



# CFdesign – программное обеспечение для инженерного анализа арматуры

**А.С. Кутуков, НИП-Информатика**

**Ч**тобы 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, выполняя пролив арматуры на гидравлическом стенде. Приведём основные недостатки натурального эксперимента в сравнении с компьютерным моделированием: 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 заужен (например, могут быть ограничения по рабочей температуре или давлению).

Системы инженерного анализа можно условно разделить на универсальные и специализированные. Универсальные системы (ANSYS, Abaqus, COSMOS, Mechanica, Nastran) решают широкий класс задач – прочностные расчёты, анализ динамических процессов, гидравлические и теплофизические расчёты, междисциплинарные расчёты. 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

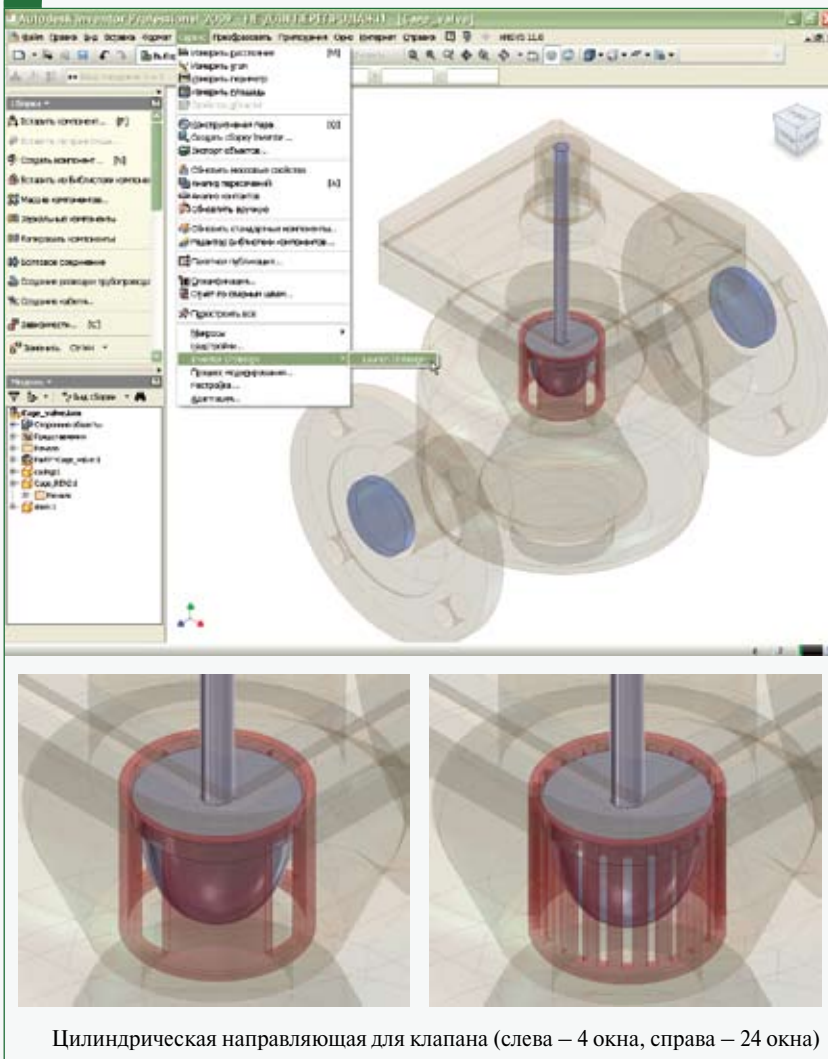
Numerics Inc, США). CFdesign – пакет вычислительной гидродинамики, основанный на методе конечных элементов. CFdesign позволяет: анализировать поток и теплопередачу, оптимизировать геометрию проточной части арматуры, проводить варианты гидравлические и теплофизические расчёты, работать напрямую с трёхмерными (3D) моделями САПР, изучать движение элементов конструкции, объединить процесс конструирования и проведения расчётов.

Задача разработки арматуры часто характеризуется неточностью постановки и нехваткой исходных данных. Необходимость проработать различные варианты конструкций осложняет оценку сроков сдачи проекта. В таких условиях удобство использования, совместимость с используемыми 3D САПР и широкий спектр функциональных возможностей являются определяющими при выборе системы для проведения расчётов арматуры.

Функциональные возможности CFdesign:

- Совместимость с 3D САПР: Autodesk Inventor, SolidWorks, Pro/ENGINEER, SolidEdge, CATIA и Unigraphics, поддержка универсальных форматов ACIS (.sat) и Parasolid (.x\_t) для совместимости с другими системами (например, с КОМПАС-3D).
- Автоматическое построение конечноэлементной сетки.
- Большой выбор физических моделей и материалов.
- Высокая скорость вычислений на персональных компьютерах.
- Коллективная работа над проектами (передача данных для анализа напряженно-деформированного состояния в прочностные коды – ANSYS, Abaqus, COSMOS, Mechanica и Nastran).
- Многофункциональная система анализа результатов и подготовки отчётов.

Рис. 1. 3D модель клапана в Autodesk Inventor. Заняк CFdesign



Цилиндрическая направляющая для клапана (слева – 4 окна, справа – 24 окна)

Процесс использования CFdesign можно кратко описать следующим образом: цифровой прототип арматуры (3D модель) разрабатывается в 3D САПР, а затем анализируется в CFdesign. Данная связка направлена на быстрое получение результатов, анализ вариантов и выбор оптимального решения. При этом можно не только изменять расчетные параметры, но и вносить конструктивные изменения.

Рассмотрим в качестве примера вариантный расчёт в CFdesign регулирующего клапана. Определим перепад давления, оценим изменение геометрии проточной части на распределение скорости и давления.

### Переход к расчёту клапана из САПР

Модель клапана (рис. 1) была разработана в Autodesk Inventor. Для создания 3D моделей можно использовать и другие САПР. Откроем модель в CFdesign, используя встроенный интерфейс в САПР, или воспользуемся уни-

версальными форматами ACIS и Parasolid для импорта геометрии. Входной и выходной диаметр арматуры равен 63,5 мм. Клапан перемещается по цилиндрической направляющей с боковыми окнами для потока. Рассчитаем два варианта конструкции направляющей с 4-мя окнами и с 24-мя окнами.

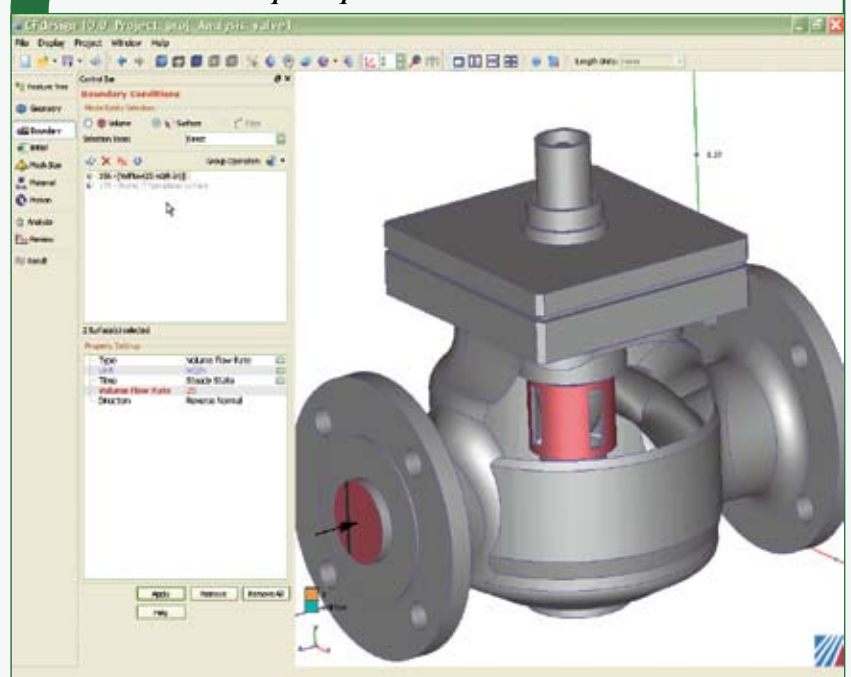
### Настройка расчётной модели в CFdesign

CFdesign автоматически определит единицы измерения 3D модели (рис. 2). Далее определим граничные условия, зададим расход  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Построим конечноэлементную сетку 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 возможно задать параметры движения для изучения влияния потока на них. На быстроту настройки расчёта также положительно влияет то, что в CFdesign доступна информация из 3D модели: названия деталей в сборках, ориентация в пространстве, цвет и текстуры деталей, задний фон, свойства материалов.

### Выполнение расчёта

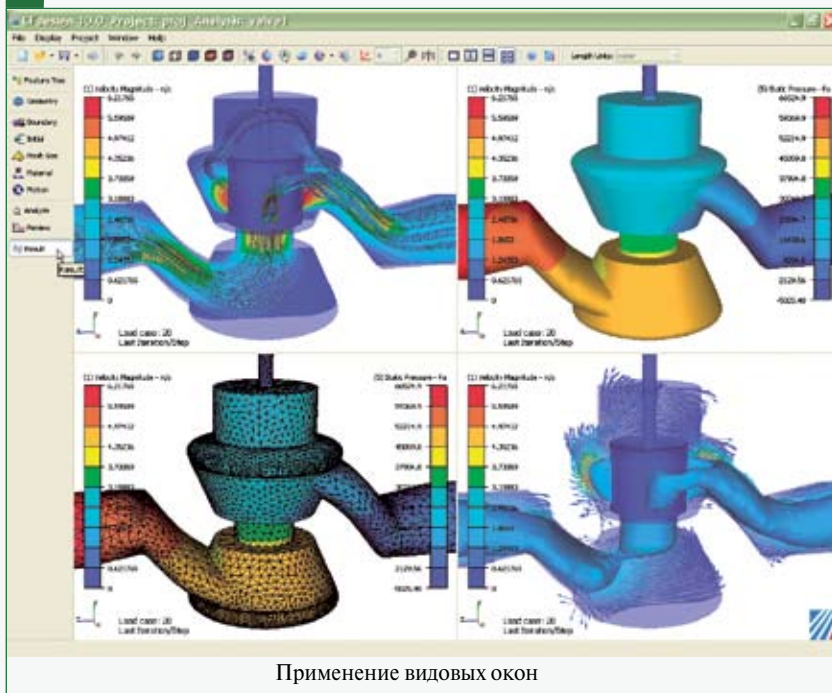
Запустим расчёт в CFdesign. CFdesign автоматически остановит расчёт, когда проверка на сходимость решения будет положительной.

Рис. 2. Регулирующий клапан в CFdesign. Настройка расчётной модели





**Рис. 3. Анализ проточной части клапана.**  
Инструменты визуализации и извлечения результатов



Применение видовых окон

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 четырёх независимых видовых окнах (проекциях), 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 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 можно создать анимацию движения элементов конструкции (например, открытие заслонки потоком).

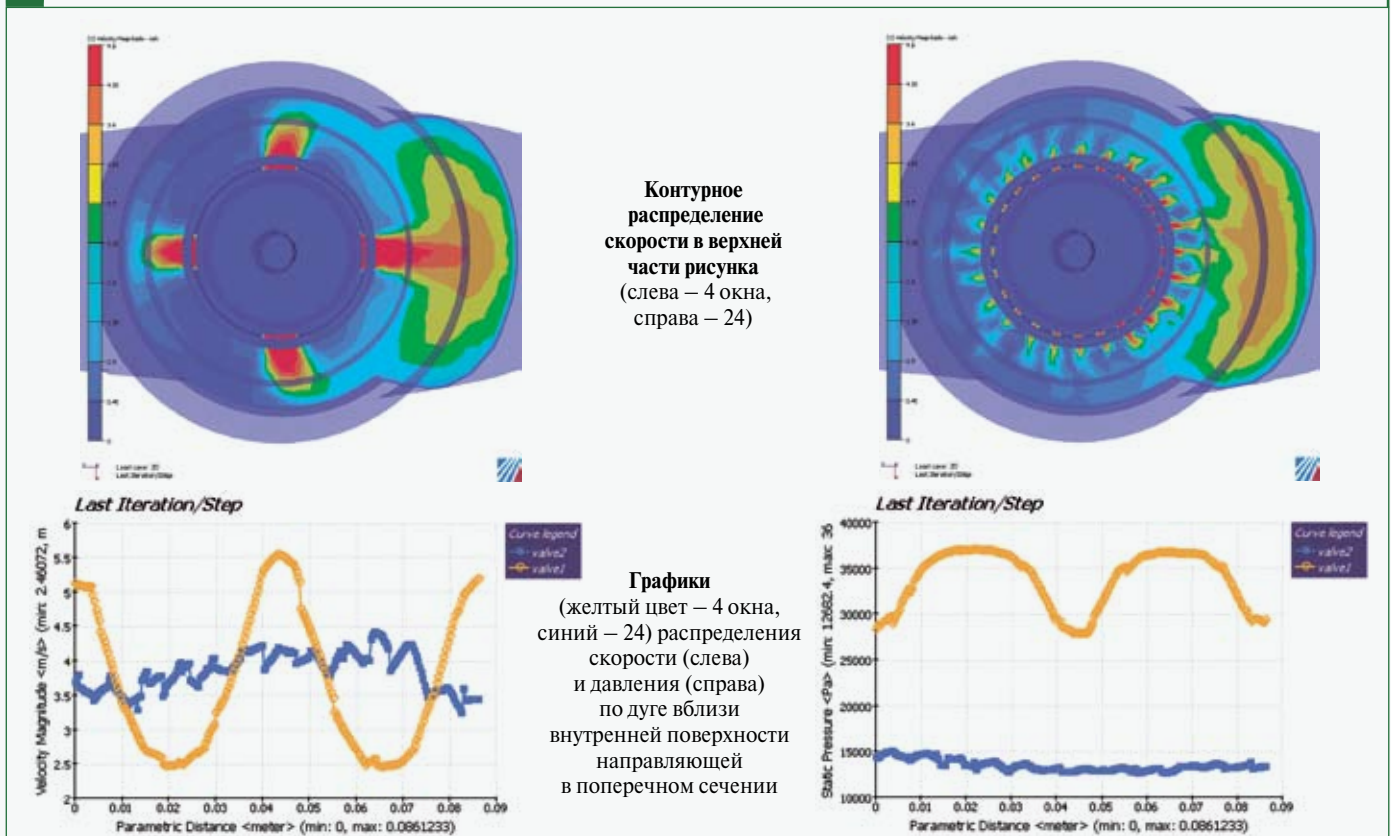
### Анализ и извлечение результатов

Используем инструменты для визуализации и извлечения результатов (рис. 3): сечения поверхности, изоповерхности, построение 2D графиков, калькулятор для расчёта величин на стенках (поверхностях) модели

### Вариантный расчёт в CFdesign

Сохраним первый расчёт в проекте CFdesign. Внеся изменения в геометрию проточной части клапана в САПР, увеличив число окон направляющей до 24 (рис. 1, правый нижний угол). Сохраним второй расчёт

**Рис. 4. Сравнение двух вариантов конструкций проточной части**



Контурное распределение скорости в верхней части рисунка (слева – 4 окна, справа – 24)

Графики (желтый цвет – 4 окна, синий – 24) распределения скорости (слева) и давления (справа) по дуге вблизи внутренней поверхности направляющей в поперечном сечении

в проекте CFdesign, импортируем исходные данные первого варианта во второй для автоматической настройки расчёта. Модель настроена, необходимо снова выполнить расчёт в CFdesign. После окончания расчёта сравним варианты конструкции проточной части в среде CFdesign, применяя средства визуализации и извлечения результатов. Обратимся к файлу с результатами – потеря давления для второго варианта конструкции равна  $15 \text{ кПа}$ . При проведении вариантных расчётов в CFdesign можно также изменять граничные условия (например, увеличить расход) или задавать другие материалы (например, вместо воды использовать воздух). Все варианты расчётов будут сохранены в проекте.

## Выводы по результатам расчётов

Проведен вариантный гидравлический расчёт регулирующего клапана, получены значения потери давления для 2-х конструкций проточной части при расходе  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Потеря давления для варианта с 4-мя окнами равна  $20 \text{ кПа}$ , для варианта с 24-мя окнами –  $15 \text{ кПа}$ . Снижение потери давления при увеличении числа окон связано с увеличением площади проходного сечения. Второй вариант конструкции имеет более равномерное распределения скорости и давления, которые положительно влияет на технические характеристики арматуры (срок службы, акустические свойства арматуры). Создана 3D расчётная модель для численного исследования гидравлических характеристик регулирующего клапана, которая может быть использована для других расчётов в дальнейшем.

CFdesign рассчитывает регулируемую, запорную, предохранительную, защитную, пневматическую и криогенную арматуру. Некоторые характерные задачи арматуростроения, которые можно решать в CFdesign:

- Увеличить поток при сохранении перепада давления.
- Уменьшить потерю давления для заданного расхода.
- Предотвратить кавитацию.
- Исключить эрозионные зоны.
- Изучить движение среды в проблематичных зонах (сужение проходного сечения).
- Определить локальный перепад давления.
- Сравнить несколько вариантов расчёта.
- Промоделировать движение объектов (обратный клапан, заслонка).
- Вычислить силы и давления на стенках проточной части.
- Рассчитать расход через заданное сечение.
- Провести оптимизацию проточной части арматуры.

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

Применение CFdesign в технической подготовке производства арматуры, трубопроводных деталей, насосов, компрессоров, теплообменников позволяет заменить изготовление и испытание опытных образцов на исследование цифровых прототипов новых изделий, снизив издержки и быстрее выводя качественную продукцию на рынок.

Более подробную информацию можно получить по адресу: [kutukov@nipinfor.spb.su](mailto:kutukov@nipinfor.spb.su) или телефону: (812) 370-18-25

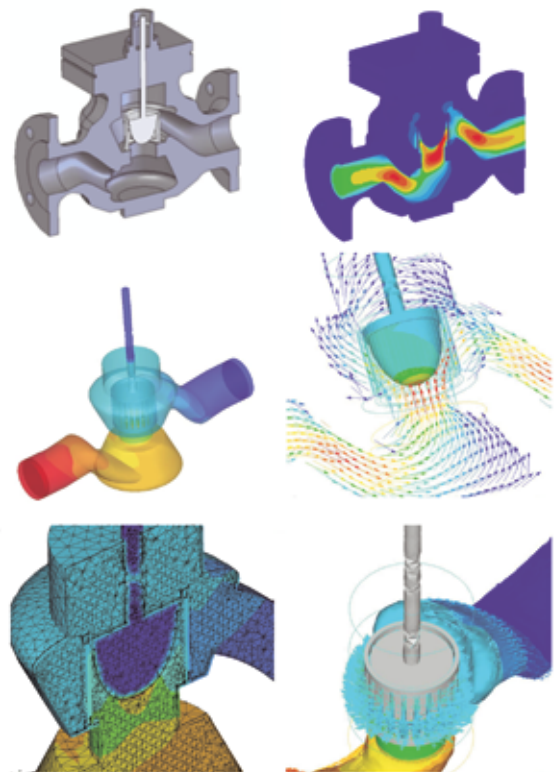
CAD / CAM / CAE / PDM

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ АРМАТУРОСТРОЕНИЯ



CFdesign - вычислительная гидродинамика; моделирование гидравлических и теплофизических процессов; проектирование арматуры, трубопроводных деталей, насосов, компрессоров



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

 НИП-ИНФОРМАТИКА

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](mailto:kutukov@nipinfor.spb.su)  
[www.nipinfor.ru](http://www.nipinfor.ru)