

CFdesign – программное обеспечение для инженерного анализа потока и теплопередачи

Кутуков А.С. (НИП-Информатика)

kutukov@nipinfor.spb.su

Чтобы достигнуть успеха на рынке, промышленные предприятия должны сокращать сроки выпуска продукции, снижать её себестоимость и повышать качество. Эффективным инструментом решения этих задач является программное обеспечение для инженерного анализа. Степень освоения предприятием компьютерных технологий для проектирования новых изделий и исследования их характеристик существенно влияет на его конкурентоспособность.

На многих предприятиях для получения характеристик изделий проводят натурный эксперимент – например, пролив арматуры на гидравлическом стенде, испытания на теплофизических стендах, изучение сопротивления в аэродинамической трубе. В сравнении с компьютерным моделированием, натурный эксперимент имеет недостатки: он занимает больше времени, требует значительных финансовых средств. Для его проведения необходима группа специалистов-экспериментаторов, а измерение данных на входе и выходе – сложная техническая задача. Кроме того, существуют ограничения на исследуемые среды по технике безопасности, и в целом спектр условий испытаний обычно заужен (например, могут быть ограничения по рабочей температуре или давлению).

Системы инженерного анализа можно условно разделить на универсальные и специализированные.

Универсальные CAE-системы (ANSYS, Abaqus, COSMOS, Mechanical, Nastran) решают широкий класс задач, обеспечивая прочностные расчеты, анализ динамических процессов, гидравлические и теплофизические расчеты, междисциплинарные расчеты. Специализированные системы, предназначенные для конкретной предметной области, обычно позволяют получать результаты быстрее и требуют меньшего времени для освоения.

В данной статье рассматривается специализированная система **CFdesign** (разработчик – компания **Blue Ridge Numerics Inc.**, США). Это пакет для задач вычислительной гидродинамики, основанный на методе конечных элементов. **CFdesign** позволяет анализировать поток и теплопередачу, проводить варианты гидравлические и теплофизические расчеты, работать напрямую с трехмерными моделями САПР, изучать движение элементов конструкции, решать задачи

оптимизации, объединить процесс конструирования и проведения расчетов.

Области применения **CFdesign**:

- трубопроводная арматура;
- насосы и компрессоры;
- электроника;
- системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- вентиляторы;
- авиакосмическая и оборонная промышленность;
- автомобильная промышленность;
- электротехника;
- медицинское оборудование;
- оборудование для промышленности.

При проектировании устройств и систем специалисты часто сталкиваются с неточностью постановки задачи и нехваткой исходных данных. Необходимость проработать различные варианты конструкций осложняет оценку сроков сдачи проекта. В таких условиях удобство использования, совместимость с применяемыми САПР и широкий спектр функциональных возможностей являются определяющими при выборе системы для проведения расчетов.

Функциональные возможности **CFdesign**

Функционал пакета обеспечивает:

- совместимость с 3D САПР *Autodesk Inventor*, *SolidWorks*, *Pro/ENGINEER*, *Solid Edge*, *CATIA* и *NX*, а также поддержку универсальных форматов *ACIS (.SAT)* и *Parasolid (.X_T)* для обмена данными с другими системами (например, с КОМПАС-3D);

- автоматическое построение конечноэлементной сетки;
- большой выбор физических моделей и материалов;
- высокую скорость вычислений на персональных компьютерах;
- поддержку коллективной работы над проектами (передача данных для анализа напряженно-деформированного состояния в системы *ANSYS*, *Abaqus*, *COSMOS*, *Mechanical* и *Nastran*);
- анализ результатов и подготовку отчетов.

Процесс использования **CFdesign** можно кратко описать следующим образом: цифровой прототип устройства или системы (3D-модель) разрабатывается средствами 3D САПР, а затем анализируется в **CFdesign**.

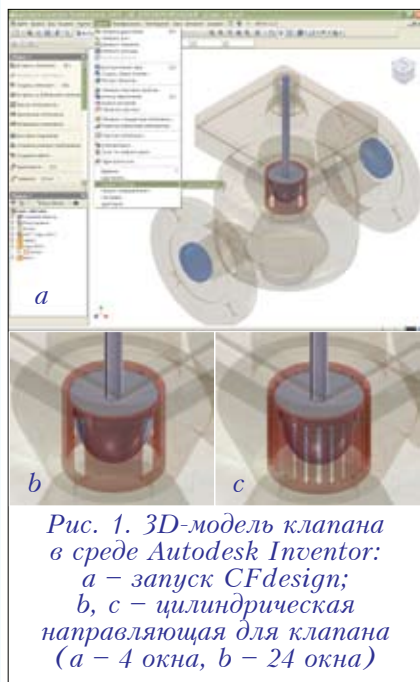


Рис. 1. 3D-модель клапана в среде Autodesk Inventor:
 а – запуск CFdesign;
 б, с – цилиндрическая направляющая для клапана (а – 4 окна, б – 24 окна)

Данная связка обеспечивает быстрое получение результатов, анализ вариантов и выбор оптимального решения.

В качестве примера рассмотрим поэтапно вариантный расчет в *CFdesign* регулирующего клапана: определим перепад давления, оценим влияние геометрии проточной части на распределения скорости и давления.

1 Создание 3D-модели клапана в Autodesk Inventor

Для построения 3D-модели клапана можно использовать любую САПР. В нашем случае это будет *Autodesk Inventor*. Инструменты этой 3D-системы обеспечивают создание точных цифровых прототипов деталей и изделий, выпуск конструкторской документации по ЕСКД. Модели деталей и изделий, построенные в *Autodesk Inventor*, представляют собой точные цифровые 3D-прототипы, позволяющие всесторонне изучать поведение изделий в реальных условиях по мере их разработки. Система поддерживает функциональное проектирование, автоматическое создание чертежных видов и автоматическое обновление чертежей, формирование таблиц составных частей и спецификаций, прочностной и кинематической анализ, проектирование трубопроводов и кабельных соединений, визуализацию и анимацию, создание технологических схем и презентаций, работу с листовым материалом, библиотеки стандартных деталей по ГОСТу. В числе важных свойств следует назвать возможность двустороннего обмена данными с *AutoCAD* в формате *DWG*.

2 Переход к расчету клапана

После того, как модель клапана будет готова, откроем её в *CFdesign* через встроенный в *CAD*-систему интерфейс (рис. 1а), либо используя универсальные форматы *ACIS* или *Parasolid* для импорта геометрии.

Входной и выходной диаметр арматуры равен 63.5 мм. Клапан перемещается по цилиндрической направляющей с боковыми окнами для потока. Мы проанализируем два варианта конструкции: для направляющей с

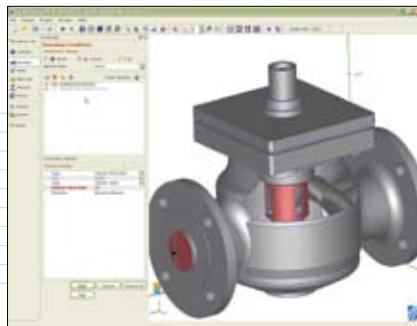


Рис. 2. Регулирующий клапан в среде *CFdesign*: настройка расчетной модели

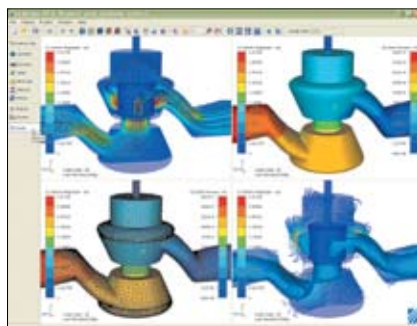


Рис. 3. Анализ проточной части клапана. Инструменты визуализации и извлечения результатов. Применение видовых окон

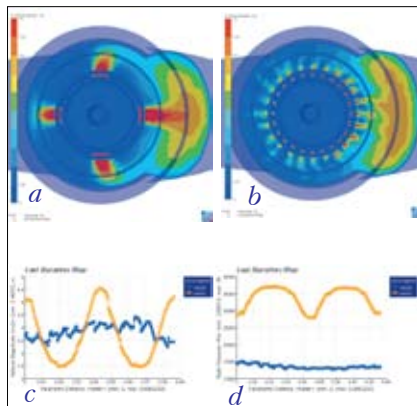


Рис. 4. Сравнение двух вариантов конструкций проточной части: а, б – контурное распределение скорости (а – 4 окна, б – 24); в, д – графики распределения скорости (с) и давления (д) по дуге вблизи внутренней поверхности направляющей в поперечном сечении (желтый цвет – 4 окна, синий – 24)

4-мя окнами (рис. 1б) и с 24-мя окнами (рис. 1с).

3 Настройка расчетной модели в CFdesign

CFdesign автоматически определит единицы измерения 3D-модели (рис. 2). Далее мы введем граничные условия, зададим расход 25 м³/ч. Конечноэлементную сетку построим в автоматическом режиме. Назначим материалы: корпус, клапан и направляющая – сталь, рабочая среда – вода.

В *CFdesign* можно задавать различные граничные условия: скорость, расход, напор, температуру. Если арматура содержит движущиеся детали (золотник, заслонку), то для изучения влияния на них потока, надо указать параметры движения. На быстроту настройки расчета положительно влияет то, что в среде *CFdesign* доступна информация о 3D-модели: названия деталей в сборках, ориентация в пространстве, цвет и текстуры деталей, задний фон, свойства материалов.

4 Выполнение расчета

Выполним расчет в *CFdesign*. Система автоматически остановит его, когда проверка на сходимость решения будет положительной.

5 Анализ и извлечение результатов

Для визуализации и извлечения результатов *CFdesign* предлагает следующие инструменты (рис. 3): секущие поверхности, изоповерхности, построение 2D-графиков, калькулятор для расчета величин на стенках (поверхностях) модели и средних значений величин по заданному сечению, контурное и векторное представление величин, трассировку, анимацию.

Обратимся к файлу результатов и определим перепад давления. Потеря давления для первого варианта конструкции равна 20 кПа. Анализ модели можно проводить в четырех независимых видовых окнах (проекции), которые помогают исследовать объект с разных позиций. В *CFdesign* реализовано синхронное вращение и приближение расчетной модели в каждом видовом окне.

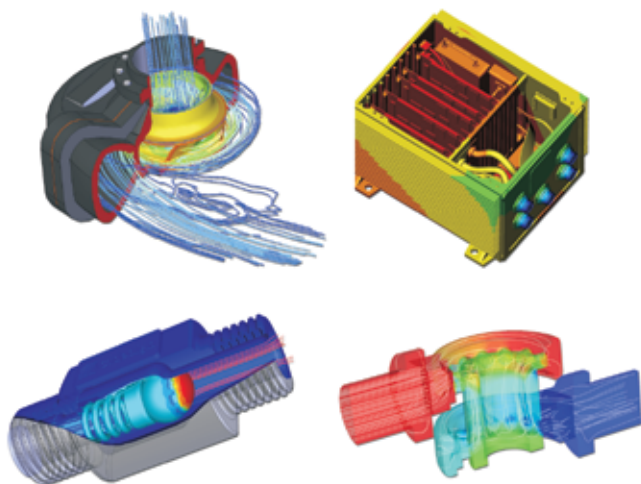
Визуализация потока при помощи построения траекторий движения

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПОТОКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ



CFdesign - вычислительная гидродинамика; моделирование гидравлических и теплофизических процессов, анализ аэродинамики; проектирование трубопроводной арматуры, насосов, компрессоров, электроники, теплообменников



КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Autodesk

Authorized Value Added Reseller

Autodesk Inventor - полный набор средств для создания и изучения поведения точных цифровых прототипов деталей и изделий, выпуска конструкторской документации по ЕСКД

Решения для автоматизации проектирования, обучение, внедрение, техническая поддержка

Россия, 196191, г. Санкт-Петербург
Новоизмайловский пр. 34, корп. 3
тел: (812) 370-1825, 718-6211, 718-6212
факс: (812) 375-7671
email: kutukov@nipinfor.spb.su
www.nipinfor.ru

www.cfdesign.org

виртуальная лаборатория
для анализа потока и теплопередачи

частиц (линий тока) повышают наглядность результатов; можно учитывать силу тяжести, задавать массу частиц. Для конструкций с движущимися элементами *CFdesign* вычисляет параметры движения (скорость, угловая скорость, перемещение, силы). При необходимости показать движение элементов конструкции (например, открытие заслонки потока) можно создавать анимационные видеоролики.

6 Вариантный расчет в *CFdesign*

Сохраним первый расчет как проект *CFdesign*. Внесем изменения в геометрию проточной части клапана в САПР, увеличив число окон направляющей до 24 (рис. 1с). Сохраним второй вариант в проекте *CFdesign*, затем импортируем исходные данные первого варианта во второй для автоматической его настройки.

Итак, модель настроена, и необходимо снова выполнить расчет. После его окончания сравним варианты конструкции проточной части, применяя средства визуализации и извлечения результатов. Обратимся к файлу с результатами: потеря давления для второго варианта конструкции равна 15 кПа.

Кроме прочего, при проведении вариантных расчетов в *CFdesign* можно изменять граничные условия (например, увеличить расход) или задавать другие материалы (например, вместо воды использовать воздух). Все варианты расчетов будут сохранены в проекте.

Выводы по результатам расчетов

Итак, нами был проведен вариантный гидравлический расчет регулирующего клапана, получены значения потери давления для двух конструкций проточной части при расходе 25 м³/ч. Потеря давления для варианта с 4-мя окнами равна 20 кПа, для варианта с 24-мя окнами – 15 кПа. Снижение потери давления при увеличении числа окон связано с увеличением площади проходного сечения. Второй вариант конструкции обеспечивает более равномерные распределения скорости и давления (рис. 4), которые положительно влияют на технические характеристики арматуры (срок службы, акустические свойства арматуры). Созданная 3D-расчетная модель для численного исследования гидравлических характеристик регулирующего клапана в дальнейшем может быть использована для других расчетов.

Заключение

Система *CFdesign* подходит для широкого круга пользователей – от начинающих до опытных, а также для тех, кому приходится анализировать поток и теплопередачу проектируемых изделий лишь время от времени.

Применение *CFdesign* при технической подготовке производства позволяет перейти от изготовления и испытания опытных образцов к исследованию цифровых прототипов новых изделий, что снижает издержки и ускоряет вывод на рынок качественной продукции.