

МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКОВ

Сухинин С.В., Ольшук А.С., Бак В.С.

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Новосибирск, РФ

Компании, занимающиеся добычей газа или газоконденсата, неизбежно сталкиваются с проблемой оптимизации работы фонда скважин в целях увеличения добычи газового конденсата, который состоит из легких фракций углеводородов и представляет самый ценный, с точки зрения извлечений прибыли, продукт нефтегазодобычи. С другой стороны, стоит необходимость поддерживать определенные режимы добычи, чтобы избежать гидратообразование в транспортном трубопроводе и скважине. Поэтому для решения поставленных задач важно проводить физико-химические измерения скважинного флюида, основными параметрами которого являются: давление, температура, объемный состав по газу, воде, конденсату при заданных значениях температуры и давления, химический состав конденсата и газа. Сегодня для получения данной информации о скважинном флюиде проводятся газоконденсатные исследования с оборудованием на основе многостадийной сепарации (ПКИОС) [1]. Эти устройства предназначены для проведения точечных замеров.

В данной статье будет описана работа научного коллектива, задачей которого является разработка методики и устройства для определения объема жидкости в газожидкостном потоке, массового содержания конденсата.

В условиях добычи газовый конденсат представляет собой жидкость, растворенную в газе более тяжелых углеводородов. Содержание его в газах различных месторождений может колебаться от 10 до 700 см³/м³ газа. Конденсат также может выделяться при добыче попутного газа и газа при снижении давления и/или температуры в результате обратной конденсации в виде почти бесцветной жидкости плотностью от 600-800 кг/м³ в атмосферных условиях. Пример компонентного состава нестабильного конденсата приведен ниже [2].

Описываемый в статье [2] метод учитывает, что форма жидких фракций внутри измерительной секции является шарообразной с характерными размерами от 20-400 мкм. Режим движения таких частиц происходит в виде взвеси жидкости в газе.

Пример компонентного состава нестабильного конденсата

Наименование вещества	Массовая доля, %
Метан	0,25
Этан	1,39
Пропан	11,42
Изо-бутан	5,56
Нормальный бутан	7,4
Изо-пентан	4,58
Нормальный пентан	3,89
Гексаны (+ высш.)	65,51
Дополнительные параметры	
Плотность продукта при температуре 20 °С, г/см ³	661,5
Давление нестабильного конденсата в точке отбора, МПа	1,05
Давление насыщенных паров, МПа	0,32

В настоящее время с развитием информационных технологий и полупроводниковых приёмников оптического излучения методы цифровой голографии получили широкое распространение, благодаря своим преимуществам: исследованию объектов не воздействуя на них, получение информации обо всём объёме с достаточным разрешением.

С помощью методов цифровой голографии можно получать следующие данные о каплях в объёме среды: размер и пространственное положение и скорость каждой капли в объёме среды. По распределению капель и концентрации можно оценить объёмную долю этих капель в потоке. Анализируя данные полученные из цифровых голограмм можно извлечь информацию о показателе преломления капли и далее определить состав капель.

Как правило, для исследования многофазных потоков используется осевая оптическая схема регистрации цифровых голограмм, представленная на рисунке 1.

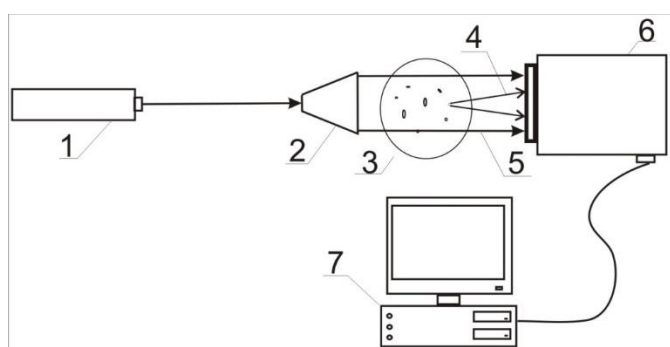


Рис. 1 Осевая схема регистрации цифровых голограмм. 1 – лазер; 2 – коллиматор; 3 - исследуемый объём; 4 – предметная волна; 5- опорная волна; 6- ПЗС - матрица; 7 - компьютер

Лазер (1) генерирует когерентное излучение. После прохождения излучения коллиматора (2) формируется пучок необходимого диаметра. Распространяясь в объёме (3) часть излучения дифрагирует на каплях, формируя, так называемую предметную волну (4), часть излучения проходит мимо капель (предметная волна (5)). Предметная и опорная волны когерентны, поэтому образуют картину интерференции. Данная картина интерференции регистрируется ПЗС-камерой (6) и сохраняется в компьютере (7).

В цифровой голографии восстановление голограмм, т.е. получение изображения объёма с каплями происходит численно с помощью специализированных программ, основанных на численном расчёте дифракционного интеграла Кирхгофа в приближении Френеля [3]. В результате восстановления голограммы формируется набор изображений поперечных сечений объёма. Каждое восстановленное изображение соответствует фиксированному расстоянию – расстоянию, которое соответствует дистанции от ПЗС-камеры до текущей плоскости наблюдения. При регистрации серии цифровых голограмм с заданной частотой производится исследование капель не только в пространстве, но с течением времени.

Основываясь на данном подходе, был проведён эксперимент с целью апробации методики. В объёме среды производилось распыление капель воды. Данный объём с каплями регистрировался ПЗС – камерой, пример цифровых голограмм представлен на рисунке 2. На рисунке 3 представлен пример одного изображения сечения объёма с каплями.

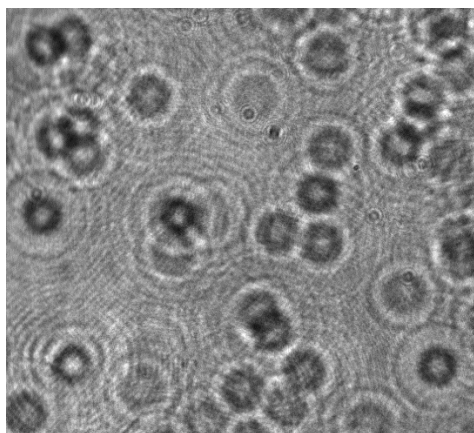


Рис. 2 Цифровая голограмма капель

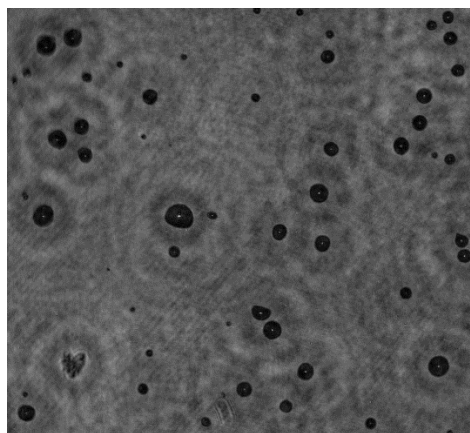


Рис. 3 Восстановленное изображение одного сечения объема с каплями

Далее производилась обработка цифровых голограмм капель и извлечение информации. На рисунке 4 представлено изображение пространственного распределения капель в объеме среды в момент регистрации голограммы.

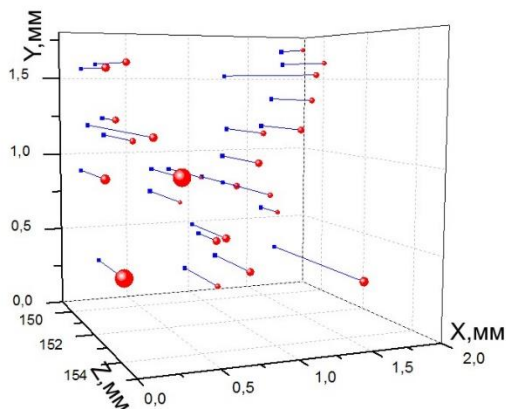


Рис. 4 Пространственное распределения капель в объеме среды

Полученные предварительные результаты показывают работоспособность предложенного подхода для оценки объемной доли лёгких фракций углеводорода.

Следующим этапом проекта будет извлечение информации о показателе преломления капель и разделение капель углеводорода от капель воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://oilteam.ru/ii-gip.html>
2. Поздняков А. П., Смирнов В. В., Прудников И. А., Койда А. А. Совершенствование системы автоматизированного коммерческого учета нестабильных жидких углеводородов. // Нефтяное хозяйство, — №10. М.: 2003. — с.116-118.
3. Schnars U. Digital Hologram Recording, Numerical Reconstruction, and Related Techniques / Schnars U., Jueptner W. – Berlin: Sprinder, 2005. – 164 p