

Использование технологии ANSYS Workbench для генерации конечно-элементных сеток

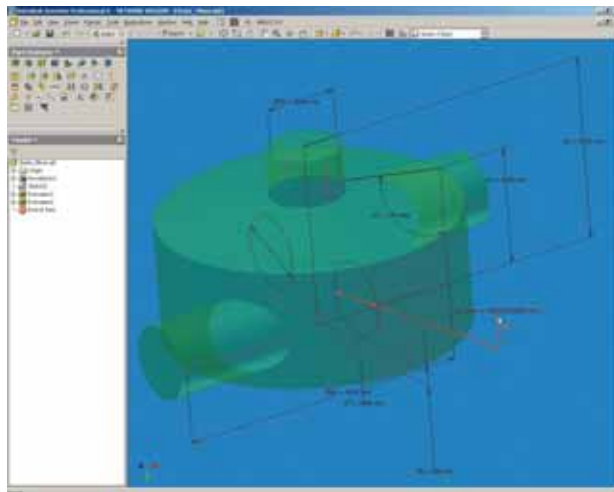
А.Н.Чернов, М.Е.Плыкин

Специалистам, занимающимся инженерным анализом (CAE), зачастую приходится использовать несколько программных продуктов. Это CAD-пакет для создания геометрической модели, препроцессор для генерации конечно-элементной (КЭ) сетки и задания граничных условий, решатель и постпроцессор для отображения результатов расчета. В лучшем случае это единый комплекс, как, например, ANSYS в стандартном пользовательском интерфейсе, однако параметрическую оптимизацию в нем можно проводить лишь в том случае, если геометрия модели создается средствами самого геометрического препроцессора ANSYS Pre, однако если геометрическая модель импортирована из CAD-системы, то обратная связь не поддерживается. Существуют также варианты, когда препроцессор и постпроцессор представлены в одном программном продукте, как, например, в ANSYS ICEM CFD. Для передачи информации из одного программного продукта в другой приходится проделывать несколько сложных процедур. При изменении геометрической модели в CAD-пакете расчетную сетку КЭ нужно будет создавать заново, а о параметрическом анализе и оптимизации в этом случае и говорить не приходится.

Компания ANSYS, Inc. предложила не имеющую в мире аналогов концепцию расчета многодисциплинарных задач в единой рабочей платформе с поддержкой ассоциативной связи с CAD-системой. В качестве такой платформы используется среда ANSYS Workbench.

Многие инженеры в России и странах СНГ до сих пор слабо представляют, в чем заключаются характерные особенности расчета в среде ANSYS Workbench.

До выхода версии программных продуктов ANSYS 9.0 эта среда позволяла проводить основные

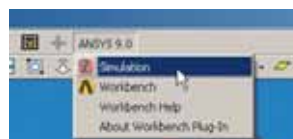


Модель миксера в Autodesk Inventor

типы расчетов, поддерживая ассоциативную связь с геометрической моделью в CAD-системе. Попробуем разяснить, как ANSYS Workbench взаимодействует с геометрическими моделями в CAD-системе. Существует два варианта работы с геометрическими моделями, созданными в CAD-пакете: это ассоциативная работа с CAD-пакетом с помощью ANSYS INTERFACE PRODUCTS и режим одностороннего чтения геометрической модели с использованием ANSYS INTERFACE EXCHANGE FEES. Вариант с использованием режима одностороннего чтения геометрической модели широко распространен и является стандартным. Именно режим ассоциативной работы с CAD-системой отличает среду ANSYS Workbench от остальных расчетных сред. Следует уточнить, что встроенные в «тяжелые» CAD-пакеты модули анализа тоже ассоциативно работают с геометрической моделью, но их расчетные возможности несопоставимы с возможностями «тяжелых» CAE-систем, к которым относятся и модули ANSYS Workbench Products.

Поясним ассоциативную связь CAD-пакета с расчетным модулем Design Simulation из состава

ANSYS Workbench с помощью небольшого примера.



Передача геометрии в модуль Design Simulation

Геометрическая модель создана в CAD-системе, в данном случае — в Autodesk Inventor.

ANSYS Workbench имеет следующие модули для ассоциатив-

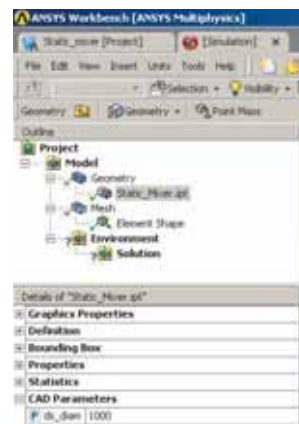
А.Н.Чернов

Ведущий специалист
ЗАО «EMT P».

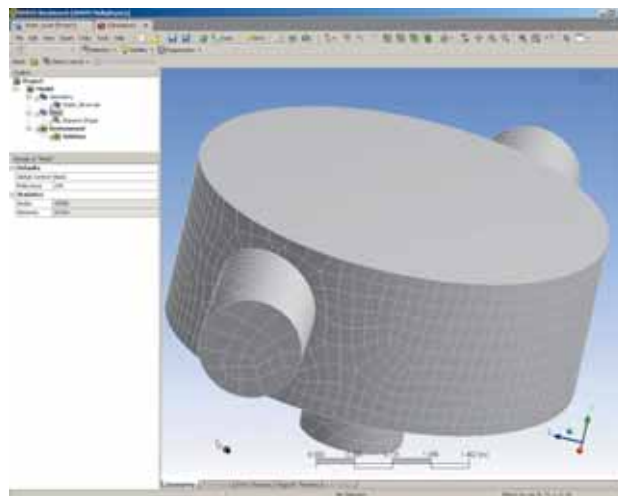
М.Е.Плыкин

Ведущий специалист
ЗАО «EMT P».

ной работы с CAD-пакетами: Geometry Interface for Pro/ENGINEER, Geometry Interface for Unigraphics, Geometry Interface for Inventor/MDT, Geometry Interface for Solid Edge, Geometry Interface for SolidWorks. Модели из CAD-



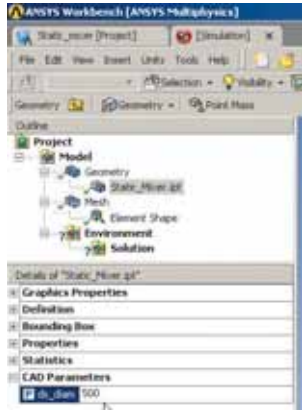
Параметр, переданный из CAD-пакета



Сетка КЭ в Design Simulation

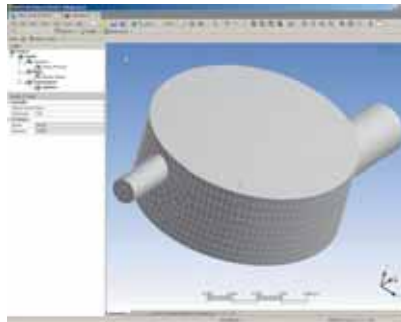
пакетов CATIA v4 и CATIA v5 в данной версии импортируются только односторонне.

Как вы думаете, сколько времени ушло бы на обработку сборки, содержащей, скажем 10 деталей, если бы CAE-система пыталась оперировать сразу всеми параметрами CAD-системы? Ответ очевиден — очень много, причем аппаратных ресурсов для этого понадобилось бы тоже очень много. Именно поэтому применяется метод избирательности, при котором инженер решает, какими параметрами CAD-модели он будет оперировать для их оптимизации.

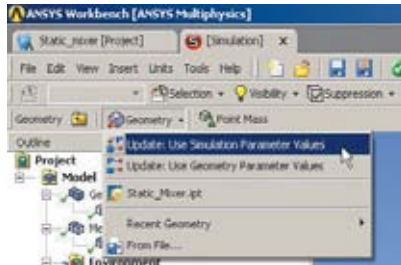


Изменение числового значения диаметра в Design Simulation

1. К имени интересующего параметра геометрического размера диаметра одной из труб добавим префикс «ds_».
2. Далее в меню **Inventor** выбирается пункт **Simulation**.
3. В модуле Design Simulation в расчетной модели появится параметр, заданный префиксом «ds_» в CAD-пакете.
4. В автоматическом режиме генерируется сетка КЭ, преимущественно из неструктурированных гексаэдрических элементов,



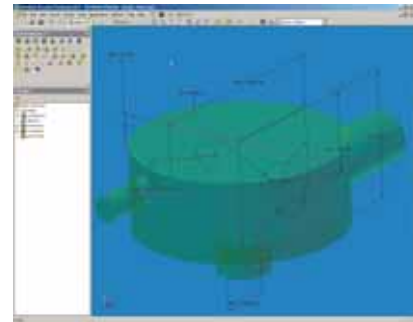
Изменение в расчетной модели



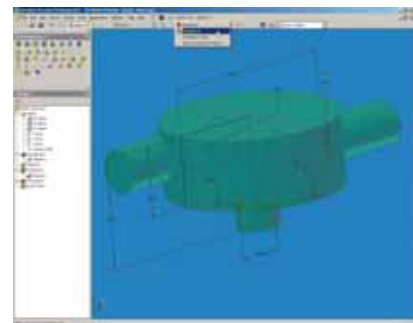
Обновление моделей

при наличии лицензии ANSYS Advanced Structural Meshing Module.

5. Изменим числовое значение параметра, описывающего диаметр, с 1000 на 500 мм.
6. Зададим обновление расчетной и геометрической моделей в соответствии с заданным значением параметра, используя опцию **Update: Use Simulation Parameter Values**. В результате изменится как расчетная, так и геометрическая модель. Все будет работать аналогично, если провести изменение параметра в геометрической модели в Autodesk Inventor, а затем провести обновление расчетной модели в Design Simulation, только с использованием опции **Update: Use Geometry Parameter Values**.



Изменение в геометрической модели



Передача геометрии в проект ANSYS Workbench

Далее, если функциональных возможностей графической среды ANSYS Workbench становится недостаточно, КЭ-модель вместе с граничными условиями можно передать в стандартный пользовательский интерфейс ANSYS. Следует понимать, что двусторонней связи между расчетными моделями в традиционной среде ANSYS и в среде ANSYS Workbench не будет.

Этот пример был реализован на платформе ANSYS Workbench версии ANSYS 7.0.

Теперь поговорим о том, что нового появилось в ANSYS Workbench версии ANSYS 9.0.

Для этого рассмотрим пример, используя всё ту же геометрическую модель в CAD Autodesk

ANSYS CFX

CFD программное обеспечение и услуги ANSYS

CFX-5.7 новые возможности

Новые инструменты для создания геометрии и сетки
Новый пре-процессор

Новые модели физики и турбулентности
Новые возможности пост-процессора
Проверенный Супер-быстрый CFD решатель

Модульная структура лицензии позволяет выбрать возможности CFX, необходимые именно Вам

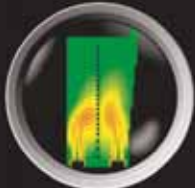
CFX 5

Надежность Точность Скорость Гибкость

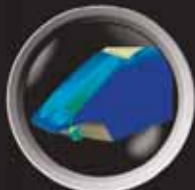
многолетний опыт
сотрудничества



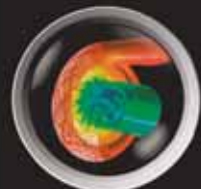
изображение предоставлено Bombardier Aerospace



изображение предоставлено Bechtel



изображение предоставлено BMW

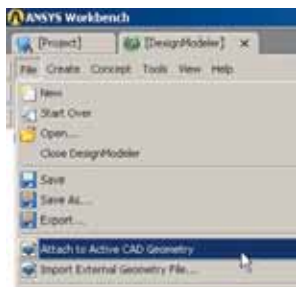


изображение предоставлено Holset



изображение предоставлено Siemens



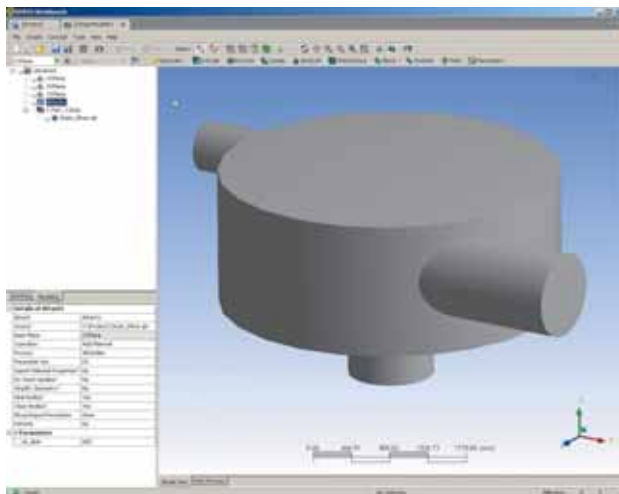


Загрузка геометрической модели в Design Modeler

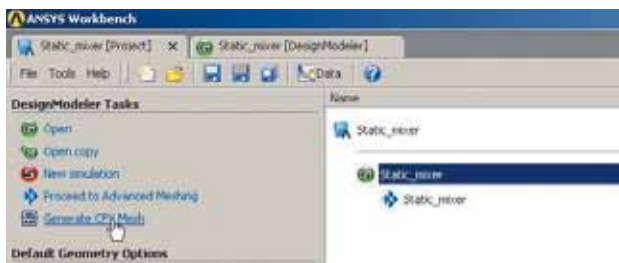
Inventor, только передадим модель в модуль Design Simulation, а в проект ANSYS Workbench, так как будут использованы другие модули.

В этом проекте загрузим модуль Design Modeler, используя опцию **New geometry** из раздела **Create DesignModeler Geometry** в стартовой странице проекта.

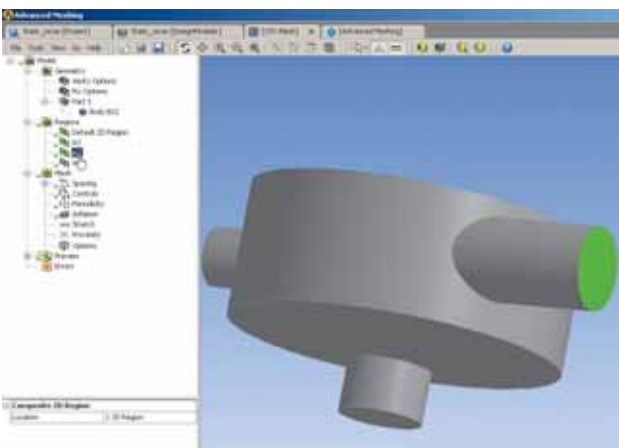
Далее в этом модуле загрузим геометрическую модель из Autodesk Inventor.



Геометрическая модель в Design Modeler с переданным параметром из Autodesk Inventor



Передача геометрической модели из Design Modeler в CFX-Mesh

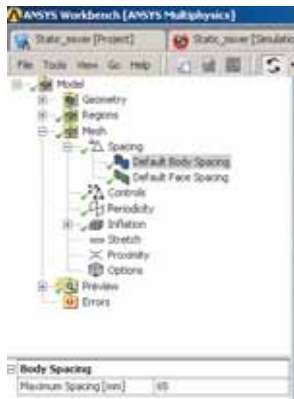


Задание областей входа-выхода потока

Обратите внимание, что параметр, описывающий диаметр, передан и доступен для редактирования, при этом геометрическая модель обрабатывает изменения числового значения параметра.

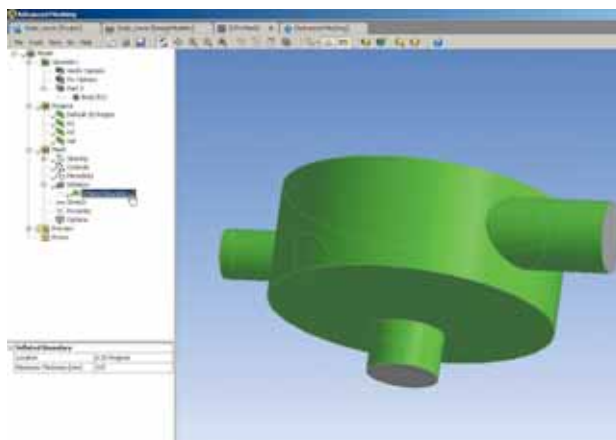
Далее мы рассмотрим возможности интеграции продуктов

на примере гидродинамического расчета течения в смесителе с помощью модулей CFX-Mesh и Advanced Meshing (ANSYS ICEM CFD 5.1), предназначенных для генерации сетки, и модулей CFX из раздела Advanced CFD среды ANSYS Workbench.

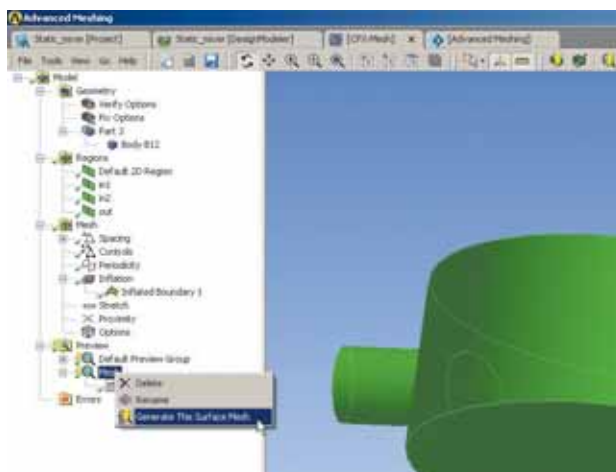


Задание базового размера объемного элемента сетки КЭ

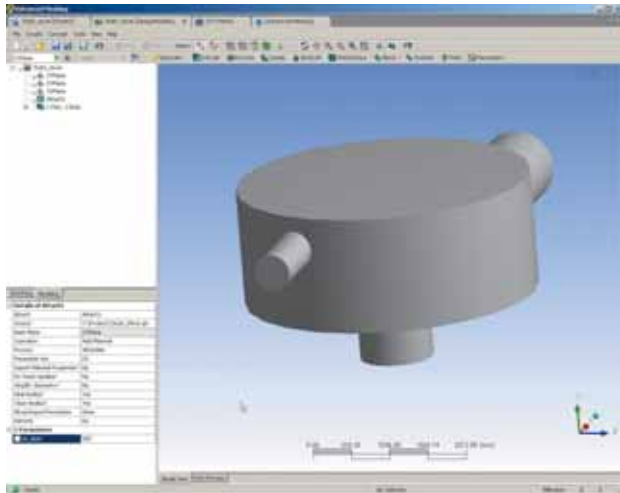
1. Из страницы проекта ANSYS Workbench передадим геометрическую модель из модуля Design Modeler в CFX-Mesh.
 2. В начале работы в модуле CFX-Pre назначим области входа-выхода потока.
 3. В разделе **Spacing** зададим базовый размер объемного элемента сетки КЭ.
 4. Зададим параметры генерации элементов в пристенной области.
 5. В разделе **Preview** создадим выборку, а затем сгенерируем поверхностную сетку.
- Отличительной особенностью модуля CFX-Mesh является то,



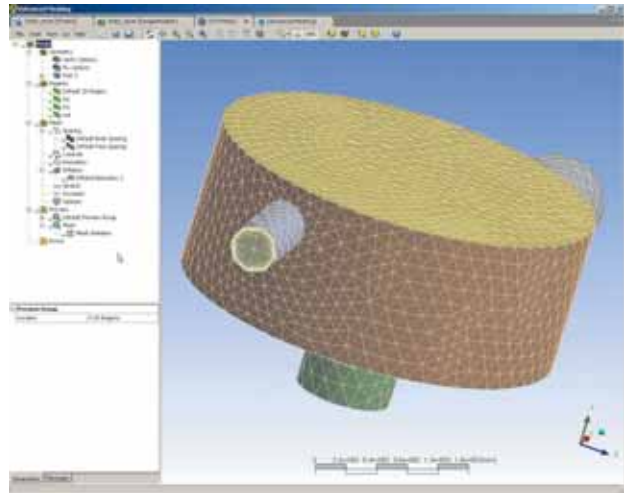
Задание параметров для сетки КЭ в пристенной области



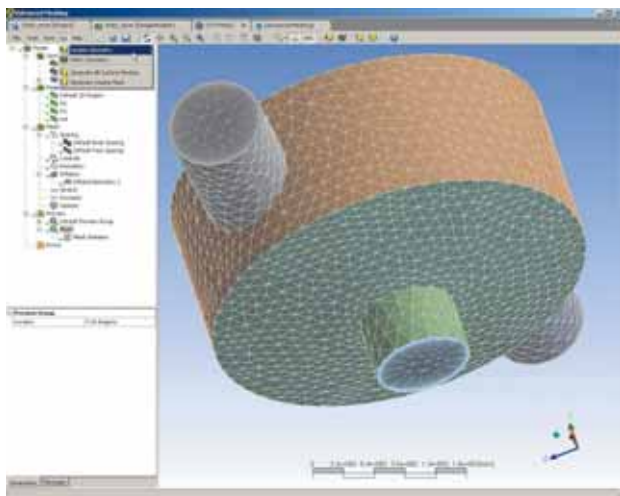
Генерация поверхностной сетки



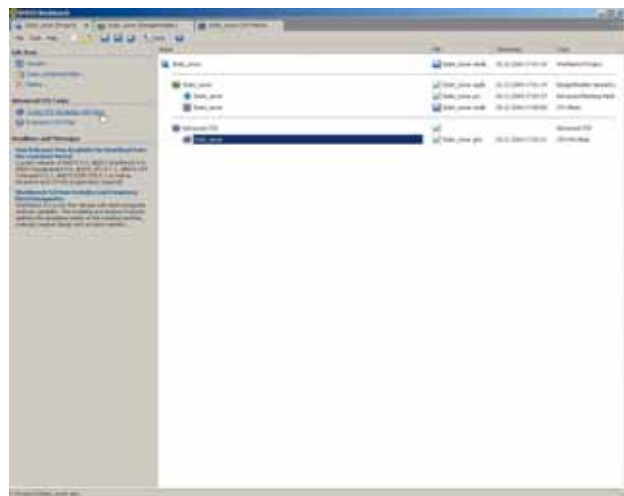
Изменение числового значения параметра диаметра в Design Modeler



Новая расчетная сетка в CFX-Mesh



Обновление расчетной модели в CFX-Mesh



Окно проекта для проведения CFD-расчета

что просмотреть можно лишь поверхностную КЭ-сетку. Поэтому сначала на ней делают желательную разбивку, удовлетворяющую всем необходимым требованиям, и лишь затем генерируют объемную сетку.

- Теперь рассмотрим основной вопрос использования среды ANSYS Workbench изменение параметров геометрии. В модуле Design Modeler изменим числовое значение параметра диаметра с 1000 на 500 мм и обновим модель (**Generate**).

В модуле CFX-Mesh доступно обновление геометрии в соответствии с изменениями геометрической модели в модуле Design Modeler. В результате после регенерации сетки

получаем обновленную расчетную модель.

- Затем генерируется объемная сетка. При этом на странице проекта ANSYS Workbench автоматически создается раздел **Advanced CFD**, в котором появляется ссылка на файл *.gtm с объемной сеткой для дальнейшего расчета в модулях CFX. Пользователю доступны две опции: **Examine in CFX-Post** — просмотр сетки и ее анализ, **Create CFD Simulation with Mesh** — передача сетки в модуль CFX-Pre и проведение гидродинамического расчета.

Генерация расчетной сетки с использованием ANSYS ICEM CFD Hexa

Для более подробного описания процессов в расчетной модели

зачастую требуется создание более подробной сетки КЭ. В большинстве случаев тетраэдрическая расчетная сетка не является оптимальной по соотношению качества полученного результата и вычислительных затрат. КЭ-сетку можно создавать в модуле ICEM CFD, в который можно перейти непосредственно в интерфейсе ANSYS Workbench.

ICEM CFD имеет более широкие функциональные возможности, позволяющие создавать тетраэдрические, гексаэдрические и гибридные КЭ-сетки. Данный продукт обладает множеством функций, облегчающих диагностику качества созданной КЭ-сетки, поиска некачественных элементов и их оптимизации.

Автоматическое создание гексаэдрической сетки со структури-

рованной топологией до сих пор является неразрешенной задачей для произвольной геометрии. Однако модуль ICEM CFD Hexa предоставляет широкие возможности для генерации гексаэдрической сетки путем создания блочной структуры. На данном примере мы рассмотрим не только работу с ICEM CFD в среде ANSYS Workbench, но и сам процесс создания гексаэдрической КЭ-сетки.

В меню задач Design Modeler Tasks выбираем опцию Proceed to Advanced Meshing, в результате чего появляется новая страница в проекте Advanced Meshing с загруженной геометрией нашей задачи.

Слева в окне видна древовидная структура составляющих проекта, сгруппированных по основным группам: «Геометрия», «Сет-



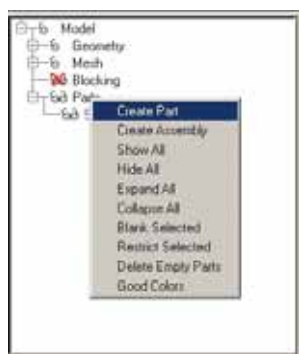
Настройки интерфейса

ка», «Блочная структура», «Компоненты». Над окном с моделью расположены закладки основных подразделов: «Геометрия», «Генерация сетки», «Блочная структура», «Редактирование сетки», «Экспорт», «Постпроцессор». В меню **Settings** можно выбрать один из типов интерфейса, наиболее подходящий для решения конкретной проблемы.

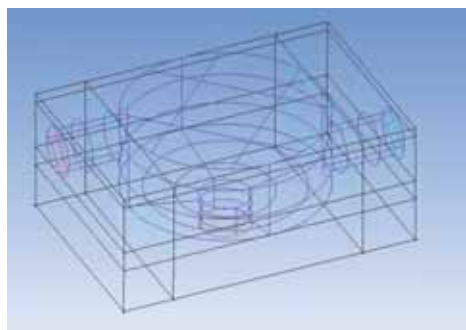
Поскольку мы создаем расчетную сетку для CFD-задачи, воспользуемся ANSYS ICEM CFD — Full CFD version. Версия CFX отличается наличием интерфейсов экспорта сетки только в продукты CFX. All*Environment предназначен в основном для препроцессинга в задачах прочностного анализа.

Перед созданием расчетной сетки необходимо выделить поверхности, которые впоследствии станут граничными условиями, и присвоить им характерные имена. В данной задаче будет два входных канала и один выходной. Выбирая опцию **Create New Part** (Создать новый компонент Part), создаем три новых компонента, выделяя поверхности на соответствующих областях модели: IN1, IN2 и OUT соответственно.

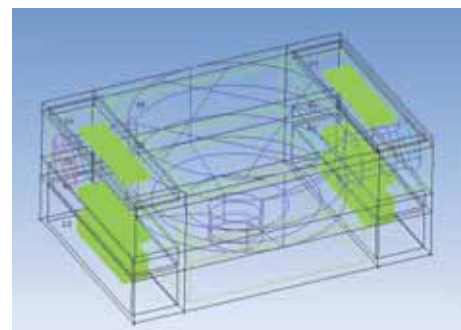
Перед этим необходимо удостовериться, включена ли види-



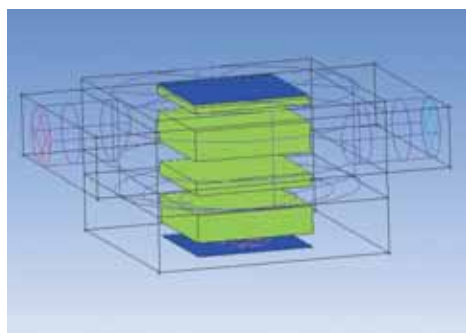
Создание компонента



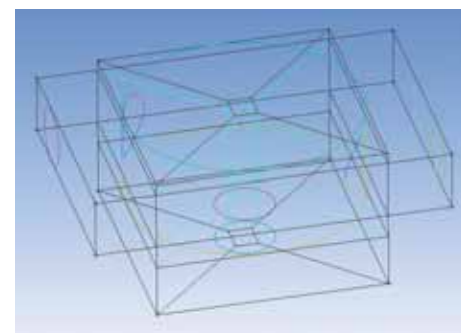
Разделение исходного блока



Удаление блоков



Создание O-сетки



Блочная структура с O-сеткой

мость поверхностей в геометрической модели.

Для операций построения гексаэдрической сетки переходим в меню и выбираем Создать блок — **Create Block**. Выбираем тип блока — 3D, а затем — все геометрические объекты в модели.

Общая технология получения гексаэдрической сетки выглядит следующим образом. Исходный блок необходимо поделить на несколько частей, затем удалить ненужные, таким образом получив блочную структуру, описывающую геометрию. Далее необходимо создать связь между элементами геометрии и элементами блочной структуры. Рассмотрим эти шаги подробнее.

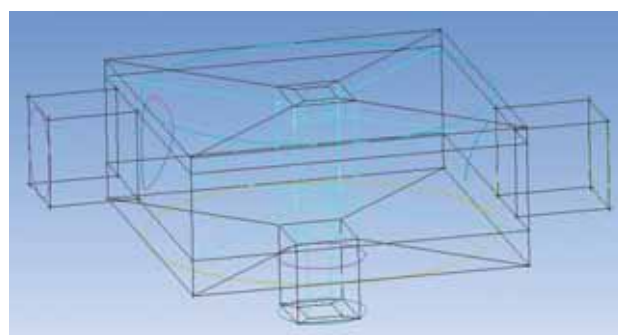
1. Сначала разделяем блок на основные составляющие.
2. Затем удаляем ненужные блоки.
3. В центральных блоках создаем O-сетку, выделяя нужные блоки и две торцевые поверхности.
4. Получена блочная структура.
5. Далее проводим разделение на блоки в O-сетке, разделяя блоки на входных патрубках и удаляя ненужные.
6. Создаем связь между гранями блоков и линиями геометрии **Edit Associations Edge — Curve**. После проведения данной операции и перемещения узлов

блоков на соответствующие кривые геометрической модели получаем измененную блочную структуру.

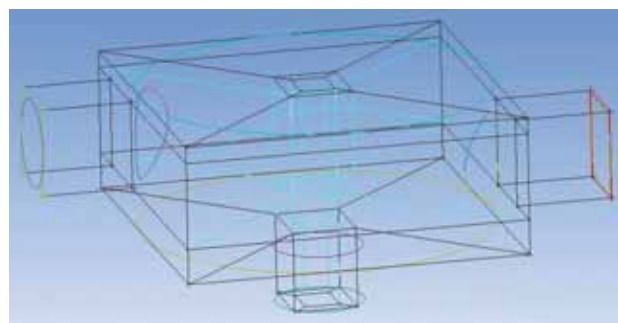
7. Для упрощения дальнейших преобразований и последующей визуализации расчетной сетки назовем размеры по

граням блоков **Pre Mesh Params**. В параметрах отображения граней блока можно включить опцию **Bunching** для просмотра размеров элементов, заданных на гранях.

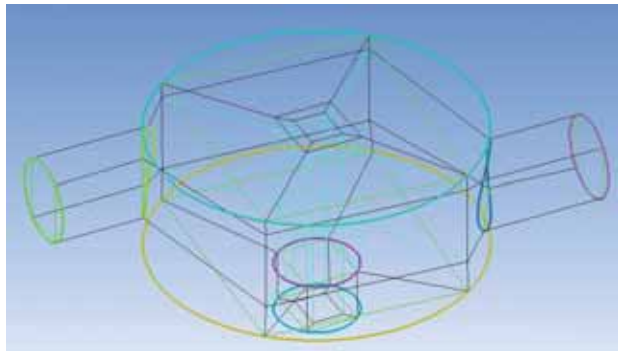
8. Настроив опции **Pre-mesh**, включив **Solid** и **Project faces**,



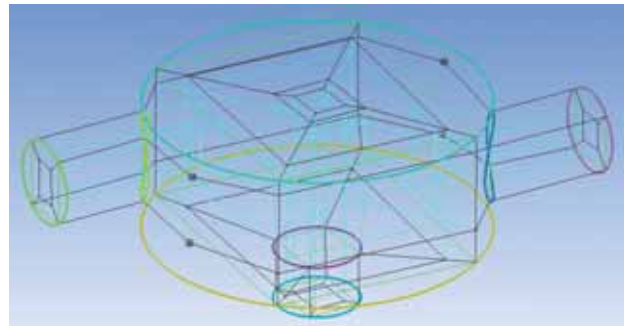
Измененная блочная структура



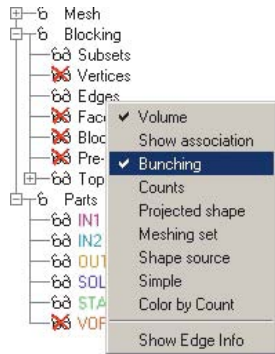
Создание ассоциативной связи



Измененная блочная структура

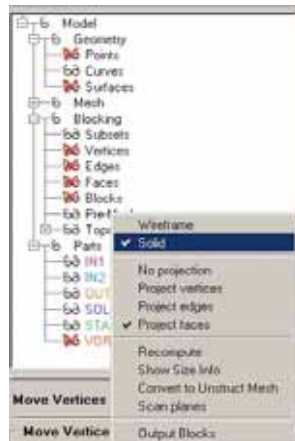


Расчетная сетка



Настройки отображения

визуализируем расчетную сетку.

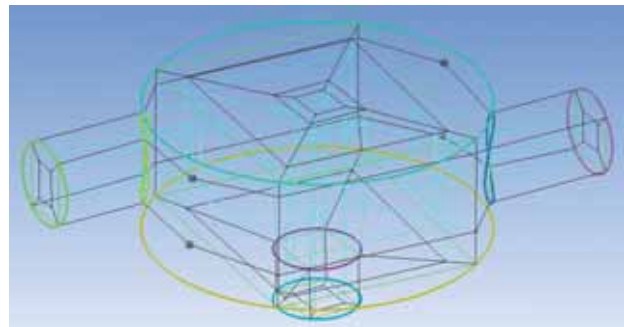


Задание размеров элементов

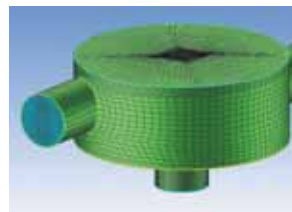
9. Отчетливо видна структура расчетной сетки типа O-H в центре модели. Данный тип топологии гексаэдрической расчетной сетки позволяет избежать ухудшения качества ячеек в углах блока. Для формирования окончательного варианта на входных патрубках создадим O-сетку путем разделения центрального блока по направлению существующей O-сетки и выделения блоков на входе, а также двух торцевых поверхностей в каждом.
10. Задав размеры на вновь полученных гранях и включив ви-

димность **Pre-Mesh**, получаем расчетную сетку с O-сеткой в патрубках.

11. После этого, уточнив все необходимые размеры элементов, производим окончательную генерацию сетки. Затем выбираем в **Pre-Mesh** опцию **Convert to Unstruct Mesh**, которой конвертируем сетку в неструктурированный вид для последующего препроцессинга и экспорта.
12. Сохраняем проект, выбираем закладку **Output**, указываем



Добавление O-сетки на входных патрубках



O-сетка на входных патрубках

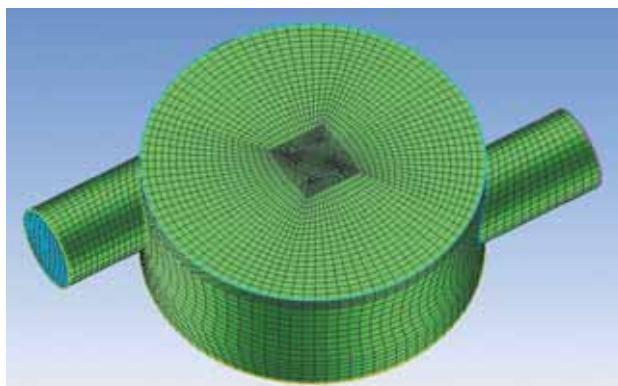


Полученная K9-сетка

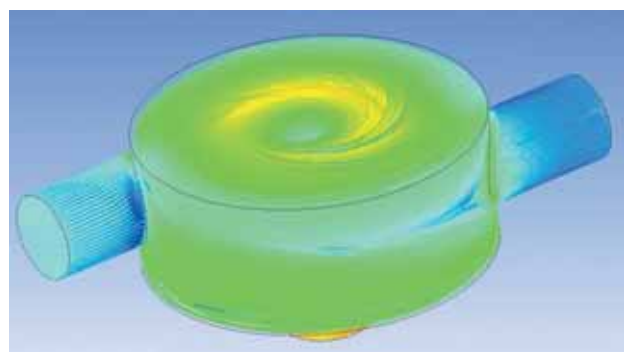
Полученная сетка импортируется в модуль CFX-Pre и проводится расчет течения.

Таким образом, с помощью среды ANSYS Workbench стала возможна параметрическая связь CAD-геометрии и KЭ-сетки, что позволяет существенно уменьшить сроки проведения вариантных расчетов конструкции. Управление в пределах одного проекта различными типами анализа позволяет легко обмениваться результатами расчетов между ними, открывая новые возможности в решении многодисциплинарных задач. ►

С полным вариантом статьи можно ознакомиться на сайте www.emt.ru в разделе «Пресс-центр» (публикации).



Настройки визуализации Pre-Mesh



Результат расчета