

**0.1. Божеева Д.М., Дектерев А.А. Расчетное исследование аэродинамики крылового профиля**

Актуальность данного исследования обусловлена активной разработкой беспилотных летательных аппаратов вертикального взлета и посадки с циклическими движителями. Циклический движитель содержит набор лопастей, которые в процессе работы совершают колебательные движения и вращение вокруг оси движителя. Важной задачей является оптимизация геометрии и кинематики движения лопастей движителя с целью улучшения их аэродинамических свойств и повышения тягово-энергетических характеристик аппарата в широком диапазоне условий полета. В работе представлены результаты расчетного исследования аэродинамического крылового профиля (лопасти), находящегося в набегающем турбулентном потоке и совершающего колебательные движения и вращение по круговой орбите. Для моделирования турбулентного потока в работе используется URANS подход, основанный на решении нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, замкнутых при помощи полуэмпирических моделей турбулентности SST k- $\omega$  и Transition SST. Для аппроксимации исходной системы дифференциальных уравнений основана на методе конечного объема с использованием схем второго порядка точности по пространству и времени. Расчетная модель реализована в пакете ANSYS FLUENT. На первом этапе была проведена серия расчетов с неподвижным крыловым профилем NACA0016 с различными углами атаки. Экспериментальное исследование этой задачи было выполнено в ИТПМ СО РАН в низкотурбулентной аэродинамической трубе Т-324. Анализ результатов моделирования показывает хорошие согласование коэффициентов подменной силы и силы сопротивления с экспериментом, выявлено, что модели турбулентности SST k- $\omega$  и Transition SST показывают близкие результаты. Второй этап исследований посвящен анализу возможности моделирования колебания крылового профиля. Рассматривались режимы течения в широком диапазоне чисел Струхала (от 0,028 до 0,12) при двух числах Re (100000, 200000). Исходя из результатов расчетов первого этапа, мы выбрали SST k- $\omega$  модель турбулентности, так как при одинаковой точности она требует меньших вычислительных затрат. Результаты моделирования позволили правильно смоделировать аэродинамические характеристики крылового профиля в широком диапазоне характеристик набегающего потока и частотах колебания профиля. На третьем этапе исследования было изучено обтекание крылового профиля NACA0016, движущегося по круговой траектории. В результате расчетов были получены поля скорости для углов атаки от 0 до 25. Результаты моделирования качественно сопоставлялись с

данными PIV измерения поля. В результате работы была разработана и протестирована математическая модель для расчета аэродинамических характеристик крылового профиля, находящегося в набегающем турбулентном потоке и совершающего колебательные движения и вращение по круговой орбите. Показано, что выбранная модель хорошо описывает данные полученные в эксперименте.