллельного вождения от компании Trimble, Inc. (США); Система Raven Cruizer компании Raven Industries (США); Система параллельного вождения (курсоуказатель) CenterLine 220, разработанный компанией TeeJet Technologies (США); Система Leica moJoMINI от компании Leica Geosystems (Швейцария); Система TRACK-Leader в гамме полевых навигаторов от компании Muller-Elektronik (Германия); Навигационный пульт «Азимут-1» от компании ООО «Ратееос» (Россия)
2. Сельскохозяйственные роботы	Беспилотные транспортные средства, летательные аппараты; дроны для слежения за состоянием полей и сбором урожая; умные сенсорные датчики; автоматизированные системы вегетации агрокультур; автоматизированные системы управления молочными фермами	Инновационная система компании John Deere для автоматического вождения любой техники AutoTrac 200; Система GPS PILOT компании CLAAS для автоматического вождения сельскохозяйственной техники; Система AgGPS® Autopilot™ от компании Trimble, Inc. (США); Система SteerCommand® от AG Leader (США); Система с непосредственным рулевым управлением Topcon ACU от компании Topcon Corporation (Япония); Модульный роботизированный трактор без кабины управления AT400 Spirit от компании Autonomous Tractor Corporation (США)
3. АIoT-платформы/АIoT-приложения – позволяют автоматизировать весь цикл сельскохозяйственных операций по выращиванию растений или животных	– Периферийное оборудование (датчики, сенсоры); – Каналы связи (спутниковая связь GPS/ГЛОНАСС, LPWAN, LTE, 3G, 4 G, GPRS, GSM); – АIoT-платформы (web-платформы для создания отраслевых приложений); – АIoT-приложения (приложения для ИТ-платформ, самостоятельные приложения для конкретного оборудования)	Инновационные инструменты по управлению производственными данными и услуг по точному земледелию компании Farmers Edge (Канада); Система современного земледелия AFS CONNECT от компании CNH GLOBAL; Iteris Inc. (США) с помощью ведущей высокоточной фермерской платформы и мобильного приложения ClearAg® предоставляет консультационные услуги; Аграрно-аналитическая компания CropX Ltd. (Израиль) разрабатывает облачные программные решения; IoT-платформа OceanConnect от компании Huawei обеспечивает управление датчиками и размещает на приложении Holmer и др.
4. Большие данные (Big Data)	Анализ данных, получаемых с датчиков для составления точного прогноза и стратегии	Система картирования урожайности GreenStar Harvest Doc, разработанная специально для комбайнов John Deere; Комбайны фирмы CNH Industrial (Нидерланды) оборудованы системой картирования урожайности ASF Connect; Телеметрическая система AFS Connect от компании CNH Industrial.

Робот-сборщик апельсинов (фирма Фирмой «Vision Robotics Corporation»). Состоит из двух модулей: один – с системой технического зрения, другой – с восемью мягкими захватами для сбора апельсинов. Французская компания «Wall-ye» выпустила линейку многофункциональных роботов. Один из них – робот для обрезки виноградной лозы. Колея робота регулируется в диапазоне от 1 до 2,5 м, высота – от 0,8 до 1,4, высота обрезки до 2 м, робот оснащен системой технического зрения из шести встроенных камер.

Активно ведутся работы по обоснованию технологического применения и разработки интеллектуальных машин для технологических операций по химической защите растений в садоводстве во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации (ВИМ). Так, одной из инновационных разработок является роботизированный опрыскиватель с интеллектуальной системой, обеспечивающий минимизацию вредного воздействия химикатов на человека путем исключения его непосредственного участия в управлении агрегатом [6].

Шасси опрыскивателя с двигателями на электрической тяге, системой интеллектуального управления движением на основе применения сенсорной техники (датчики, 3D-видеокамеры) обеспечивает возможность позиционирования относительно растений с использованием технологий спектральной фильтрации изображений (Spectral Imaging). Роботизированное шасси опрыскивателя является основой для разработки широкой гаммы машин, работающих в автоматическом режиме с использованием систем спутниковой навигации.

Как показывает опыт ведения садоводства в зарубежных странах, а также передовых отечественных производителей фруктов и ягод, в современных условиях увеличение объемов производства продукции садоводства в значительной степени зависит от использования интенсивных технологий.

Основными элементами в техническом обеспечении интеллектуального промышленного садоводства являются разработанные в ВИМе технологические адаптеры на базе самоходного универсального высококлиренсного энергосредства с электронным управлением (СУ-ВЭС), предназначенного для выполнения широкого спектра работ при интенсивных технологиях возделывания садов, питомников и виноградников, а именно: механическая и гербицидная междурядная обработка почвы, опрыскивание плодово-ягодных насаждений и виноградников. Энергосредство может быть использовано и при выполнении технологических операций (опрыскивание, обработка почвы) на высокостебельных технических культурах [7].

В настоящее время энергосредство агрегируется с тремя высококлиренсными технологическими адаптерами:

- культиватор фрезерный высококлиренсный с системой автоматического бесступенчатого регулирования частоты вращения фрез в зависимости от почвенных условий, обеспечивающий качественное уничтожение сорняков и рыхление почвы в междурядьях плодовых питомников и ягодных кустарников;

- опрыскиватель-гербицидник высококлиренсный, обеспечивающий высококачественную дифференцированную обработку растений и почвы в междурядьях питомников плодовых культур, виноградниках и на плантациях ягодных кустарников жидкими химическими препаратами;

- широкозахватный пропашной высококлиренсный культиватор со сменными рабочими органами выполняет междурядную культивацию в междурядьях плодовых питомников, молодых садах интенсивного типа, на плантациях ягодных кустарников и в виноградниках. Работа системы управления энергосредством основана на интеллектуальных алгоритмах, обеспечивающих управление в условиях множественных и неопределенных факторов, возможности принимать решения об управленческом воздействии, основываясь на нескольких видах взаимовлияющих входных данных.

Интеллектуальная система управления и мониторинга рабочего процесса позволяет: автоматически поддерживать скорость движения в соответствии с выполняемыми технологическими операциями; контролировать и управлять работой навесного оборудования; осуществлять автоматическое слежение за работающим кузовным агрегатом на плоскости линии

и поверхности грунта; отображать оперативную информацию о работе системы электропитания и навесного оборудования на мониторе кабины оператора.

Помимо выполнения технологических операций при возделывании плодово-ягодных культур, роботизированные машины востребованы и для мониторинга состояния растений и выявления вредителей и болезней в закрытом и открытом грунте, а также выполнения работ в селекции и семеноводстве. Поэтому переход от традиционных технологий к высокотехнологической системе сегодня стал возможным благодаря контролю и полному технологическому циклу производства продукции, путем применения умных устройств: робототехнических систем, датчиков, беспилотных летательных аппаратов, систем точного земледелия и других интеллектуальных разработок [8].

Как показывает опыт ведения садоводства в зарубежных странах, а также передовых отечественных производителей фруктов и ягод, в современных условиях увеличение объемов производства продукции садоводства в значительной степени зависит от использования интенсивных технологий.

Важным приоритетом, позволяющим получать высококачественную плодово-ягодную продукцию в необходимых объемах с минимальными материальными затратами, является повышение уровня механизации и автоматизации производственных процессов в садоводстве (раскорчевка сада, подготовка почвы, закладка маточника и сада, посадка многолетних насаждений, уход за насаждениями в молодом и плодоносящем возрасте, уборка урожая и др.).

#### **Использованные источники:**

1. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А. Меры и инструменты поддержки развития питомниководства и садоводства // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9 (267). – С. 41-47.
2. Хорт Д.О. Эффективное управление агротехнологиями как основа экологически безопасного промышленного ягодоводства // Техника и оборудование для села. – 2010. – №11. – С. 24-25.
3. Fedorov A.D., Kondratieva O.V., Slinko O.V. Process of digital transformation of agrarian economy / В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). 2020. – С. 164-169.
4. Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Fedorenko V.F., Slinko O.V. Using digital technologies in horticulture / В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science". 2021. С. 032033. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032033
5. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Кадыкало Г.И. Инновационные технологии выращивания посадочного материала плодово-ягодных культур // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11 (281). – С. 29-31.
6. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Лобачевский Я.П., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: материалы науч. техн. конф. – М.: ВИМ, 2015. – Ч.2. – С. 128-132.
7. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А., Воробьев В.Ф. Эффективность использования интенсивных технологий в садоводстве // Техника и оборудование для села. 2020. – № 12 (282). – С. 44-46.
8. Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 9. – С. 43-48.

УДК 631.816.3:681.3.06

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-358-363

*Курбанов Р.К., Фокин А.М.,  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

### **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

В статье рассмотрена научно-практическая технология предполетной подготовки беспилотного воздушного судна на примере DJI Inspire 1 для выполнения высокодетализированной съемки, безопасной эксплуатации и сбора достоверных данных о состоянии сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** Беспилотное воздушное судно (БВС), дрон, DJI Inspire 1, оптимальная настройка дрона, калибровка компаса, калибровка камеры.

В настоящее время в условиях развития цифровых технологий, спрос на управление беспилотными воздушными судами (БВС) возрос, особенно, это заметно в сельском хозяйстве. Преимуществами БВС являются выполнение съемки с небольших высот, рентабельность, получение снимков высокого разрешения. Для того, чтобы провести качественную и высокодетализированную съемку с БВС, необходимо выполнить предполетную подготовку дрона. Рассмотрим это на примере DJI Inspire 1 [1].

Правильная подготовка дрона – это соблюдение конкретных правил для гарантии безопасности полета и получения достоверных данных о состоянии сельскохозяйственных культур, процесс подготовки БВС в целом состоит из нескольких этапов:

В начале необходимо, как следует изучить местность в одном из таких сервисов, как DJI GEO, AirMap, либо PilotHub и ознакомиться с местами и объектами поблизости. Полеты не должны осуществляться в запретных зонах, в полях, которые расположены вблизи аэропорта. Линии электропередач (ЛЭП), размещенные вблизи зоны полетов, способны вызвать электромагнитные помехи. Нужно оценить высоту древесных насаждений на полях сельскохозяйственных угодий для выбора оптимальной высоты. Далее необходимо создать полетное задание в программе DroneDeploy или же в программе Pix4DCapture. Удостовериться, что в выбранной траектории полета отсутствуют вышки, задать высоту полета, установить необходимое перекрытие, оценить какое количество аккумуляторных батарей понадобится для выполнения заданной миссии [2].



Рисунок 1. Карта местности

На втором этапе потребуется осуществить проверку БВС. При визуальном осмотре не должно быть сколов, трещин и других механических повреждений. Перед эксплуатацией необходимо убедиться, что лопасти, крепления пропеллеров, рама, подвес, мультиспектральная камера и сенсор освещения, micro-sd карты, провода и разъемы находятся в исправном состоянии. Желательно при себе иметь запасные карты памяти и провода для подключения к мобильному устройству. Такая проверка DJI Inspire 1 выполняется перед каждой съемкой.



Рисунок 2. Общий вид DJI Inspire 1

На третьем этапе следует проверить уровень заряда аккумуляторной батареи, т. к. это критически важный показатель для безопасного полета. Аккумуляторные батареи дорогой элемент в конструкции БВС и при каждом полете необходимо максимально эффективно использовать заряд. Для увеличения ресурсов работы аккумуляторной батареи, лучше не разряжать его ниже 20 %. Все аккумуляторные батареи дрона, пульта дистанционного управления и мобильного устройства следует зарядить на 100 % перед использованием. Если съемка будет проводиться при температурах близких к нулю или к отрицательным температурам, аккумуляторные батареи, нужно хранить в тепле [2].

На четвертом этапе необходимо перейти в приложение DJI Go. Для этого с включенным БВС осуществляется проверка на наличие обновлений ПО и проводится настройка основных параметров управления дроном. Такие настройки обеспечивают безопасный полет и качественный сбор данных на сельскохозяйственных угодьях (таблица 1).

Таблица 1

Интерфейс и рекомендуемые значения основных параметров управления БВС

Интерфейс	Рекомендуемые значения
Distance limit	«turn off»
Maximum Flight Altitude	От 70-100 м на с/х угодьях
Return to home altitud	От 70 м.
RC MODE settings	Mode2
RC signal lost	«Return to home»
Low battery warning	не менее 30 %

Distance limit – рекомендуется выбрать значение «turn off».

Maximum Flight Altitude – подбирается индивидуально в зависимости от высотных объектов на полях. Разрешенная максимальная высота пилотирования БВС в Российской Федерации – не выше 150 метров.

Return to home altitud – рекомендуется выбрать 70 метров либо выше. Значение можно будет изменить впоследствии при планировании миссии в других приложениях.

RC signal lost – действие дрона при потере сигнала между пультом и дроном. Рекомендуется «Return to home» для возврата дрона в точку взлета.

Low battery warning – рекомендуемое значение – не менее 30 %. Если площадь, где проводится мониторинг масштабная, следует увеличить это значение до 40 %. Чтобы спрогнозировать выход из строя аккумуляторной батареи, также следует следить за зарядом во время выполнения миссии [4].

На пятом этапе необходима калибровка компаса каждый раз после смены геолокации. Калибровка компаса предоставляет возможность откалиброваться по местным линиям магнитного поля. Во время калибровки акселерометр и компас дважды поворачиваются по двум разным осям. Далее БВС производит коррекцию по показаниям каждого сенсора. Правильная калибровка представляет собой выполнения следующих действий:

-калибровка компаса проводится непосредственно перед полетом на открытой местности. Перед калибровкой компаса, нужно убрать все металлические предметы из карманов, т. к. создаются сильные магнитные помехи. В помещении калибровка бессмысленна;

- необходимо снять фиксатор подвеса;

- включить дрон и пульт дистанционного управления и подключить мобильное устройство.

Для того, чтобы переключить БВС в режим калибровки компаса, необходимо выбрать один из двух методов:

А) В приложении DJI Go нажмите на Ready to Go/ Aircraft status / Compass / Calibrate compass / ОК. (Во время калибровки переключатель должен быть в положении Р).

Б) Слева на пульте быстро переместить переключатель в положения S, затем Р не менее четырех раз.

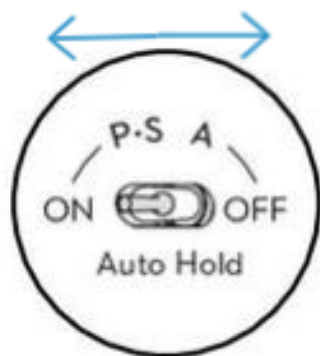


Рисунок 2. Выполнение переключения

Удостовериться, что задние светодиоды БВС горят непрерывно желтым светом.

Следует повесить пульт с помощью ремешка на шею, и взять дрон обеими руками за лучи.

Повернуть в левую сторону (против часовой стрелки) на 380 градусов (чуть больше, чем один полный оборот). Прерваться, когда задние диоды поменяют свет с непрерывно желтого на непрерывно зеленый (рисунок 3 а)

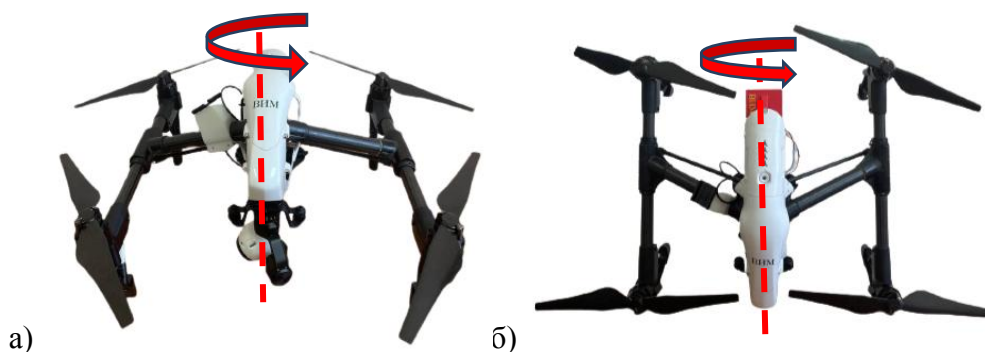


Рисунок 3. Калибровка компаса: а) в поперечной оси б) в продольной оси

Повернув его на 90 градусов по продольной оси, поменять ориентацию дрона.

Против часовой стрелки на 380 градусов, следует повернуть БВС (чуть больше, чем 1 полный оборот). Остановиться, когда задние диоды поменяют свет с непрерывно зеленого на мигающий зеленый (рисунок 3 б)

Если для включения режима калибровки использовался способ А, установите переключатель режима полета в положение Р (центральное). Калибровка компаса завершена.

Калибровка IMU (Инерционное измерительное устройство) проводится крайне редко и при необходимости. IMU содержит в себе трехосевой акселерометр, трехосевой гироскоп и барометрический альтиметр, которые работают сообща, чтобы точно удерживать дрон в его текущем положении во время полета. Калибровать IMU следует после: падения, столкновения, перепада температур в зависимости от условий окружающей среды. Для калибровки IMU необходимо:

- снять винты электромоторов;
- снять фиксатор подвеса и включить БВС вместе с пультом дистанционного управления;
- в полетном меню нажать на MC setting / Advanced setting /Sensors state/ IMU Calibration/

ОК;

- калибровка осуществляется вдали от источников радио- и магнитных помех, железа;
- при калибровке нужно БВС поставить на ровную поверхность и не трогать его до окончания процедуры.

Для того чтобы начать использовать камеру, следует откалибровать фокусное расстояние камеры DJI Inspire 1 и выбрать необходимые настройки изображения. Для получения достоверных данных, необходимо установить следующие параметры [5].



Сначала необходимо выбрать оптимальную высоту дрона, при которой будет проводиться мониторинг сельскохозяйственных угодий. Ее значение зависит от множества факторов: необходимо разрешение ортофотоплана и вегетационных карт, высота препятствий, особенности рельефа и т. д. Общепринятая высота варьируется от 60 до 120 метров. Далее поднять БВС на эту рабочую высоту, и установить камеру в нади́р, вертикально вниз под 90 градусов.

Выбрать формат кадра 3:2. Такой формат позволит использовать всю площадь матрицы камеры. Проверить, что другие параметры в данном меню установлены по умолчанию [6].

Удостовериться, что метод фокусировки принял значение AF. Нажать на центр экрана, чтобы камера сфокусировалась на поверхность. После изменить значение метода фокусировки на MF – появится шкала ручной регулировки фокуса.

Для того, чтобы настроить камеру, нужно выставить по умолчанию все параметры. В таком случае яркость и сглаживание изображения будут меняться во время полета. Это усложняет аэрофототриангуляционную обработку изображений: контрольные точки на разных снимках будут разными. Приведенные в таблице 2 рекомендованные настройки камеры для проведения мониторинга, обеспечивают наилучшее качество съемки (таблица 2).

Таблица 2

Параметры и рекомендуемые значения калибровки и настройки камеры

Параметры	Рекомендуемые значения
ISO	от 100 до 200
Aperture	от 2,8 до 4
Shutter	от 1/640 до 1/320

ISO: от 100 до 200. ISO регулирует количество света, которое пропускает камера, и оказывает значительное влияние на темные или светлые области на фотографиях. Настройка позволяет делать сенсор более или менее чувствительным к свету. ISO 100 используется в яркую солнечную погоду, 200 – в облачную.

Aperture: от 2,8 до 4. Aperture позволяет настроить отношение фокусного расстояния системы к диаметру входного отверстия камеры. Более высокие значения уменьшат поток света, и изображение будет темнее.

Shutter: от 1/640 до 1/320 (from 1/640 to 1/320). Более высокие значения увеличивают размытие, более низкие – уменьшают количество пропускаемого света, вследствие чего изображения будут более темными и обесцвеченными.

После выполнения этих этапов DJI Inspire 1 готов к эксплуатации и выполнению заданной миссии. Соблюдение этих этапов позволит провести качественный мониторинг сельскохозяйственных угодий.

### Выводы.

Рассмотрено применение в сельском хозяйстве беспилотных воздушных судов (БВС), существенными преимуществами которых для оценки состояния сельскохозяйственных растений являются выполнение съемки с небольших высот, рентабельность, получение снимков высокого разрешения.

Обоснованы и сформированы этапы практической предполетной подготовки дрона для проведения качественной и высокодетализированной съемки, включающие соблюдение конкретных правил для гарантии безопасности полета и получения достоверных данных о состоянии сельскохозяйственных культур.

Основные этапы: изучения местности; проверки состояния БВС; оценки уровня заряда аккумуляторной батареи; настройки основных параметров управления дроном; калибровки компаса; калибровка фокусного расстояния камеры DJI Inspire 1 и выбор необходимых настроек изображения.

Тщательное выполнение правил этих этапов обеспечивает готовность дрона DJI Inspire 1 к эксплуатации и выполнению заданной миссии – проведению качественного мониторинга сельскохозяйственных угодий.

**Использованные источники:**

1. Курбанов Р.К., Захарова О.М. Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67. – № 1(38). – С. 93-98.
2. Шарова М.Д., БПЛА – доступные технологии // Инновационные технологии научного развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: ООО «Аэтерна», 2015. – С. 104-106.
3. Белов А.И. Управление группой БПЛА и их применение // Гагаринские чтения – 2018. – М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – 2018. – С. 49-50.
4. Личман Г.И., Коротченя В.М., Смирнов И.Г., Курбанов Р.К. Концепция точного земледелия на основе понятий идеального поля и цифрового двойника // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – № 67(3). – С. 81-86.
5. Курбанов Р.К., Захарова О.М. Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. – Т. 67. – № 1(38). – С. 93-98.
6. Mogili U.R., Deepak B.V.V.L. Review on application of drone systems in precision agriculture. Procedia Computer Science. 2018. N133. pp. 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>

УДК 631. 171

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-363-365

*Чекусов М.С., Кем А.А., Шмидт А.Н.,  
ФГБНУ «Омский АНЦ»*

**ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В ЦИФРОВОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

В статье рассматривается использования цифровых технологий в сельском хозяйстве России. Приводится актуальность использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве нашей страны. На примере ФГБНУ «Омского АНЦ» представлены результаты использования БПЛА DJI Mavic Air 2.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, беспилотный летательный аппарат, фотосъемка, оценка, качество, посевная площадь.

На сегодняшний день агропромышленный комплекс страны работает по тем же принципам, что и любой бизнес. Руководители хозяйств стремятся снизить себестоимость продукции повышением производительности. Для достижения этих целей используется классический инструментарий: энергоемкие сельскохозяйственные машины, высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур, средства химизации и оптимальные ресурсосберегающие агротехнические приемы. Потенциал такого рода ведения сельского хозяйства практически достиг своего предела. Появляются новые пути решения – цифровизация агробизнеса. Проникновение и использование цифровых технологий в сельское хозяйство России идет медленнее относительно развитых стран. В среднем на 1000 работников АПК приходится около 5 IT-специалистов, но спутниковые и компьютерные технологии уже стали общедоступными. По данным Аналитического центра Минсельхоза России внедрение только лишь технологий цифровой экономики при комплексном подходе позволит получить экономический эффект и снижение затрат около 23 % [1, 2].

Цифровая трансформация экономики привела к возможности дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), что позволило в кратчайшие сроки производить сбор, хранение, обработку и передачу пространственных данных. К дистанционному зондированию земли относятся все виды неконтактных съемок при помощи специальной съемочной аппаратуры, установленной на летательных аппаратах, станциях и т. д.

Актуальность использования беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве нашей страны объясняется огромной территорией, мониторинг больших посевных площадей является не всегда посильной задачей для аграриев. Кроме этого, применение БПЛА служит рычагом для поворота на путь становления цифрового ведения агробизнеса России. Беспилотные летательные аппараты позволяют сделать первый шаг к введению точного земледелия, могут оснащаться не только различными датчиками и камерами с высокой четкостью

изображения, но и спутниковой навигацией, оборудованием для средств химизации, бортовыми компьютерами [3, 4, 5].

На примере ФГБНУ «Омского АНЦ» показано как с помощью БПЛА DJI Mavic Air 2 ученые осуществляют аэрофотосъемку своих многочисленных посевных площадей и выявляют проблемные участки (рисунок 1).



Рисунок 1. Выявление проблемных участков с помощью БПЛА DJI Mavic Air 2

Дрон DJI Mavic Air 2 оснащен системой инфракрасных датчиков, а также системами переднего, заднего и нижнего обзора, что позволяет ему зависать в воздухе, летать как в помещении, так и на открытом пространстве и автоматически возвращаться в домашнюю точку. Система обнаружения препятствий и расширенный автопилот (APAS 3.0) упрощают съемку сложных сцен. Интеллектуальные режимы полета, среди которых «Быстрая съемка», «Панорама» и Focus Track, включают в себя такие функции, как Active Track 3.0, Spotlight 2 и Point of Interest 3.0. Благодаря трехосевому стабилизатору и полудюймовой матрице Mavic Air 2 снимает видео в разрешении 4K/60 кадров/с и фотографии 48 Мп. В пульт управления встроена технология DJI Ocusync™ 2 для передачи данных на большие расстояния, что обеспечивает максимальное расстояние передачи сигнала 10 км, а также передачу видео с дрона в приложение DJI Fly на мобильном устройстве с разрешением до 1080 p. Пульт управления работает на частоте 2,4 ГГц и 5,8 ГГц и может автоматически выбирать лучший канал передачи без задержки сигнала. Максимальная скорость полета Mavic Air 2 составляет 68 км/ч, максимальное время полета – 34 минуты, а максимальное время работы пульта дистанционного управления – 6 часов [6].

Систематический мониторинг посевов позволяет увидеть воздействие природных факторов на различные культуры, выявить отклонения и нарушения, допущенные в процессе проведения агротехнических работ, предоставляет актуальную информацию агроному для принятия необходимого решения.

Появление и применение дронов в сельском хозяйстве, несомненно, создало прорыв в АПК России. Беспилотные летательные аппараты дают возможность визуального анализа информации в режиме реального времени, своевременной оценки качества выполненных полевых работ, детального мониторинга конкретных участков на всех этапах сельхозработ.

Но существует ряд факторов, препятствующих более широкому их распространению. Недостаток квалифицированных кадров – пилотов-операторов; влияние погодных условий; случаи нарушения неприкосновенности личного имущества и даже угрозы жизни от несанкционированных съемок; обязательная сертификация на основе федеральных авиационных правил; цена летательного аппарата и дополнительного оборудования – являются сдерживающими факторами распространения БПЛА в аграрном секторе страны.

#### Использованные источники:

1. Огневцев С.Б. Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса // Междунар. с.-х. журнал. – № 2 (362). – 2018.
2. Маринченко Т.Е. Диджитализация – Новый Вектор Развития АПК // Цифровая трансформация сельского хозяйства: проблемы и перспективы. – М., 2020. – С. 29-37.

3. Хорт Д.О., Личман Г.И., Филиппов Р.А., Беленков А.И. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии // Поволжье. 2016. – № 7. – С. 34-37.
4. Личман Г.И., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Курбанов Р.К. Использование БПЛА для мониторинга состояния селекционных участков // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – С. 311-315.
5. Балабанов В.И., Романенкова М.С. Управление производственными процессами производства сельскохозяйственных культур с применением технологии точного земледелия // Докл. ТСХА: матер. междунар. науч. конф., посв. 175-летию К.А. Тимирязева (г. Москва, 6-8 декабря 2018 г.). – 2019. – С. 107-109.
6. Руководство пользователя Mavic Air 2. [Электронный ресурс]. URL: [https://docviewer.yandex.ru /view/0/?page=1g=ru](https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=1g=ru) (дата обращения: 16.08.2021)

УДК 621. 431. 74-44

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-365-366

*Швецов И.В., Губин Е.С., Юр Г.С.,  
ФГБОУ ВО «СГУВТ», г. Новосибирск*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОДИФИЦИРОВАННОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, ПОЛУЧЕННОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ**

В статье приводится описание экспериментальной установки для кавитационной обработки дизельного топлива и характеристики модифицированного топлива. Полученное в результате кавитационной обработки модифицированное дизельное топливо планируется использовать в дизелях с целью улучшения их энергетических и экологических характеристик.

**Ключевые слова:** модифицированное дизельное топливо, процесс кавитации, парогазовые пузырьки.

В настоящее время в мире наблюдается процесс изменения топливного баланса в направлении сокращения доли дизельных дистиллятных топлив и их замены на более дешевые низкокачественные топлива [1].

Это, прежде всего, объясняется возможностью получения дополнительной прибыли от разницы цены между высоко и низкокачественными моторными топливами.

С ухудшением качества в топливе увеличивается количество высокомолекулярных и асфальто-смолистых соединений, которые препятствуют полному и своевременному сгоранию.

Несвоевременность и неполнота сгорания топлива затягивают процесс тепловыделения по углу поворота коленчатого вала и увеличивают расход топлива и выбросы вредных веществ с отработавшими газами [2].

Одним из способов разрушения высокомолекулярных соединений, содержащихся в топливе, является его гидродинамическая обработка.

В лаборатории кафедры Судовых двигателей внутреннего сгорания СГУВТ на основе устройства, запатентованного Кармацким Г.С., была изготовлена экспериментальная установка для гидродинамической кавитационной обработки низкокачественных топлив.

Известно, что процесс кавитации сопровождается мощными гидродинамическими, кумулятивными, тепловыми, электрическими и другими эффектами. При возбуждении в углеводородном топливе пульсаций давления, амплитуда которых превышает порог кавитационной прочности жидкости, в ней могут происходить процессы крекинга и газификации.

На рисунке 1 приведена фотография экспериментальной установки.

В сравнении с исходным топливом у модифицированного топлива, полученного в результате кавитационной обработки, плотность уменьшилась на  $8 \text{ кг/м}^3$ . Это произошло в результате разрушения высокомолекулярных соединений и образования в топливе в результате крекинга множества парогазовых микропузырьков.

Нами было выполнено исследование стабильности полученного в ходе кавитационной обработки модифицированного топлива.

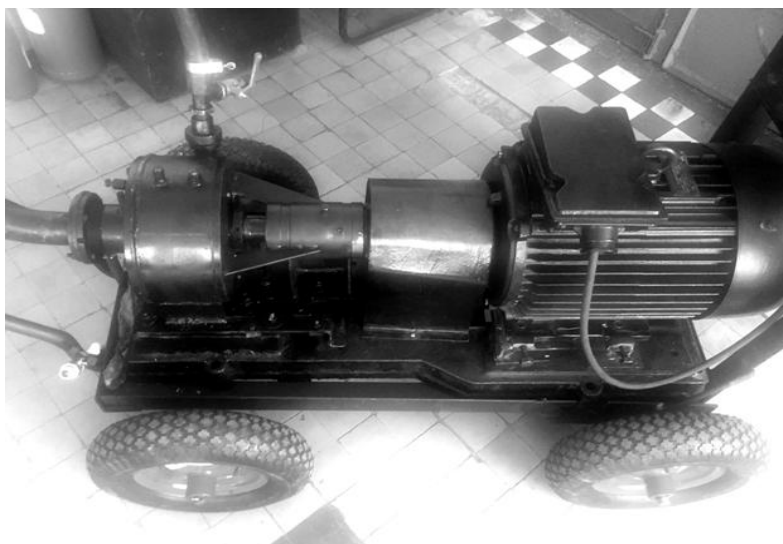


Рисунок 1. Общий вид установки для кавитационной обработки моторных топлив

Измерения потери веса 200 грамм модифицированного топлива проводились в течение четырех суток с момента его приготовления.

Вес топлива измерялся при помощи электронных весов марки ВК-300 с точностью 0,005 г.

На рисунке 2 приведены графики уменьшения веса 200 грамм топлива в течение 96 часов.

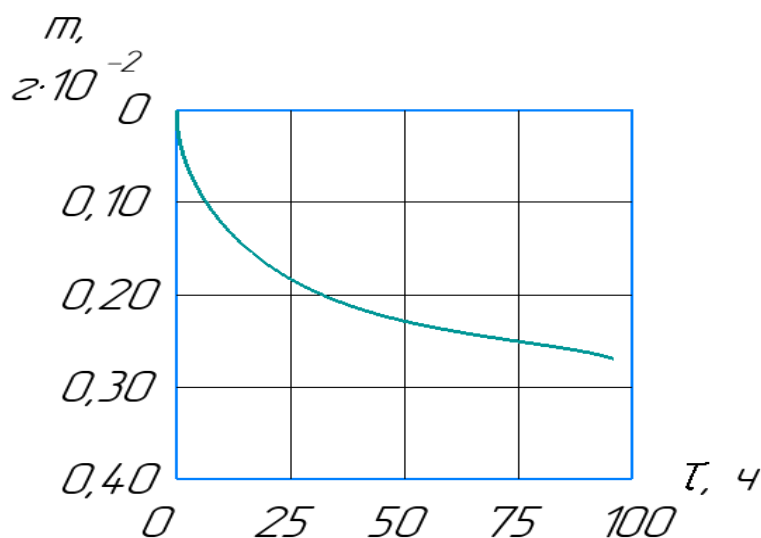


Рисунок 2. Зависимость уменьшения веса модифицированного топлива в результате испарения парогазовых пузырьков

По результатам исследований видно, что полученные в ходе обработки свойства топлива не стабильны и изменяются с течением времени. Происходит процесс испарения парогазовых пузырьков, образовавшихся в ходе его кавитационной обработки.

**Вывод:** длительное хранение модифицированного дизельного топлива нецелесообразно. Его рекомендуется использовать непосредственно после его приготовления.

#### Использованные источники:

1. Пахомов Ю.А., Коробков Ю.П., Дмитриевский Е.В., Васильев Г.Л. Топливо и топливные системы судовых дизелей. – М.: Р. Консульт. 2004. – 496 с.
2. Свистула А.Е., Матиевский Д.Д. Исследование несвоевременности выделения теплоты в циклах поршневых ДВС // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего востока. – 2006. – № 1 – С. 178-190.

УДК 631.3:621.929.7

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-367-369

*Щукин С.Г.<sup>1</sup>, Концевой А.В.<sup>2</sup>, Головатюк В.А.<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, <sup>2</sup>ООО «Ферм Технологии», г. Новосибирск*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ВИБРАЦИИ В АПК ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСЛОВИЙ РОСТА МОЩНОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

Рассмотрено направления перехода на производство нового поколения высокоурожайных сельскохозяйственных культур в России. Указаны преимущества для ускоренного выполнения такого перехода. Рассмотрен технический прием выполнения рабочих органов для машин по новым технологиям обработки почвы для генетически модифицированных (ГМ) культур и гибридов F1.

**Ключевые слова:** генетически модифицированные (ГМ) культуры, технические культуры, разуплотнение почвы энергией вибрации, глубокое рыхление почвы, разуплотнение антропогенно переуплотненной почвы.

Современные технологии земледелия для повышения урожайности возделываемых культур часто используют гибриды и генетически модифицированные растения. В обществе идет непрерывный спор-конфликт относительно их использовании в пищу человека. В настоящее время главный конфликт – в величине урожая, получаемого с единицы площади возделываемых культур, вследствие негативного влияния засухи и вредителей.

В выпуске журнала «Наука» от 22 февраля 2001 года была опубликована статья Карла Дж. Никласа, профессора биологии растений из Cornell's Liberty Hyde Bailey [1], под заголовком: «Global Allocation Rules for Patterns of Biomass Partitioning in Seed Plants» («Глобальные правила распределения биомассы подземных и надземных частей растений»). Соавтором этой статьи был Брайен Дж. Энквист, помощник профессора экологии и эволюционной биологии из Университета Аризоны.

Их научными исследованиями была установлена четкая зависимость между надземной биомассой растений и биомассой их корневой части. Такая зависимость касается любых разновидностей растений, от гигантских дубов до самых маленьких цветковых трав, радикально отличающихся по размеру, величине и форме стеблей и листьев. Вывод их исследования однозначен: если мы стремимся получить большой урожай надземной части растения, то необходимо создавать условия для развития его корневой системы. Подобные или похожие результаты наблюдений были замечены и опубликованы ранее целой плеядой ученых-агрономов по отношению к конкретным исследуемым растениям.

Дальнейшее развитие химизации сельского хозяйства с применением высоких доз внесимых питательных веществ опрыскивателями на стебли растений не сможет в должной мере обеспечить повышения урожайности в будущем. Она ведет к перекоосу естественного соотношения массы надземной и подземной частей растения, что уже сейчас приводит к негативным эффектам, в частности нестойкость к полеганию урожайных культур. Очевидна потребность не только в передовой генетике возделываемых культур, но и в соответствующих ей машинных технологиях почвообработки, чтобы созданные условия ускоренного развития корневой системы растения дополнительно стимулировали рост надземной его части.

По поводу генетики. Споры-конфликты на тему, с какой целью нужно производство генетически модифицированных (ГМ) растений и гибридов F1, идут непрерывно. Хотя многие ученые скептически оценивают преимущества ГМ растений перед их собратьями, выведенными традиционными селекционными многолетними методами с многолетней апробацией. Однако неоспоримым преимуществом первых является то, что корневая система большинства ГМ растений развивается более высокими темпами при прочих равных условиях. Урожайность генетически модифицированных растений, как правило, оценивается на 15-25 % больше, чем у обычных биологических видов. При этом ГМ растения чаще всего имеют по-

вышенную устойчивость к засухе и иным неблагоприятным погодным явлениям. Что, впрочем, имеет место и у обычных растений, у которых в силу определенных условий сформирована мощная корневая система.

В РФ в настоящее время ведется интенсивная работа по улучшению семенного фонда. Государством финансируются проекты института Цитологии и генетики по исследованию структурно-функциональной организации генетического материала на уровне генома, хромосом и генов. Ведутся работы по реконструкции генома, по трансгенезу животных и растений.

Основными ГМ культурами являются соя, кукуруза, хлопчатник и рапс. Примерно 90 % всех посевов генно-модифицированных культур приходится на четыре страны – США, Канаду, Бразилию, Аргентину. Здесь важно отметить, что, в частности, США имеют хорошо развитые технологии переработки ГМ на примере использования технических культур. ГМ соя используется для производства белка, в большом количестве идущего на экспорт. ГМ кукуруза и ГМ пшеница - для получения глютена (и далее лизина), а также модифицированного крахмала, идущего на производство биоразлагаемой упаковки (биопластик), спирта (биоэтанол), клея, сахаристых продуктов (сиропа) и других продуктов глубокой переработки зерна.

При этом США решают для себя, как минимум, две задачи. Во-первых, если в результате неблагоприятных погодных явлений урожайность «пищевых» возделываемых культур сильно пострадала, то есть возможность «разбавить» пищевые культуры генетически модифицированными, существенно не поднимая среднюю стоимость сельскохозяйственного сырья. Во-вторых, нет необходимости строить большое число элеваторов для хранения зерна на случай неурожайного периода, который по разным данным, бывает один раз в пять лет, либо в одиннадцать, либо двадцать один год. Необходимое минимальное количество зерна все равно будет получено, поскольку ГМ культуры более устойчивы к засухе и другим неблагоприятным погодным условиям.

В России, вместо политики создания интервенционного фонда зерна как единственного из видов переходящих запасов. Приступили к политике строительства комплексов глубокой переработки генетически модифицированного зерна. В Самарской области планируется проект стоимостью 7,9 млрд рублей. Планируется строительство завода по глубокой переработке биомассы для производства биоэтанола, (топливной добавки), кормовых и высококачественных дрожжей, глютена, отрубей и кормов на основе пшеницы на территории г. Славгород (Алтайский край) стоимостью около 5,22 млрд рублей. Строительство завода комплексной переработки зерна пшеницы (производство клейковины (глютена), крахмала, сиропов, янтарной, лимонной, молочной кислоты, кормов для животноводства) начато в Ставропольском крае.

Однако до настоящего времени в полной мере не разработаны эффективные технологии обработки почвы для возделывания ГМ культур, гибридов F1 и наиболее перспективных селекционных видов растений.

Для новой концептуальной системы с акцентом на ускоренное развитие мощной корневой системы растений необходимы передовые приемы глубокой обработки почвы. Естественным видится переход на широкое использование глубокорыхлителей, обрабатывающих почву на глубину 0,6 и даже 1,0 метр.

Поскольку процесс глубокой обработки почвы весьма затратен, и нет промышленно выпускаемых машин, в полной мере отвечающих агротехническим требованиям, то для снижения энергоемкости обычно применяют пружинное крепление рабочих органов глубокорыхлителей. Создаваемые при этом вибрационные автоколебания обеспечивают и улучшение качества крошения почвы, и, серьезно уменьшая нагрузку на рабочие органы, позволяют сохранять целостность конструкции. Недостатки таких автоколебательных систем известны – далеко не всегда происходит возбуждение автоколебаний, поскольку влажность и плотность почвы варьируются в широких пределах.

Широкое применение за границей нашли почвообрабатывающие агрегаты с принудительным возбуждением вибрационных колебаний, лидером в разработке является фирма McConnel (Великобритания) с линейкой агрегатов типа Shakaerator. Они способны обраба-



тывать почву на глубину 0,45-0,65 м [2]. Применение их на переуплотненных почвах, нарушенных воздействием тяжелых машин, и на почвах, нарушенных длительным воздействием животных на пастбищах при наличии незначительного плодородного слоя на материнской породе, позволяет получить структуру почвы, пригодную для возделывания высокоурожайных сельскохозяйственных культур.

Нами предложено и запатентовано [3] техническое решение задачи разуплотнения антропогенно переуплотненной почвы, проведением эффективной глубокой ее обработки с достижением многоуровневого эффекта. На первом этапе – освоения промышленного производства – нами выполнено внедрение быстросъемного крепления рабочих органов почвообрабатывающих машин на брус рамы (предложено запатентованное решение, на которое подана заявка на изобретение). Инновация быстросъемного крепления – в возможности расширения линейки используемых разных рабочих органов и различных насадок на единой раме серийно выпускаемой почвообрабатывающей техники. Позволяет резко сократить время перенастройки рабочих органов и тем самым увеличить функциональные возможности машин по обработке почвы. Широкое внедрение в практику линейки различных рабочих органов, оснащенных быстросъемным креплением, позволит уменьшить число используемых в хозяйстве почвообрабатывающих агрегатов при одновременном расширении их функциональных возможностей.

На втором этапе с целью улучшения пахотного слоя для возделывания высокоурожайных культур предлагается использование мощного внешнего источника вибрационных колебаний (устройства под названием вибровозбудитель) [3], которое передает энергию вибрации на рабочие органы почвообрабатывающего агрегата. Теоретически обоснован и практически испытан вариант вибрационного разуплотнения почвы, доказано улучшение ее структуры и образование однородно обработанного горизонта почвы, оптимального для интенсивного развития корневой системы растения. Использование вибрационной технологии особенно эффективно при воздействии на тяжелой и переуплотненной почве (полная ликвидация плужной подошвы, восстановление плодородного слоя на месте колеи от колес тяжелой сельхозтехники).

Появление генно-модифицированных растений, гибридов F1 и высокоурожайных сортов обычной селекции в России состоялось. Далее непременно потребуются создание своих или приобретение чужих технологий возделывания почвы, специальных машин и набора рабочих органов к ним. Поскольку ни одна держава не заинтересована в подъеме чужой экономики, то на рынке сельскохозяйственной техники развитые страны будут пытаться продавать свои «старые подержанные» технические средства, состояние которых близко к утилизации, чтобы иметь дополнительные деньги для приобретения новых, передовых машин и агрегатов, изготовленных собственной промышленностью.

Становиться покупателями утиля или создавать собственные технологии, сорта и технические средства эффективной обработки почвы – решать нам.

**Использованные источники:**

1. Brian J. Enquist and Karl J. Niklas "Global Allocation Rules for Patterns of Biomass Partitioning in Seed Plants" 19 September 2001; accepted 7 December, 1517-1519 (2001).
2. Shakaerator Operator Manual Publication 437 August 2003 Part No. 41570.37 Revision: 21.05.14 McConnel Limited, Temeside Works, Ludlow, Shropshire SY8 1JL. England.
3. Заявка на патент № 2121125231.

## СОДЕРЖАНИЕ

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

1	<b>Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П.</b> Применение цифровых технологий при выборе технологий возделывания зерновых культур	8
2	<b>Кененбаев С.Б., Есенбаева Г.Л.</b> Сберегающие системы земледелия – основа сохранения земельных ресурсов	11
3	<b>Мяленко В.И.</b> Построение алгоритма цифрового двойника рабочего органа земледельческого орудия	16
4	<b>Шпедт А.А., Злотникова В.В.</b> Применение информационно-цифровых технологий в АПК Красноярского края	22

## СЕКЦИЯ 1

1	<b>Алтухов В.Г.</b> Автоматизированная сегментация изображений листьев растений	26
2	<b>Боровикова Т.В., Петрук В.А.</b> Интродукция смородины черной в условия Новосибирской области	30
3	<b>Буклагин Д.С.</b> Применение геоинформационных технологий и систем в землеустройстве	33
4	<b>Воронина П.В., Мамаш Е.А., Пестунов И.А., Кудряшова С.Я., Чумбаев А.С.</b> Оценка температурных полей земельного фонда Новосибирской области по спутниковым данным	41
5	<b>Гарафутдинова Л.В.</b> Интеграция ГИС и методов многокритериального анализа решений	48
6	<b>Гарке Т.М., Кретова Е.А., Мельникова Т.Н.</b> Сибирская научная сельскохозяйственная библиотека – филиал ГПНТБ СО РАН как социальный институт в системе научных коммуникаций аграрной науки Сибири	51
7	<b>Гребенникова И.Г., Чанышев Д.И.</b> Биометрические оценки адаптивности селекционных образцов яровой тритикале для условий Западной Сибири	55
8	<b>Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е.</b> Кросс-адаптация проростков пшеницы при гипертермии и инфицировании <i>Bipolaris sorokiniana</i> Shoem.	60
9	<b>Гурова Т.А., Елкин О.В., Дубровская О.А.</b> Применение данных гиперспектральной съемки для обнаружения поражения растений пшеницы мучнистой росой	64
10	<b>Епанчинцев В.Ю., Шумакова О.В.</b> Информационно-консультативные системы в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства	69
11	<b>Загорюлько Ю.А., Ахмадеева И.Р., Шестаков В.К.</b> Построение онтологий научных предметных областей с использованием системы паттернов онтологического проектирования	73
12	<b>Зяблицева И.В.</b> Применение цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве регионов Сибирского федерального округа	78
13	<b>Лукьянов П.Б.</b> Диагностика болезней сельскохозяйственных животных в экспертных системах «КОРАЛЛ»	80

<b>14</b>	<b>Малыгина О.И., Попп Е.С.</b> Цифровизация сельского хозяйства для выявления неиспользуемых земель	84
<b>15</b>	<b>Молородов Ю.И., Слепцов Е.А.</b> Технологии смешанной реальности для пространственной модели ботанического сада	87
<b>16</b>	<b>Нечаев А.И.</b> Анализ состояния проблемы построения информационно-управляющей системы возделывания зерновых культур	92
<b>17</b>	<b>Павлова А.И.</b> Применение беспилотных и геоинформационных технологий для цифрового почвенного картографирования	97
<b>18</b>	<b>Петухов Д.А., Свиридова С.А.</b> Разработка сборников по эффективности применения субсидируемой сельскохозяйственной техники	100
<b>19</b>	<b>Риксен В.С., Лужных Т.А., Каличкин В.К.</b> Создание базы знаний применения азотных удобрений на зерновых культурах	104
<b>20</b>	<b>Риксен В.С., Лужных Т.А.</b> Автоматизированная технология выбора сорта зерновых культур	107
<b>21</b>	<b>Рябухина Т.М.</b> Применение современных технологий в развитии овощеводства закрытого грунта	109
<b>22</b>	<b>Сероклинов Г.В., Гунько А.В.</b> Суточная динамика биопотенциалов проростков пшеницы при температурных воздействиях	113
<b>23</b>	<b>Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е.</b> Информационная технология стратегического планирования развития агропродовольственных систем с учетом климатического фактора	117
<b>24</b>	<b>Счастливцев Е.Л., Быков А.А., Юкина Н.И., Харлампенков И.Е.</b> Опыт построения информационной системы мониторинга пылегазового загрязнения атмосферы	122
<b>25</b>	<b>Счастливцев Е.Л., Быков А.А., Юкина Н.И., Харлампенков И.Е.</b> Сравнение модельных оценок загрязнения сельскохозяйственных земель для территорий Кузбасса с различным промышленным потенциалом	126
<b>26</b>	<b>Фомина Н.В.</b> Оценка влияния способов обработки чернозема выщелоченного на активность окислительных ферментов	131
<b>27</b>	<b>Чешкова А.Ф.</b> Оценка степени поражения земляники садовой белой пятнистостью ( <i>Ramularia tulasnei</i> ) на основе методов гиперспектральной визуализации	133
<b>28</b>	<b>Щеголихина Т.А., Манохина А.А.</b> Автоматизация процесса сортировки картофеля	138
<b>29</b>	<b>Батищев В.Я.</b> Форма представления технологических карт для растениеводства в среде электронных таблиц	142

## СЕКЦИЯ 2

<b>1</b>	<b>Алейников А.Ф., Шадрин С.М.</b> Использование бесплатного кроссплатформенного фреймворка LibGDX для измерения площади листа растения без его отрыва от стебля	146
<b>2</b>	<b>Алейников А.Ф., Торопов В.И.</b> Прибор-смартфон для определения степени поражения листа растения биотическими и абиотическими стрессами	151
<b>3</b>	<b>Бастанов Р.И., Дерхо А.О.</b> О возможностях использования метода главных компонент при оценке упитанности рыбы	155

<b>4</b>	<b>Буклагин Д.С.</b> Приборы многокомпонентного анализа качества семян масличных культур	158
<b>5</b>	<b>Гавриш М.К., Алейников А.Ф.</b> Анализ методов определения вида болезни растений	166
<b>6</b>	<b>Герасимов Р.Г., Идрисова С.Н., Кулешов А.В., Нижевич Е.И., Солдаткин В.С., Хакимова К.Р., Шкарупо А.П.</b> Светотехническое устройство для привлечения рыб в рыболовном хозяйстве	171
<b>7</b>	<b>Дымков А.Б., Рехлецкая Е.К., Борисенко С.В.</b> Аспекты моделирования массы яйца сельскохозяйственной птицы	175
<b>8</b>	<b>Елкин О.В., Морозов В.Б., Рихтер В.А., Минеев В.В.</b> Разработка портативного импедансметра для диагностики биологических объектов растительного происхождения	178
<b>9</b>	<b>Живетина А.В., Дерхо М.А.</b> Результаты оценки качества воды при помощи метода главных компонент	181
<b>10</b>	<b>Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А., Марченко В.О., Данилов М.В.</b> Исследования по транспортированию капель воздушным потоком для технологии краевой обработке поля	183
<b>11</b>	<b>Лялякин В.П., Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Семяшкіна Т.С., Шаповал Ю.Н., Евсюков А.А.</b> Устройство для ускоренных испытаний металлопокрытий на износостойкость	187
<b>12</b>	<b>Мазалевский В.Б.</b> Параметры, определяющие консистенцию растительных пастообразных полуфабрикатов, полученных с использованием МАГ-50	191
<b>13</b>	<b>Минеев В.В., Елкин О.В., Морозов В.Б., Рихтер В.А.</b> Использование инновационных элементов при разработке шкафов искусственного климата семейства «БИОТРОН»	196
<b>14</b>	<b>Минеев В.В., Елкин О.В., Рихтер В.А.</b> Применение эквивалентных электрических схем для диагностики грибных болезней земляники садовой	200
<b>15</b>	<b>Муковин А.С., Алейников А.Ф.</b> Функциональная оценка качества эмбрионов птиц во время инкубации	203
<b>16</b>	<b>Неменуцкая Л.А., Болотина М.Н., Пискунова Н.А., Осмоловский П.Д.</b> Методы диагностики на устойчивость к фузариозу в селекции овощных культур	209
<b>17</b>	<b>Нициевская К.Н.</b> Влияние ультразвукового воздействия на формирование текстуры продукции из плодов земляники садовой	212
<b>18</b>	<b>Сухоруков А.А., Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф.</b> Изменения макроэлементного состава клевера лугового под влиянием фитопатогенных грибов	214
<b>19</b>	<b>Таркинский В.Е., Лютый А.В., Подольская Е.Е.</b> Технические средства формирования электронных карт твердости почвы	218
<b>20</b>	<b>Мейрамкулова К.С., Темирбекова А.Ж.</b> Эффективность комбинированной очистки от микроорганизмов сточных вод птицефабрики	220
<b>21</b>	<b>Тишанинов И.А., Баулин Н.К.</b> Цифровой метод технического диагностирования сельскохозяйственной техники	225

### СЕКЦИЯ 3

<b>1</b>	<b>Болотов Д.С.</b> Оптимизация электрического поля электротехнологических культиваторов как путь к повышению эффективности их применения	229
----------	---	-----

- 2 **Вахрушев В.В., Иванов Н.М., Немцев А.Е.** Оценка триботехнических свойств пластичных смазок, используемых в тяжелонагруженных подшипниковых узлах сельскохозяйственных машин 234
- 3 **Виноградов А.В., Виноградова А.В., Букреев А.В., Калугин Е.С.** Принципы работы с данными в системах цифровизации электрических сетей 238
- 4 **Гребенников С.А., Гребенников А.С., Басков В.Н., Киселёв Г.О., Рогожин А.В.** Диагностирование неравномерности компрессии цилиндров ДВС 242
- 5 **Дедова М.С., Кириченко А.А., Колточихин Н.Н.** Спутниковые системы мониторинга в агропромышленном комплексе для тракторов различных марок 248
- 6 **Домнышев Д.А., Долгушин А.А., Курносоев А.Ф., Тихоновский В.В., Домнышева В.В., Сацкевич Н.Е., Корниенков В.Н.** Обеспечение параметров функционирования элементов подвески на основе применения современных технологий и средств 252
- 7 **Добролюбов И.П.** Снижение информативности определяемого состояния объекта экспертизы при измерении автоматизированной системой 254
- 8 **Елкин О.В., Савченко О.Ф.** Автоматизированная система оценки энергетических параметров тракторного парка 259
- 9 **Карякин К.С., Медведева Ж.В., Смышляев А.А.** Перспективы использования информационных технологий в условиях КФХ «КАРЯКИН А.Ф.» 264
- 10 **Кем А.А., Михальцов Е.М., Даманский Р.В., Шмидт А.Н.** Внедрение цифровых технологий на предприятиях АПК Омской области 268
- 11 **Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А.** Сравнительные показатели распределения гибридов кукурузы в рядок пневматическим высевальным аппаратом 271
- 12 **Кириченко А.А., Колточихин Н.Н., Тихоновский В.В.** Совершенствование технологического процесса технического обслуживания автомобилей за счет применения дистанционной диагностики 277
- 13 **Кондратьева О.В., Войтюк В.А.** Использование баз данных в научно-информационном обеспечении АПК 280
- 14 **Корниенко И.О.** Модернизация машинно-тракторного парка регионов Сибирского федерального округа в растениеводстве 285
- 15 **Кошелев Д.А., Долгушин А.А.** К вопросу обеспечения теплового режима системы питания дизельных двигателей 288
- 16 **Кривцов С.Н., Деньгин И.Д., Хмыльнин О.М.** Комплекс для измерения топливно-энергетических параметров автомобиля 292
- 17 **Маринченко Т.Е.** Трансформация услуг в ходе цифровизации АПК 299
- 18 **Михальцов Е.М., Даманский Р.В., Шмидт А.Н.** О целесообразности апробации системы точного земледелия в условиях опытно-производственных хозяйств 304
- 19 **Назаров А.Н., Юзенко Ю.А.** Сеялка точного высева OPTIMA TFMAXI на прямом посеве кукурузы на зерно 306
- 20 **Немцев А.Е., Деменов И.В., Коптева И.В., Вахрушев В.В.** Информационная технология оценки продолжительности простоев техники в хозяйстве 311
- 21 **Пиджакова Е.Н., Казанцева Т.В., Казанцева Н.К., Бабичев А.С.** Особенности обновления базы стандартов в условиях цифровизации АПК 315

- 
- 22 **Ранга-Корхонен Т., Маркова М.В., Васильев Э.В.** Исследование качества воды в рамках международного проекта ЛУГА-БАЛТ-2 319
- 23 **Савченко О.Ф., Елкин О.В., Добролюбов И.П.** Особенности применения информационного моделирования тракторных двигателей для оценки эксплуатационных энергетических параметров 324
- 24 **Саяпин А.С., Костомахин М.Н., Петрищев Н.А., Молибоженко К.К.** К вопросу повышения контролепригодности коробки передач энергонасыщенных тракторов с применением счетчиков-индикаторов 328
- 25 **Середа Т.Г., Костарев С.Н., Кочетова О.В.** Разработка автоматизированной системы управления микроклиматом в помещении для содержания свиней 333
- 26 **Сибирёв А.В., Аксёнов А.Г., Пономарёв А.Г., Зернов В.Н., Петухов С.Н., Мосяков М.А., Лазовский С.В., Сазонов Н.В., Синёв Е.Ю.** Роботизированные системы в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур 337
- 27 **Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Кутырёв А.И.** Разработка универсальной роботизированной платформы для садоводства 344
- 28 **Тельцов Д.С., Титов С.В., Осипов В.И., Юр Г.С.** Экспериментальная установка для получения коллоидного раствора воды в дизельном топливе 348
- 29 **Утенков Г.Л., Иванов О.А., Иванова Т.Е., Власенко А.Н.** Адаптивное управление ресурсным потенциалом агроландшафтов Сибири для эффективного возделывания зерновых культур 350
- 30 **Фёдоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В.** Внедрение цифровых технологий в развитии садоводства 354
- 31 **Курбанов Р.К., Фокин А.М.** Обоснование технологии предполетной подготовки беспилотного воздушного судна для сбора данных о состоянии сельскохозяйственных культур 358
- 32 **Чекусов М.С., Кем А.А., Шмидт А.Н.** Применение БПЛА в цифровом сельском хозяйстве 363
- 33 **Швецов И.В., Губин Е.С., Юр Г.С.** Исследование характеристик модифицированного дизельного топлива, полученного в результате кавитационной обработки 365
- 34 **Щукин С.Г., Концевой А.В., Головатюк В.А.** Применение энергии вибрации в АПК для создания условий роста мощной корневой системы сельскохозяйственных растений 367

## ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ СТАТЕЙ

<b>-А-</b>	
Аксенов Александр Геннадьевич	337
Алейников Александр Фёдорович	146, 151, 166, 203
Алтухов Виктор Григорьевич	26
Альт Виктор Валентинович	8
Аулов Вячеслав Фёдорович	187
Ахмадеева Ирина Равильевна	73
Ашмарина Людмила Филипповна	214
<b>-Б-</b>	
Бабичев Александр Сергеевич	315
Балушкина Елена Андреевна	8
Басков Владимир Николаевич	242
Бастанов Расим Ильдусович	155
Батищев Вячеслав Яковлевич	142
Баулин Николай Константинович	225
Болотина Марина Николаевна	209
Болотов Денис Сергеевич	229
Борисенко Сергей Васильевич	175
Боровикова Татьяна Владимировна	30
Буклагин Дмитрий Саввич	33, 158
Букреев Алексей Валерьевич	238
Быков Анатолий Александрович	122, 126
<b>-В-</b>	
Васильев Эдуард Вадимович	319
Вахрушев Владимир Владимирович	234, 311
Виноградов Александр Владимирович	238
Виноградова Алина Васильевна	238
Власенко Анатолий Николаевич	350
Войтюк Вячеслав Александрович	280
Воронина Полина Владимировна	41
<b>-Г-</b>	
Гавриш Михаил Константинович	166
Гарафутдинова Людмила Вячеславовна	48
Гарке Татьяна Михайловна	51
Герасимов Роман Геннадьевич	171
Головатюк Виктор Антонович	367
Гребенников Александр Сергеевич	242
Гребенников Сергей Александрович	242
Гребенникова Ирина Геннадьевна	55
Губин Евгений Сергеевич	365
Гуныко Андрей Васильевич	113
Гурова Тамара Алексеевна	60, 64
<b>-Д-</b>	
Даманский Роман Викторович	268, 304
Данилов Михаил Владимирович	183
Дедова Мария Сергеевна	248
Деменов Ирина Васильевна	311
Деньгин Игорь Дмитриевич	292
Дерхо Арина Олеговна	181
Дерхо Марина Аркадьевна	155
Добролюбов Иван Петрович	254, 324
Долгушин Алексей Александрович	252, 288
Домнышев Дмитрий Александрович	252



Домнышева Виктория Валерьевна	252
Дубровская Ольга Анатольевна	64
Дымков Андрей Борисович	175
<b>-Е-</b>	
Евдокимова Наталья Егоровна	117
Евсюков Алексей Алексеевич	187
Елкин Олег Владимирович	64, 178, 196, 200, 259, 324
Епанчинцев Виталий Юрьевич	69
Есенбаева Гульвира Лемисовна	11
<b>-Ж-</b>	
Живетина Алена Валерьевна	181
<b>-З-</b>	
Загорулько Юрий Алексеевич	73
Зернов Виталий Николаевич	337
Зимин Филипп Александрович	183, 271
Злотникова Вероника Валерьевна	22
Зяблицева Ирина Викторовна	78
<b>-И-</b>	
Иванов Николай Михайлович	234
Иванов Олег Анатольевич	350
Иванова Татьяна Екимовна	350
Идрисова Севинч Наримановна	171
Исакова Светлана Павловна	8
<b>-К-</b>	
Казанцева Надежда Константиновна	315
Казанцева Татьяна Владимировна	315
Каличкин Владимир Климентьевич	104
Калугин Евгений Сергеевич	238
Карякин Константин Сергеевич	264
Кем Александр Александрович	268, 363
Кененбаев Серик Барменбекович	11
Киреев Иван Михайлович	183, 271
Кириченко Андрей Александрович	248, 277
Киселёв Глеб Олегович	242
Коваль Зинаида Михайловна	183, 271
Колточихин Николай Николаевич	248, 277
Кондратьева Ольга Вячеславовна	280, 354
Концевой Геннадий Сергеевич	367
Коптева Ирина Васильевна	311
Корниенков Владимир Николаевич	252
Корниенко Иван Осипович	285
Коробейников Александр Сергеевич	214
Костарев Сергей Николаевич	333
Костомахин Михаил Николаевич	328
Кочетова Оксана Валерьевна	333
Кошелев Денис Алексеевич	288
Кретова Елена Анатольевна	51
Кривцов Сергей Николаевич	292
Кудряшова Светлана Яковлевна	41
Кулешов Александр Владимирович	171
Курбанов Рашид Курбанович	358
Курносков Антон Федорович	252
Кутырев Алексей Игоревич	344
<b>-Л-</b>	
Лазовский Сергей Витальевич	337

Лужных Татьяна Алексеевна	104, 107
Лукьянов Павел Борисович	80
Лютый Алексей Владимирович	218
Лялякин Валентин Павлович	187
<b>-М-</b>	
Мазалевский Виктор Борисович	191
Малыгина Олеся Игоревна	84
Мамаш Елена Александровна	41
Манохина Александра Анатольевна	138
Маринченко Татьяна Евгеньевна	299
Маркова Марина Викторовна	319
Марченко Вячеслав Олегович	183
Медведева Жанна Владимировна	264
Мейрамкулова Куляш Садыковна	220
Мельникова Татьяна Николаевна	51
Минеев Валерий Викторович	178, 196, 200
Михальцов Евгений Михайлович	268, 304
Молибоженко Константин Кириллович	328
Молородов Юрий Иванович	87
Морозов Владимир Борисович	178, 196
Мосяков Максим Александрович	337
Муковин Алексей Сергеевич	203
Мяленко Виктор Иванович	16
<b>-Н-</b>	
Назаров Андрей Николаевич	306
Неменушая Людмила Алексеевна	209
Немцев Анатолий Егорович	234, 311
Нечаев Александр Иннокентьевич	92
Нижевич Екатерина Игоревна	171
Нициевская Ксения Николаевна	212
<b>-О-</b>	
Осипов Виктор Иванович	348
Осмоловский Павел Дмитриевич	209
<b>-П-</b>	
Павлова Анна Илларионовна	97
Пестунов Игорь Алексеевич	41
Петрищев Николай Алексеевич	328
Петрук Вера Александровна	30
Петухов Дмитрий Анатольевич	100
Петухов Сергей Николаевич	337
Пиджакова Екатерина Николаевна	315
Пискунова Наталья Анатольевна	209
Подольская Елена Евгеньевна	218
Пономарев Анатолий Григорьевич	337
Попп Екатерина Александровна	84
<b>-Р-</b>	
Ранта-Корхонен Туйя	319
Рехлецкая Екатерина Казимировна	175
Риксен Вера Сергеевна	104, 107
Рихтер Владимир Аркадьевич	178, 196, 200
Рогожин Алексей Васильевич	242
Рожков Юрий Николаевич	187
Романенко Ирина Анатольевна	117
Рябухина Татьяна Михайловна	109

<b>-С-</b>	
Савченко Олег Фёдорович	259, 324
Сазонов Николай Викторович	337
Сацкевич Никита Евгеньевич	252
Саяпин Александр Сергеевич	328
Свежинцева Елена Александровна	60
Свиридова Светлана Алексеевна	100
Семяшкина Тамара Сергеевна	187
Серета Татьяна Геннадьевна	333
Сероклинов Геннадий Васильевич	113
Сибирёв Алексей Викторович	337
Сиптиц Станислав Оттович	117
Слепцов Ефрем Андреевич	87
Слинько Олеся Викторовна	354
Смирнов Игорь Геннадьевич	344
Смышляев Андрей Алексеевич	264
Солдаткин Василий Сергеевич	171
Сухоруков Александр Александрович	214
Счастливец Евгений Леонидович	122, 126
<b>-Т-</b>	
Таркинский Виталий Евгеньевич	218
Тельцов Дмитрий Сергеевич	348
Темирбекова Алия Жомартовна	220
Титов Сергей Владиленович	348
Тихоновский Виталий Владимирович	252, 277
Тишанинов Игорь Александрович	225
Торопов Виктор Игоревич	151
<b>-У-</b>	
Утенков Геннадий Леонидович	350
<b>-Ф-</b>	
Федоров Анатолий Дмитриевич	354
Фокин Александр Михайлович	358
Фомина Наталья Валентиновна	131
<b>-Х-</b>	
Хакимова Карина Руслановна	171
Харлампенков Иван Евгеньевич	122, 126
Хмыльнин Олег Николаевич	292
Хорт Дмитрий Олегович	344
<b>-Ч-</b>	
Чанышев Дамир Исмагилович	55
Чекусов Максим Сергеевич	363
Чесноченко Наталья Евгеньевна	60
Чешкова Анна Фёдоровна	133
Чумбаев Александр Сергеевич	41
<b>-Ш-</b>	
Шадрин Сергей Михайлович	146
Шаповал Юрий Николаевич	187
Швецов Игорь Витальевич	365
Шестаков Владимир Константинович	73
Шкарупо Анастасия Петровна	171
Шмидт Андрей Николаевич	268, 304, 363
Шпедт Александр Артурович	22
Шумакова Оксана Викторовна	69
<b>-Щ-</b>	
Щеголихина Татьяна Алексеевна	138

---

Щукин Сергей Геннадьевич	367
<b>-Ю-</b>	
Юзенко Юлия Анатольевна	306
Юкина Наталья Ивановна	122, 126
Юр Геннадий Сергеевич	348, 365

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,  
СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ В АПК**

**АГРОИНФО-2021**

Материалы 8-й Международной научно-практической конференции  
(Новосибирская область, р.п. Краснообск, 21-22 октября 2021 г.)

Компьютерная верстка: Митьковская И.Ф.,  
Кубрина О.С.

Обложка: Даукшис Л.А.

# **AGRICULTURAL INFORMATION TECHNOLOGY AND ENGINEERING**

**AGROINFO-2021**

Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Research and Practice Conference  
(Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia, 21-22 October, 2021)

Computer makers-up: Mitkovskaya I.F.,  
Kubrina O.S.

Cover design: Daukshis L.A.