

УДК 621.165

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ТУРБОАГРЕГАТОВ

С.А. Сверчков, Е.И. Купреев

Научный руководитель – Карницкий Н.Б. д.т.н., профессор.

Основной задачей современного проектирования проточных частей турбоагрегатов является изготовление конкурентоспособных изделий, обладающих высокой надёжностью и максимальным КПД использования потенциальной энергии рабочего тела. Решение этой задачи осуществляется в определённой степени на стадии технологической подготовки производства, где предусматривается проектирование оптимальных технологических процессов, обеспечивающих достижение поставленных задач.

Из-за сложной формы профиля сопловых и рабочих решёток турбоагрегатов ранее для проектирования лопаточного аппарата пользовались экспериментальными данными. Создавались атласы профилей, в которых предлагались различные варианты профиля лопаток. Сегодня большинство предприятий, занимающихся турбостроением, пользуются передовыми системами проектирования, позволяющими спроектировать форму будущей решётки.

Цель настоящей работы – рассмотрение способов разработки эффективных и оптимальных форм профиля решёток осевых турбоагрегатов для заданных параметров в системах компьютерного проектирования. На данный момент существует большое количество специальных программ, позволяющее за короткое время проектировать качественные и современные турбомашинные различных типов. Используя программу инженер-проектировщик получает возможность повысить эффективность собственной работы и обеспечить высокое качество конечного продукта, тестирование проектов уже на ранних этапах процесса проектирования, снижая тем самым затраты на строительство опытных образцов, улучшая качество, обеспечивая воспроизводимость проектов и ускоряя весь процесс разработки.

Основными факторами успеха в современном промышленном производстве являются: сокращение срока выхода продукции на рынок, снижение ее себестоимости и повышение качества. Сейчас общепризнанным фактом является невозможность изготовления сложной наукоемкой продукции (кораблей, самолетов, различных видов промышленного оборудования и др.) без применения современных систем автоматизации. К числу наиболее эффективных технологий, позволяющих выполнить эти требования, принадлежат так называемые CAD/CAM/CAE-системы (системы автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и инженерного анализа). Несмотря на широкое распространение систем CAD для проектирования и систем CAE для анализа, эти системы не так уж хорошо интегрируются. Дело в том, что модели CAD и CAE по сути используют разные типы геометрических моделей, и в настоящее время не существует общей унифицированной модели, которая бы содержала в себе как информацию для проектирования, так и для анализа. Термины CAD и CAE обозначают следующее:

CAD - системы (computer - aided design) — компьютерная поддержка проектирования, предназначенная для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации.

CAE - системы (computer - aided engineering) — поддержка инженерных расчетов, представляющая собой применение обширного класса систем, каждая из которых позволяет решать определенную расчетную задачу (группу задач), начиная от расчетов на прочность, анализа и моделирования тепловых процессов до расчетов

гидравлических систем и машин, расчетов процессов литья. В CAE - системах также используется трехмерная модель изделия. CAE-системы еще называют системами инженерного анализа.

Применяются такие системы широкого профиля как ANSYS и Autodesk Simulation, а так же и узкого профиля: Flowmaster, CFturbo, PumpLinx, FlowVision, AxStream и другие. Проведем анализ данных систем.

CFturbo – программный продукт для интерактивного проектирования турбомашин. Программа позволяет создать первоначальную модель или модернизировать уже существующую геометрию. Процесс работы в CFturbo является пошаговым.

Flowmaster V7 позволяет выполнять нестационарные и стационарные расчеты несжимаемой и сжимаемой среды, а так же расчёты теплового анализа. Имеется библиотека стандартных компонентов, основанная на эмпирических и расчетных данных. Программа поддерживает методику моделирования, которая позволяет отдельным расчетным компонентам взаимодействовать и обмениваться информацией между собой, например, передавать граничные условия, такие как давление, температура или массовый расход. Существует возможность проводить линейные расчеты в комплексе с детальным 3D моделированием в трехмерных CFD кодах.

FlowVision – многоцелевая программа для компьютерного моделирования трехмерных течений жидкости и газа. Она основана на численном решении трехмерных стационарных и нестационарных уравнений динамики жидкости и газа, которые включают в себя законы сохранения массы, импульса (уравнения Навье-Стокса), уравнения состояния. Для расчета сложных движений жидкости и газа, сопровождаемых дополнительными физическими явлениями, такими, как, турбулентность, горение, контактные границы раздела, пористость среды, теплоперенос и так далее, в математическую модель включаются дополнительные уравнения, описывающие эти явления. Программный комплекс FlowVision разработан научно-исследовательскими организациями Российской Федерации.

Autodesk Simulation CFD предназначен для моделирования потоков жидкостей и процессов теплопередачи: моделирование высокоскоростных турбулентных и несжимаемых потоков, теплопроводности и процессов конвективного теплообмена. В основе программы лежат принципы взаимодействия жидкостей и газов с движущимися твердыми телами. Autodesk Simulation позволяет создавать виртуальную среду для моделирования взаимодействия компонентов насосов, вентиляторов, нагнетателей, компрессоров, задвижек, поршней и других механических устройств с потоками жидкостей. Программа формирует отчеты по всем физическим эффектам движения, а также динамике изменений во времени. Возможно, создавать анимационные ролики для изучения проекта и сравнения разных проектных вариантов.

Ansys - универсальная программная конечно – элементного анализа. Она существует и развивается на протяжении последних 30 лет. Продукт предназначен для решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Программа позволяет также проводить оптимизацию конструкции.

Сравнительный анализ рассмотренных продуктов представлен в таблице 1.

Таблица 1 Сравнительный анализ CAD/CAE систем для проектирования турбин

Программа	CFturbo	Flowmaster	FlowVision	AxStream	Simulation	ANSYS
Производитель	CFturbo Software & Engineering	Flowmaster Limited	ТЕСИС	SoftInWay	Autodesk Inc	ANSYS Inc.
Страна	Германия	Великобритания	Россия	США	США	США
Последняя версия, год	9 (2011)	7,5 (2009)	3 (2011)	3 (2011)	2013 (2012)	14 (2011)
Оф. сайт	cfturbo.de	flowmaster.com	flowvision.ru	softinway.com	autodesk.com	ansys.com
Тип системы	CAD/CAE	CAE	CAE	CAD/CAE	CAE	CAE
Назначение						
Осевые турбины	-	+	+	++	+	+
Радиальные турбины	++	+	+	++	+	+
Осевые компрессоры	-	+	+	++	+	+
Радиальные компрессоры	++	+	+	++	+	+
Насосы	+	+	+	-	+	+
Вентиляторы	++	+	+	-	+	+
Потоки	-	+	+	-	+	+
Особенности	Углы установки лопаток, анализ струек тока, профиль лопаток	Системы: топливные, кондиционирования, гидравлические, смазки, охлаждения, отопления.	Стационарные и нестационарные течения, горение, кинетика, лучистый теплообмен.	Цилиндры турбин, отдельных ступеней, анализ проточных частей, профилирование решеток.	Процессы теплопередачи, сверхзвуковые потоки, переходные и двухфазные потоки, кавитация.	Динамика и прочность, теплообмен, долговечность, электромеханика, междисциплинарный анализ.

++ - отмечены специализированные программы

На сегодняшний день представить современное производство без каких-либо средств автоматизации очень сложно. Каждое мелкое или крупное предприятие, так или иначе, сталкивается с системами автоматизированного проектирования. И в частности с CAD/CAE системами. Современные программы позволяют создавать и редактировать пространственные модели объектов практически неограниченной сложности.