

[3] ГОСТ 2787-75. Металлы черные вторичные. – Введен 01.07.77.

*А.Г. Шабала*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАСТИ ВОЗДУШНОГО ВИНТА, РАБОТАЮЩЕГО В ОДНОРОДНОМ ПОТОКЕ, В СРЕДЕ ANSYS V1.4**

В последнее время растет интерес к средствам математического моделирования течений жидкостей и газов, позволяющих прогнозировать характеристики течений и параметры работы устройств на стадии их проектирования, до изготовления в металле. Раздел науки, решающий проблему моделирования течений с тепломассопереносом в различных технических и природных объектах, называется вычислительной гидродинамикой (ВГД), в англоязычной литературе – CFD (Computational Fluid Dynamics). Методы ВГД предполагают расчет течений жидкостей и газов путем численного решения уравнений Навье – Стокса и уравнения неразрывности, описывающих наиболее общий случай движения этих сред (для турбулентных течений – уравнений Рейнольдса). В настоящее время существуют десятки компьютерных программ, предназначенных для решения задач вычислительной гидродинамики. Тенденцией развития ведущих программных продуктов является реализация в каждом из них набора математических моделей, позволяющих как можно более полно моделировать все встречающиеся на практике физические эффекты. Пользователь подключает нужные модели на стадии постановки задачи несколькими щелчками мышки, задавая затем соответствующие граничные условия и прочие требуемые данные. Программные продукты позволяют адекватно моделировать сложные физические эффекты различной природы, в том числе для задач, в которых проведение физического моделирования крайне затруднительно [1].

Ansyes – универсальная программная система конечно-элементного анализа, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматических инженерных расчетов и конечно-элементного решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твердого тела и механики конструкций, задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей [2].

В данной статье рассматривается структура расчета лопасти воздушного винта в программном комплексе Ansyes v.14, более конкретно – в модуле Fluid Flow (FLUENT).

*Структура расчета в модуле Fluid Flow (FLUENT):*

1. Создание/импорт геометрии;
2. Создание расчетной сетки;
3. Выбор параметров расчета;
4. Расчет в модуле FLUENT;
5. Обработке результатов.

Для расчета была выбрана модель воздушного двухлопастного винта фиксированного шага диаметром 1 м, номинальным углом установки лопасти 6,22 градусов, представленная на рисунке 1.

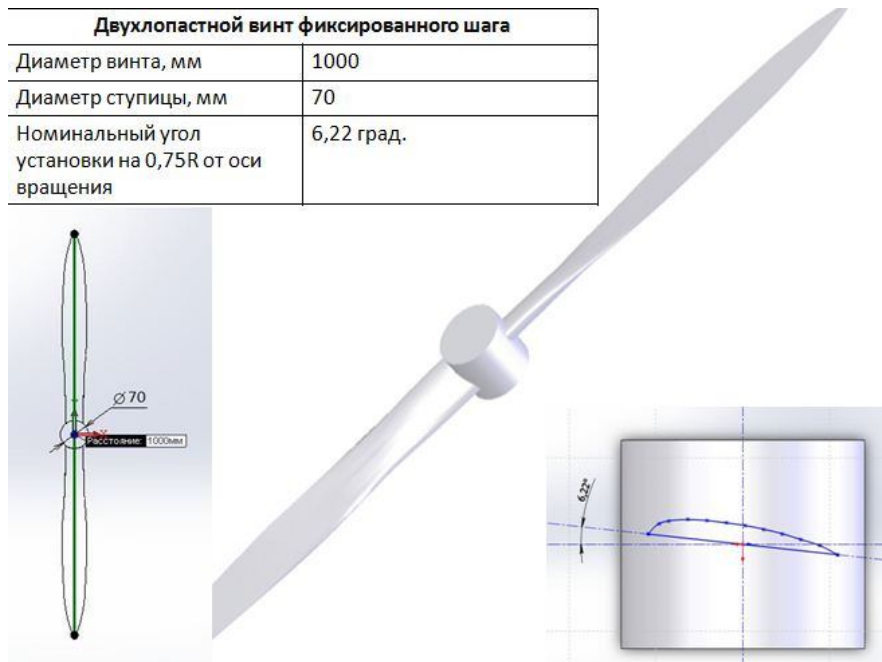


Рис. 1. Исходная геометрия

Из SolidWorks модель в универсальном формате импортируется в редактор Design Moduler комплекса ANSYS. Первоначальной задачей после импорта геометрии винта было создание расчетной области, в качестве которой был выбран цилиндр диаметром 3 м (высота 2 м). Данный диаметр был выбран из условий отсутствия влияния стенки на сам винт при минимальном количестве конечных элементов. Интерфейс редактора Design Moduler представлен на рисунке 2.

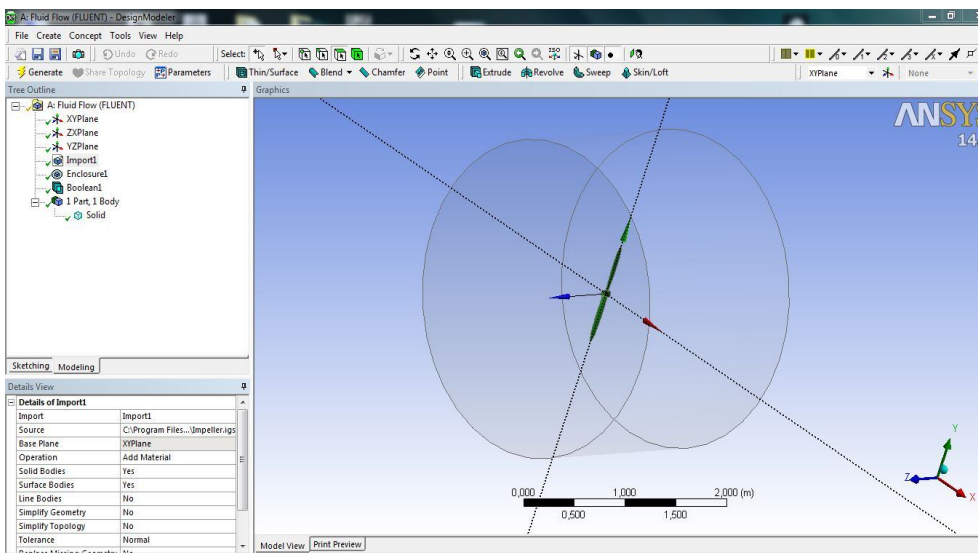


Рис. 2. Интерфейс редактора Design Moduler и расчетная область в виде цилиндра

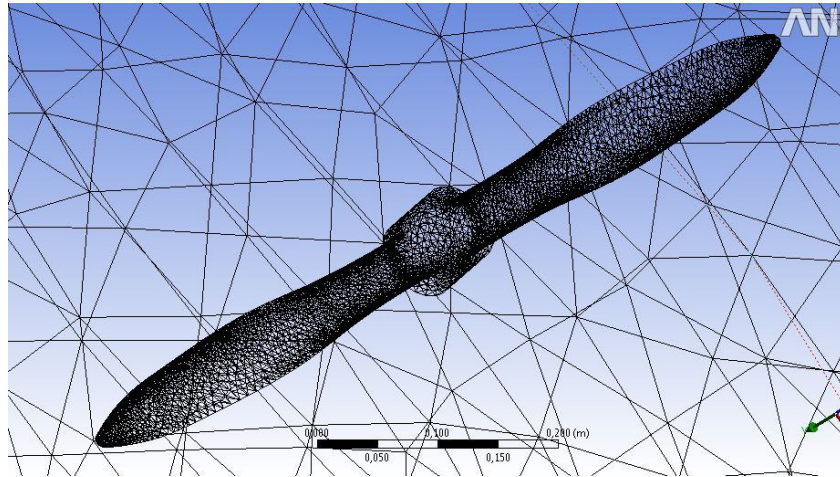


Рис. 3. Адаптивная конечно-элементная сетка

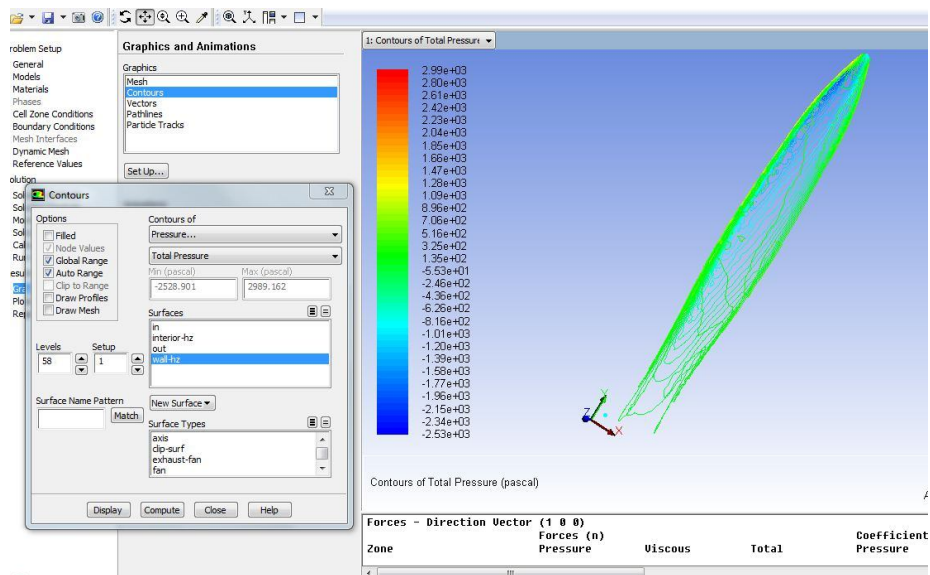


Рис. 4. Полученное в результате расчета поле давлений на лопасть воздушного винта

После вышеописанных действий производится генерация сетки в системе Mesh. Импорт геометрии осуществляется автоматически. Для данного расчета была использована сетка из конечных элементов типа тетраэдр, минимальный размер стороны элемента 2 мм, максимальный 235 мм. Как видно из рисунка 3, размер элементов автоматически подбирается в зависимости от сложности геометрии, что необходимо для получения точного решения. Общее количество элементов 568801, количество узлов – 100294.

После создания сетки осуществляется переход в систему FLUENT. В этой системе задаются исходные данные, выбираются граничные условия, параметры расчета и осуществляется вывод результатов. В данной задаче используется уравнение энергии потока, неразрывности потока и Навье-Стокса. В качестве модели турбулентности выбрана K-omega SST модель (позволяет более точно описать движение потока в пограничном слое, если сеточное разрешение недостаточно). В качестве граничных усло-

вий на входе задано mass-flow-inlet, на выходе pressure-inlet. Винт вращается с частотой 1500 об/мин без встречного потока. Эти граничные условия позволяют при необходимости задавать параметры набегающего потока для дальнейших проработок. В качестве рабочей среды выбран воздух при температуре 15 °С.

После того, как настроены параметры, запускается расчет.

Модуль FLUENT, как и ПК ANSYS в целом, могут использоваться для исследовательских задач, поэтому имеют много вариантов отображения и обработки результатов расчета. На рисунке 4 представлено поле давлений на лопасть винта. Также, функционал программы позволяет определить экстремумы, построить различные графики, визуально оценить картину потока на различных сечениях.

В данных тезисах рассмотрена задача получения поля давлений на лопасть воздушного винта, как исходных данных для прочностных расчетов.

В работе [3], специалистами ООО «Аэроход» в ПК ANSYS было получено решение для воздушного винта с другими геометрическими и аэродинамическими характеристиками. Был проведен натурный эксперимент, подтверждающий правильность расчетов в комплексе ANSYS. В качестве критерия сходимости расчетов использовалась тяга на швартовном режиме. Погрешность по сравнению с результатами натуральных испытаний не превысила 10%. При проведении математического эксперимента, описанного в данных тезисах, рассчитывалась аналогичная задача, с такими же коэффициентами, уравнениями, параметрами расчетной области и сетки, что и в ООО «Аэроход», но с другими геометрическими и аэродинамическими характеристиками воздушного винта. Данные факты позволяют утверждать, что полученные результаты соответствуют действительным при проведении натуральных испытаний.

Результаты проведенной работы свидетельствуют о перспективности применения пакетов вычислительной гидродинамики к задачам, решение которых другими способами крайне затруднительно.

В дальнейшем аналогичные задачи будут решены для неоднородного потока при различных режимах работы винта.

#### Список литературы:

- [1] Кочевский А.Н. Возможности моделирования течений жидкости и газа с помощью современных программных продуктов. Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. №13(72), 2004.
- [2] <http://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>
- [3] Дербенев С.Г., Кальясов П.С., Любимов А.К. Математическое моделирование взаимодействия маршевого винта с элементами аэродинамической компоновки судна на воздушной подушке (СВП). Анализ аварий движительного комплекса СВП пр. А-32. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2007 г., №4, с. 92–97.