ПРИМЕНЕНИЕ ПМ ЛАЗУРИТ ДЛЯ РАСЧЕТА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО ВИНТА НА РЕЖИМЕ ВИСЕНИЯ

Л.А. Балашов, **Л.А. Бендерский**, А.С. Жигалкин,
Д.Д. Кошман, Д.А. Любимов, И.А. Рагулин, О.С. Серпинский
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва, labenderskiy@ciam.ru

Проведение инженерных расчетов воздушных винтов различной конфигурации для оценки их аэродинамических характеристик является актуальной задачей при проектировании летательных аппаратов с электродвигателями.

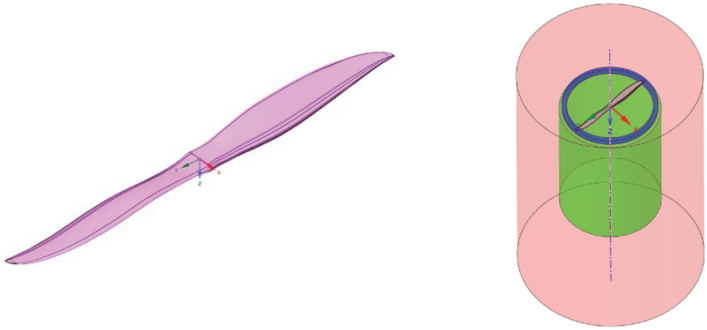
В работе проводится оценка возможности программного модуля Лазурит (далее – ПМ Лазурит) [1] для решения данного класса задач. Сравнение результатов расчетов проводится с паспортными данными на винт, теоретическим расчетом [2] и расчетом в программном комплексе Ansys Fluent.

Расчеты в ПМ Лазурит проводятся в стационарной постановке с моделью турбулентности Спаларта-Аллмараса. В ПМ Лазурит реализован RANS метод высокого разрешения [3], для расчета конвективных потоков уравнений Навье-Стокса на гранях ячеек в схеме Роу используется схема WENO. Для сокращения времени расчета в ПМ Лазурит применяется гибридный подход к парализации вычислений – MPI и Open MP.

Геометрия рассчитываемого воздушного винта приведена на рис. 1а. Структурированная расчетная сетка для ПМ Лазурит состоит из 28 млн. ячеек. Расчетная область представляет собой параллелепипед, расстояние от плоскости вращения винта до верхней границы расчетной области составляет 5D (где D – диаметр винта), до нижней – 10D, расстояние от оси вращения винта до боковых границ составляет 10D.

Расчет воздушного винта в Ansys Fluent проводился в нестационарной постановке (URANS), с использованием модели турбулентности SST на неструктурированной расчетной сетке типа polyhexcore (111 млн. ячеек). Расчетная область представляет собой цилиндрическое пространство с диаметром 20D и высотой 30D (рис. 1б), состоящие из двух сеток, соединенных интерфейсом.

Вращение воздушного винта задавалось вращением внутренней области относительно внешней сетки.



а *б*

Рис. 1. а) Геометрия воздушного винта, б) расчетная область сеточной модели для ПК Ansys Fluent

Расчеты были проведены для скоростей вращения воздушного винта от 1200 об/мин (Ω) до 2700 об/мин. В результате расчетов получены поля течений и аэродинамические характеристики воздушного винта. Поля чисел Маха (рис. 2) имеют схожую структуру и для ПК Ansys Fluent разрешаются более подробно за счет использования существенно более подробной сетки.

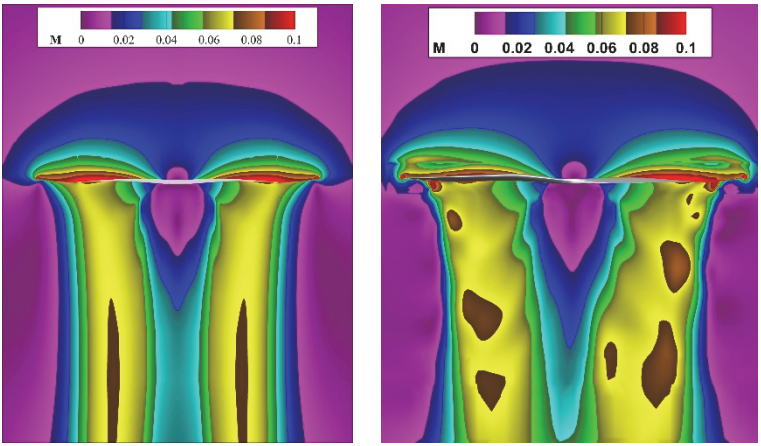


Рис. 2. Поле чисел Маха в сечении по оси винта для ПМ Лазурит слева и ПК Ansys Fluent справа при Ω=2000 об/мин.

Отличия в значениях тяги и момента воздушного винта при расчете обоими расчетными кодами практически отсутствуют (рис. 3), что говорит о хорошей сходимости результатов полученных с помощью ПМ Лазурит. CFD расчеты хорошо соответствуют теоретическому расчету из [2] и показывают больший момент чем заявлено в паспортных данных на винт.

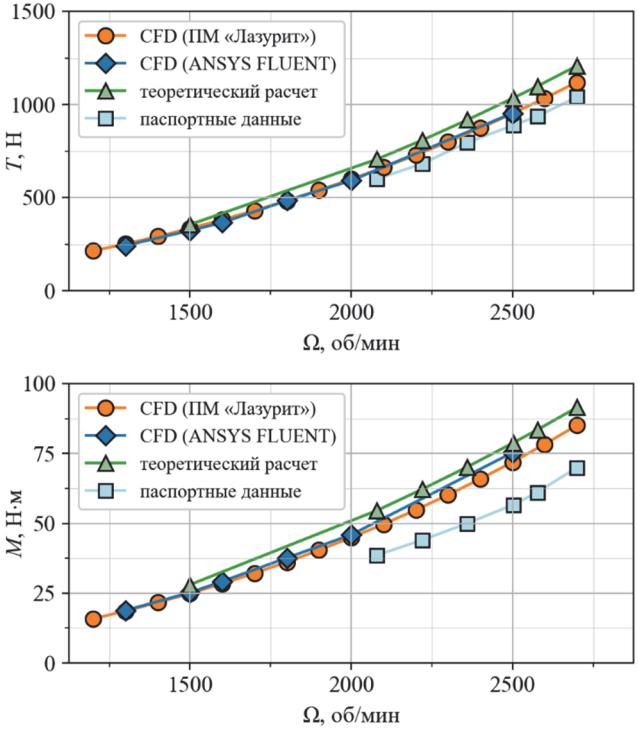


Рис. 3. Тяга (сверху) и момент (снизу) воздушного винта от скорости вращения. (теоретический расчет и паспортные данные из [2])

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666963. «Программный модуль компьютерного моделирования физических процессов в авиационных силовых установках» («Лазурит») / Д.А. Любимов, Л.А. Бендерский. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 08.08.2023.
2. А.В. Власов, А.Н. Варюхин, М.А. Овдиенко, Методика расчёта аэродинамических характеристик винта летательного

аппарата // материалы 66-й Всероссийская научная конференция МФТИ, Секция газовой динамики, горения и теплообмена, 2024.

3. Бендерский Л.А., Любимов Д.А., Потехина И.В., Федоренко А.Э. Исследование особенностей течения в воздухозаборнике смешанного сжатия при больших сверхзвуковых скоростях внешнего потока с помощью RANS метода высокого разрешения // 2015. Материалы XXVI Научно-технической конференции по аэродинамике. п. Володарского 26-27 февраля 2015. С. 48.