

Данилов Ю., Артамонов И.

Практическое использование NX



Москва, 2011

УДК 621.001.2:004.92NX
ББК 32.973.26-018.2
Д17

Данилов Ю., Артамонов И.

Д17 Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.: ил.
ISBN 978-5-94074-717-8

Книга представляет второе, специализированное издание, посвящённое системе автоматизированного проектирования NX. В новом издании затронуты вопросы моделирования сложных поверхностей, моделирование в контексте с использованием модуля WAVE, создание деталей из листовых материалов и др. Отдельная глава книги посвящена прочностному анализу и практике использования модуля Расширенной симуляции в NX.

Книга адресована тем, кто имеет опыт проектирования и моделирования в системах автоматизированного проектирования (САПР), а также тем, кто только начинает их освоение.

УДК 621.001.2:004.92NX
ББК 32.973.26-018.2

Все права защищены. Siemens и логотип Siemens являются зарегистрированными торговыми марками Siemens AG. Teamcenter, NX, Solid Edge, Tecnomatix, Parasolid, Femap, I-deas, JT, Velocity Series, Geolus и знаки инноваций являются торговыми марками или зарегистрированной торговой маркой компании Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. либо ее дочерних компаний в США и других странах. Права на все прочие торговые марки, зарегистрированные торговые марки и марки услуг принадлежат их владельцам.

Издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-94074-717-8

- © ООО “Сименс Продакт Лайфсайкл Менеджмент Софтвр (РУ)”, 2011
- © Оформление, “Сименс Продакт Лайфсайкл Менеджмент Софтвр (РУ)”, 2011
- © Издание, ДМК Пресс, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Интерфейс.....	7
Запуск NX и главное окно.....	8
Приложения	10
Роли.....	11
Панели инструментов и главное меню	11
Панель ресурсов	13
Диалоговые окна	14
Выбор объектов	16
Управление	17
Организация модели	18
Глава 2. Моделирование твердых тел.....	20
Основные понятия	21
Эскизы	21
Создание тел	26
Навигатор модели	30
Выражения	31
Повторное использование	35
Сравнение моделей	37
Семейства деталей.....	38
Глава 3. Моделирование поверхностей.....	41
Работа с поверхностями	42
Базовые настройки	43
Построение поверхности по кривым.....	46
Поверхности заметания.....	55
Получение твёрдых тел	59
Практическое использование	60
Глава 4. Моделирование в контексте.....	74
Моделирование в контексте	75
Создание межмодельных связей.....	75
Просмотр и обновление связей.....	83
Создание интерфейсов.....	93

Моделирование обработки в сборке	97
Проектирование сверху вниз.....	99
Глава 5. Работа с листовым металлом	108
Работа с листовым металлом	109
Настройки	109
Создание простейшей детали	112
Основные элементы	115
Построение фланцев и сгибов	116
Развертки моделей	120
Редактирование элементов листовых деталей	130
Анализ формуемости и сложные развертки.....	134
Глава 6. Синхронная технология	142
Синхронная технология	143
Перемещение и повороты граней	144
Удаление и создание граней.....	150
Команды задания отношений.....	153
Управляющие размеры	155
Редактирование сечений	157
Глава 7. Работа со сборками.....	159
Общие концепции	160
Загрузка и отображение сборок.....	160
Создание сборок.....	168
Расположения сборок	171
Анализ зазоров	173
Упрощение сборок.....	176
Глава 8. Введение в NX Advanced Simulation	178
Конечно-элементное моделирование	180
Возможности NX Расширенная симуляция	181
Структура и этапы создания расчетной модели	185
Преимущества структурированной расчетной модели.....	188
Обзор основных меню и команд	189
Идеализация геометрии	190
Создание расчетной сетки	191
Подготовка к решению	195
Просмотр результатов	198
Пример. Статический расчет модели пропеллера, анализ свободных колебаний.....	201

Глава 9. Чертежи и работа с PMI	222
Чертежи.....	223
Чертежные виды.....	224
Свойства видов.....	232
Размеры и аннотации.....	239
Аннотирование 3D моделей.....	243
Размеры и аннотации в 3D.....	244
Аннотирование сечений моделей.....	254
Наследование на чертежах.....	257
Поиск по ТУ.....	260
Глава 10. Работа с шаблонами	262
Работа с шаблонами.....	263
Приложение PTS.....	264
Создание простого шаблона.....	266
Управление параметрами.....	271
Работа с эскизами.....	275
Контроль шаблона.....	276
Шаблон чертежа и расчётной модели.....	280
Управление элементами модели.....	288
Управление состоянием интерфейса.....	290
Визуальные правила.....	295
Глава 11. Визуализация	304
Визуальные отчеты.....	305
Проверка моделей.....	315
Изображения и анимация.....	320

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вы держите в руках второе, специализированное, издание посвящённое системе автоматизированного проектирования NX. В сентябре 2009 года впервые в России вышла книга «NX для конструктора-машиностроителя», получившая широкое признание инженеров, конструкторов, учащихся, использующих программный пакет NX. Более 2000 тысяч экземпляров первого издания нашли своих читателей в России. Основанное на версии NX6 первое издание для многих инженеров стало первым шагом в освоении программного пакета NX. Сегодня текущая версия пакета – NX7.5.

В программном пакете NX 7.5 появилось много новых возможностей и улучшений, которые значительно повышают производительность разработки изделий. К улучшениям интегрированных САД-приложений в NX относятся инструменты быстрого проектирования, например упрощенное создание эскизов, трансформирование с помощью синхронной технологии моделей свободной формы и новые инструменты в оформлении документации, значительно повышающие качество 2D проектирования.

- Новые инструменты быстрого проектирования ускоряют создание и размещение 2D профилей, автоматически накладывая ограничения и выявляя замысел создателя модели. В результате время на создание модели сокращается до 50%.
- Интеграция революционной синхронной технологии с моделированием тел свободной формы в NX преобразует процесс работы с моделями со сложной геометрией, включая импортированные из других систем САПР. Пользователи могут создать простую призматическую или аналитически заданную форму, а с помощью соответствующих инструментов – сложные органические модели.
- Нововведения в синхронной технологии включают улучшения в работе с массивами, сборками, тонкостенными оболочками, скруглениями, фасками, а также упрощенные методы повторного использования геометрии, специализированные решения по созданию шаблонов изделий PTS (Product Template Studio).

В новом издании затронуты следующие вопросы: это и моделирование сложных поверхностей, моделирование в контексте с использованием модуля WAVE, создание деталей из листовых материалов. Отдельная глава книги посвящена прочностному анализу и практике использования модуля «Расширенной симуляции» NX.

Данная книга описывает применение синхронной технологии для решения проектных задач. Эта поистине революционная технология изменила представление о системах 3D-моделирования.

Книга «Практическое использование NX» подготовлена ведущими специалистами направления российского офиса Siemens PLM Software. Она адресована тем, кто имеет опыт проектирования и моделирования в системах автоматизированного проектирования (САПР), а также тем, кто только начинает их освоение.

Книга сопровождается большим количеством примеров. Все модели, рассмотренные в книге, вы сможете найти на корпоративном сайте компании Siemens PLM Software по следующей ссылке: www.siemens.com/plm/ru/nx.

Прежде чем начинать практическое изучение системы, скопируйте учебные файлы на жесткий диск вашего компьютера. Успешной работы!

Глава 1

Интерфейс

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Запуск NX и главное окно
- Приложения
- Роли
- Панели инструментов и главное меню
- Панель ресурсов
- Диалоговые окна
- Выбор объектов
- Управление
- Организация модели

Программный пакет NX представляет собой одну из самых популярных систем автоматизации задач разработки и производства изделий, используемой практически во всех отраслях промышленности. Первая версия пакета NX, известного ещё как NX Unigraphics, была выпущена в 2002 году, когда компания EDS PLM Solutions собрала на одной платформе решения пакетов Unigraphics и I-Deas. Как любая система САПР верхнего уровня, NX сочетает в себе функционал для решения задач конструирования и проектирования (CAD), инженерного анализа (CAE) и подготовки производства (CAM). Этот функционал сгруппирован в приложениях, объединённых на базе единого геометрического ядра Parasolid. Текущая версия NX 7.5 выпущена для платформ Windows, Linux и MacOS. Так как разные операционные системы имеют свою реализацию отображения элементов интерфейса прикладных программ, то и в интерфейсе NX также имеются некоторые отличия в зависимости от платформы. Но общая логика работы системы и взаимодействия с пользователем не зависят от платформы, поэтому описание версии NX для платформы Windows, используемой в этой книге, применимо и для других операционных систем. В этой главе предоставляется краткий обзор основных элементов интерфейса NX, на которых базируется вся работа пользователя в системе.

ЗАПУСК NX И ГЛАВНОЕ ОКНО

После инсталляции NX в списке программ **Start > All Programs (Старт > Все программы)** появится программная группа UGS NX 7.5 с набором ярлыков для запуска. Не будем останавливаться сейчас на описании всех ярлыков, а щелчком мыши на ярлыке NX 7.5 запустим приложение. Также во время инсталляции системы производится ассоциация файлов данных NX с расширением «prt» (и ряда других). Поэтому при двойном щелчке на файлах этого типа также будут произведены запуск NX и загрузка соответствующего файла. После инициализации приложения и проверки доступности лицензии будет открыто главное окно системы. В случае с запуском по двойному щелчку на файле модели она будет загружена и отображена в графической области. Если же запуск был произведён с помощью ярлыка, то вы можете создать новый файл модели или открыть существующий.

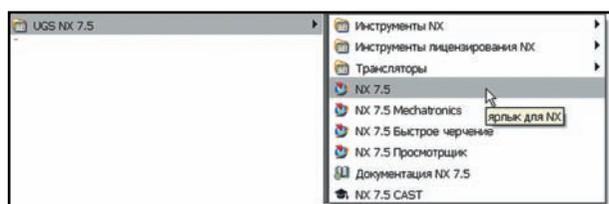


Рисунок 1.1 Запуск NX

Рассмотрим основные элементы главного окна приложения:

- 1 – заголовок окна, в котором помимо названия системы отображаются текущее приложение, имя рабочей детали и её состояние в случае изменения;
- 2 – строка главного меню, состав которой зависит от текущего активного приложения и роли;
- 3 – панели инструментов, набор и состав которых также зависит от приложения и роли;
- 4 – панель выбора, которая содержит набор команд и опций, управляющих механизмом интерактивного выбора пользователя в процессе работы над моделью;

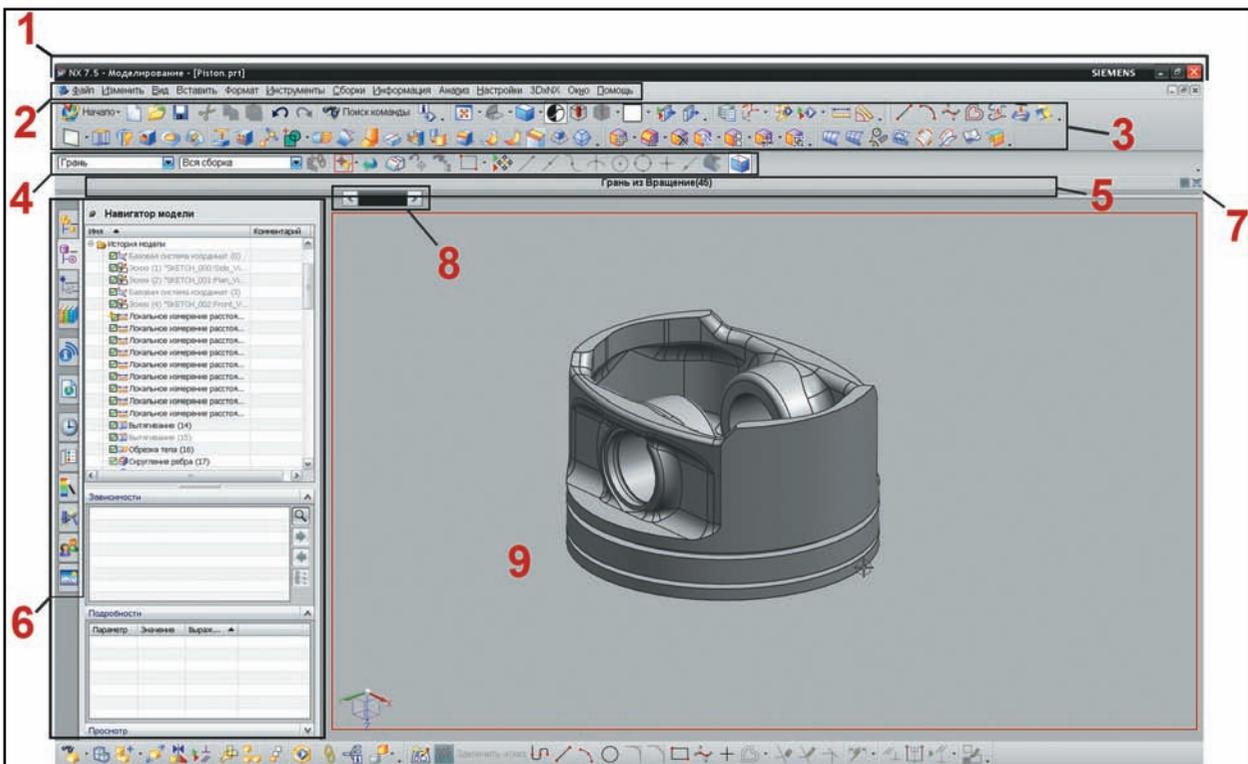


Рисунок 1.2 Главное окно приложения

5 – строка статуса и подсказки, в которой отображаются контекстные подсказки для пользователя и текущий статус выполнения операции;

6 – панель ресурсов, содержащая набор различных вкладок, каждая из которых отвечает за определённую функцию, например (рис. 1.2) вкладка **Навигатор модели**, отображающая дерево построения модели;

7 – кнопка переключения между стандартным и полноэкранным режимами;

8 – «рельс» крепления диалоговых окон. Этот элемент интерфейса предназначен для позиционирования диалоговых окон команд, вызываемых пользователем;

9 – графическая область, в которой отображается моделируемая геометрия.

В данном случае NX работает в «классическом» режиме, характерном для всех Windows приложений. Существует ещё один режим – полноэкранный (рис. 1.3), переключаемый кнопкой (7). Основное назначение данного режима – максимально расширить графическую область и минимизировать количество отображаемых панелей инструментов и меню. Помимо кнопки (7), переключиться в полноэкранный режим можно, нажав **Alt+Enter** или выбрав в строке главного меню команду **View > Full Screen (Вид > Полный экран)**.

По сравнению со стандартным режимом, здесь нет множества панелей инструментов, строки главного меню и панели ресурсов – все они собраны в единый менеджер инструментов, который может отображаться как в расширенном, так и в сокращённом виде. Все остальные элементы интерфейса стандартного режима присутствуют. Полноэкранный режим подойдёт опытным пользователям, которые научились максимально использовать контекст-

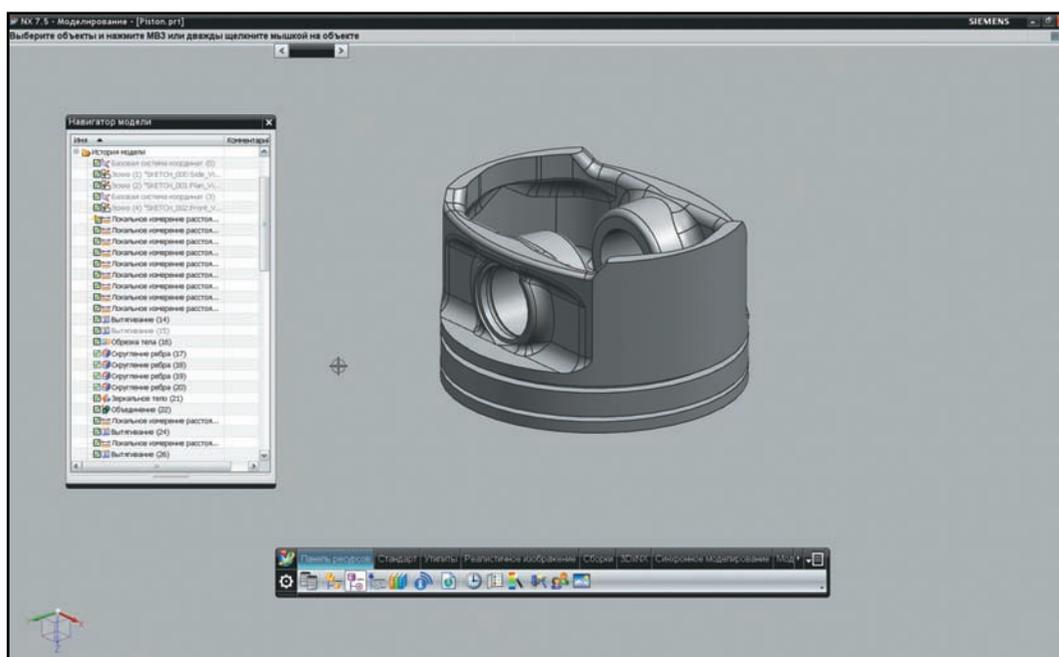


Рисунок 1.3 Полноэкранный режим

ные меню команд, а также соответствующие клавиатурные сокращения. Все, что им нужно в этом случае, – максимально большое пространство, отображающие геометрию модели. Для менее опытных пользователей или для тех, кто любит пользоваться панелями инструментов, больше подойдёт стандартный режим.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Как уже говорилось, набор панелей инструментов, их содержимое и состав главного меню зависят от текущего активного приложения и роли. Приложением называется набор инструментов, решающих задачи определённой области. Переключение между приложениями производится с помощью кнопки **Start (Начало)**, либо используя соответствующую комбинацию клавиш. При наличии необходимой лицензии система запустит выбранное приложение и отобразит набор инструментария, входящий в него.

Некоторые приложения работают в сочетании с другими, некоторые работают поодиночке. Одним из ключевых приложений является **Gateway(Базовый модуль)**, оно само по себе не решает никаких задач проектирования, расчётов или производства, но работает как основа

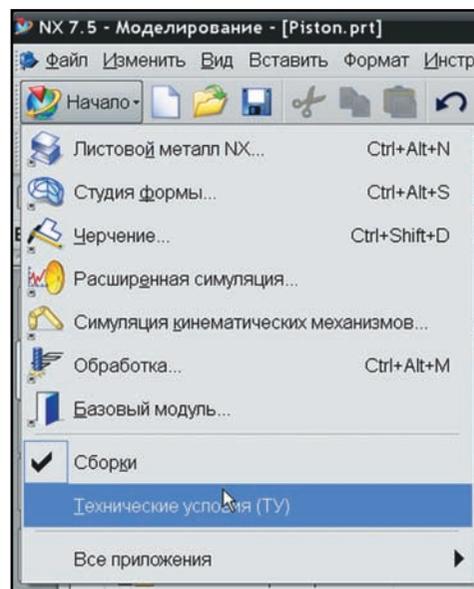


Рисунок 1.4 Приложения NX

для других приложений и отвечает за операции взаимодействия с файловой системой, отображение геометрии и многое другое.

РОЛИ

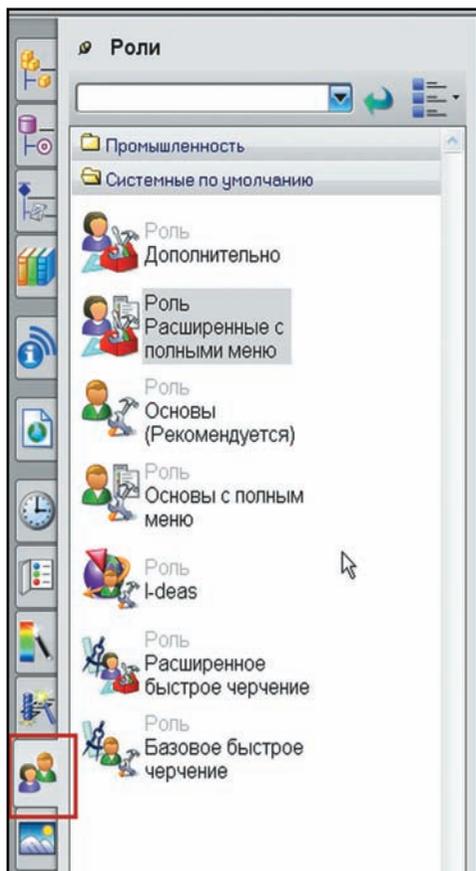


Рисунок 1.5 Роли

Набор инструментов в рамках каждого приложения NX выражается в виде кнопочных инструментальных панелей и дополнительных элементов главного меню. Редко когда для решения какой-либо задачи в ход идут все возможные команды приложений, поэтому пользователи предпочитают отображать только часто используемые команды и убирать те, которые не нужны. Так, каждый пользователь системы NX по мере освоения настраивает интерфейс системы под себя. Для облегчения этого процесса в NX предусмотрен механизм ролей. Роль – это сохранённое состояние интерфейса, в котором запоминаются набор отображаемых панелей и элементов меню, их состав и положение на экране.

Для управления ролями в панели ресурсов существует вкладка **Роли**. В состав дистрибутива NX входит набор предустановленных ролей, которые можно использовать в их изначальном виде, или настроить на их основе свои роли. Для новых пользователей, которые только осваивают систему, больше подойдёт роль **Основы (Рекомендуется)** – будет отображён минимальный набор инструментальных панелей, каждая кнопка будет иметь название под пиктограммой. Для более опытных пользователей более удобной может быть роль **Расширенная с полным меню** – количество отображаемых инструментов будет

максимально, а кнопки будут иметь компактный вид без текста.

ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ И ГЛАВНОЕ МЕНЮ

Инструментальные панели инструментов группируют команды по их функциональному назначению. Ряд панелей представлены только в определенных приложениях, как, например, панели простановки размеров в модуле **Черчение (Drafting)**, другие панели присутствуют во всех приложениях, как, например, панель **Вид (View)** или **Стандарт (Standard)**. Пользователь имеет возможность управлять как видимостью отдельных панелей на экране, так и их наполнением. Видимость панелей регулируется контекстным меню, появляющимся при нажатии правой кнопки мыши на любой отображаемой панели или кнопке.

Практически все панели могут быть перемещены, прикреплены к другим краям графической зоны или полностью откреплены. Для этого достаточно взять нужную панель за её левый край, обозначенный вертикальным рядом точек, и перетащить её. Перетаскивание в окрестностях её исходного положения будет перемещать панель относительно соседних панелей, перетаскивание в графическую зону отсоединит панель полностью, а перетаскивание к какому-либо краю графической зоны прикрепит её к этому краю. Каждая кнопка инструментальной панели снабжена всплывающей подсказкой, которая появляется при наведении курсора мыши на кнопку.

Помимо инструментальных панелей, при работе используются общее главное меню приложения и большой набор контекстных меню, привязанных к конкретной команде или объекту. Главное меню приложения дублирует все команды инструментальных панелей, большая часть которых содержится в пунктах меню **Вставить (Insert)**, **Изменить (Edit)** и **Инструменты(Tools)**, а также ряд дополнительных команд и опций.

Контекстные меню существуют практически для всех объектов в NX и вызываются по нажатию правой кнопки мыши на этом объекте. При этом наполнение этих меню зависит от того, какой объект был использован для вызова. Так, например, щелчок правой кнопкой мыши на пустом пространстве графической зоны вызывает компактную панель выбора и меню, содержащее команды навигации и визуализации. А если вызвать контекстное меню, например, для ребра геометрического объекта, то оно будет содержать команды, которые могут быть применены к этому ребру, такие как фаска и скругление (рис. 1.6). Это даёт возможность существенно ускорить работу при моделировании, так как большинство нужных команд находится всегда под рукой и нет необходимости их искать на инструментальных панелях.

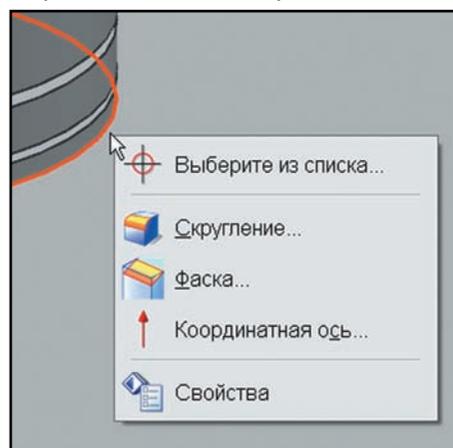


Рисунок 1.6 Контекстное меню

Ещё один механизм, полезный при работе над моделью, – набор настраиваемых радиальных инструментальных панелей. Их можно отобразить, нажав одновременно **Ctrl+Shift** и одну из кнопок мыши. К каждой кнопке привязана своя панель (рис. 1.7). Меню отображается непосредственно возле курсора мыши, поэтому имеет смысл поместить в эти радиальные панели наиболее часто используемые команды.

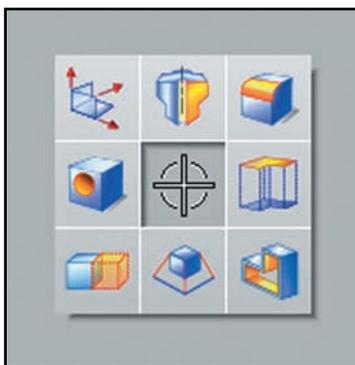


Рисунок 1.7 Радиальное меню

Особенностью радиальных меню является то, что они зависят от текущего активного приложения, то есть их наполнение будет меняться в зависимости от того, в каком приложении работает пользователь.

ПАНЕЛЬ РЕСУРСОВ

Панель ресурсов представляет собой набор вкладок, содержащих навигаторы и палеты. Панель ресурсов в обычном режиме располагается по умолчанию по левой стороне окна приложения, а в полноэкранном режиме она является одной из вкладок менеджера инструментов. Наиболее часто используемые вкладки панели ресурсов:

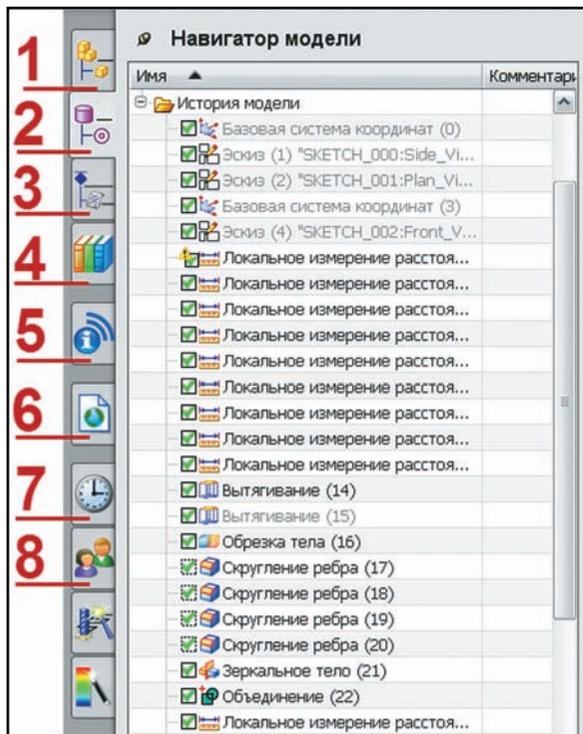


Рисунок 1.8 Панель ресурсов

5 – встроенный интернет – браузер. Как правило, используется для доступа к корпоративному сайту или документации NX;

6 – палета истории. Содержит ссылки, сгруппированные по дате на модели, которые загружались в NX ранее;

7 – палета ролей. Содержит преднастроенные и пользовательские конфигурации (роли), управляющие компоновкой интерфейса.

Кроме базового набора навигаторов, отображенных по умолчанию в панели ресурсов, в зависимости от текущего активного приложения могут добавлять дополнительные вкладки с навигаторами. В частности, это касается приложений **Механическая** и **Электрическая маршрутизация**.

Помимо стандартных системных палет, есть возможность создавать свои, которые будут группировать какие-либо данные и обеспечивать быстрый доступ к этим данным. В большинстве случаев все объекты на палетах могут быть использованы простым перетаскиванием в графическую область.

1 – навигатор сборки. Отображает структуру сборки и предоставляет инструменты в контекстных меню для работы с компонентами сборок. Также в этом навигаторе производится работа с межмодельными связями WAVE;

2 – навигатор модели. Предоставляет доступ к истории построения модели и инструменты для работы с элементами построения;

3 – навигатор **Базы знаний (Knowledge Fusion)**;

3 – библиотека данных повторного использования – интерфейс к библиотекам различных данных, которые могут быть классифицированы и использованы в последующих разработках. Это могут быть стандартные изделия, типовые конструктивные элементы, 2D блоки чертежей, шаблоны и многое другое;

4 – инструменты HD3D. Содержит функционал формирования визуальных отчетов и средств;

ДИАЛОГОВЫЕ ОКНА

Практически каждая команда во всех приложениях NX имеет диалоговое окно, через которое производится взаимодействие с пользователем. Диалоговое окно компонуется из функциональных блоков, которые отвечают за определенный этап задания исходных данных для

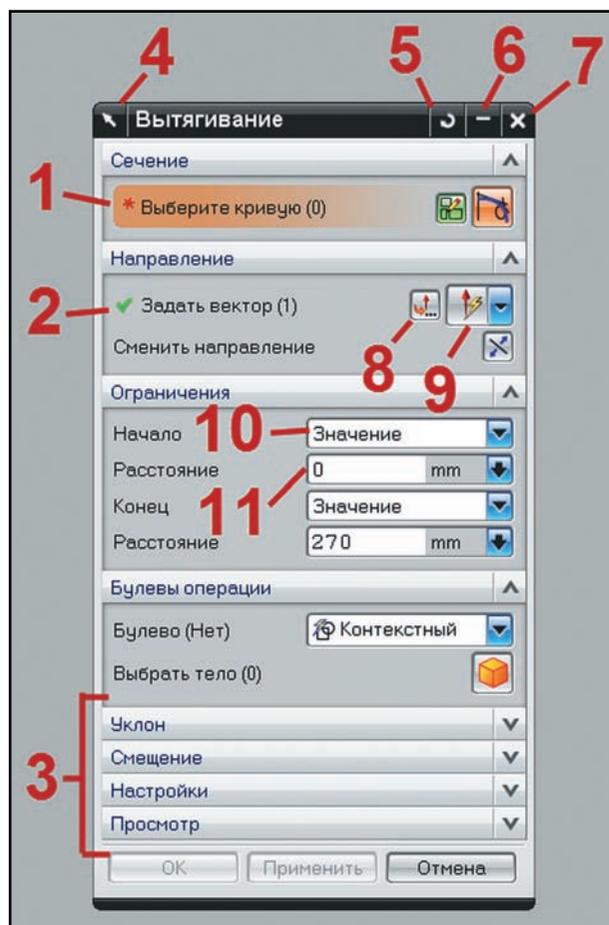


Рисунок 1.9 Диалоговые окна

операции, выполняемой данным диалоговым окном, и кнопок **ОК**, **Применить (Apply)** и **Отмена (Cancel)** (рис. 1.9).

По умолчанию позиционирование диалоговых окон определяется «рельсом» крепления, к которому привязывается диалог. Основное назначение «рельса» – задать определенное место, в котором будут отображаться диалоги, хотя при желании пользователь может их откреплять и размещать их там, где удобно. С помощью кнопки 4 диалог можно открепить от рельса и поместить на любое произвольное место экрана или закрепить свободный диалог на рельсе крепления.

Для упрощения интерфейса и его унификации функциональные блоки диалогов повторяются в различных командах. Например, если в диалоге команды вытягивания есть блок, отвечающий за указание направления вытягивания, то в любых других командах направление задается точно таким же блоком.

Любая команда, как правило, имеет обязательные параметры, без которых она не может быть выполнена, и опциональные, которые модифицируют выполнение данной команды, но имеют некие значения, уже заданные по умолчанию. Функциональные блоки, отвечающие за задание обязательных параметров, помечены значком 1, а уже заданные параметры помечаются значком 2. Текущий блок, ожидающий ввода пользователя, помечается выделением оранжевого цвета.

Как правило, все обязательные блоки в диалогах появляются в развёрнутом состоянии, другие же могут быть как свёрнутым (3), так и в развёрнутом виде. Некоторые диалоговые окна содержат большое количество параметров, поэтому занимают достаточно большое пространство, даже когда часть блоков находится в свёрнутом состоянии. В этом случае можно воспользоваться кнопкой (6), которая спрячет все свёрнутые блоки.

NX запоминает состояние диалоговых окон – их положение на экране и состояние блоков, поэтому каждый раз диалог будет появляться в том же состоянии, в котором он был при по-

следнем его использовании, а именно при нажатии кнопок «ОК» или «Применить».

Команда не может быть выполнена, пока не будут заданы все обязательные параметры, и как следствие – кнопки выполнения **ОК** и **Применить** остаются деактивированными.

Кнопки **ОК** и **Применить** отличаются тем, что при нажатии кнопки **ОК** (или средней кнопки мыши) происходит выполнение команды и закрытие диалога, а при нажатии кнопки **Применить** (или средней кнопки мыши при нажатой клавише *Ctrl*) происходит выполнение команды и диалог возвращается в исходное состояние для задания параметров следующего выполнения этой команды. Кнопка **Отмена** (или нажатие средней кнопки мыши при нажатой клавише *Alt*) сбрасывает все заданные параметры и закрывает диалог. С помощью кнопки **5** можно сбросить все введенные и выбранные параметры в исходное состояние.

Отдельно стоит упомянуть блок предварительного просмотра результатов команды. Этот блок присутствует в диалогах большинства команд и расположен в самом низу окна. Он позволяет вам просмотреть результат выполнения команды до того, как эта команда будет выполнена и операция будет записана в историю построения модели. Опция **Просмотр (Preview)**, включённая по умолчанию, заставляет систему показывать предварительный результат каждый раз, когда пользователь меняет какие-либо параметры в диалоговом окне. Это достаточно удобно при варьировании параметрами в операциях, однако для больших и сложных моделей имеет смысл выключить эту опцию, так как в этом случае предпросмотр будет занимать длительное время. В этом случае при деактивации опции **Просмотр** можно в ручном режиме пользоваться кнопкой **Показать результат (Show preview)**, когда необходимые параметры будут заданы.

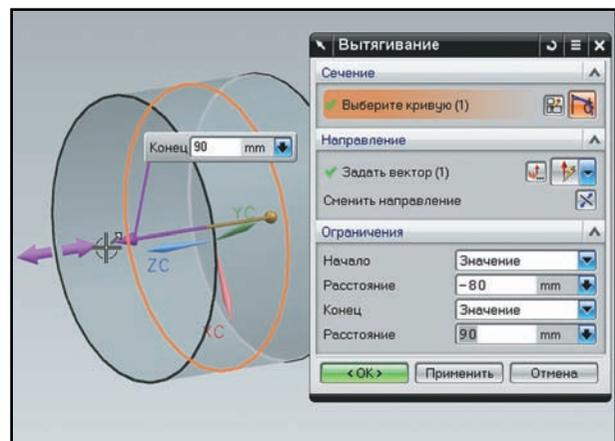


Рисунок 1.10 Ввод значений

Если функциональный блок предполагает ввод какой-либо геометрической информации или выбор объектов, то он будет иметь кнопку-меню выбора объектов (9) и кнопку создания объекта (8). Кнопка создания объекта позволяет определить необходимый объект сразу из диалога команды, то есть не прерывая её выполнения. Кнопка-меню выбора или предлагает различные варианты объектов – например, координатные оси для выбора направления, или включает режим выбора объектов нужного типа – например, выбор кривых для операции вытягивания. Параметры, предполагающие некое числовое выражение, как правило, могут вводиться непосредственно значением или ссылкой – это задается специальной опцией (10). В качестве ссылки могут быть измерение какого-либо объекта, расстояние до объекта и т.д. Если параметр вводится как числовое значение, то в большинстве диалогов пользователю предоставляется выбор – ввести саму цифру в текстовое поле (11), задать выражение или формулу. Числовые параметры, имеющие явное выражение, как, например, расстояние, на которое надо вытянуть плоский профиль, можно вводить непосредственно на геометрической

модели с помощью специальных маркеров (рис. 1.10).

ВЫБОР ОБЪЕКТОВ

Механизм выбора объектов является одним из ключевых для работы пользователя. Любое задание параметров команд сводится к назначению неких числовых параметров и выбору каких-либо объектов. Для управления логикой выбора и фильтрации выбираемых объектов NX предоставляет набор вспомогательных инструментов, реализованных в виде инструментальной панели и контекстных меню.

Инструментальная панель выбора всегда располагается в верхней части главного окна под всеми остальными включёнными панелями и непосредственно над графической областью

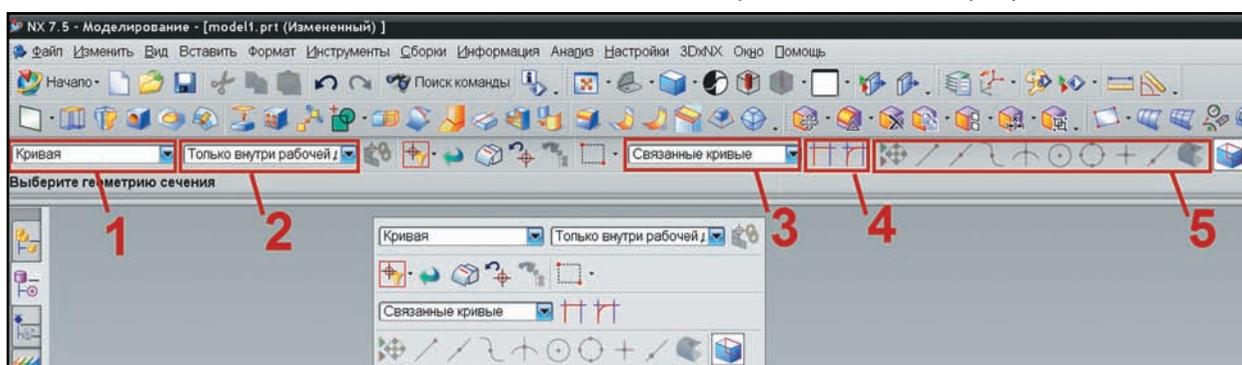


Рисунок 1.11 Панель выбора

(рис. 1.11). При этом пользователь может получить доступ к компактному виду панели выбора, нажав правую кнопку мыши непосредственно на графической области.

Панель выбора содержит блок фильтров выбора, блок управления множественного выбора и блок привязок.

Фильтры выбора позволяют ограничить выбор по определённому признаку. Первый фильтр в виде выпадающего списка (1) определяет, какой тип геометрии может быть выбран. По умолчанию фильтр не установлен, поэтому выбираются объекты всех типов, что не всегда удобно. Второй выпадающий список определяет контекст, в котором производится выбор (2) – в текущей детали, во всей сборке или в текущей детали и во всех входящих компонентах. Это наиболее часто используемые фильтры выбора. Дополнительно в этом блоке представлены фильтры, работающие по другим признакам, такими как цвет, слой, наименование, атрибуты, а также ряд вспомогательных инструментов, которые будут рассмотрены ниже.

	Приоритет выбора - элемент	Shift+F
	Приоритет выбора - грань	Shift+G
	Приоритет выбора - тело	Shift+B
	Приоритет выбора - ребро	Shift+E
	Приоритет выбора - компонент	Shift+C

Рисунок 1.12 Приоритет выбора

Выпадающий список (3), а также набор кнопок (4) определяют логику работы системы при

выборе множества объектов. Они устанавливают текущий режим выбора объектов в зависимости от некоторых геометрических условий. Так, например, режим выбора **Связанные кривые (Connected Curves)** заставляет систему выбирать все кривые, которые соединяются с кривой, выбранной пользователем. Совместное использование фильтров и режимов выбора дает существенный рост в производительности при работе в системе.

Ещё один аспект механизма выбора объектов, который надо иметь в виду и использовать, – это приоритетность выбора. По умолчанию, если не применяется какой-либо фильтр выбора из списка (1), приоритетность выбора регулируется автоматически в зависимости от текущего приложения. Пользователь может задавать приоритет через раздел главного меню **Изменить > Выбор (Edit > Selection)** или, что более эффективно, используя соответствующие клавиатурные сокращения (рис. 1.12)

Блок геометрических привязок на инструментальной панели **Выбор** позволяет выбирать и привязываться к точкам на объектах в зависимости от геометрических условий.

В зависимости от текущих настроек фильтров при манипуляциях мышью в графической области будут подсвечиваться какие-либо геометрические объекты. Это функция предварительного выбора. Так система показывает, какие объекты будут считаться выбранными, если пользователь нажмёт кнопку мыши.

Если задержать курсор мыши на каком-нибудь объекте, то в большинстве случаев через некоторое время (интервал задержки настраивается) вид курсора сменится на перекрестье с многоточием. Это означает, что возможен выбор из нескольких объектов. И если в этом режиме нажать курсор мыши, то появится список объектов, доступных для выбора, из которого надо выбрать необходимые.

УПРАВЛЕНИЕ

Управление в системе реализовано преимущественно на основе манипуляций с помощью мыши – как при навигации по геометрической модели, так и при выборе команд и вводе данных. Основные команды навигации имеют дублирование в виде команд на инструментальной панели **Вид (View)**, но их использование неэффективно по сравнению с навигацией с помощью мыши. Имеются три основных режима навигации:

- Вращение модели вокруг точки (движение курсора при зажатой средней кнопки мыши);
- Уменьшение / увеличение изображения (прокрутка колёсика мыши на средней кнопке или движение курсора при зажатой средней кнопки и клавише *Ctrl*);
- Перемещение по модели (движение курсора при зажатых средней и правой кнопках мыши или движение курсора при зажатой средней кнопке и клавише *Shift*).

Дополнительно к этому движение курсора мыши при зажатой средней кнопке вдоль левого или правого края графической области будет вращать модель вокруг горизонтальной оси экрана. Если то же самое делать возле нижнего или верхнего края графической области, то вращение модели будет производиться вокруг вертикальной оси экрана и оси, перпендику-

лярной плоскости экрана соответственно. Во всех трёх случаях курсор мыши будет менять свой вид.

Вращение модели при нажатой средней кнопке мыши производится вокруг точки, которую можно задать, нажав клавиатурное сокращение **Ctrl+F2** или выбрав соответствующий пункт контекстного меню, появляющегося при нажатии правой кнопки мыши в пустом месте графической области.

Если есть необходимость производить вращение вокруг координатной оси системы координат, то для этого необходимо щелчком левой кнопки мыши по символу триады координатных осей в нижнем левом углу графической области выбрать ось (рис. 1.13). После этого вращение при движении курсора мыши с зажатой средней кнопкой будет производиться только вокруг заданной оси. Для выхода из этого режима необходимо щёлкнуть правой кнопкой мыши на белом маркере – начале символов координатных осей триады.

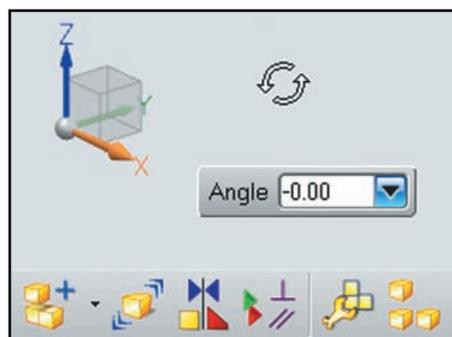


Рисунок 1.13 Вращение вокруг осей

ОРГАНИЗАЦИЯ МОДЕЛИ

Доступ пользователя к файлам моделей, находящихся на файловой системе или в Teamcenter, осуществляется с помощью инструментальной панели **Стандарт** или раздела главного меню **Файл**, которые содержат команды, стандартные для Windows-приложения, команды по работе с файлами. Файлы моделей представляют собой унифицированную структуру, которая может хранить в себе геометрические данные модели с историей построения, ссылки на другие модели (то есть являться сборкой) и вторичные данные, такие как листы чертежа. Пространство модели условно разбито на видимое и невидимое подпространства, которые используются для скрытия и отображения объектов. Контекстные меню всех геометрических объектов, появляющиеся по нажатии правой кнопки мыши на объекте, содержат команду **Скрыть (Hide)**, которая перемещает этот объект между подпространствами. Дополнительно в разделе главного меню **Изменить > Показать и Скрыть (Edit > Show and Hide)** имеется набор команд управления видимостью объектов (рис. 1.14).

Также пространство модели разделено на 256 слоев, собираемых в категории. В общем случае слои используются для группировки объектов по какому-либо признаку. Во время работы в системе какой-то один из слоёв является рабочим, и все создаваемые объекты попадают на этот слой. Вы можете управлять состоянием слоев, а также распределять геометрические объекты по ним че-

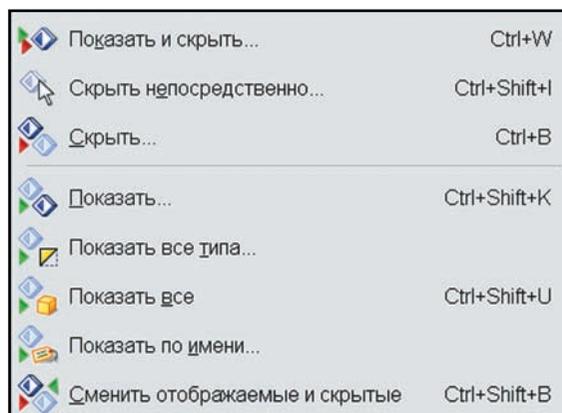


Рисунок 1.14 Команды управления видимостью

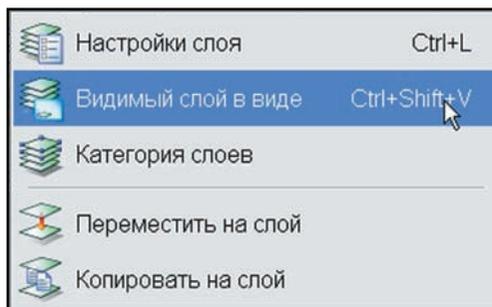


Рисунок 1.15 Команды управления слоями

рез пункт главного меню **Формат > Настройки слоя (Format > Layer Settings)** или через соответствующую команду инструментальной панели **Утилиты (Utilities)**. Каждый слой имеет состояние видимости и выбираемости, и только один слой в текущий момент времени может быть рабочим. Состояние видимости слоя означает, что все объекты на этом слое будут отображены в графической зоне, а состояние выбираемости позволяет выбирать объекты на этих слоях.

Продуманная группировка объектов по слоям и управление их состоянием позволяют существенно повысить качество и читаемость моделей.

В пространстве модели всегда присутствуют как минимум одна абсолютная и одна рабочая система координат (РСК), которая по умолчанию совпадает с абсолютной. Абсолютная система координат не отображается явно, но её ориентация показывается символом триады координатных осей в левом нижнем углу. Положение всех остальных СК в пространстве модели отсчитывается от нуля абсолютной системы. Все геометрические построения выполняются на базе одной из систем координат, но в большинстве случаев это бывает именно РСК. При необходимости вы можете вводить дополнительные системы координат и назначать их рабочими, для этого воспользуйтесь командами главного меню **Вставить > База/точка > Координатная СК (Insert > Base > Datum CS)**. А для манипуляций с существующими СК воспользуйтесь разделом главного меню **Формат > РСК (Format > WCS)** или производите изменения РСК динамически с помощью маркеров перемещения и вращения, появляющихся после двойного щелчка мышью на РСК.

Глава 2

Моделирование твердых тел

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Основные понятия
- Эскизы
- Создание тел
- Навигатор модели
- Выражения
- Повторное использование
- Сравнение моделей
- Семейства деталей

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Создаваемые геометрические тела в NX делятся на поверхности и твердые тела. Одним из подвидов твердого тела является модель детали из листового металла, для создания которой предлагается несколько специализированных приложений NX. Твердотельное моделирование представляет собой создание замкнутого геометрического объема, описывающего геометрию детали. Для этого используются примитивы, получаемые вытягиванием и вращением плоских контуров, конструктивные элементы и логические операции комбинирования тел. Явно выраженного модуля твердотельного моделирования в NX нет, так как для этого применяются инструменты из разных приложений. В частности, твердые тела можно получать путем придания толщины поверхности созданной, в приложении **Студия формы**, или заполнением замкнутого контура из поверхностей.

Основная цель моделирования твердых тел – создать точное геометрическое представление проектируемой детали, которая будет основой для выпуска документации, проведения расчётов и написания программ ЧПУ. С точки зрения системы, геометрическое представление является результатом связанной последовательности операций, составляющих дерево построения модели. Работа пользователя сводится к добавлению операций в дерево построения, создающих те или иные конструктивные элементы или модифицирующие геометрию. Это справедливо для классического случая моделирования с историей построения. NX также поддерживает моделирование без истории построения, о чем пойдет речь в отдельной главе. В данной главе будет дан обзор основных средств создания твердотельных моделей при моделировании с историей построения.

Для создания моделей вы можете использовать типовые конструктивные элементы или создавать тела на базе двумерных контуров, а также комбинировать эти два способа. Эскизы являются основой для всех тел, получаемых вращением или протягиванием вдоль траектории.

ЭСКИЗЫ

Эскизом считается именованная группа двумерных кривых, связанных геометрическими и размерными отношениями и расположенных на одной плоскости. Вы можете создавать эскизы на основе любого существующего плоского объекта, а также на кривой. В последнем случае в точке кривой, где будет привязан эскиз, система создаст плоскость, расположенную по нормали к кривой. Данный тип расположения эскизов используется для создания тел протягиванием эскиза вдоль траектории.

Начиная с версии NX7.5 для создания эскиза предлагаются два набора инструментов – **Эскиз в среде задач (Sketch in Task Environment)** и инструментальная панель **Прямой эскиз (Direct Sketch)**. Первый представляет собой отдельный модуль, который запускается вызовом команды **Вставить > Эскиз в среде задач** и предназначен для редактирования эскизов, на которые ссылаются много конструктивных элементов. **Прямой эскиз** позволяет строить двумерные контуры непосредственно в текущем приложении NX и больше подходит для создания новых эскизов. Функционально эти два средства создания эскизов отличаются на три команды: **Кривая пересечения (Intersection Curve)**, **Точка пересечения (Intersection**

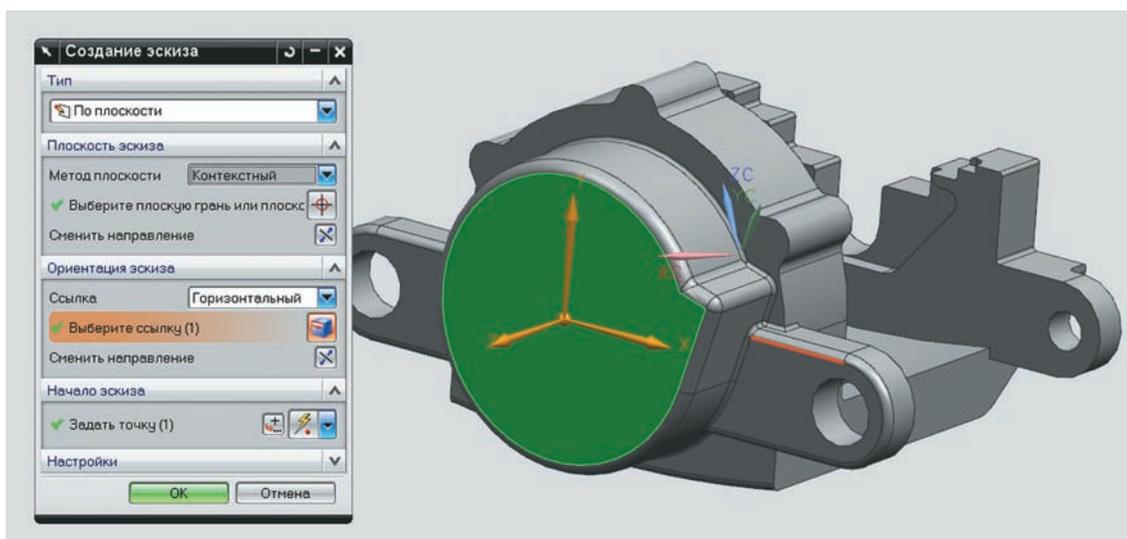


Рисунок 2.1. Создание эскиза в среде задач

Point) и **Проецирование кривой (Projected Curve)**, которые отсутствуют в **Прямом эскизе**.

Для создания эскиза в среде задач вызовите соответствующую команду из главного меню и укажите плоскую поверхность размещения эскиза (рис. 2.1). Если эскиз должен располагаться на кривой, то необходимо выбрать соответствующий подтип эскиза в выпадающем списке диалога. Обычно для задания исходных данных эскиза достаточно только указания плоскости. Но иногда бывает полезным (а в некоторых случаях обязательным) указать направление оси X и начало системы координат в опциях диалога **Ориентация эскиза (Sketch Orientation)** и **Начало эскиза (Sketch Origin)**. После задания этих параметров или принятия значений по умолчанию система координат эскиза расположится на плоскости и будет открыта среда создания эскиза с соответствующим инструментарием.

Прямой эскиз может также задаваться с помощью аналогичного диалога, для этого необходимо нажать кнопку **Эскиз (Sketch)** на инструментальной панели **Прямой эскиз**. Но

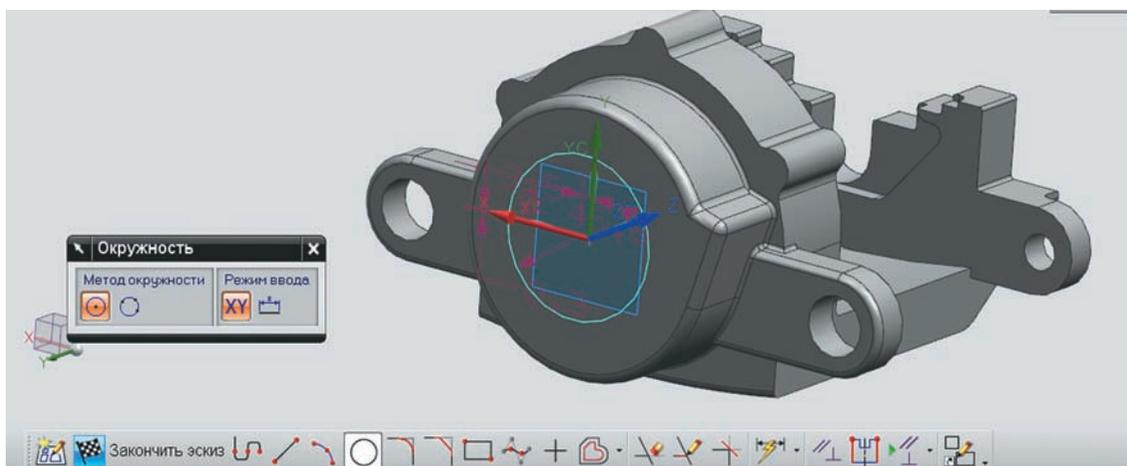


Рисунок 2.2. Создание прямого эскиза

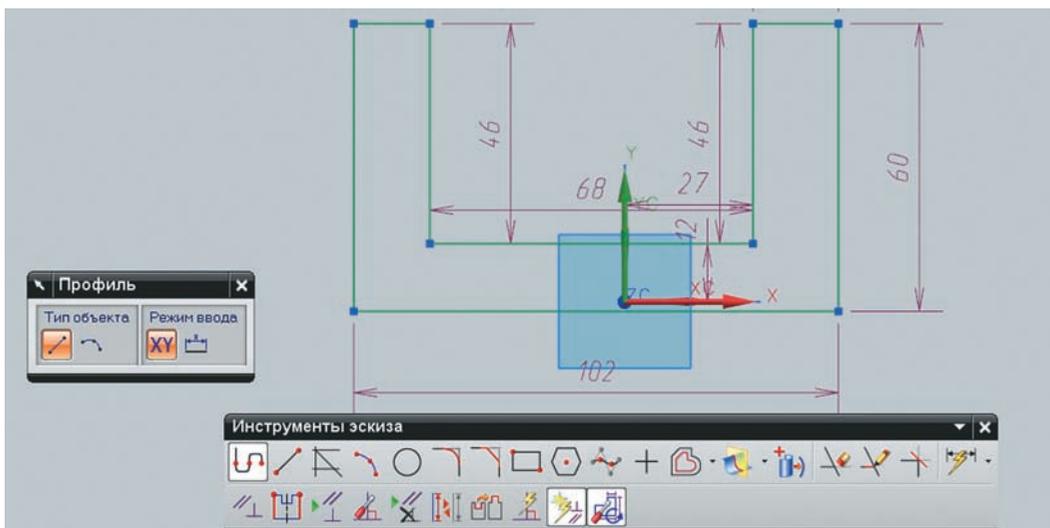


Рисунок 2.3. Инструменты построения эскиза.

можно, просто выбрав на этой панели команду рисования какого-либо двумерного объекта, и начать его рисовать на любой плоской грани тела или плоскости (рис. 2.2). В этом случае направление системы координат и её начало будут приняты по умолчанию.

Дальнейшая работа по созданию плоского контура одинакова для обоих инструментов создания эскизов. С помощью команд рисования геометрии на инструментальной панели **Инструменты эскиза (Sketch Tools)** рисуется геометрия, на которую потом накладываются размерные и геометрические ограничения (рис. 2.3).

В момент рисования того или иного двумерного объекта система пытается автоматически определить, каким геометрическим ограничениям он подчиняется, и накладывает эти ограничения. Этот режим регулируется кнопкой **Создать контекстные ограничения (Create Inferred Constraints)**.

Для ручного задания ограничений или для задания дополнительных ограничений необходимо воспользоваться кнопкой **Ограничения (Constraints)**. При выборе геометрии эскиза в диалоговом окне команды будут отображаться те ограничения, которые наложены на выбранную геометрию и которые можно наложить (рис. 2.4). В зависимости от количества и типа выбранных объектов будут отображаться разные типы ограничений. Если придерживаться правильного подхода к проектированию, то все элементы эскиза должны быть связаны размерными и геометрическими ограничениями – то есть эскиз должен быть полностью определенным и не иметь свободных степеней свобод. Это гарантирует предсказуемость и управляемость эскиза при

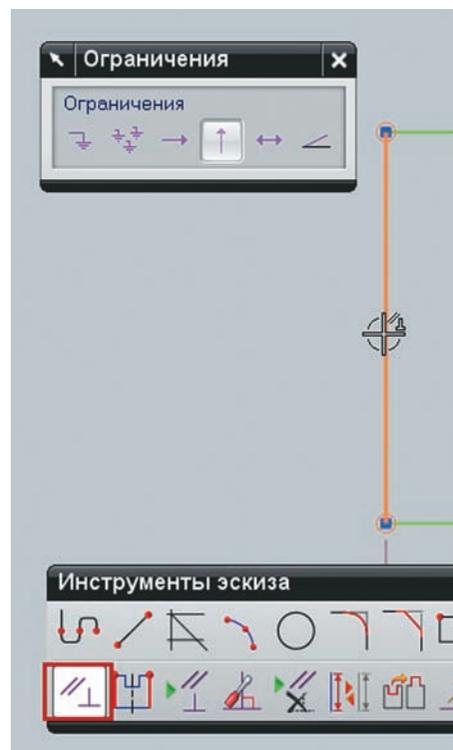


Рисунок 2.4. Задание геометрических условий

изменениях геометрических элементов модели, на которые ссылается эскиз.

В версии NX7.5 был представлен механизм постоянного образмеривания, который регулируется одноименной кнопкой на панели **Прямой эскиз**. Этот механизм автоматически накладывает размерные ограничения на все создаваемые элементы эскиза, тем самым обеспечивая определенность эскиза. При этом создаваемые размерные ограничения являются вторичными. Это выражается в том, что автоматически сгенерированные размерные ограничения удаляются при добавлении пользователем любого ограничения, которое с ними конфликтует. Таким образом, эскиз остается всегда определенным – вне зависимости от того, сколько ограничений было наложено пользователем. Очевидно, что автоматически добавленные размеры не могут реализовывать задуманную логику изменений эскиза, поэтому необходимо либо принять предложенные размеры, либо переопределить их в ручном режиме. Для принятия размерного ограничения, созданного системой, необходимо произвести двойной щелчок левой кнопкой мыши на выбранном размере. В модели будет создан соответствующий параметр, значение которого будет связано со значением размера, – то есть размер станет таким, как если бы он был поставлен вручную.

При необходимости использования существующих ребер модели в эскизе их можно спроецировать на текущую плоскость эскиза с помощью команды **Проецирование кривой (Projected Curve)**. Также с помощью команды **Кривая пересечения (Intersection Curve)** можно получить пересечение плоскости эскиза с выбранной гранью тела. Обе команды создают ассоциативные кривые, которые отслеживают состояние исходных геометрических элементов (рис. 2.5).

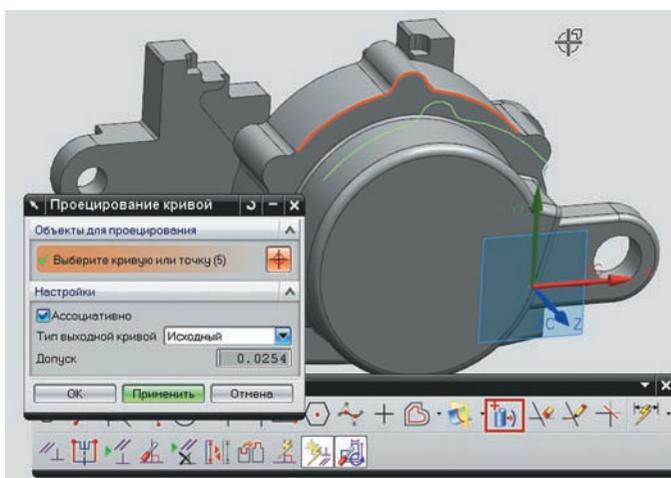


Рисунок 2.5. Проецирование кривых

После завершения построения геометрии эскиза и наложения размерных и геометрических ограничений необходимо нажать кнопку **Закончить эскиз (Finish Sketch)** для выхода из режима создания эскиза. Для редактирования существующего эскиза необходимо выбрать его двойным щелчком левой кнопки мыши в **Навигаторе модели** или графической области.

Давайте на практическом примере рассмотрим построение простого эскиза:

- Запустите NX7.5 и с помощью команды главного меню **Файл > Новый (File > New)** создайте новую модель.
- Вставьте рабочую систему координат в новую модель, воспользовавшись пунктом меню **Вставить > База/Точка > Координатная СК (Insert > Datum/Point > Work CSYS)**. Она по умолчанию совпадет с абсолютной системой координат модели.
- Расположите новый эскиз в плоскости YZ, выбрав пункт главного меню **Вставить > Эскиз**

в среде задач и указав соответствующую плоскость. В диалоге создания эскиза примите все предложенные значения опций и нажмите **ОК** для перехода в среду редактирования эскиза.

- С помощью команды **Профиль** постройте контур примерно так, как это показано на рис. 2.6. Замыкая контур, сделайте перехлест прямых, чтобы они пересекались с некоторым запасом. Это необходимо для демонстрации функции выбора и обрезки.
- С помощью инструментов **Контекстный размер** и **Ограничения** задайте некоторые размеры и ограничения.

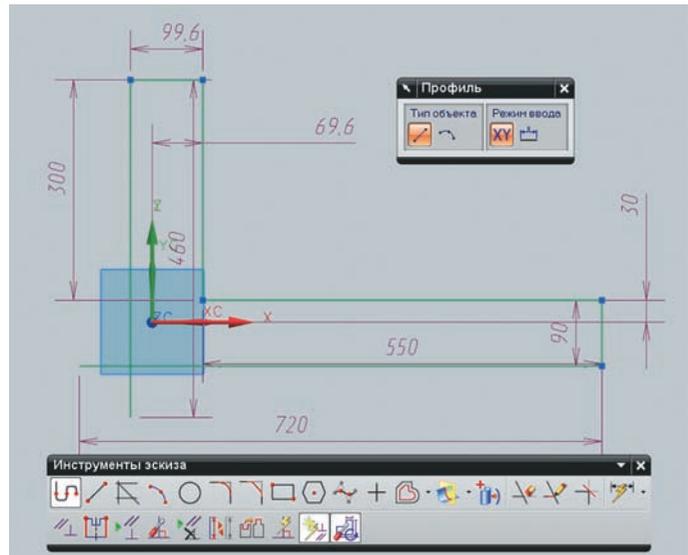


Рисунок 2.6. Создание эскиза

Как правило, первое, что необходимо сделать при образмеривании, – это задать стационарные объекты, относительно которых будут располагаться другие элементы эскиза. Задать стационарный объект можно, сославшись на грань или ребро другого тела или привязавшись к осям системы координат.

- Нажмите кнопку задания ограничений и выберите одну из вертикальных прямых, а затем ось Y. В диалоге команды будут отображены возможные геометрические ограничения. Выберите условия коллинеарности (рис. 2.7).
- То же самое проделайте с горизонтальной прямой и осью X. Таким же образом можно задавать положение какого-либо конца кривой или отрезка на оси системы координат или на другой кривой – при этом необходимо подвести курсор к концу отрезка и дождаться, пока загорится маркер точки.
- Задайте размеры относительно стационарных элементов.
- Полученный искусственно перехлест можно устранить в эскизе с помощью команд **Создать угол** или **Быстрая обрезка** на панели инструментов эскиза. Но на данном этапе можно его оставить и выйти из эскиза.
- Сохраните модель для продолжения работы с ней в следующем разделе.

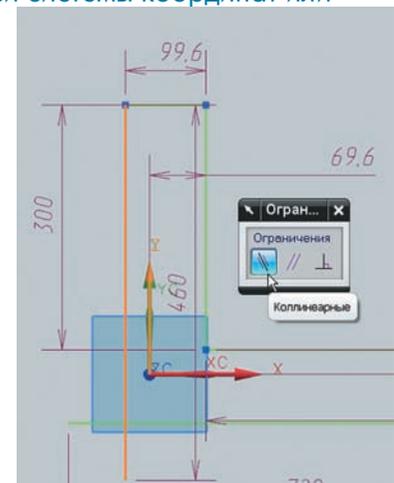


Рисунок 2.7. Условие коллинеарности

СОЗДАНИЕ ТЕЛ

Для создания тела на основе эскиза необходимо воспользоваться одной из команд вытягивания эскиза в заданном направлении или вращения вокруг оси. Наиболее часто используемые из них – это команды **Вытягивание (Extrude)** и **Вращение (Revolve)**, расположенные на инструментальной панели **Элемент (Feature)** или в разделе главного меню **Вставить > Элементы проектирования (Insert > Feature)**.

Рассмотрим команду **Вытягивание** (рис. 2.8). Для её работы необходимый минимальный набор исходных данных состоит из плоского контура или прямой и вектора направления, которые задаются соответственно в разделах диалога **Сечение (Sections)** и **Направление (Direction)**. При этом возможно сразу из команды запустить редактор эскиза и нарисовать его с нуля. В этом случае эскиз будет считаться внутренним и не будет доступен в **Навигаторе модели** до тех пор, пока не будет сконvertирован во внешний. В качестве контура для вытягивания могут выступать любые кривые, в том числе и ребра существующих тел.

При выборе плоского контура направление по умолчанию определяется по нормали к плоскости контура, но при необходимости его можно переопределить, нажав кнопку **Задать вектор (Specify Vector)**. В разделе **Ограничения (Limits)** задаются лимиты перемещения эскиза от плоскости его построения в обе стороны. Они могут задаваться как напрямую, указанием величин, так и ссылкой, с помощью выбора одного из следующих значений опции:

До следующего (Until Next) – контур будет вытянут до пересечения с другим твердым телом, встреченным в направлении вытягивания;

До выбранного (Until Selected) – контур будет вытянут до выбранной грани существующего тела или поверхности. Если вытянутый контур не полностью пересекает выбранную грань или поверхность, то по возможности будут использоваться смежные грани или поверхности. Если такой возможности нет, то будет сгенерировано сообщение об ошибке;

До расширенного (Until Extended) – модификация опции **До выбранного**, которая по-

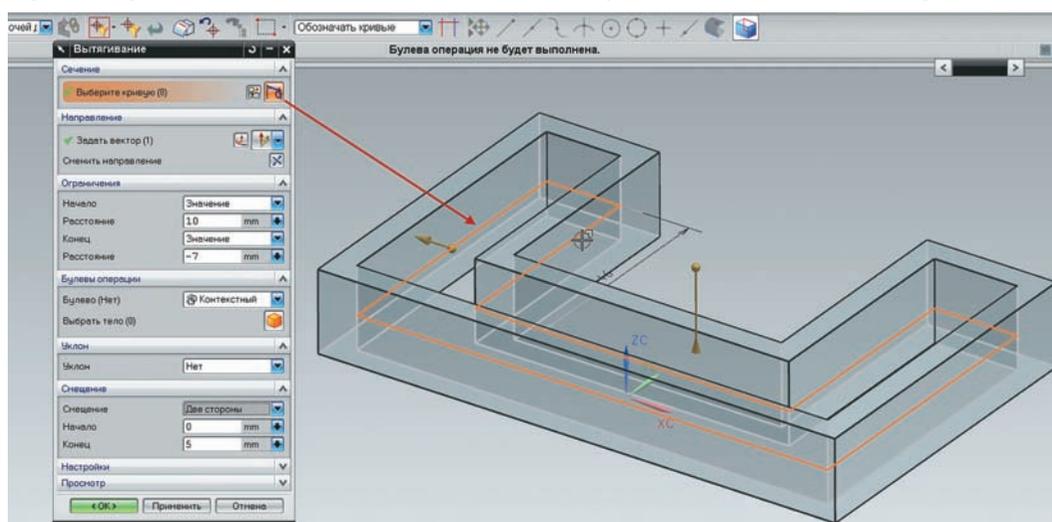


Рисунок 2.8. Диалог команды **Вытягивание**

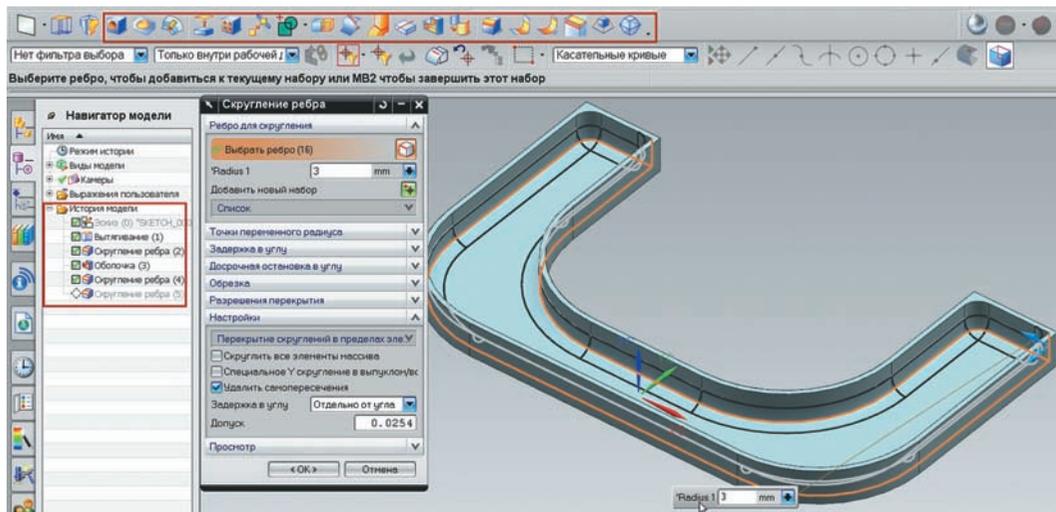


Рисунок 2.9. Дерево построения модели

звояет выбирать ограничивающие объекты, не полностью пересекающие протягиваемый контур. В этом случае система автоматически рассчитывает продолжение выбранной грани или поверхности и использует её для построения;

Через все (Through All) – протягивает контур в заданном направлении через все встречающиеся тела;

В разделе диалога **Булевы операции (Boolean)** можно сразу задать тип логической операции, применяемой к телу, если в модели уже есть твердые тела. Среди возможных значений этой опции следует отметить значение **Контекстный (Inferred)**. При этом значении система сама определяет подходящий тип операции, исходя из взаимного расположения создаваемого тела и существующего. Такой вариант следует применять, когда не предполагается изменения модели, которое может вызвать изменение взаимного расположения задействованных тел, иначе тип применяемой логической операции может измениться.

Одновременно с вытягиванием контура можно задать дополнительные трансформации получаемого тела в разделах **Уклон (Draft)** и **Смещение (Offset)** или воспользоваться соответствующими командами после создания элемента вытягивания.

Тип получаемого тела определяется в разделе диалога **Настройки (Settings)**, но эта опция действует только в случае использования замкнутого контура, в противном случае получаемый элемент вытягивания будет представлять собой поверхность.

Команда **Вращение** по большинству параметров совпадает с командой **Вытягивание**, только ей необходимо указывать ось вращения и точку начала для получения тела

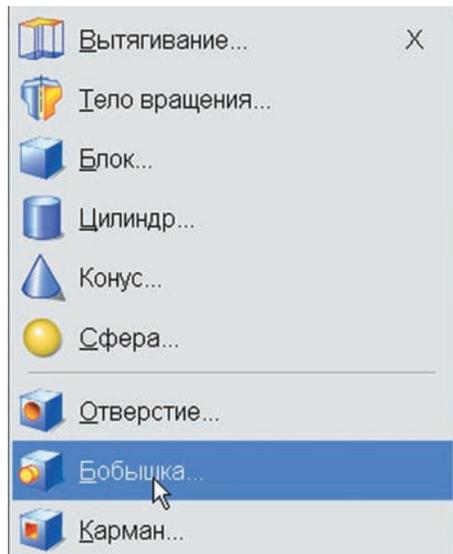


Рисунок 2.10. Конструктивные элементы

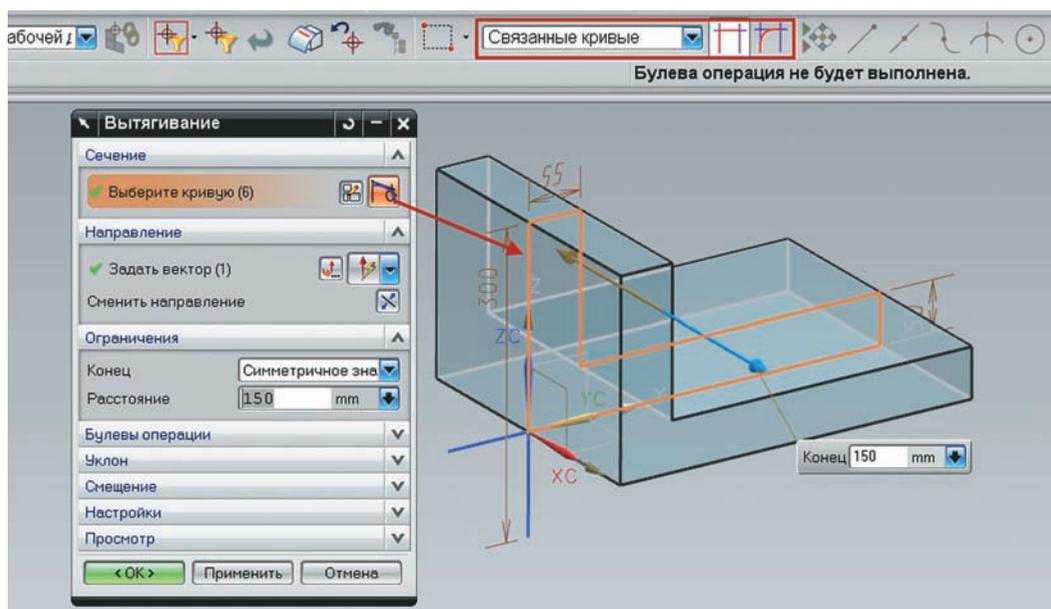


Рисунок 2.11. Вытягивание эскиза

вращения проворотом на заданный угол выбранного эскиза.

После получения первого тела в модели далее можно изменять его с помощью конструктивных элементов или проводя операции логического сочетания с другими телами. Все операции будут добавляться согласно хронологии создания в дерево построения, отображаемое в **Навигаторе модели (Part Navigator)** (рис. 2.9).

Помимо операций получения тел вытягиванием или вращением эскиза, в разделе главного меню **Вставить > Элементы** проектирования предлагается набор predetermined примитивов и конструктивных элементов, комбинируя которые можно получить геометрию модели. Но в общем случае создание тел вытягиванием и вращением является более универсальным, так как позволяет задать любое сечение (рис. 2.10).

Продолжим работу с эскизом, созданным в предыдущем разделе.

- Вызовите команду **Вытягивание** и выберите сделанный эскиз. Возникнет сообщение об ошибке, так как эта команда может работать либо с замкнутым контуром, либо с открытым, но не работает в случае с перехлестом. Как уже говорилось, перехлест можно устранить соответствующими инструментами эскиза, но можно пойти более простым путём.
- На панели выбора установите правило **Связанные кривые** и включите режим отслеживания пересечений, нажав кнопку **Остановка по пересечению**. После этого укажите одну из кривых в замкнутом контуре эскиза. На этот раз эскиз будет воспринят, а лишние кривые будут проигнорированы (рис. 2.11).
- В разделе диалога **Ограничения** выберите **Симметричное значение (Symmetric Values)** в выпадающем списке **Конец (End)** и задайте какое-то числовое значение. При таком режиме задания пределов тело будет получаться путем вытягивания в обе стороны от плоскости эскиза.

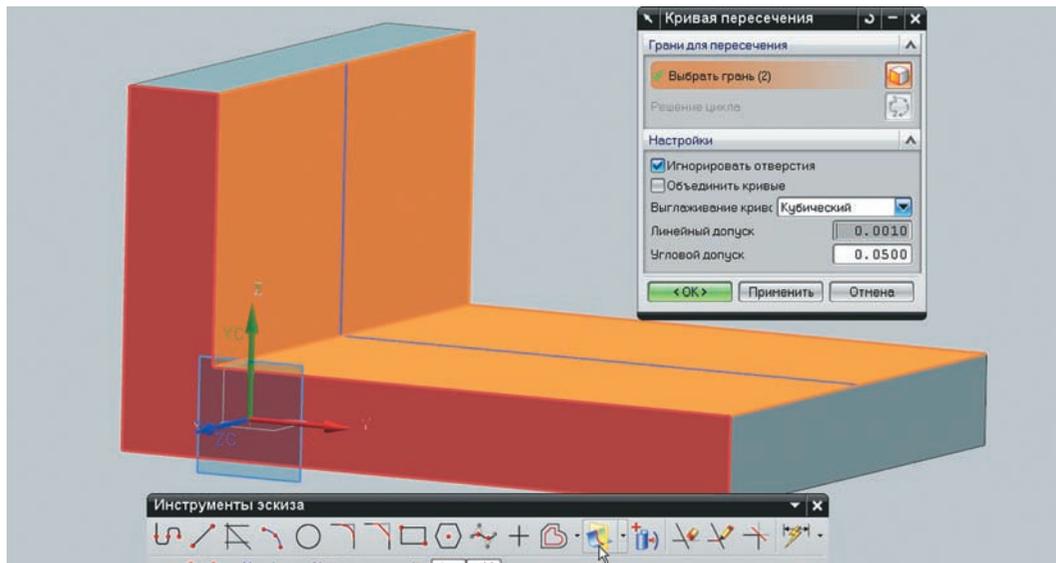


Рисунок 2.12. Прямые пересечения с плоскостью эскиза

- Завершите построение эскиза нажатием кнопки **OK** в диалоге.

Элемент вытягивания был построен на базе заранее созданного эскиза. Многие команды в NX, которые в качестве входных данных принимают плоские кривые или эскизы, позволяют создать его во время выполнения команды.

- Вызовите ещё раз команду **Вытягивание** и вместо выбора кривых нажмите кнопку создания эскиза в разделе **Сечение** и выберите ту же плоскость, где был расположен первый эскиз.
- С помощью команды **Пересечение** получите пересечение плоскости эскиза с двумя внутренними гранями (рис. 2.12), а затем отрезком замкните контур, соединив конечные точки кривых, и завершите построение эскиза.

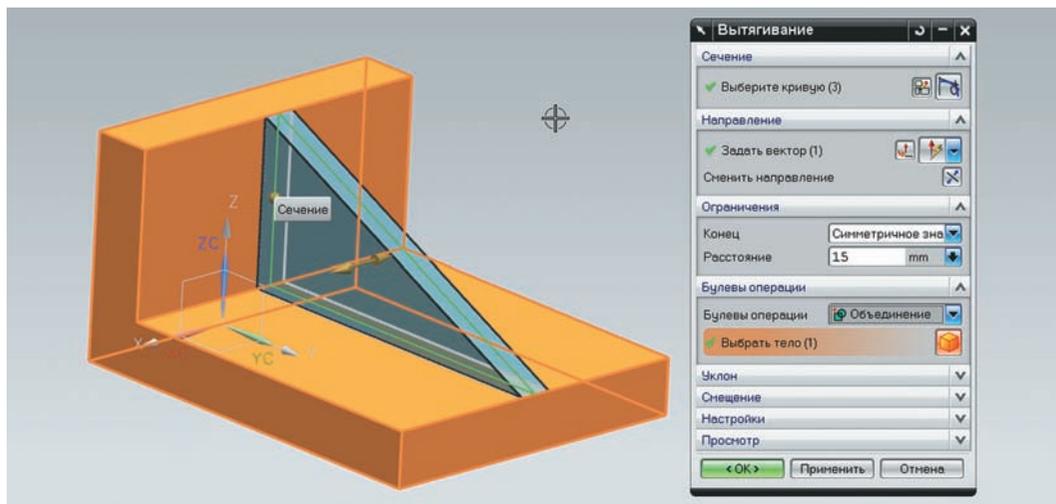


Рисунок 2.13. Добавление тела

- Задайте симметричное значение и в разделе **Булевы операции** убедитесь в том, что система выбрала операцию объединения, после чего завершите построение тела (рис. 2.13).
- Откройте **Навигатор модели**. Выделите последний построенный элемент и в контекстном меню по правой кнопке мыши выберите пункт **Сделать эскиз внутренним (Make Sketch Internal)**. Эскиз будет помещен внутри элемента вытягивания. Для обратной операции – создания независимого эскиза – необходимо воспользоваться пунктом контекстного меню на элементе **Сделать эскиз внешним (Make Sketch External)**.
- Сохраните модель и закройте её.

Таким образом, создавая тела на основе эскизов или используя стандартные конструктивные элементы, вы формируете геометрию модели. При создании модели в режиме моделирования с историей построения необходимо стараться сохранять читаемость истории построения и делать её максимально линейной.

Практически все операции в дереве построения модели основываются на одном или нескольких предыдущих элементах, как явно, так и неявно. С одной стороны, это дает использовать все преимущества параметризации, но с другой – непродуманная привязка элементов друг на друга могут испортить логику построения модели.

В общем случае при привязках рекомендуется отдавать предпочтение стационарным объектам или объектам вероятность изменения которых минимальна. Естественно это не должно быть в противоречии с задуманной логикой модели.

При использовании каких-либо геометрических объектов предыдущих элементов построения желательно стараться ссылаться на ближайшие к текущей операции элементы. Это позволит, как минимум, быстро отслеживать связь между изменением ссылочной геометрии и получаемым результатом.

Также рекомендуется документировать модели. В процессе построения появляется множество вспомогательных элементов, эскизов, кривых и прочих объектов, которые усложняют чтение модели, если они не организованы. Для организации можно использовать слои и ссылочные наборы, размещая и группируя на них основные и вспомогательные геометрические элементы построения.

НАВИГАТОР МОДЕЛИ

Навигатор модели служит для отображения и навигации по элементам построения и предоставляет ряд инструментов для работы с ними. Он может работать в режиме отображения хронологии, то есть отображает историю построения, и в режиме отображения тел в модели с их составляющими.

Нажимая правую кнопку мыши на элементах построения, можно отображать контекстное меню со специфичными командами для данного типа элементов, но ряд команд одинаков для всех элементов. Рассмотрим основные команды контекстного меню, используемые при работе (рис. 2.14):

Изменить параметры (Edit Parameters) – открывает окно редактирования элемента или окно с параметрами элемента, в зависимости от того, какой элемент был выбран. Особен-

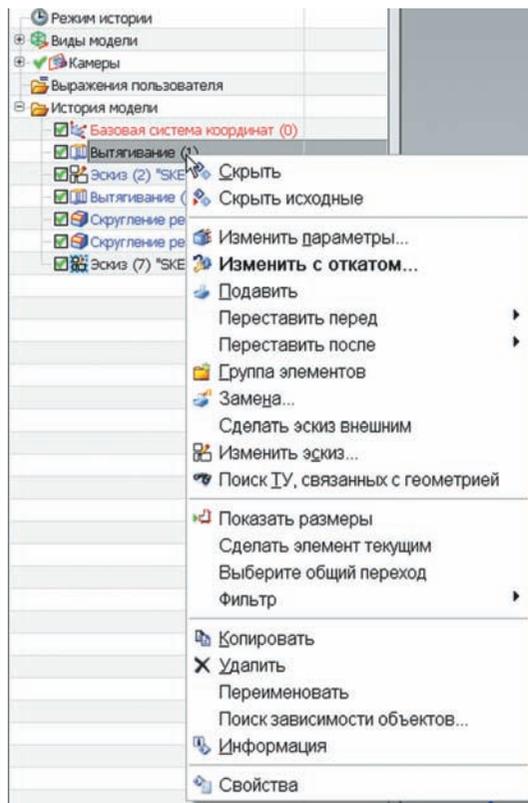


Рисунок 2.14. Контекстное меню элемента построения модели

ностью этой команды является то, что она поддерживает множественный выбор – в этом случае будет открыто окно с параметрами всех выбранных элементов.

Изменить с откатом (Edit with Rollback) – активирует режим редактирования выбранного элемента с откатом истории построения на момент создания данного элемента.

Подавить (Suppress) – деактивирует выбранный элемент в истории построения. Если этот элемент является родителем для других объектов в дереве построения, то они также будут деактивированы.

Переставить перед/после (Reorder before/after) – перемещает выбранный элемент в дереве построения. Возможность переместить элемент определяется его связями с соседними элементами.

Группа элементов (Group) – открывает диалог задания группы элементов. Группы служат для уменьшения дерева построения и создания логических блоков, из которых состоит модель.

Замена (Replace) – открывает диалог перезадавания исходных данных для выбранного элемента.

Показать размеры (Show Dimensions) – отображает размерные линии, соответствующие значениям, заданным в момент создания элемента.

Сделать элемент текущим (Make Current Feature) – откатывает историю построения модели до выбранного элемента.

Все эти команды используются для внесения изменений в элемент модели и контроля процесса их прохождения по дереву построения. Обычно редактирование какого-то элемента модели совершается путем двойного щелчка правой кнопкой мыши на элементе. Открывается диалоговое окно, соответствующее этому элементу, в котором можно произвести нужные изменения. Когда необходимо производить изменения в сложной детали или когда происходит сбой в прохождении изменения по дереву построения, то с помощью команд **Изменить с откатом** и **Подавить** можно локализовывать сложные участки дерева построения и проводить изменения шаг за шагом.

ВЫРАЖЕНИЯ

Выражения модели представляют собой набор всех параметров, созданных пользователем или операциями построения. Практически каждый создаваемый геометрический объект

является ассоциативным и параметрическим, все числовые параметры объектов попадают в выражения модели. С помощью диалога редактирования и задания выражений можно изменять текущие значения параметров или связывать их формулами. Диалог открывается с помощью пункта главного меню **Инструменты > Выражения (Tools > Expressions)** (рис. 2.15). С помощью выпадающего списка можно фильтровать отображаемые параметры по типу.

Так как наименование параметрам элементов система даёт автоматически, то в моделях достаточно трудно определить по имени параметра, к какому конкретно объекту он относится. Для этого в выпадающем списке фильтра отображения используется значение **Параметры объекта (Object Parameters)**, которое отобразит все параметры выбранного в графической области объекта.

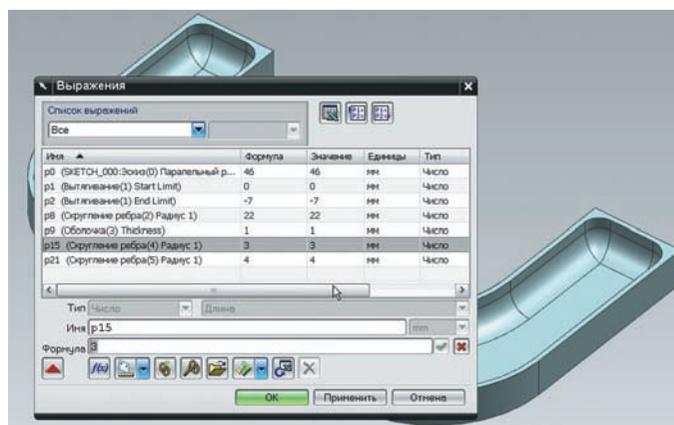


Рисунок 2.15. Диалог задания выражений

При связывании параметров с помощью формул можно ссылаться на параметры другой модели, что создаст параметрическую межмодельную связь. Для этого используется кнопка **Создать ссылку между деталями**. Создание такого рода связей будет обсуждаться в последующих главах.

Создание пользовательского параметра сводится к заданию его имени в соответствующем текстовом поле, выбора типа и задания числового значения или формулы. Рассмотрим на примере задание пользовательских параметров и их использование в модели:

Создание пользовательского параметра сводится к заданию его имени в соответствующем текстовом поле, выбора типа и задания числового значения или формулы. Рассмотрим на примере задание пользовательских параметров и их использование в модели:

- Запустите NX7.5 и откройте файл Expressions.prt из папки ch2.
- Выберите пункт главного меню **Инструменты > Выражения** для отображения диалога задания выражений.
- Создайте новый параметр, введя в поле **Имя (Name)** значение **Holes**, выбрав тип **Число (Number)** и подтип **Постоянный (Constant)**. В поле **Формула (Formula)** введите значение 8 и нажмите кнопку с зеленой галкой. Параметр будет создан, и теперь его можно использовать.
- Закройте диалог выражений и с помощью команды главного меню **Вставить > Ассоциативная копия > Элемент массива (Insert > Associative Copy > Instance Feature)** вызовите диалог определения массива.
- В появившемся диалоге выберите **Круговой массив (Circular Array)**, в следующем диалоге выберите **Простое отверстие**.
- В открывшемся диалоге задания параметров в поле **Число (Number)** введите N, а в поле **Угол (Angle)** введите $A=360/N$ – такая формулировка говорит о том, что значение опреде-

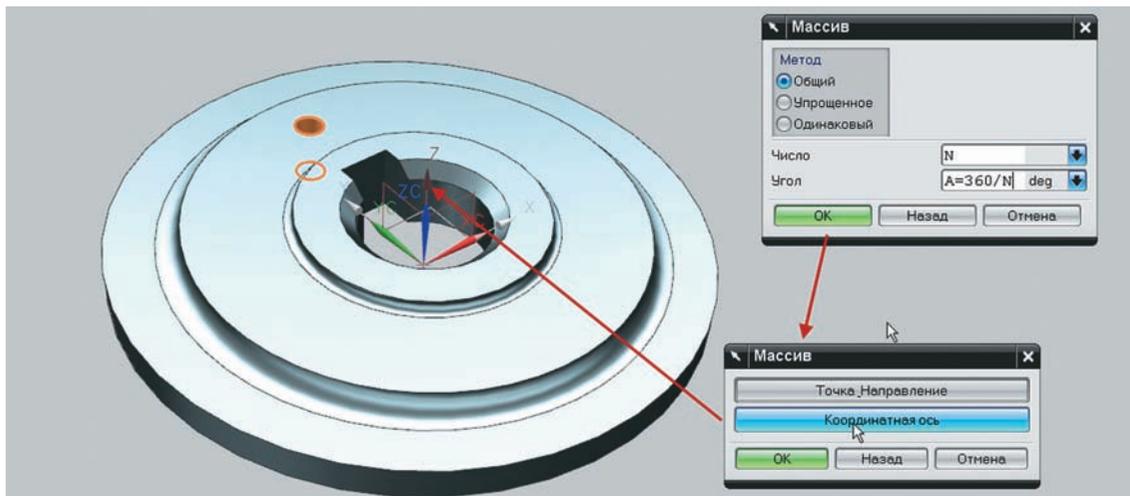


Рисунок 2.16. Создание кругового массива объектов

ляется параметром A , вычисляемым по формуле $360/N$. То есть это ещё один альтернативный способ создания пользовательских параметров из диалогов команд (рис. 2.16).

- Далее нажмите **OK** и в новом диалоге нажмите **Координатная ось (Datum Axis)**, а затем укажите в графической области ось Z . Подтвердите создание массива и закройте диалог с отображением результатов. Будет создан массив элементов на основе заданных пользовательских параметров.

Теперь, изменяя значение параметра N , мы можем управлять массивом отверстий. Для изменения параметра можно воспользоваться диалогом **Выражения**, но проще всего изменить параметры, созданные пользователем, развернув в **Навигаторе модели** группу **Выражения пользователя**. Выбрав параметр двойным щелчком, можно изменить его значение (рис. 2.17).

С помощью параметров также можно управлять состоянием подавления отдельных элементов в модели.

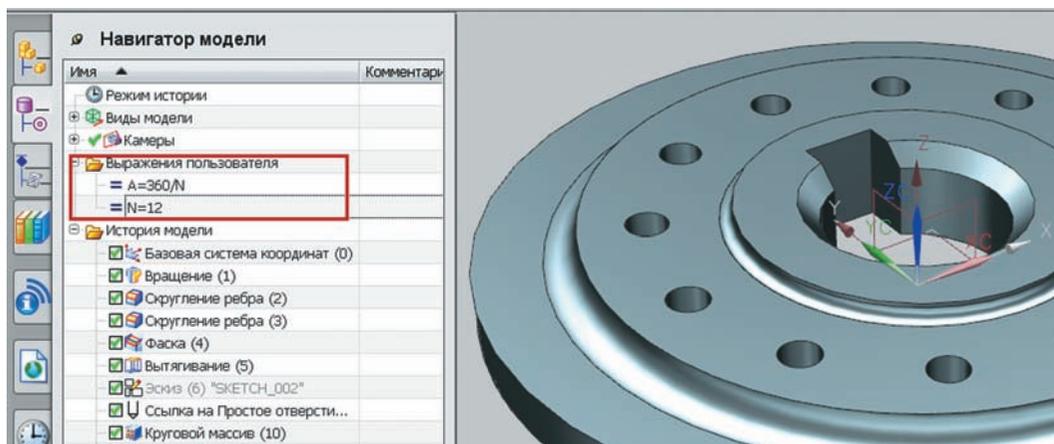


Рисунок 2.17. Отображение параметров в Навигаторе модели

- Выберите в истории построения элемент **Вытягивания**, формирующий паз в центральном отверстии. В главном меню выберите пункт **Изменить > Элементы > Подавление по выражению (Edit > Feature > Suppress By Expression)**.

Откроется диалог создания переменных, от которых будет зависеть состояние подавления одного или нескольких конструктивных элементов в дереве построения. В данном случае у нас элемент только один, поэтому подойдут опции, заданные по умолчанию. В общем случае вы можете создать одну переменную на группу элементов или создать отдельную переменную на каждый элемент в группе. Это регулируется выпадающим списком **Опция выражения (Expression Option)**.

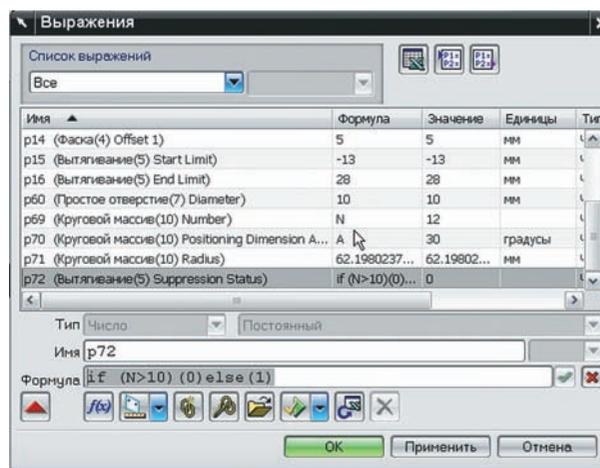


Рисунок 2.18. Задание формулы

выпадающим списком **Опция выражения (Expression Option)**.

- Нажмите **Применить** в диалоге и закройте его. Отобразите диалог задания выражений и отобразите все выражения в модели, выбрав значение **Все (All)** в выпадающем списке.
- Найдите созданную переменную. Так как имя задает система, то она будет отображена последней в списке с характерным описанием, содержащим имя подавляемого элемента. Пока эта переменная имеет значение, отличное от нуля, элемент построения будет активен в модели, как только переменной будет присвоено значение ноль, элемент будет подавлен.

Вы можете создать пользовательский параметр и связать значение переменной подавления с этим параметром. Тогда можно будет управлять состоянием подавления элемента из **Навигатора модели**.

Также можно задать условие, определяющее значение переменной подавления.

- Выделите переменную подавления и в поле **Формула** впишите "if (N>10) (0) else (1)", нажмите **Применить** в диалоге (рис. 2.18).
- Закройте диалог и, через **Навигатор модели** изменяя значение переменной N, посмотрите, как перестраивается модель.
- Сохраните модель и закройте её.

Таким образом вы можете управлять логикой построения модели с помощью условий и дополнительных функций, которые доступны в диалоге задания выражений. Кроме использования формул и чисел, вы также можете задавать значение параметру с помощью ассоциативного измерения.

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Повторное использование существующих наработок позволяет существенно оптимизировать и сократить процесс создания моделей. Традиционно считается, что повторно использовать можно или целые модели, или специально сгруппированные элементы построения, называемые «пользовательскими элементами». В NX под данными для повторного использования подразумевается любой геометрический объект, который может быть выделен, классифицирован и помещен в хранилище. Данным хранилищем является **Библиотека повторного использования (Reuse Library)**, доступная в виде навигатора на панели ресурсов. Она группирует геометрические объекты разного типа – от кривых и элементов геометрии до шаблонов моделей – и предоставляет доступ к ним. Для большинства объектов, сохранённых в библиотеке, можно использовать перетаскивание мышкой в графическую область для использования выбранного элемента. Особо эффективна библиотека, когда она отображает не локальное хранилище данных, а общедоступное, расположенное в PDM системе или в общей папке.

Библиотека разбита на разделы, которые можно переопределить в **Настройках по умолчанию**, зайдя в раздел **Базовый модуль > Библиотека повторного использования (Gateway > Reuse Library)** (рис. 2.19). В базовой поставке NX идет некоторый набор демонстрационных объектов, которые можно применять для ознакомления с возможностями библиотеки.

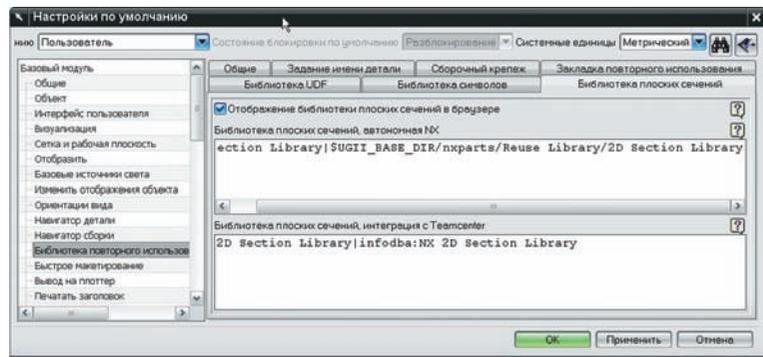


Рисунок 2.19. Настройки **Библиотеки повторного использования данных**

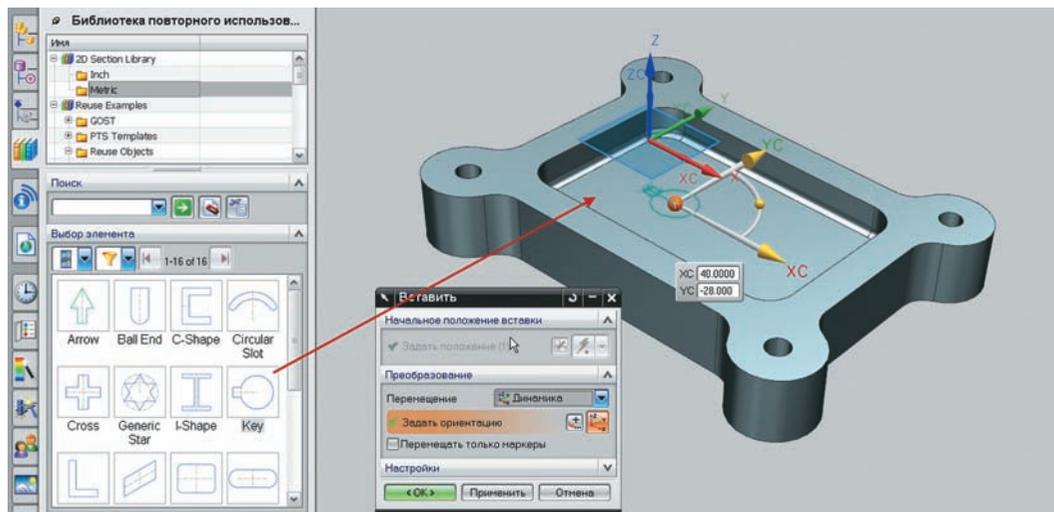


Рисунок 2.20. Вставка плоского контура из библиотеки

Продemonстрируем работу **Библиотеки** на примере:

- Запустите NX7.5 и откройте файл reuse.prt из папки ch2.
- На панели ресурсов переключитесь на вкладку **Библиотека повторного использования** и в верхнем иерархическом списке разверните узел **2D Section Library > Metric**. Здесь содержатся примеры двумерных контуров для библиотеки, которые представляют собой эскизы с наложенными размерными и геометрическими ограничениями.
- Выделите один из примеров и перетащите его на грань модели. Контур будет расположен на грани, и появится маркер динамического позиционирования, который можно использовать для примерного позиционирования контура на грани (рис. 2.20).
- При нажатии **OK** в диалоге позиционирования будут созданы размерные ограничения, определяющие позицию контура относительно системы координат.

Далее вы можете редактировать полученный контур как обычный эскиз и использовать его для получения тел.

Рассмотрим использование ещё одного типа объектов повторного использования.

- В **Библиотеке повторного использования** разверните узел **Reuse Examples > Standard Parts > ANSI Metric > Bolt > Hex Head**. Это пример модели крепежа, который является частным случаем данных повторного использования.
- Выделите пиктограмму болта и перетащите его на модель, наведя курсор мышки на цилиндрическую грань отверстия, когда она будет подсвечена, отпустите кнопку мышки.
- Болт будет вставлен строго в отверстие, и будет подобран нужный диаметр болта, а в открывшемся диалоге можно будет подобрать его длину (рис. 2.21).

Крепеж в данном случае демонстрирует возможности библиотеки, которые могут быть применены к любому другому объекту.

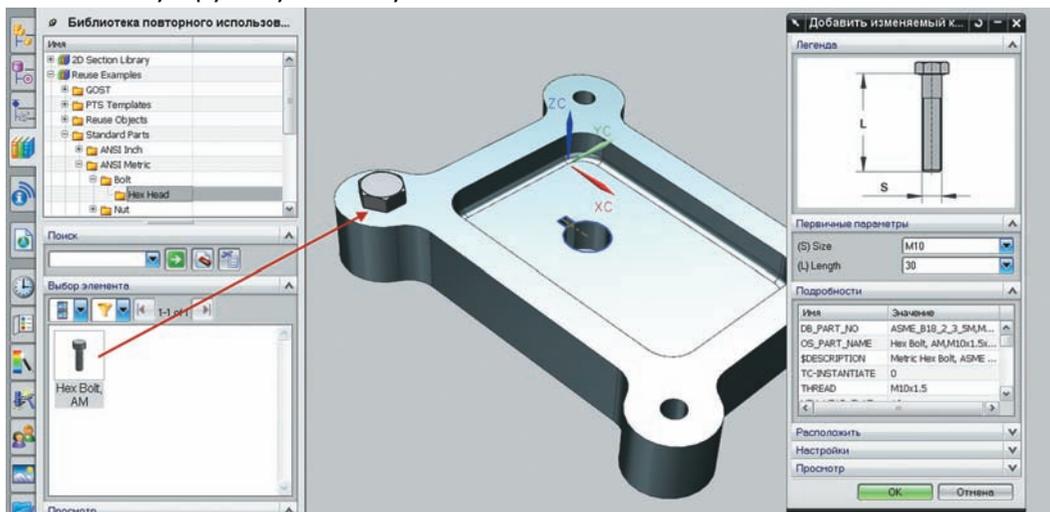


Рисунок 2.21. Вставка крепежа из библиотеки

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ

Иногда бывает необходимо сравнить две схожие модели или версии одной и той же модели, чтобы узнать, какие изменения были сделаны. Это можно сделать через истории построения, однако подобный способ не подходит, если состав дерева не изменился, но изменились параметры некоторых элементов. В таком случае необходимо воспользоваться средством геометрического анализа. Проведем анализ сравнения на примере двух моделей.

- Из папки ch2 откройте в NX модель PartA.prt и модель PartB.prt. Две модели подобны друг другу и на первый взгляд ничем не отличаются друг от друга.
- С помощью пункта главного меню **Анализ > Сравнение моделей (Analysis > Model Compare)** вызовите диалог команды сравнения.
- В разделе **Отобразить (Display)** диалога задается отображение одинаковых, измененных и уникальных граней и ребер в модели. Переключаясь между этими наборами, задайте желаемый цвет отображения сравниваемых объектов.

Опция **Выделите все тела каждой детали (Select all bodies in each part)** определяет будут ли в анализе участвовать все тела в каждой модели или только выбранные. В нашем примере модели имеют по одному телу, поэтому эта опция игнорируется.

- Выделите курсором модель и, не закрывая диалог команды, переключитесь с помощью раздела главного меню **Окно (Window)** на вторую модель и также её выделите.
- После того как окно будет разделено на три части, где будут отображены каждая из моделей и их наложение друг на друга, нажмите кнопку **Применить**.

В результате анализа, согласно настройке, будут раскрашены ребра и грани, показывающие различия между моделями (рис. 2.22).

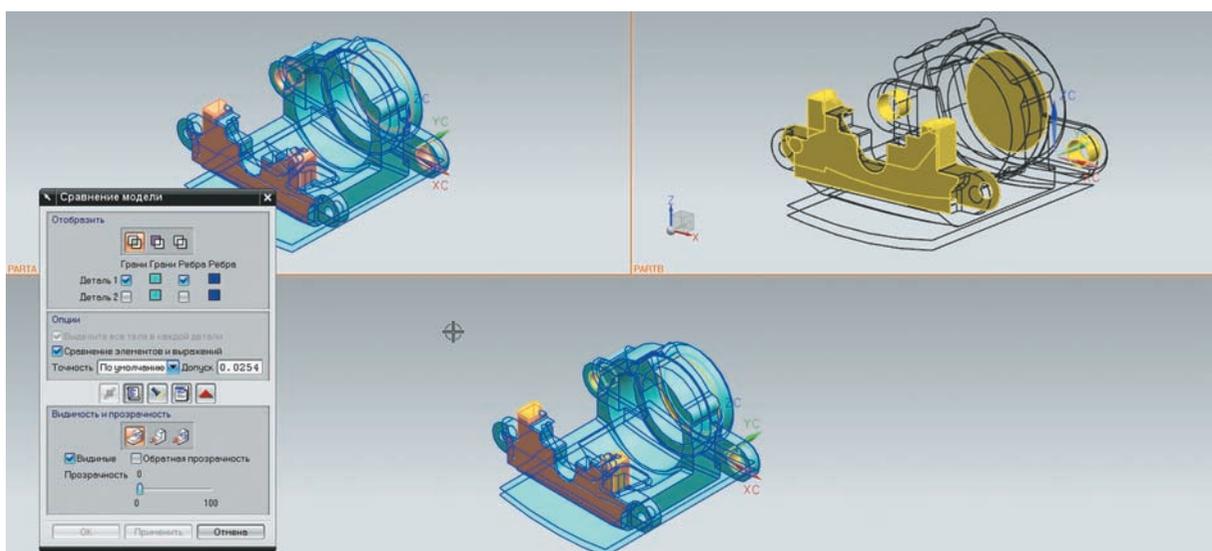


Рисунок 2.22. Анализ различий между моделями

СЕМЕЙСТВА ДЕТАЛЕЙ

Семейства деталей представляют собой набор подобных деталей, имеющих одинаковую форму, но разные размеры, определяющие эту форму. Типовым примером семейства деталей является крепеж, например болт, который имеет одинаковую форму, но может иметь десятки возможных типоразмеров по длине и диаметру. В NX такого рода модели создаются на основе шаблона и таблицы, описывающей возможные размеры данного шаблона. Создадим семейство на базе существующего шаблона:

- Из папки *ch2* откройте в NX файл *partfamily.prt*.

Модель представляет собой листовое тело, управляемое тремя параметрами *H*, *L*, *W* – соответственно по высоте, длине и ширине (рис. 2.23). Эти параметры завязаны на размеры в эскизах и на операцию **Вытягивания**. Для создания семейства деталей не обязательно создавать пользовательские параметры и завязывать их на параметры элементов построения – можно оперировать и ими напрямую. Но в этом случае придётся иметь дело с параметрами, названными системой, то есть без осмысленного имени.

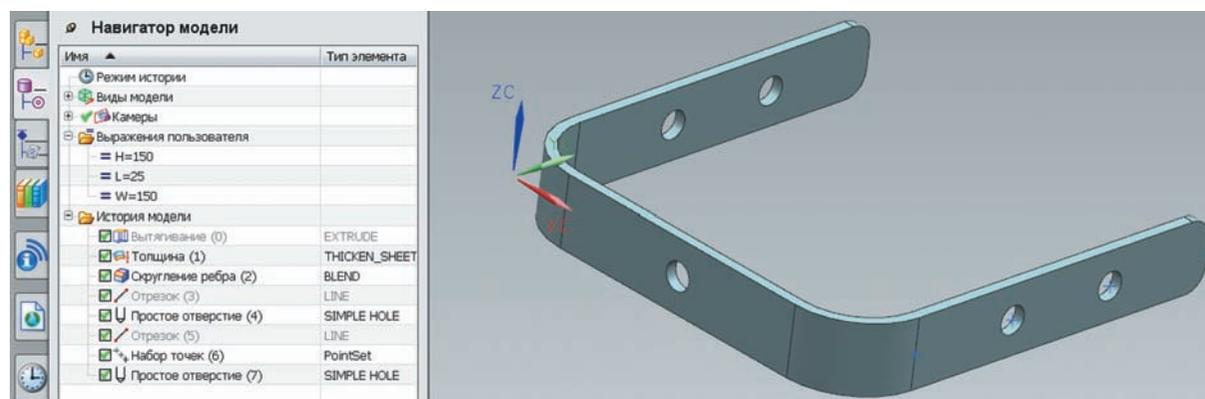


Рисунок 2.23. Шаблон для семейства деталей

Будем в семействе управлять тремя параметрами габаритов модели и состоянием подавления отверстия, расположенного в центре.

- С помощью команды главного меню **Инструменты > Семейства деталей (Tools > Part Families)** откройте диалог определения параметров семейства.
- В данном диалоге необходимо выбрать параметры, которыми будет определяться семейство. Тип параметров выбирается из выпадающего списка **Доступные столбцы (Available Columns)**. Каждый параметр, добавленный в список **Выбранные столбцы (Chosen Columns)**, будет добавлять столбец в электронной таблице.
- Добавьте параметры *H*, *L*, *W* из **Выражений** и добавьте *Simple_Hole(4)*, выбрав в выпадающем списке значение **Элементы (Features)**.
- В текстовом поле **Каталог сохранения семейства (Part Save Directory)** задайте путь

к папке, где будут сохраняться созданные члены семейства (рис. 2.24).

- После этого нажмите кнопку **Создать (Create)**.

Откроется электронная таблица, в которой будут созданы столбцы, соответствующие выбранным параметрам, с единственной строкой, содержащей текущие значения параметров. Для формирования семейства необходимо заполнить таблицу возможными значениями параметров. Также требуется заполнить столбцы OS_PART_NAME и DB_PART_NO. Эти столбцы определяют имя члена семейства для файловой системы и PDM системы соответственно.

В самом приложении Microsoft Excel появится дополнительное меню для управления семейством, состоящее из следующих пунктов:

Проверка детали (Verify Part) – проверяет, может ли выбранный член семейства быть создан с заданными параметрами.

Применить значения (Apply Values) – обновляет модель в соответствии с текущими значениями.

Обновить детали (Update Parts) – обновляет члены семейства. Если ни одной строки в таблице не выбрано, то обновляются все члены семейства.

Создание детали (Create Parts) – создает модель с выбранными параметрами.

Сохранить семейство (Save Family) – сохраняет табличные значения параметров членов семейства в файл шаблона.

Отмена (Cancel) – возвращает управление в NX без сохранения данных в таблицы.

Все созданные члены семейства будут управляться через шаблон, поэтому все изменения геометрии должны производиться только в шаблоне, а потом обновляться в семействе.

- **Задать значения параметров для нескольких членов семейства, заполнив все столбцы.** В колонке, соответствующей элементу отверстия для его подавления в каких-либо членах семейства, необходимо вписать значение NO (рис. 2.25).
- **Проверьте, как NX обрабатывает значения из таблицы.** Для этого выделите строку одного из член-

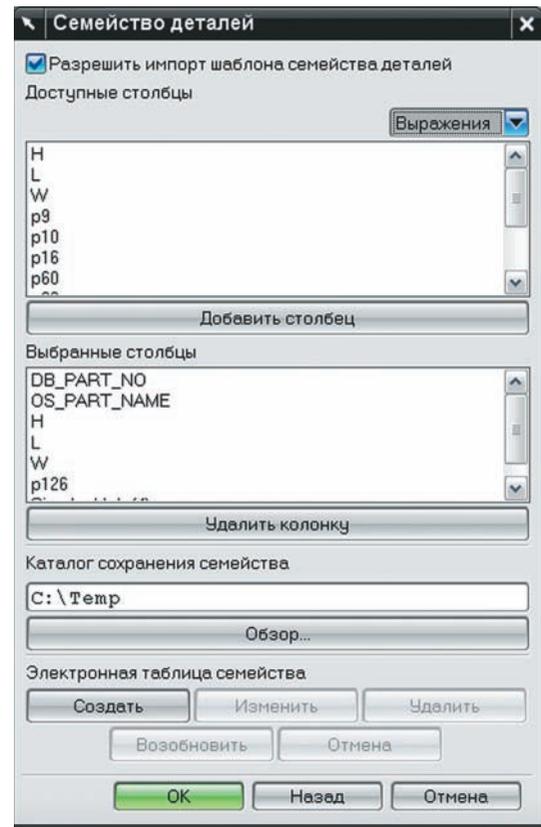


Рисунок 2.24. Диалог определения семейства.

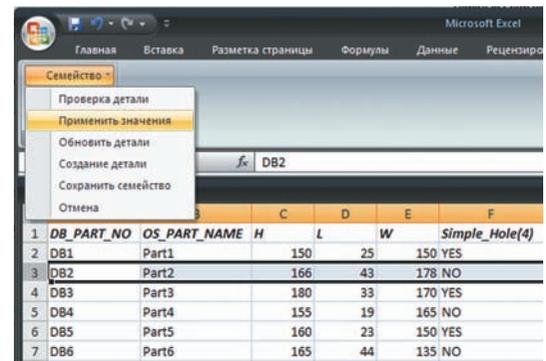


Рисунок 2.25. Задание параметров семейства

нов семейства и в дополнительном меню выберите пункт **Применить значения**. Вернитесь в окно NX и убедитесь в том, что модель перестроилась согласно новому значению.

Для генерации файлов моделей семейства выделите все или часть строк и в дополнительном меню выберите **Создание детали**. Созданные экземпляры семейства будут сохранены в папку, указанную в диалоге задания семейства.

Глава 3

Моделирование поверхностей

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Работа с поверхностями
- Базовые настройки
- Построение поверхности по кривым
- Поверхности заметания
- Получение твёрдых тел
- Практическое использование

РАБОТА С ПОВЕРХНОСТЯМИ

Умение работать с поверхностями необходимо всем пользователям, работающим в CAD системах высшего уровня. Практически во всех отраслях промышленности встречаются детали, для построения моделей которых необходимо прибегать к функционалу поверхностного моделирования. Твердотельное моделирование позволяет строить 3D модель, комбинируя логическими операциями различные формы, полученные операциями протягивания и вращения плоских контуров. Это дает возможность строить сравнительно простые модели, но когда возникает необходимость получить более сложные формы, приходится обращаться к поверхностному моделированию.

Обычно при построении моделей реальных изделий приходится сочетать твердотельное моделирование и моделирование поверхностей. Но есть и ряд задач, которые решаются только в модуле моделирования поверхностей. Например, создание аэродинамических обводов летательного аппарата или моделирование корпусов изделий бытовой техники. Иногда построить твердотельную модель возможно только путём создания поверхностной оболочки заданной геометрической формы в модуле работы с поверхностями и дальнейшей обработки полученной поверхности в модуле твердотельного моделирования. Это характерно для задач из области промышленного дизайна.

В системе NX поверхность представляет собой тело нулевой толщины, имеющее две размерности. У пользователя есть возможность как получить твёрдое тело на основе поверхности, с помощью специальной команды задав толщину, так и производить обратные операции – получать поверхности на основе граней существующих твёрдых тел.

Некоторые команды твердотельного моделирования также могут создавать и редактировать поверхности. В ряде случаев этого функционала достаточно для построения простых поверхностей, и нет необходимости прибегать к другим инструментам создания поверхностей.

Так, например, операции **Вытягивания (Extrude)** или **Вращения (Revolve)** при исполь-

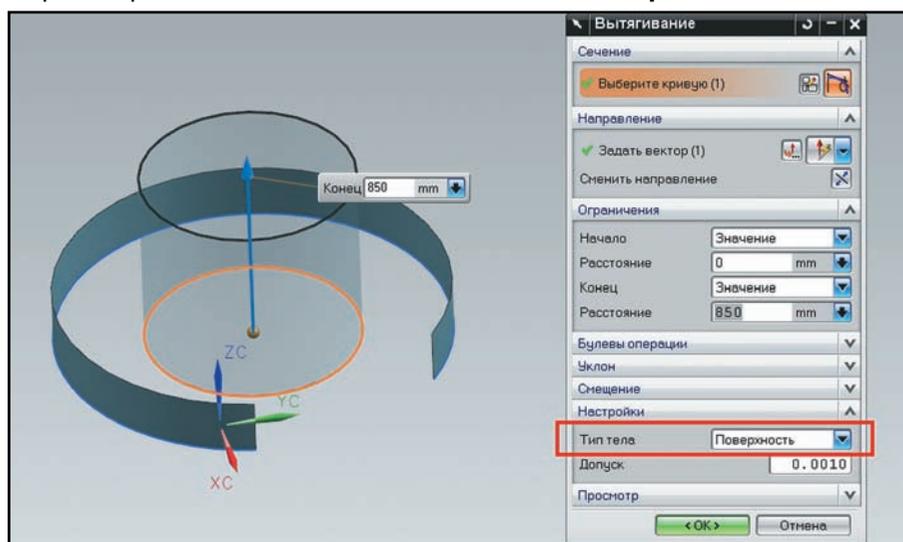


Рисунок 3.1 Получение простых поверхностей

зовании незамкнутого контура или включения соответствующей опции создадут не твёрдое тело, а поверхность (рис. 3.1). Также операции **Обрезка тела (Trim Body)** и **Разделить тело (Split Body)** могут принимать в качестве входных параметров не только плоскости и грани тел, но и поверхности.

В функционал системы NX входят два модуля, предназначенных для работы с поверхностями. Один из них, модуль поверхностей свободной формы (**Freeform Modeling**), входит в приложение **Моделирование (Modeling)** и представлен набором инструментальных панелей и меню, содержащих команды построения и редактирования поверхностей. Второй модуль оформлен в виде отдельного приложения **Студия формы (Shape Studio)**, которое необходимо активировать через меню **Начало > Все приложения > Студия формы (Start > Applications > Shape Studio)**.

В данной главе мы сделаем акцент на функционале первого модуля, так как он закрывает большую часть задач моделирования поверхностей в машиностроении, и в то же время освоение возможностей этого модуля будет достаточным для начала использования модуля **Студии формы**. Функционал **Студии формы** является развитием средств моделирования поверхностей и предназначен для задач, где требуется получение эстетических поверхностей, применяемых в области промышленного дизайна и художественного моделирования. Многие функции **Студии формы** пересекаются с тем набором средств, которые есть в модуле **Моделирование**, но при этом предоставляют большее количество опций, позволяющих более гибко управлять построением поверхностей.

Естественно, любая операция по созданию и редактированию поверхностей, как и сами поверхности, описывается мощным математическим аппаратом, который NX реализует в своих алгоритмах. Но с точки зрения пользователя знание этой математики, как правило, не очень помогает при практической работе, поэтому мы не будем подробно останавливаться на математическом описании кривых и поверхностей и больше сосредоточимся на практическом использовании функционала работы с поверхностями.

БАЗОВЫЕ НАСТРОЙКИ

Для начала работы с поверхностями имеет смысл ознакомиться с некоторыми общими настройками, которые так или иначе будут влиять на результат, получаемый при работе команд. Под общими настройками подразумеваются те наборы опций, которые применимы по умолчанию ко всем получаемым объектам в пределах данного файла модели. Ряд команд в своих диалоговых окнах предоставляют возможность пользователю изменить значения общих настроек применительно к данному объекту.

Для получения доступа к общим настройкам в главном меню выберите пункт **Настройки > Моделирование (Preferences > Modeling)**. В появившемся диалоге нас интересуют вкладки **Общий (General)** и **Поверхности свободной формы (Freeform)**. Первое, на что стоит обратить внимание, – это настройки точности моделирования на первой вкладке (рис. 3.2).

Линейный допуск (Distance Tolerance) контролирует максимально возможное расстояние между теоретической поверхностью, описанной математическим уравнением, и поверх-

ностью, получаемой аппроксимацией при построении. Эта опция влияет на все команды, которые так или иначе имеют дело с аппроксимациями.

Угловой допуск (Angle Tolerance) контролирует максимально допустимое отклонение вектора нормали в каждой точке получаемой поверхности от вектора нормали в точке теоретической поверхности. Опять же речь идёт о разнице между теоретической поверхностью и аппроксимацией, получаемой при построении поверхности в NX.

С практической точки зрения при работе с допусками надо иметь в виду, что увеличение точности построения будет означать, что для операций построения и редактирования понадобится больше времени и машинных ресурсов, а именно памяти. Дополнительно надо иметь в виду, что эти допуски не являются независимыми с математической точки зрения, поэтому возможны случаи, когда при построении поверхности, даже когда получаемая поверхность будет удовлетворять линейному допуску, система будет уточнять аппроксимацию, чтобы уложиться в угловой допуск. Это косвенно можно оценить по резко возросшему потреблению оперативной памяти, а также по увеличению размера файла модели. В таких случаях, если нет особых требований к угловому допуску, необходимо его увеличить.

Тип тела (Body Type) определяет результат работы некоторых команд, которые могут

создавать как твердое тело, так и поверхность. У некоторых команд эта опция включена в диалоговый интерфейс, и её можно изменять непосредственно во время создания объекта.

Сетка линий (Grid Lines) определяет количество изопараметрических линий, отображаемых на поверхностях вдоль двух ортогональных направлений (рис. 3.3). Эти линии видны лишь в режиме отображения **Статический каркас (Static Wireframe)** и служат только для визуального анализа получаемых поверхностей. Количество линий, задаваемых этими параметрами,

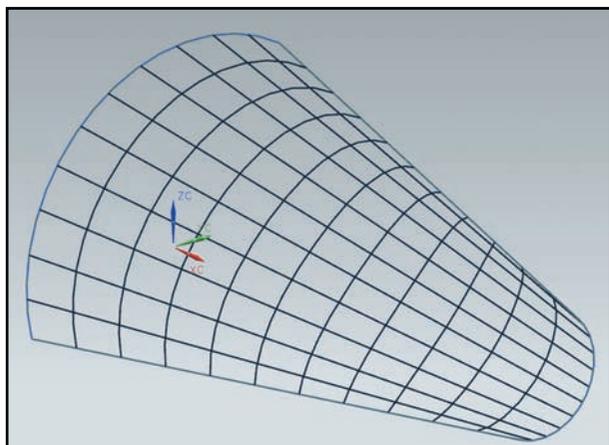


Рисунок 3.3 Изопараметрические кривые

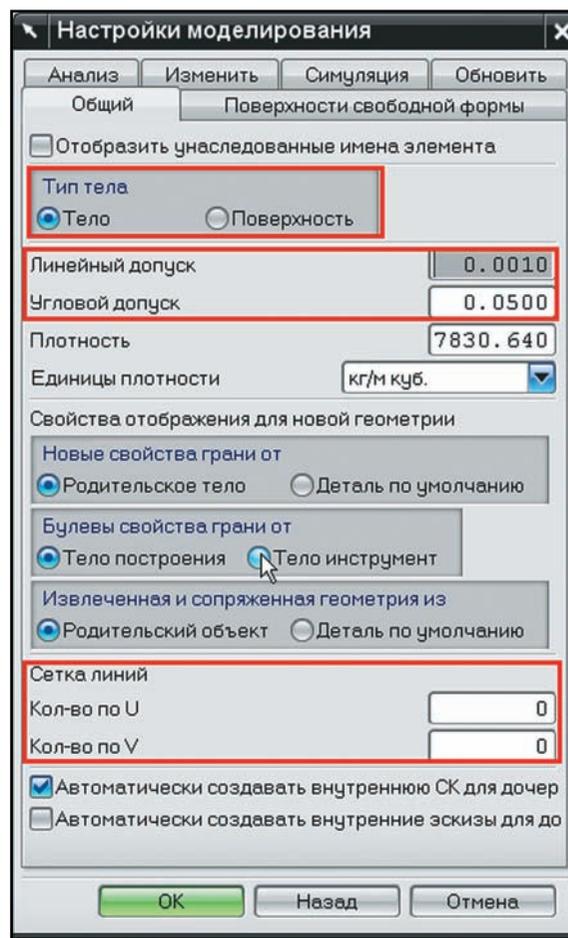


Рисунок 3.2 Базовые настройки

никак не влияет на точность и гладкость поверхности. Для отображения изопараметрических линий на уже существующих объектах или для изменения количества отображаемых линий необходимо воспользоваться командой главного меню **Изменить > Отображаемый объект (Edit > Object Display)**.

На второй вкладке обратите внимание на настройку **Метод аппроксимации кривой (Curve Fit Method)**. Эта настройка применима в тех случаях, когда в операциях построения необходимо аппроксимировать сплайнами связанные цепочки кривых. Она определяет степень сплайна, которым будет произведена аппроксимация. Кубический сплайн – самый простой, как правило, при экспорте файлов моделей в CAD системы среднего уровня имеет смысл выбирать это значение. Сплайн 5-й степени наиболее эффективно воспроизводит кривизну исходных кривых. Для более высоких степеней необходимо использовать последнее значение настройки.

Ещё одна группа настроек, которые нас интересуют на этой вкладке, называется **Дополнительные опции перестроения (Advanced Rebuild Options)**. Эти настройки применимы к нескольким командам построения поверхности, в диалогах которых есть опция перестроения поверхности. Если режим перестроения включён, то NX перестраивает исходные кривые, меняя их степень, чтобы получить более высококачественную поверхность. Это полезно, когда исходные кривые, на базе которых строится поверхность, сильно отличаются по степени математического описания или имеют неоптимальное расположение управляющих точек.

Также на этой вкладке есть настройка **Результат создания свободной формы (Freeform Construction Result)**. Эта настройка определяет, что будет создаваться при операциях построения поверхностей, если получаемый геометрический объект или его часть будут плоскими в пределах допусков точности. Значение **Плоскость (Plane)** будет заставлять систему создавать простые геометрические объекты, то есть, другими словами, система будет использовать упрощённое математическое описание объекта. Если вам важно сохранить изопараметрические кривые и более сложное математическое описание получаемого объекта, то следует выбрать опцию **В-поверхность (B-surface)**.

Необходимо иметь в виду, что любое изменение общих настроек модели применимо ко всем операциям построения, произошедшим после изменения. Это значит, что изменив, например, параметры допусков, вы повлияете на объекты, созданные после изменения, в то

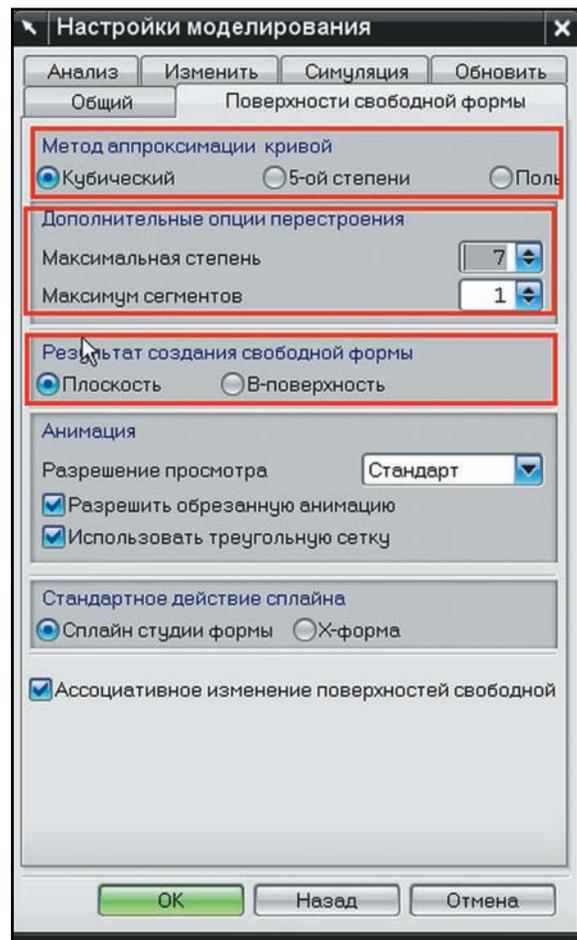


Рисунок 3.4 Базовые настройки

время как все объекты, созданные до момента изменения настроек, будут основываться на старых значениях опций. При необходимости изменения настроек для уже существующих настроек необходимо редактировать сами объекты.

При работе с командами построения и редактирования поверхностей вы часто будете сталкиваться с заданием условий сопряжений поверхностей G0–G1. Не вдаваясь в математические подробности описания поверхностей, условия G0–G3 можно описать так:

G0 – две поверхности (границы тела) имеют общую границу, то есть соединяются друг с другом;

G1 – две поверхности имеют общую границу, и для обеих поверхностей соблюдается условие касательности в каждой точке этой границы;

G2 – две поверхности имеют общую границу, и для обеих поверхностей соблюдается условие непрерывности по кривизне в каждой точке этой границы;

G3 – две поверхности имеют общую границу, и приращение кривизны для каждой точки границы одинаково для обеих поверхностей.

Давайте рассмотрим основные способы создания поверхностей, которые представлены в модуле поверхностей свободной формы.

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КРИВЫМ

Модуль моделирования поверхностей свободной формы предлагает два способа создания поверхностей по кривым. Первый способ предполагает построение через набор кривых, расположенных последовательно друг за другом. Второй способ предполагает наличие двух наборов кривых, расположенных во взаимно перпендикулярном направлении, то есть поверхность строится по сетке кривых. Давайте рассмотрим оба этих способа на примерах и основные опции соответствующих команд:

- Запустите NX7.5 и, зайдя в папку *Examples/ch3*, откройте файл *surf1.prt*.
- Активируйте инструментальную панель **Поверхность (Surface)**, если она не отображена у вас на экране. Для этого нажмите правой кнопкой мыши на любой другой инструментальной панели и в появившемся контекстном меню выберите пункт **Поверхность (Surface)**.

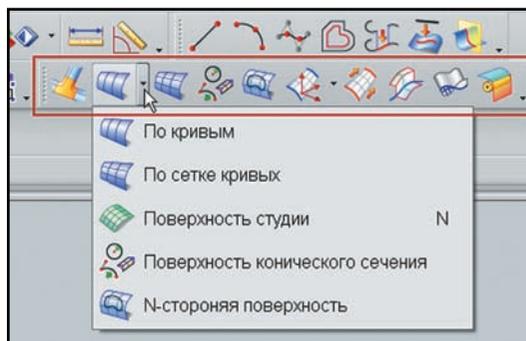


Рисунок 3.5 Команды построения поверхностей

Набор кнопок в инструментальной панели, изображённый на рис. 3.5, может отличаться от того, что вы видите у себя на экране, так как это определяется доступностью определённых лицензий и применённой роли. Вы всегда можете добавить или убрать кнопки с инструментальной панели через меню настройки панели, нажав на маркер выпадающего меню в самой правой части панели.

- В главном меню, выбрав пункт **Настройки > Моделирование (Preferences > Modeling)**

на вкладке **Общий (General)**, задайте отображение сетки изопараметрических линий. Для этого примера достаточно будет задать количество линий по U и V направлениям, равным 15.

- В инструментальном меню **Поверхность (Surface)** нажмите кнопку **По кривым (Through Curves)** для вызова диалога построения поверхности по набору кривых (как альтернативу инструментальным панелям инструментов вы можете использовать главное меню приложения. Все команды создания объектов дублируются в пункте меню **Вставить (Insert)**).

Для построения поверхности по кривым вам необходимо задать минимум два набора кривых, через которых будет проходить поверхность. Под набором понимается группа связанных между собой кривых, формирующих одно сечение. В нашем случае мы хотим построить поверхность через два сечения образованными красными и зелеными кривыми, соединёнными между собой.

- Укажите первый набор кривых для задания первого сечения. Для этого в инструментальной панели выбора в выпадающем списке выберите правило **Связанные кривые (Connected Curves)** и укажите одну из красных кривых. Первый набор будет сформирован из трех связанных кривых и добавлен в список. В диалоговом окне разверните элемент **Список (List)**, находящийся в блоке диалога **Сечения (Sections)**.
- Теперь укажем второй набор кривых для задания второго сечения. Нажмите кнопку **Добавить новый набор (Add New Set)** или в графической области нажмите среднюю кнопку мыши и выберите одну из зеленых кривых. В список будет добавлен ещё один набор, формирующий второе сечение, и будет отображён предварительный вид получающейся поверхности в соответствии с текущими настройками команды.

В общем случае таких сечений может быть несколько, поэтому для задания очередного сечения всегда необходимо добавлять новый набор в список, иначе система будет считать вы-

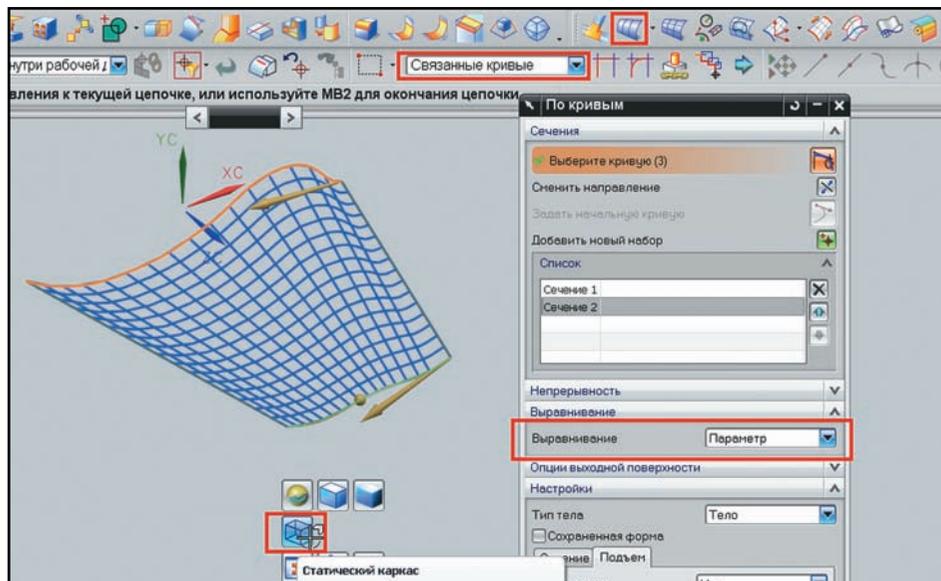


Рисунок 3.6 Построение поверхности по кривым

бираемые объекты одним набором, что приведёт к нежелательному результату.

- Переключитесь в режим отображения **Статический каркас (Static Wireframe)**, чтобы видеть изопараметрические линии поверхности. Для этого, не выходя из команды построения, нажмите правую кнопку мыши на графической области и держите её до появления радиального меню, в котором нажмите соответствующую кнопку. Обратите внимание, что после указания наборов кривых на них появились стрелки, указывающие направление каждого набора. Для правильного построения поверхности вам необходимо добиться одинакового направления стрелок у каждого набора. Если направление будет отличаться, то возникнет перехлест поверхности, который, как правило, является нежелательным. Для смены направления вы можете воспользоваться кнопкой **Сменить направление (Reverse Direction)** в диалоге команды, выбрав в списке соответствующий набор. Или просто двойным щелчком левой кнопкой мыши на стрелке в графической зоне поменять её направление на обратное (рис. 3.6).
- Сверните блок диалога **Непрерывность (Continuity)**, так как он пока нам не понадобится, а в блоке **Настройки (Settings)** выключите опцию **Сохранённая форма (Preserve Shape)**. Затем в блоке **Выравнивание (Alignment)** поменяйте одноимённую опцию с **Параметр (Parametr)** на **Длина дуги (Arc Length)**. Обратите внимание, как меняется сетка изопараметрических кривых. Когда используется опция **Параметр**, система фактически учитывает то, что сечение состоит из нескольких кривых. Каждая кривая одного сечения соединяется с соответствующей ей кривой в другом сечении. При этом разбиение интервалов при построении изопараметрических кривых производится на основе длины каждой кривой, входящей в сечение. В случае с опцией **Длина дуги** система считает, что сечения являются едиными кривыми и разбиение интервалов для построения изопараметрических кривых производится на основе длины всего сечения. Какой из вариантов больше подходит для каждого конкретного случая, определяется, исходя из результата, который необходимо получить.
- Ещё один часто используемый способ выравнивания сечений при построении поверхности.

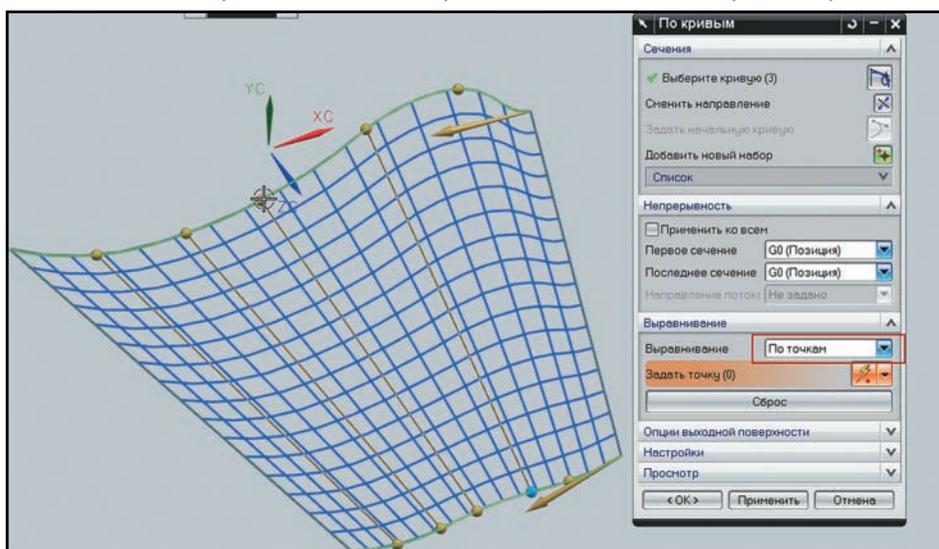


Рисунок 3.7 Выравнивание по точкам

Это ручное сопоставление точек на сечениях. Для этого выберите опцию выравнивания **По точкам (By Points)**. Система отобразит те точки, которые в данный момент используются для выравнивания (рис. 3.7). По умолчанию исходное положение точек соответствует опции выравнивания **Параметр**, то есть сопоставляются точки стыковки кривых, из которых состоят сечения. В режиме **По точкам** вы можете подвигать существующие точки, добавить дополнительные точки и удалить существующие. Для добавления точки необходимо просто щёлкнуть левой кнопкой мышки на одной из кривых, при этом будет добавлена и соответствующая точка на другом сечении. Для удаления существующей точки необходимо вызывать контекстное меню, нажав правую кнопку мыши на соответствующей точке.

- Рассмотрим ещё один пример использования опции выравнивания **По точкам**, который более наглядно покажет отличие этого способа от других.
- Откройте файл *surf2.prt* из папки *Examples/ch3*. В этой модели находятся два набора связанных кривых, но при этом количество кривых в обоих наборах отличается.
- С помощью команды **По кривым** постройте поверхность по этим двум наборам кривых аналогично предыдущему примеру. При построении убедитесь, что направления сечений, ука-

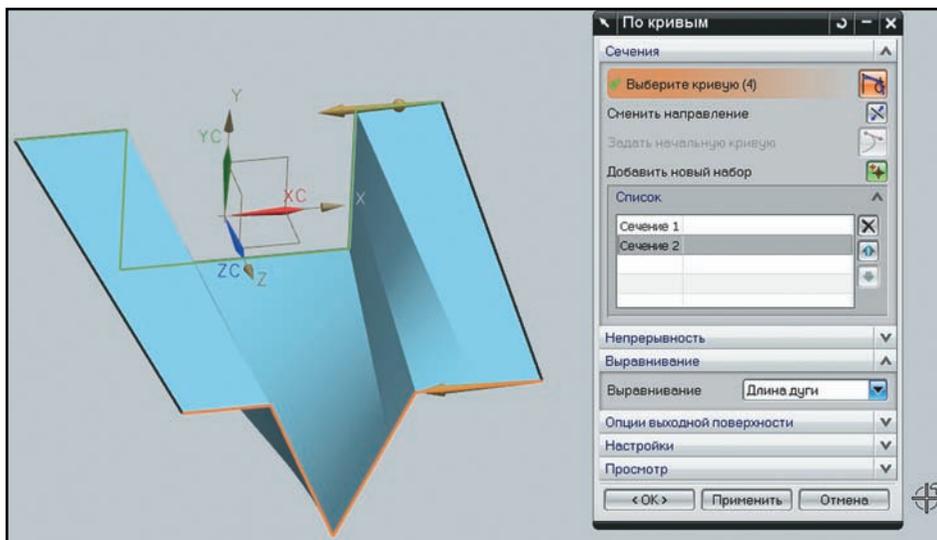


Рисунок 3.8 Использование метода выравнивание Длина дуги

занные стрелкой, совпадают, а также что опция **Сохранённая форма (Preserve Shape)** в блоке **Настройки (Settings)** деактивирована. Обратите внимание, что при использовании опций выравнивания **Длина дуги** и **Параметр** результирующая поверхность искажается, и происходит скручивание отдельных частей поверхности (рис. 3.8). Это происходит из-за несоответствия сечений как по количеству составляющих кривых в них, так и по длинам.

- Переключите опцию выравнивания на значение **По точкам**. Теперь вы можете выровнять поверхность, так как это больше подходит, исходя из желаемого результата. Возьмите точку А и перетащите её из положения 2 в положение 1, а точку Б - в положение 2. В результате будет получена поверхность без искривлений и скручивания (рис. 3.9).

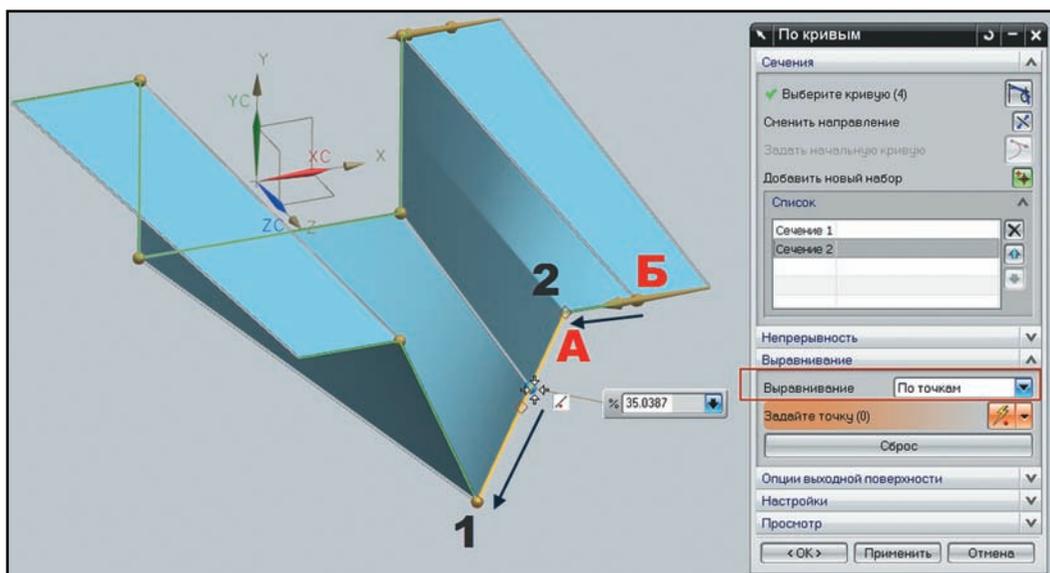


Рисунок 3.9 Использование метода выравнивание По точкам

Мы рассмотрели три наиболее часто встречающиеся опции выравнивания при построении поверхности, но команда построения поверхности содержит ещё несколько способов выравнивания, о которых можно прочитать в справочной системе NX. Сейчас давайте на примере рассмотрим условия сопряжения поверхностей, которые задаются в блоке **Непрерывность (Continuity)** диалога команды построения поверхности **По кривым**.

- Откройте файл *surf3.prt* из папки *Examples/ch3*.
- В модели содержатся две поверхности, и нам необходимо построить третью поверхность, которая будет их соединять.
- Запустите команду построения поверхности **По кривым** и, выбрав в панели выбора правило **Единственная кривая (Single Curve)**, задайте два набора кривых. Для этого выбери-

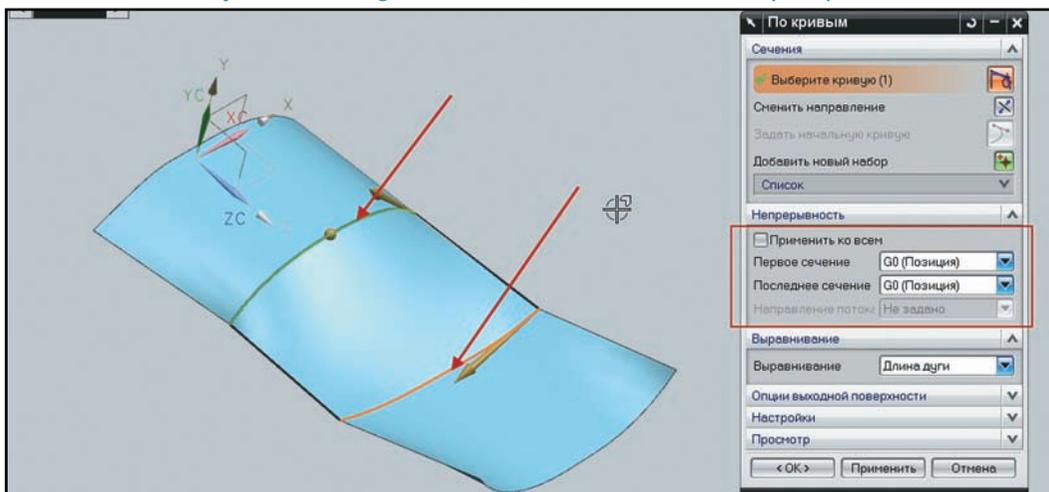


Рисунок 3.10 Задание условий сопряжения

те кромки двух поверхностей, расположенные ближе всего друг к другу, не забывая нажать среднюю кнопку мыши после выбора первой кромки. Мы получим два набора кривых, состоящих каждый из одного элемента, и этого хватит для того, чтобы система построила предварительный вид поверхности (рис. 3.10). Убедитесь в том, что оба набора имеют одинаковое направление, чтобы не было перехлеста.

Обратите внимание на опции сопряжения в блоке **Непрерывность**. Сейчас условие сопряжения установлено в значение **G0 (Позиция) (Position)**. Это означает, что построенная поверхность стыкуется с исходными поверхностями в каждой точке общих границ. При этом никаких условий касательности или кривизны не соблюдается.

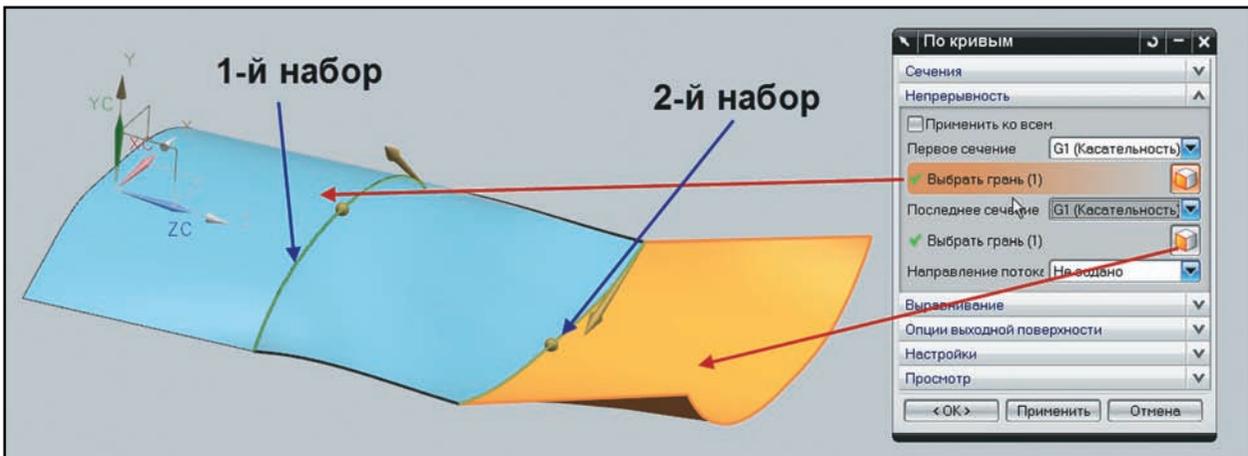


Рисунок 3.11 Задание условий касательности на стыках

- Поменяйте условие непрерывности на первой кромке на **G1 (Касательность) (Tangent)**. Теперь системе необходимо указать, относительно какой поверхности надо соблюдать условие касательности. Укажите существующую смежную поверхность. Сделайте то же самое для второй кромки создаваемой поверхности (рис. 3.11). И нажмите кнопку **ОК** в диалоге.

Построенная поверхность теперь не образует изломов на границах с двумя другими поверхностями, которые она соединяет. Переключившись в режим отображения **Статический каркас** для отрисовки изопараметрических линий, вы можете более наглядно оценить переходы на границах стыковки поверхностей.

- Переключитесь обратно в режим отображения **Закраска с рёбрами (Shaded with Edges)** и в главном меню выберите **Анализ > Форма > Отражение (Analysis > Shape > Reflection)**.
- В появившемся диалоге выберите **Тип изображения – Прямой (Image type - Line images)** и включите режим **Черно-белых линий (Black and White Lines)**. В выпадающем списке **Ориентация прямой (Line Orientation)** выберите значение **Вертикальный (Vertical)** и нажмите кнопку **Применить (Apply)**. Как видно из полученного анализа поверхности на основе отражённого света, хоть и условие касательности соблюдается, есть нарушения кривизны (рис. 3.12).

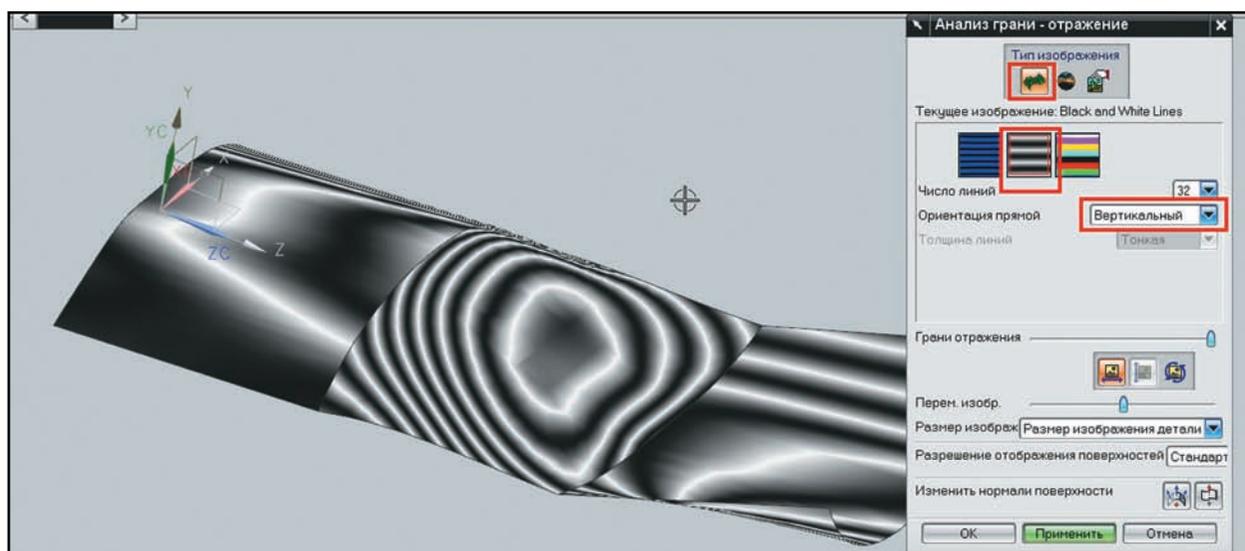


Рисунок 3.12 Анализ стыков с условием касательности

- Нажмите кнопку **Отмена (Cancel)** в диалоге анализа и двойным щелчком на построенной поверхности вызовите диалог команды **По кривым** для её редактирования. В блоке **Непрерывность** поменяйте значение опций сопряжения на **G2 (Кривизна) (Curvature)** для обеих границ. Поверхность будет перестроена, и анализ на основе отражённого света покажет, что теперь нет нарушений по кривизне на всех переходах (рис. 3.13).

Теперь давайте построим поверхность по сетке кривых. Как уже говорилось, этот способ предполагает наличие двух взаимно перпендикулярных групп кривых, на основе которых будет производиться построение. При этом условие перпендикулярности не является строгим, то есть сетка кривых может быть сформирована из примерно перпендикулярных групп. Величина допуска на перпендикулярность будет определяться отклонениями получаемой поверх-

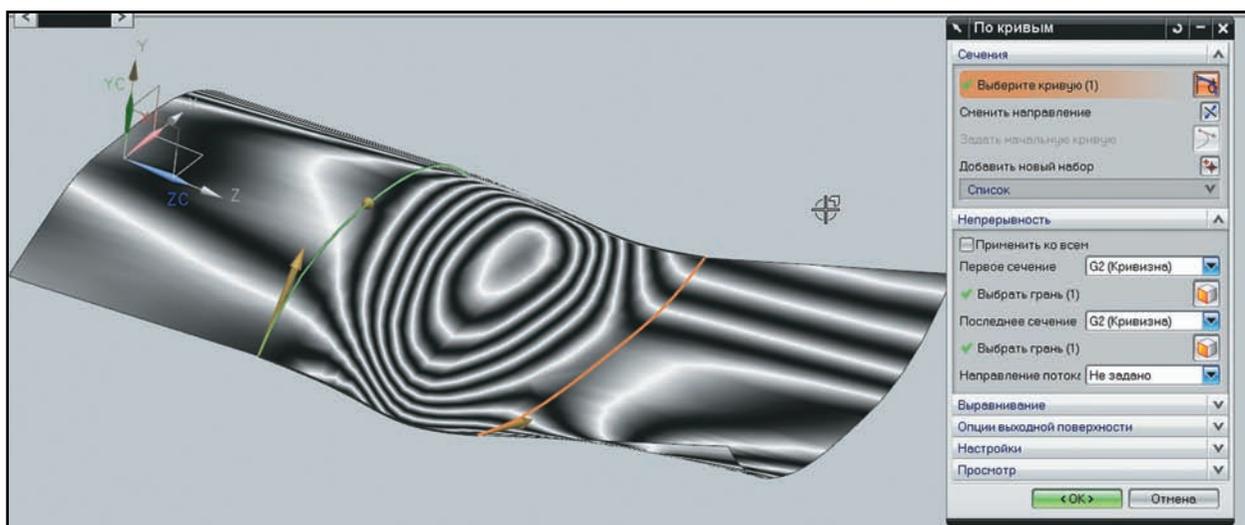


Рисунок 3.13 Анализ стыков с условием сохранения кривизны

ности от заданных допусков точности. Пока результирующая поверхность при всех наложенных на неё ограничениях будет соответствовать заданной точности, отклонение от перпендикулярности между группами кривых, формирующих сетку, будет считаться приемлемым.

Аналогично в рамках каждой группы все наборы (сечения) должны быть примерно параллельными, но не должны пересекаться. Также допускается отсутствие прямого пересечения между группами кривых, то есть они могут располагаться на некотором удалении друг от друга.

- Откройте файл *surf4.prt* из папки *Examples/ch3*.
- Модель содержит несколько кривых, которые можно разбить на две группы условно пересекающихся сечений поверхности.
- На кнопочной инструментальной панели нажмите кнопку **По сетке кривых (Through Curve Mesh)**.

Появившийся диалог команды практически совпадает с диалогом команды **По кривым**. Основное отличие, что в этом диалоге есть два списка для задания групп кривых – первичных и поперечных.

- Задайте первичную группу кривых, для этого выберите поочередно четыре синие кривые, нажимая среднюю кнопку мыши после каждой указанной кривой. Убедитесь в том, что стрелки, указывающие направление кривых, повернуты в одну сторону.

Как и в предыдущей команде, нажатие на среднюю кнопку мыши аналогично нажатию на кнопку **Добавить новый набор (Add New Set)** в диалоговом окне. В общем случае один набор (или сечение) может состоять из нескольких соединённых кривых. А в случае если в один набор входят кривые, образующие замкнутый контур, то становится активной кнопка задания начальной кривой. Она позволяет перезадать начальную точку отсчета, от которой откладываются интервалы между изопараметрическими линиями. В нашем примере для простоты каждый набор состоит из одной кривой, поэтому мы эту кнопку не используем. Если вам необходимо поменять порядок кривых в списке, то воспользуйтесь стрелками в правой части

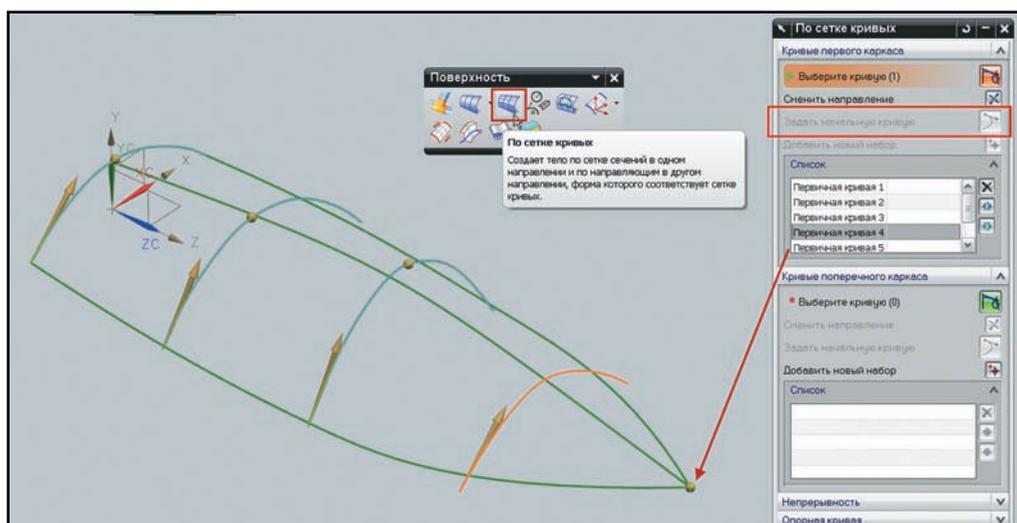


Рисунок 3.14 Построение поверхности по сетке кривых

списка. В случае если какая-либо кривая была добавлена в набор ошибочно, выделите этот набор в списке и в графической области укажите эту кривую, нажав клавишу **Shift**, затем укажите правильную кривую.

- В качестве пятого набора укажите точку, в которой сходятся три зеленые линии. В данном случае точка является частным случаем кривой и одним из сечений для построения поверхности (рис. 3.14).
- В диалоговом окне команды переключитесь на блок ввода кривых поперечного каркаса, нажав кнопку **Выберите кривую**. Укажите поочередно три зеленые кривые, создавая новый набор каждый раз после указания кривой. Также убедитесь в том, что направления всех кривых совпадают.

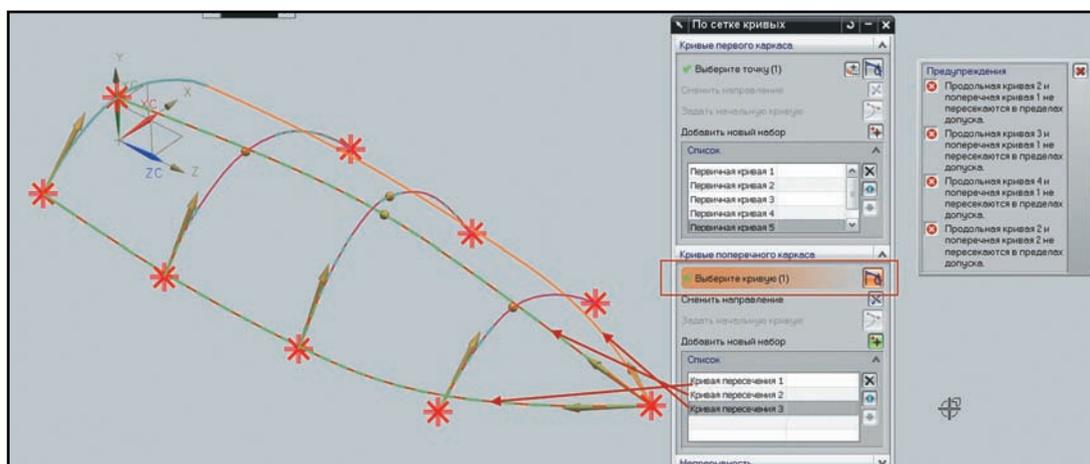


Рисунок 3.15 Задание поперечных наборов сетки

После выбора второй кривой система попытается построить поверхность на основе текущих настроек и заданных наборов. Так как группы первичных и поперечных кривых не пересекаются явно и расстояние между ними превышает заданный допуск, то в информационное окно будет выведена информация об этом, а в графической области будут подсвечены места,

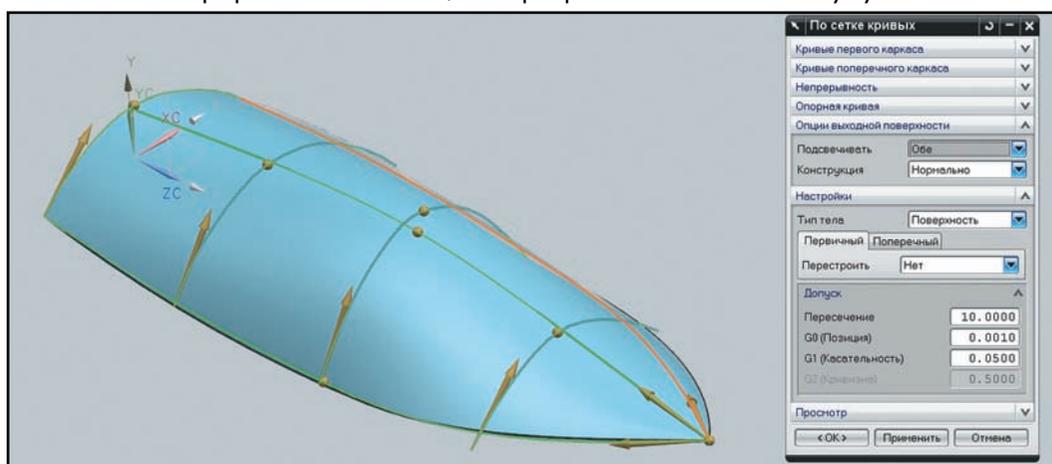


Рисунок 3.16 Редактирования допуска построения поверхности

где пересечение не попадает в допуск (рис. 3.15).

- В диалоговом окне раскройте блок **Настройки (Settings)** и увеличьте допуск на **Пересечение (Intersection)** до 10. Поверхность будет построена, так как теперь максимальное расстояние между наборами кривых двух групп находится в пределах допуска (рис. 3.16). При этом у вас есть возможность определить, где будет лежать результирующая поверхность. Для этого раскройте блок **Опции выходной поверхности (Output Surface Options)**. По умолчанию создаваемая поверхность, в случае когда группы не пересекаются явно, расположена между наборами групп. Соответствующая опция установлена в значение **Обе (Both)**, то есть обе группы кривых определяют положение поверхности. Переключая эту опцию, вы можете указать, что поверхность также может лежать на наборах кривых первичной группы или на наборах кривых поперечной группы.
- Нажмите **ОК** в диалоге команды и сохраните модель.

ПОВЕРХНОСТИ ЗАМЕТАНИЯ

Поверхность заметания получается путём протягивания одного или нескольких сечений по заданной траектории. Это даёт возможность строить поверхности постоянного сечения или переходные поверхности между сечениями разной формы по заданной траектории. В инструментальной панели **Поверхности** присутствуют несколько команд создания поверхностей заметания, которые отличаются опциями управления сечением вдоль траектории, в частности его формой и ориентацией. Рассмотрим базовую команду создания поверхности за-

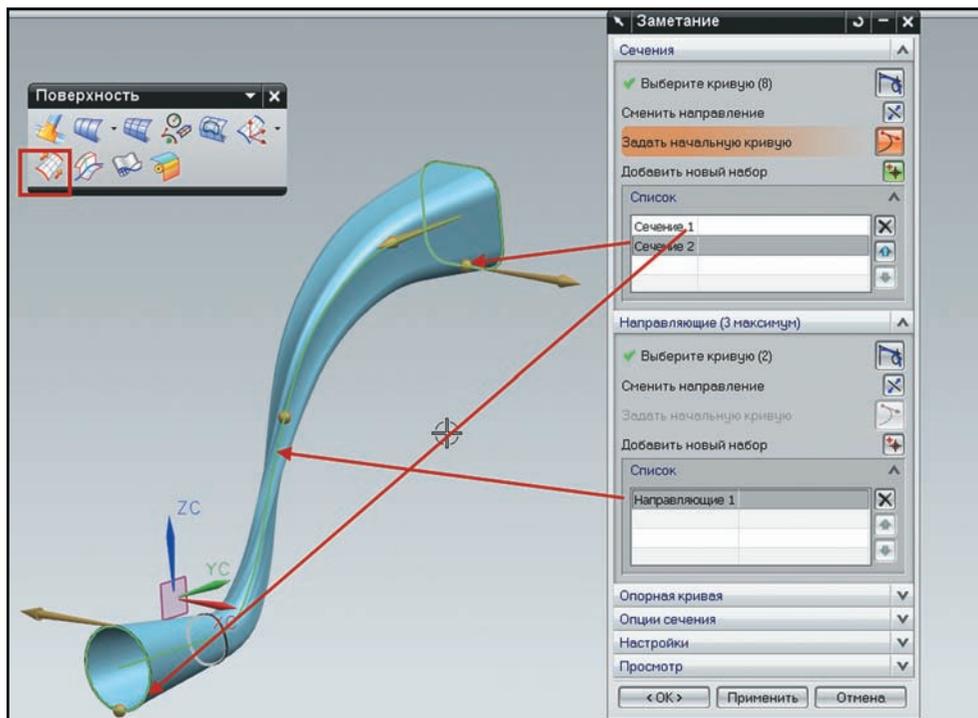


Рисунок 3.17 Создание поверхности заметания

метания.

- Из папки *Examples/ch3* откройте файл *surf5.prt*. Сейчас модель представляет собой одну кривую, которая будет служить направляющей, и два замкнутых сечения, которые мы протянем вдоль этой направляющей.
- В инструментальной панели **Поверхность (Surface)** нажмите кнопку команды **Заметание (Swept)**.
- В блоке **Настройки (Settings)** для опции **Тип тела (Body type)** установите значение **Поверхность (Sheet)**.
- В первом блоке нам необходимо задать наборы сечений. Логика указания кривых, входящих в набор, здесь такая же, как и в командах построения поверхностей по кривым и сеткам кривых. Каждый набор представляет собой одно сечение, при этом в набор может входить несколько соединенных кривых. При этом набор может быть как замкнутым, так и открытым. Укажите окружность как первый набор и, нажав среднюю кнопку мыши, добавьте второй набор в список.
- Во второй набор добавьте кривые второго сечения. Для этого в инструментальной панели выбора установите правило **Связанные кривые (Connected Curves)** и укажите нижнюю горизонтальную линию второго сечения. В данном случае мы намеренно допускаем ошибку, чтобы продемонстрировать работу кнопки перезадавания начальной кривой (рис. 3.17). Убедитесь в том, что направления сечений, указанные стрелками, совпадают.

При этом в случае с замкнутыми сечениями стрелку лучше расценивать как направление

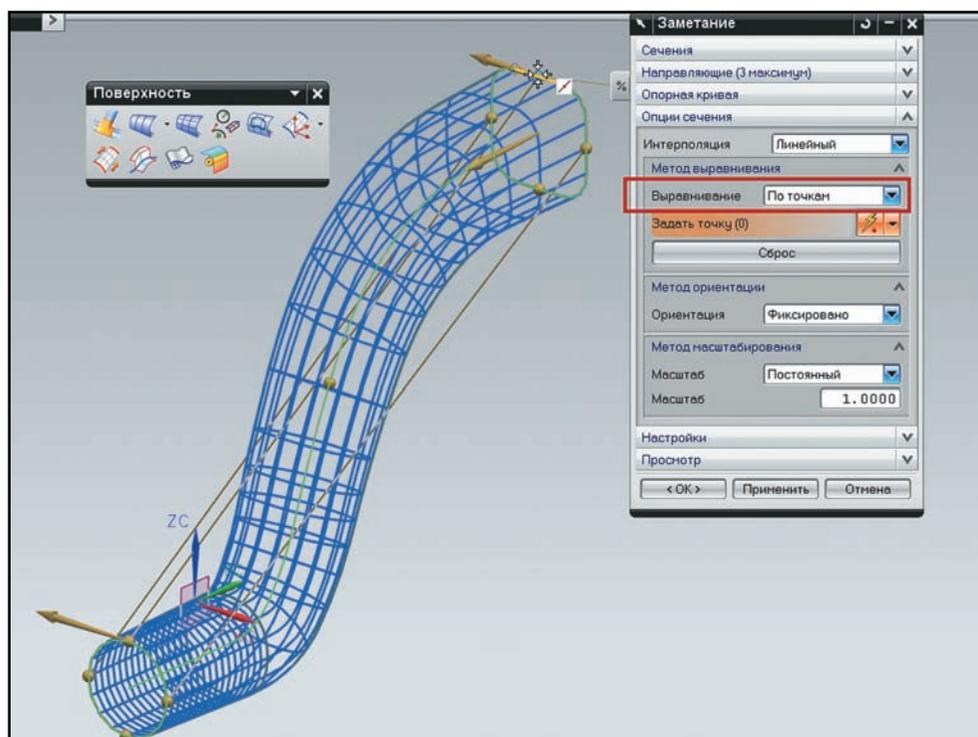


Рисунок 3.18 Выравнивание поверхности заметания по точкам

движения по или против часовой стрелки. Это поможет более правильно определить взаимное направление, так как в большинстве случаев стрелки выходят из разных точек сечений.

- Переключитесь на блок выбора направляющих и, нажав в нем кнопку **Выберите кривую (Select Curve)**, укажите траекторию для создания поверхности.

Этого будет достаточно, чтобы получить предварительный вид получаемой поверхности. Как видно из результата, мы получили перехлест поверхности. Это произошло от того, что начало кривой (окружности) не совпадает с началом первой кривой второго сечения.

- В диалоге команды выделите в списке строчку, соответствующую второму сечению, и нажмите кнопку **Задать начальную кривую (Specify Origin Curve)**. Начальной точкой сечения считается точка, откуда выходит стрелка, указывающая направление. Укажите верхний горизонтальный отрезок.

Поверхность перестроится в более правильный вид (рис. 3.18), но при более детальном рассмотрении видно, что при переходе от первого сечения ко второму по траектории происходит небольшое кручение. Это хорошо видно, если посмотреть на изопараметрические линии, включив стиль отображения **Статический каркас**. Кручение возникает из-за того, что начальные точки сечений все еще не совпадают. Перезадав начальную кривую второго сечения, мы исправили перехлест, но так как теперь начальной точкой является начало верхнего горизонтального отрезка, в то время как правильной точкой является его середина, тогда на обоих сечениях стрелки направления будут выходить из одинаково расположенных точек. Чтобы убрать кручение, нам необходимо изменить выравнивание сечений относительно друг друга.

- В диалоге команды разверните блок **Опции сечения (Section Options)** и поменяйте значение опции **Выравнивание (Alignment)** с **Параметр (Parameter)** на **По точкам (By Points)**. Обратите внимание, что верхней точке на первом сечении (окружности) соответствует точка на правом конце горизонтального отрезка. Переместите контрольные точки первого сечения так, чтобы они соответствовали квадрантам окружности, а точки второго сечения разместите в центре прямых отрезков, как показано на рис. 3.18. Для облегчения выбора центральных точек и квадрантов окружности воспользуйтесь соответствующими режимами привязки на инструментальной панели выбора.
- Нажмите **ОК** в диалоге и сохраните модель.

Мы получили нормальную поверхность с плавными изопараметрическими линиями без кручения и перехлеста. Диалог построения поверхности заметания предоставляет дополнительные возможности задания получаемой поверхности. Например, в блоке **Опции сечения** вы можете управлять ориентацией и масштабом сечения. В нашем примере оба их параметра постоянны, поэтому масштаб сечения не меняется, а плоскость сечения в каждой точке нормальна к линии траектории.

Рассмотрим ещё один пример построения поверхности заметания по одному сечению и двум направляющим.

- Из папки *ch3* откройте файл *surf7.prt*.
- Переключитесь в режим отображения **Статический каркас**, вызовите команду **Заметание** и в качестве сечения укажите синюю кривую. Далее задайте две направляющие – зеле-

ные кривые, добавляя каждую в отдельный набор. Этих исходных данных хватит для построения поверхности, но при необходимости можно задать дополнительно опорную кривую для задания ориентации плоскости сечения поверхности в каждой точке траектории. При заданной опорной кривой поверхность будет построена так, что плоскость сечения в каждой точке траектории будет нормальна по отношению к этой кривой.

- В блоке **Опорная кривая** нажмите на кнопку **Выберите кривую** и укажите на жёлтый сплайн в графической области. Обратите внимание, как перестроится сетка изопараметрических кривых. Задание опорной кривой в ряде случаев позволяет получить более регуля-

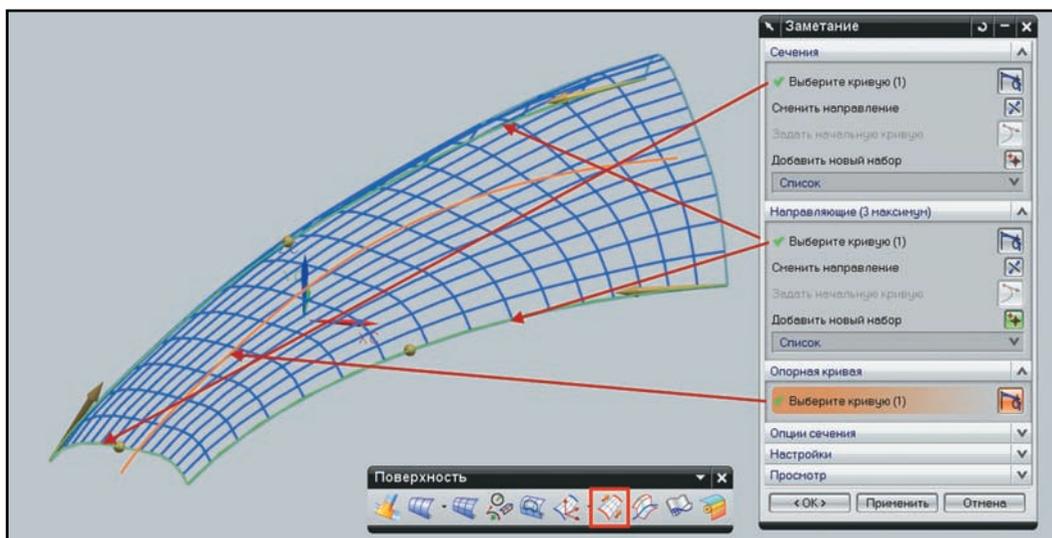


Рисунок 3.19 Поверхность заметания по двум направляющим

ную поверхность и избежать нежелательных изломов кривизны (рис. 3.19).

Вы также можете управлять изменением масштаба сечения вдоль направляющих. Но в отличие от использования одной направляющей (в предыдущем примере), в случае двух направляющих опция **Масштаб** в блоке **Опции сечения** содержит только два значения, которые определяют, будет ли масштаб сечения меняться пропорционально в обоих направлениях или только в одном. Остальные настройки команды повторяют логику работы при использовании одной направляющей кривой.

Как уже говорилось, использованная команда **Заметание** является базовой в семействе команд построения такого типа поверхностей. Более расширенные возможности построения поверхностей заметания доступны в командах **Стилизованное заметание** и **Переменное заметание**. Первая команда входит в приложение **Студия поверхности** и имеет дополнительные опции, позволяющие строить поверхности класса А. Команда **Переменное заметание** позволяет строить поверхности на основе траектории и переменного сечения, которое имеет геометрические зависимости, меняющиеся по траектории. Частные случаи построения поверхностей заметания представлены командами **Заметание вдоль направляющей** и **Труба**. Первая команда позволяет построить поверхность или тело на основе траектории и

сечения. Все остальные опции настройки, которые имеются в команде **Заметание**, в данном случае опускаются. Команда **Труба** требует задания ещё меньшего количества обязательных параметров – траектории и внутренних и наружных диаметров кольца. Все семейство команд построения поверхностей заметания вы можете найти в главном меню в разделе **Вставить > Заметание** или на соответствующих инструментальных панелях.

ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

В большинстве случаев конечной целью поверхностного моделирования является получение твердотельной модели на основе построенной поверхности. Существуют два способа получения твердого тела на основе поверхностей. Первый способ представляет собой придание толщины заданной поверхности, реализуется командой **Вставить > Смещение/масштаб > Утолщение** (рис. 3.20).

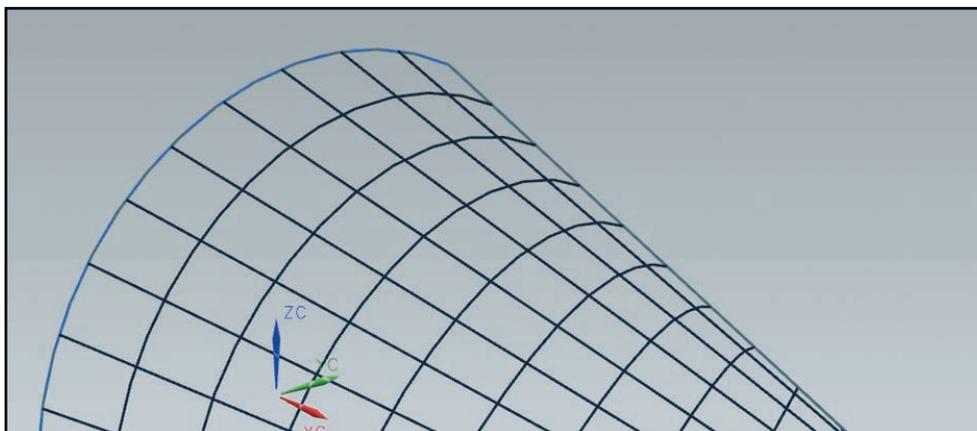


Рисунок 3.20 Получение твёрдого тела утолщением

штаб > Утолщение (рис. 3.20).

Такой способ позволяет создавать тело равной толщины на основе поверхности или группы соединенных поверхностей, формирующих открытый контур. Второй способ получения твердотельной модели на базе поверхностей заключается в создании тела на основе замкну-

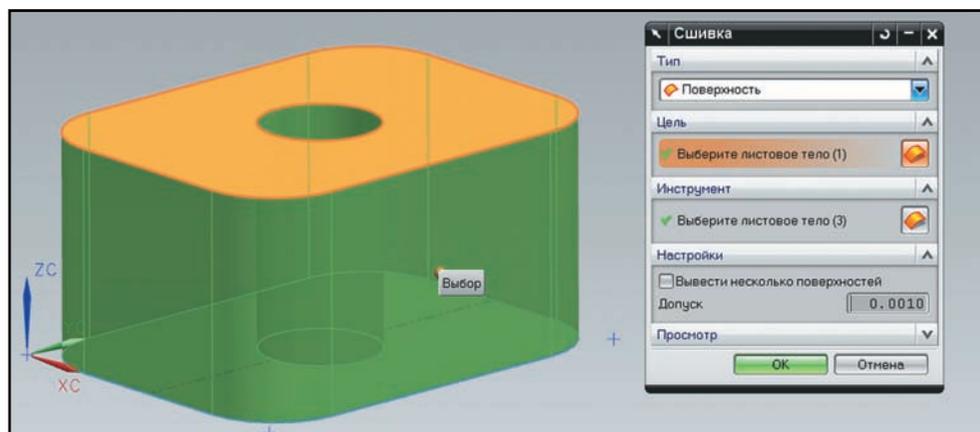


Рисунок 3.21 Получение твердого тела заливкой контура

того контура поверхностей, которые определяют границы тела. Для этого используется команда **Вставить > Комбинирование > Сшивка**. Эта команда служит для объединения нескольких поверхностей в одну, когда они имеют общие границы, но если исходные поверхности формируют замкнутый контур, то результатом работы команды будет твёрдое тело (рис. 3.21).

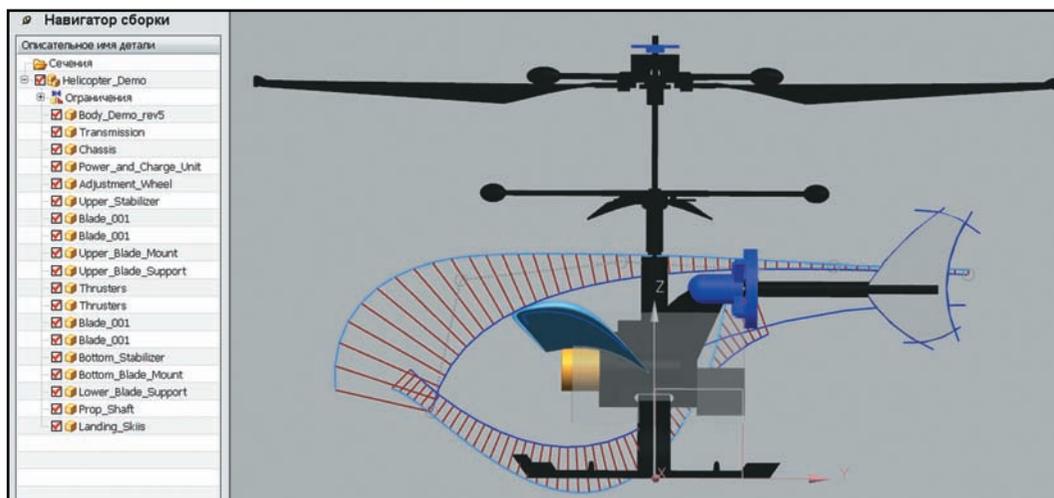


Рисунок 3.22 Сборка вертолета

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Давайте на практическом примере отработаем рассмотренные выше команды построения поверхностей и изучим некоторые другие. В сборке игрушечного вертолёта необходимо построить корпус, который пока представлен заготовкой в виде нескольких сплайнов (рис. 3.22).

- Из папки *Examples/ch3/Helicopter* откройте файл *Helicopter_Demo.prt*.
- После загрузки сборки вертолета двойным щелчком в **Навигаторе сборки (Assembly Navigator)** сделайте рабочей деталью компонент *Body_Demo_rev5*.

Все построения мы будем производить в этой модели. Некоторые элементы корпуса уже были сделаны в виде поверхностей, и были нарисованы контуры корпуса в виде сплайнов, на которых отображены эпюры кривизны.

- Построим половину сечения корпуса, которое затем протянем по направляющим для получения поверхности. Активируйте приложение **Моделирование (Modeling)** и в главном меню выберите пункт **Вставить > Эскиз (Insert > Sketch)**.
- Разместите эскиз по нормали к кривой. Для этого в выпадающем списке **Тип (Type)** выберите значение **По траектории (On Path)** и укажите верхний сплайн контура корпуса. В блоке **Расположение плоскости (Plane Location)** установите опцию **Положение (Location)** в значение **% Длины дуги (% Arc Length)** и задайте процент, равный 20. Это

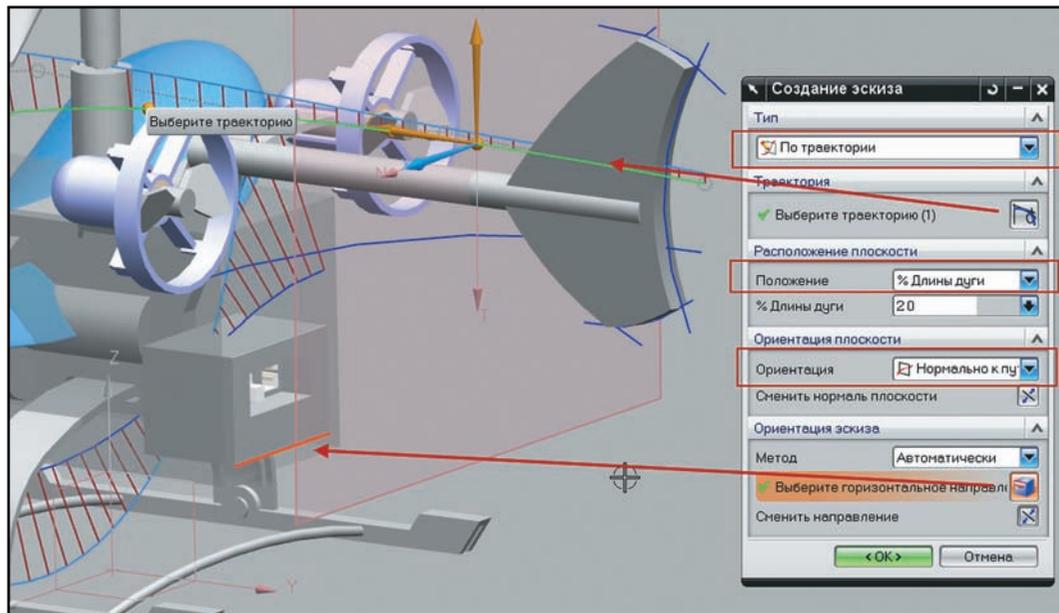


Рисунок 3.23 Позиционирование эскиза

разместит плоскость эскиза на расстоянии 20% длины сплайна от его начала. **Ориентация плоскости (Plane Orientation)** эскиза определяется одноименной опцией в следующем блоке диалога. Установите эту опцию в значение **Нормально к пути (Normal to path)**. Осталось только указать направление горизонтали для создаваемого эскиза. Для этого нажмите в блоке **Ориентация эскиза (Sketch Orientation)** кнопку **Выберите горизон-**

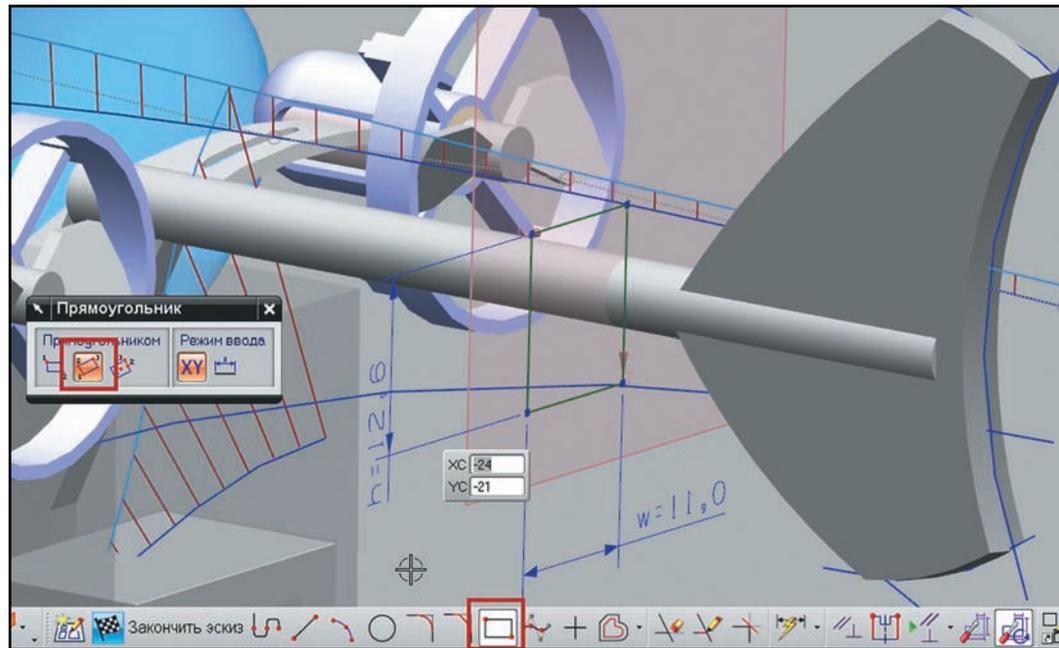


Рисунок 3.24 Построение прямоугольника

тальное направление (Select Horizontal Reference) и укажите нижнюю кромку параллелепипеда, находящегося по центру вертолета (рис. 3.23), и нажмите кнопку **ОК**.

- Постройте прямоугольник по трем точкам, как показано на рис. 3.24. Начальный угол прямоугольника расположите в нуле системы координат эскиза, второй угол расположите примерно на слайне, формирующем нижнюю линию контура корпуса, и задайте ширину прямоугольника примерно равной половине высоты. Затем преобразуйте линии построенного прямоугольника во вспомогательные. Для этого выделите все линии, нажмите и держите на одной из них правую кнопку мыши до появления радиального меню вокруг курсора мыши. В радиальном меню выберите правую нижнюю кнопку (рис. 3.25).
- Теперь необходимо построить сплайн, вписанный в прямоугольник. Вызовите команду **Сплайн студии формы (Studio Spline)** и укажите точки сплайна – угол прямоугольника, лежащий на верхнем слайне контура корпуса, среднюю точку вертикальной линии прямоугольника и угол прямоугольника, лежащий на нижнем слайне контура корпуса (рис. 3.26). Не закрывая диалогового окна построения сплайна, поочередно нажав правую кнопку мыши на заданных точках,

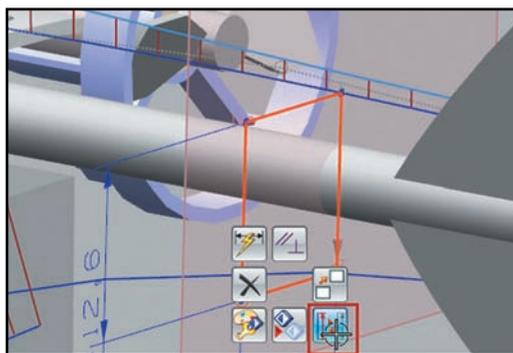


Рисунок 3.25 Вспомогательные линии

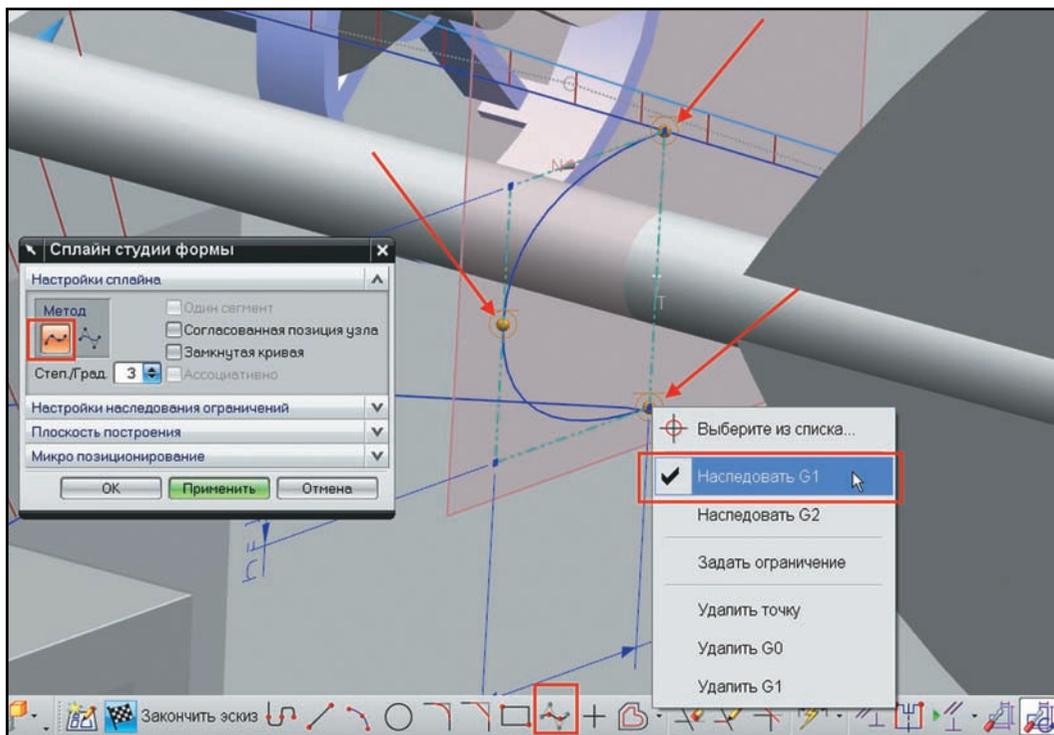


Рисунок 3.26 Построение сплайна

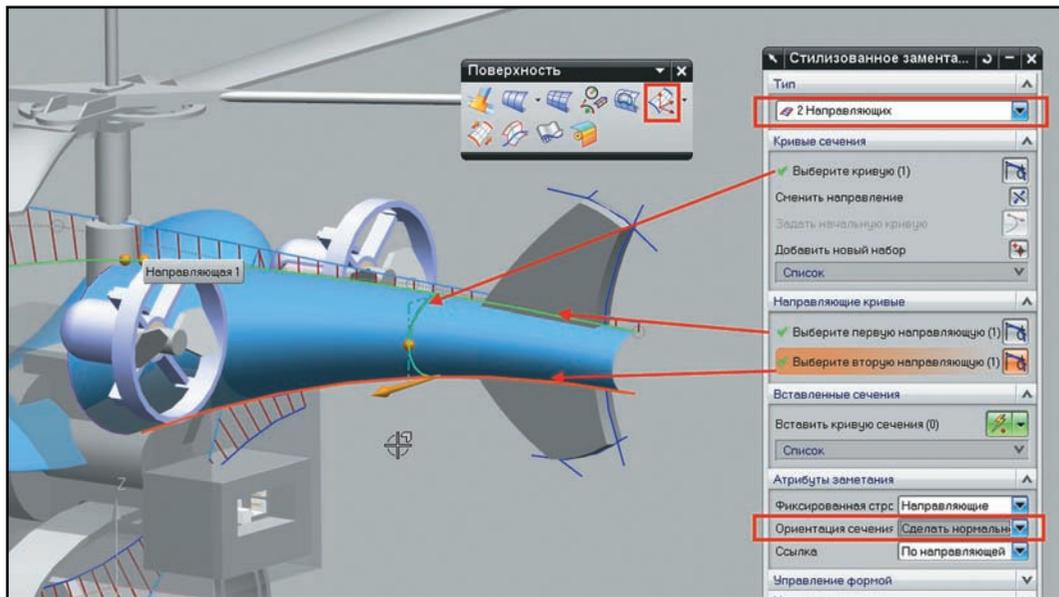


Рисунок 3.27 Построение поверхности заметания

в контекстном меню задайте условие касательности сплайна **Наследовать G1 (Infer G1)**.

- Завершите построение эскиза командой **Закончить эскиз (Finish Sketch)** и на инструментальной панели **Поверхность (Surface)** нажмите на кнопку команды **Стилизованное заметание (Stylized Sweep)**.

Команду создания поверхности заметания мы рассматривали ранее. Команда **Стилизованное заметание** работает по аналогичному алгоритму, но имеет расширенные опции построения поверхности.

- В диалоге команды выберите **Тип (Type)** построения **2 Направляющие (2 Guides)**,

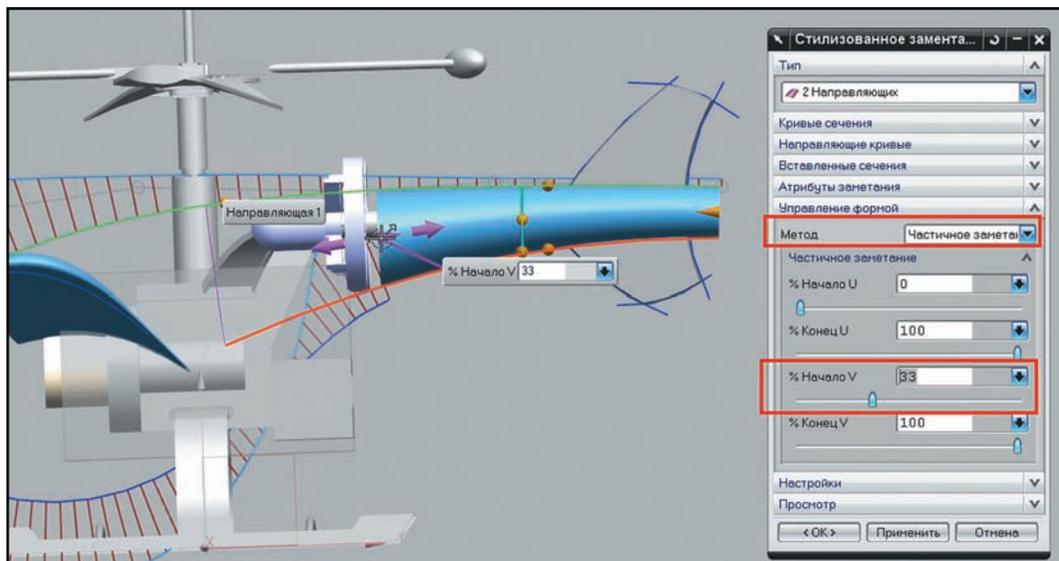


Рисунок 3.28 Регулировка формы поверхности заметания

сечением будет сплайн, построенный на предыдущем шаге, – укажите его в блоке **Кривые сечения (Section Curves)**.

- Затем в блоке **Направляющие кривые (Guide Curves)** укажите верхний и нижний сплайны контура корпуса. В блоке **Атрибуты заметания (Sweep Attributes)** переключите опцию **Ориентация сечения (Section Orientation)** на **Сделать нормально (Make Normal)** (рис. 3.27).

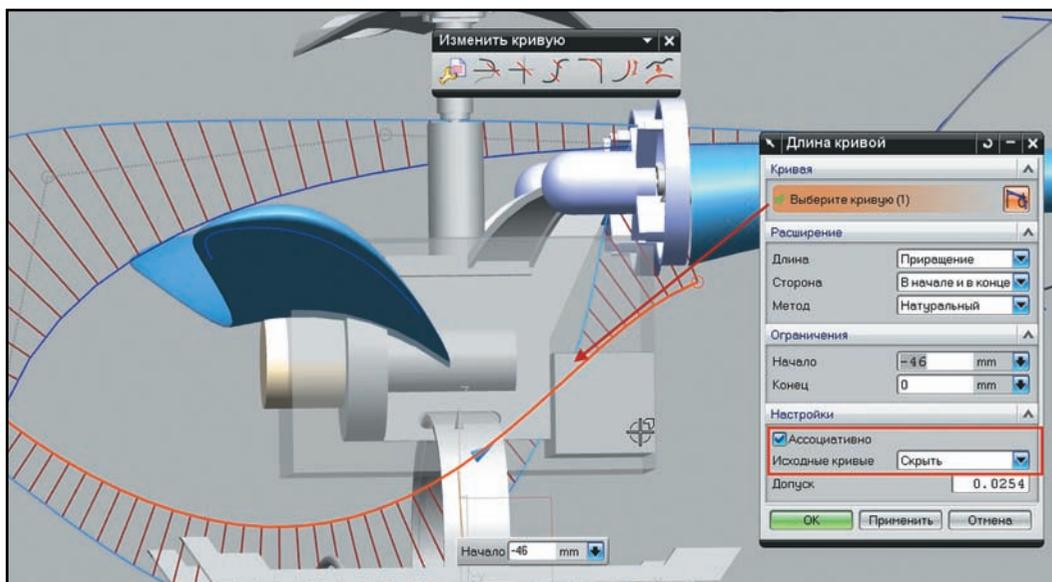


Рисунок 3.29 Редактирование длины сплайна

- Не закрывайте диалоговое окно команды и разверните блок **Управление формой (Shape Control)**. Выберите метод управления **Частичное заметание (Partial Sweep)**. Теперь с помощью ползунков в диалоге или советующих маркеров в графической области отредактируйте получаемую поверхность, как это показано на рис. 3.28. После этого нажмите **ОК** в диалоге построения поверхности.
- Выбрав нижнюю направляющую построенной поверхности, нажмите правую кнопку мыши, в контекстном меню выберите пункт **Скрыть (Hide)**.
- Теперь поменяем длину второго нижнего сплайна контура корпуса. Нам необходимо уменьшить этот сплайн, чтобы в дальнейшем построить переходную кривую между этим сплайном и кромкой построенной поверхности заметания. Для редактирования длины кривой (сплайна) включите инструментальную панель **Изменить кривую (Edit Curve)** и нажмите кнопку вызова команды **Длина кривой (Curve Length)**. Вы также можете вызвать эту команду через главное меню, выбрав пункт **Изменить > Кривая > Длина (Edit > Curve > Length)**.
- Выберите нижний сплайн и передвиньте правый маркер конца кривой вдоль сплайна на 40–50 мм влево. Убедитесь, что в блоке **Настройки (Settings)** включена опция **Ассоциативно (Associative)**, и в выпадающем списке **Исходные кривые (Input Curves)** выберите значение **Скрыть (Hide)**. Это означает, что исходный сплайн будет скрыт, а вместо него

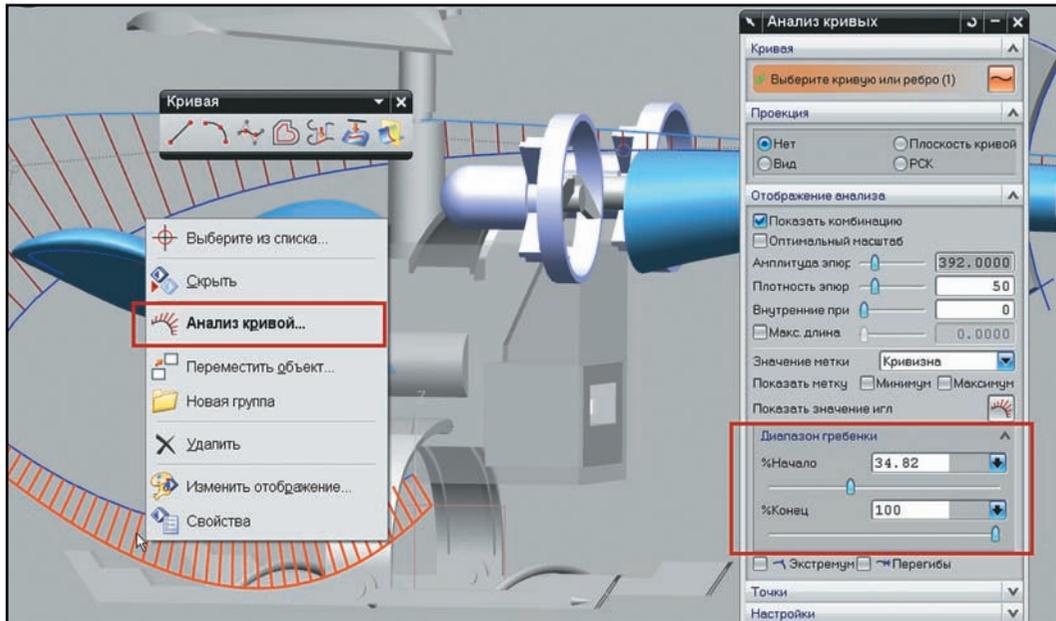


Рисунок 3.30 Модификация отображения анализа кривизны

будет создан новый ассоциативно связанный (рис. 3.29). Если вам необходимо удалить исходную кривую, то следует выключить опцию **Ассоциативно**, но в нашем случае это не требуется.

- Оптимизируйте вид эпюры анализа кривизны. Для этого нажмите правую кнопку мыши на эпюре анализа и в контекстном меню выберите пункт **Анализ кривой (Curve Analysis)**. В появившемся диалоге в блоке **Отображения анализа (Comb Range)** с помощью ползунков отрегулируйте отображения эпюры на кривой (рис. 3.30).
- Включите отображение инструментальной панели **Кривая (Curve)** и нажмите кнопку вызова

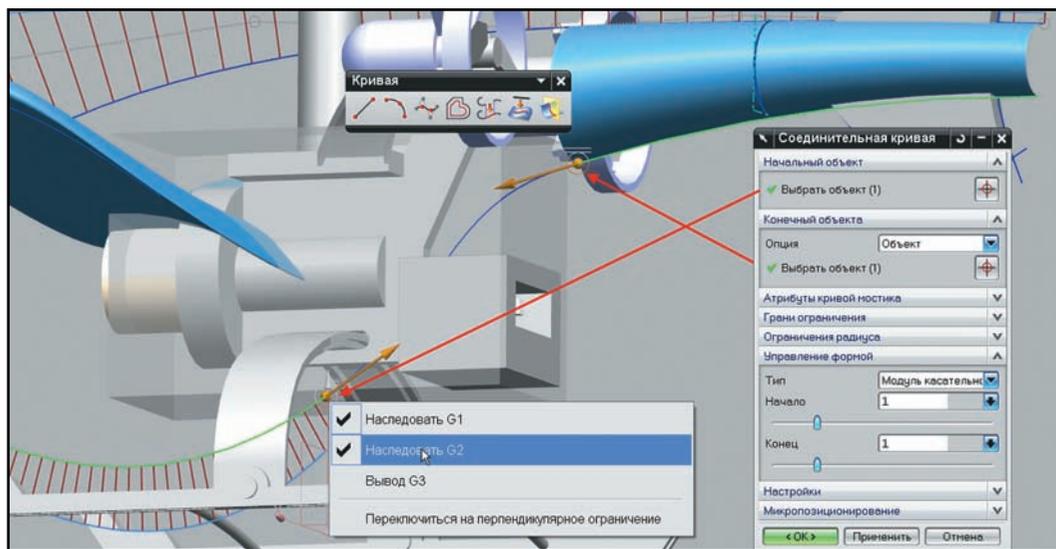


Рисунок 3.31 Создание соединительной кривой

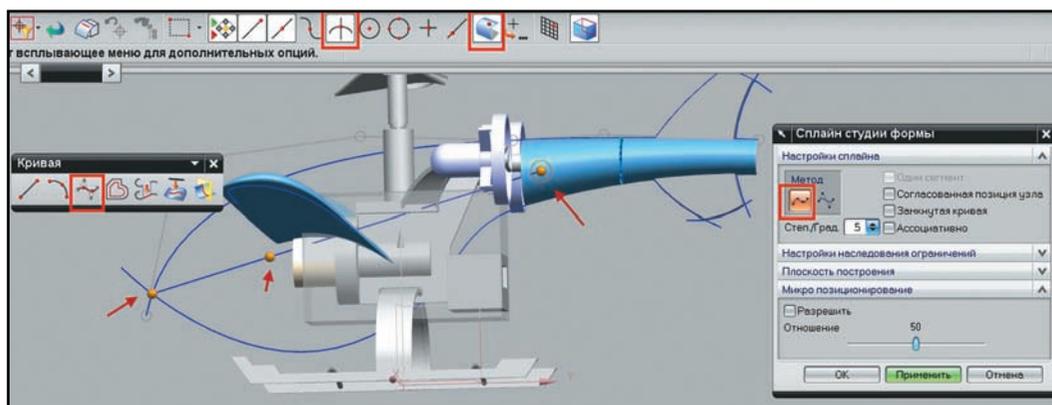


Рисунок 3.32 Построение сплайна

команды **Соединительная кривая (Bridge Curve)**. В качестве начального объекта укажите крайнюю правую точку нижнего сплайна, а в качестве второго объекта – крайнюю левую точку нижней кромки поверхности заметания. Затем, поочередно нажав на заданные точки правой кнопкой мыши, в контекстном меню выберите пункт **Наследовать G2 (Infer G2)**. Это задаст условия сохранения кривизны в точках соединения кривых (рис. 3.31). Нажмите **ОК** в диалоге команды.

- Скройте все эпюры кривизны и в инструментальной панели **Кривая (Curve)** нажмите кнопку вызова команды **Сплайн студии формы (Studio Spline)**.
- На инструментальной панели выбора включите режимы привязок **Пересечение (Intersection)** и **Точка на грани (Point on Face)**.
- Выберите в диалоге создания сплайна метод **По точкам (Through Points)** и в качестве первой точки укажите в графической области пересечение сплайнов контуров корпуса. Вторую точку укажите на поверхности заметания ближе к левой кромке. Появится предварительное изображение получаемого сплайна, укажите на нем третью точку между первыми двумя, ближе к первой точке (рис. 3.32).
- Не закрывая диалога построения сплайна, выделите вторую точку, заданную на поверхности, и задайте её позицию с помощью параметров **U** и **V** или маркеров, как показано на рис. 3.33. Необходимо поместить точку на середину левой кромки поверхности заметания.
- Выделите вторую точку сплайна и с помощью маркеров перемещения сдвиньте её вдоль оси **XС** примерно так, как изображено на рис. 3.34, и после этого завершите построение сплайна нажатием кнопки **ОК**.

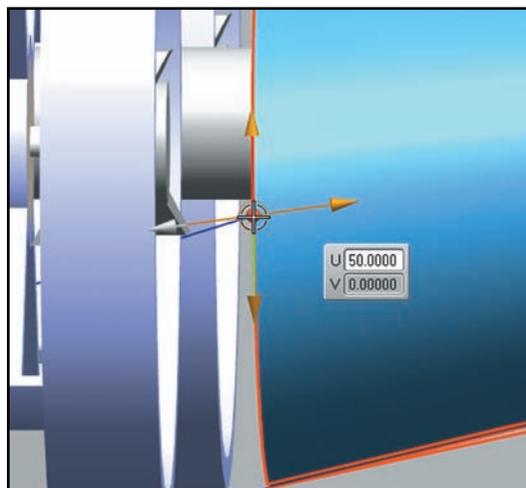


Рисунок 3.33 Модификация параметров точки сплайна

Построим кривую на основе левой кромки поверхности заметания. Она нам понадобится

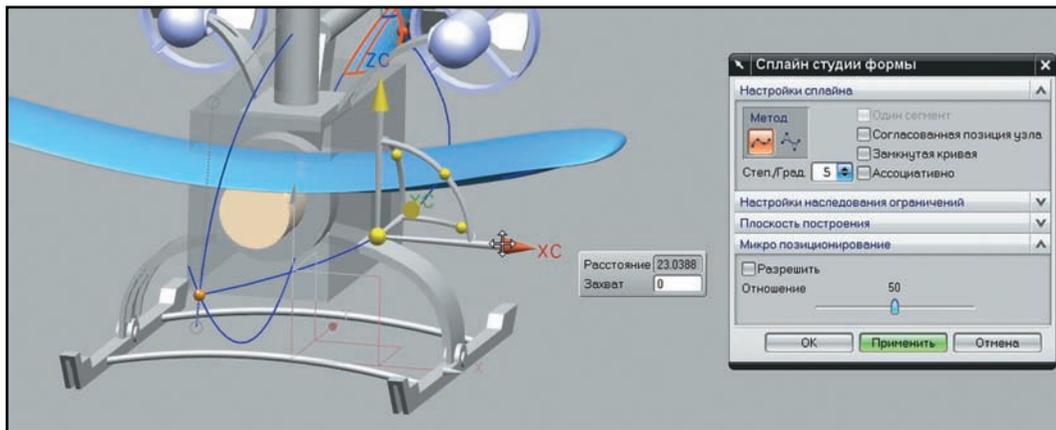


Рисунок 3.34 Ручное позиционирование точки сплайна

ся в последующих операциях. Построить эту кривую можно несколькими способами. Самый очевидный – это воспользоваться командой из главного меню **Вставить > Кривые из тел > Выделение (Insert > Curves from Bodies > Extract)**, но воспользуемся другим способом, который иногда более гибок для построения кривых на основе кромок существующих объектов.

- В инструментальной панели **Кривая (Curve)** нажмите кнопку вызова команды **Кривая смещения (Offset Curve)** и в появившемся диалоге укажите **Тип (Type)** кривой – **Расстояние (Distance)**, в графической области укажите левую кромку поверхности заметания. **Расстояние (Distance)** смещения задайте равным нулю и нажмите **ОК** в диалоге. Будет построен сплайн, совпадающий с выбранной кромкой поверхности (рис. 3.35).
- Теперь построим две простые поверхности вытягивания на основе двух сплайнов контура корпуса вертолета. Они нам будут нужны для задания условия сопряжения в следующей операции. В инструментальной панели **Элемент (Feature)** нажмите кнопку вызова команды **Вытягивание (Extrude)** и, включив в панели выбора режимы **Связанные кривые**

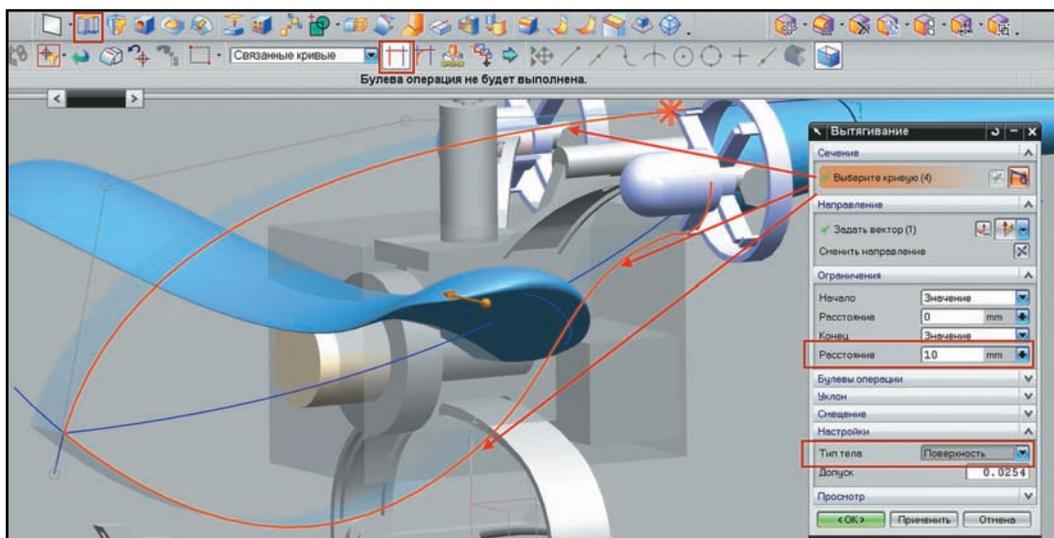


Рисунок 3.35 Построение поверхности вытягиванием

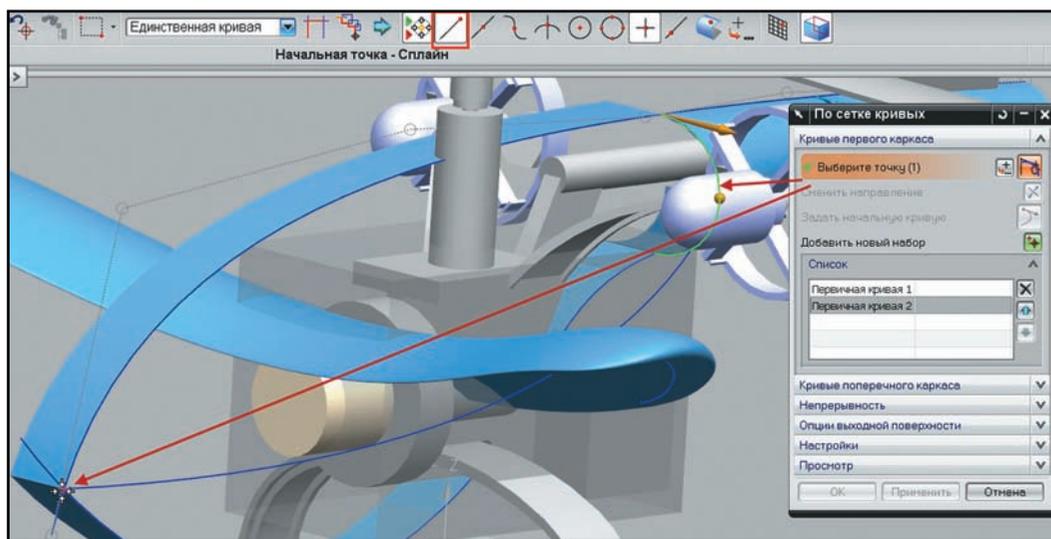


Рисунок 3.36 Задание первичного набора

(Connected Curves) и **Остановка по пересечению (Stop at Intersection)**, выберите три сплайна, формирующие контур корпуса. В блоке **Настройки (Settings)** укажите **Тип тела (Body type) Поверхность (Sheet)**.

- Задайте расстояние вытягивания равным 10–15 мм и при необходимости воспользуйтесь кнопкой **Сменить направление (Reverse Direction)**, чтобы поверхности вытягивались в сторону отрицательных значений по оси X (рис. 3.35).
- Закончите построение поверхностей нажатием кнопки **ОК**.
- Построим половину корпуса вертолета, воспользовавшись знакомой командой **По сетке кривых (Through Curve Mesh)**. Нажмите на соответствующую кнопку на инструментальной панели **Поверхность (Surface)** и выберите кривые первичной группы. В первый набор добавьте кривую, полученную нулевым смещением кромки поверхности заметания, и, добавив второй набор, укажите точку пересечения сплайнов контура каркаса или начальную точку

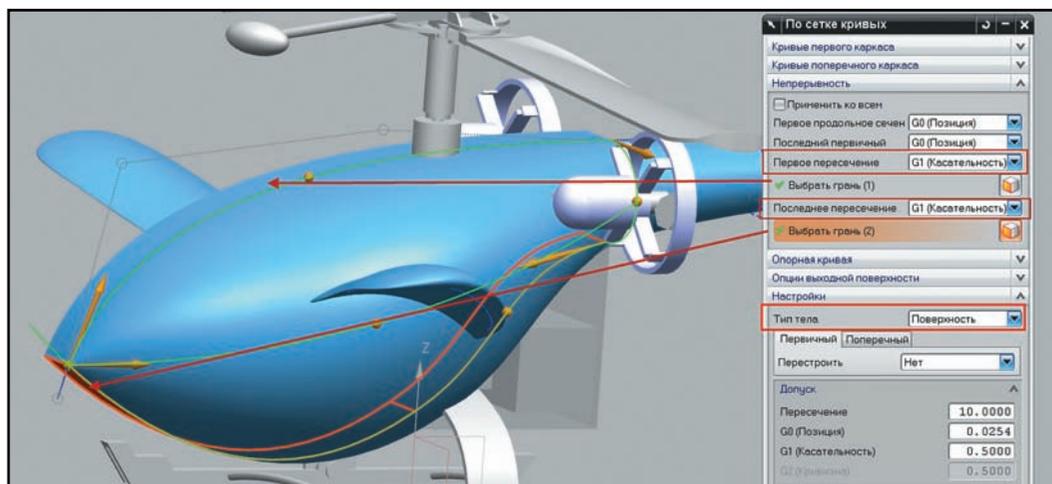


Рисунок 3.37 Задание наборов кривых поперечных сечений

ку построенного сплайна. Воспользуйтесь соответствующими привязками из инструментальной панели выбора (рис. 3.36).

- Затем перейдите на блок задания поперечных кривых. Убедитесь в том, что на панели выбора активен режим **Остановка по пересечению (Stop at Intersection)**, задайте первый набор, состоящий из одного сплайна верхнего контура каркаса, второй набор – из построенного нами сплайна и третий набор – из двух сплайнов нижнего контура каркаса. Убедитесь в том, что стрелки направления заданных наборов повернуты в одну сторону. На основе вве-

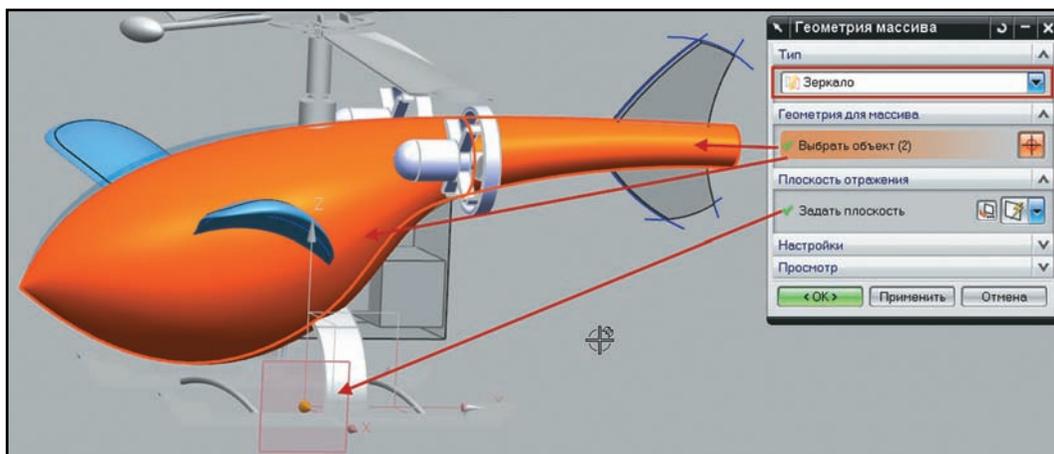


Рисунок 3.38 Создание зеркальной поверхности

дённых данных система построит предварительное изображение получаемой поверхности. Нам осталось только задать граничные условия на границах новой поверхности (рис. 3.37).

- Для задания граничных условий или условий сопряжения разверните блок **Непрерывность (Continuity)** в диалоге команды. Поменяйте условие сопряжения у первого и последнего поперечных наборов на **G1 (Касательность) (Tangent)** и в качестве ссылок на грани укажите верхнюю и нижнюю вытянутые поверхности соответственно. В блоке **Настройки (Settings)** укажите в опции **Тип тела (Body type)**, выберите значение **Поверхность (Sheet)** и завершите построение, нажав кнопку **OK** в диалоге (рис. 3.37).

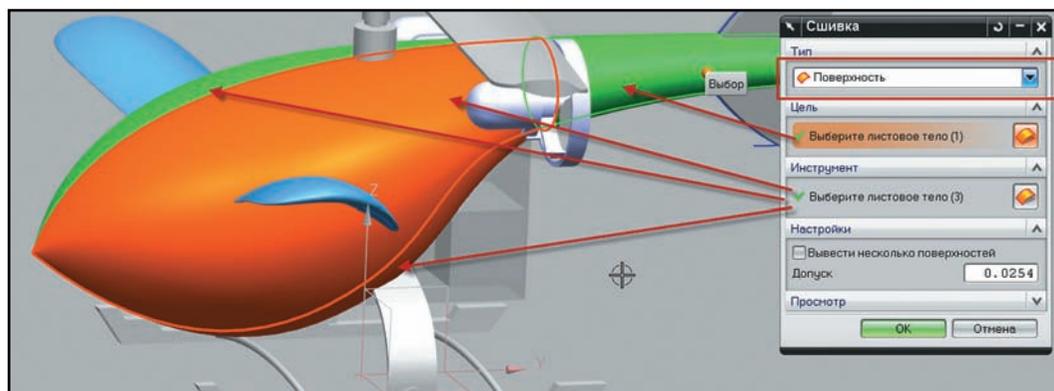


Рисунок 3.39 Сшивка поверхностей

- В главном меню выберите команду **Вставить > Ассоциативная копия > Геометрия массива (Insert > Associative Copy > Instance Geometry)**. В появившемся диалоге выберите тип копирования **Зеркало (Mirror)**, укажите построенную поверхность и поверхность, полученную операцией заметания в блоке **Геометрия для массива (Geometry to Instance)**, и в качестве плоскости в блоке **Плоскость отражения (Mirror Plane)** выберите-

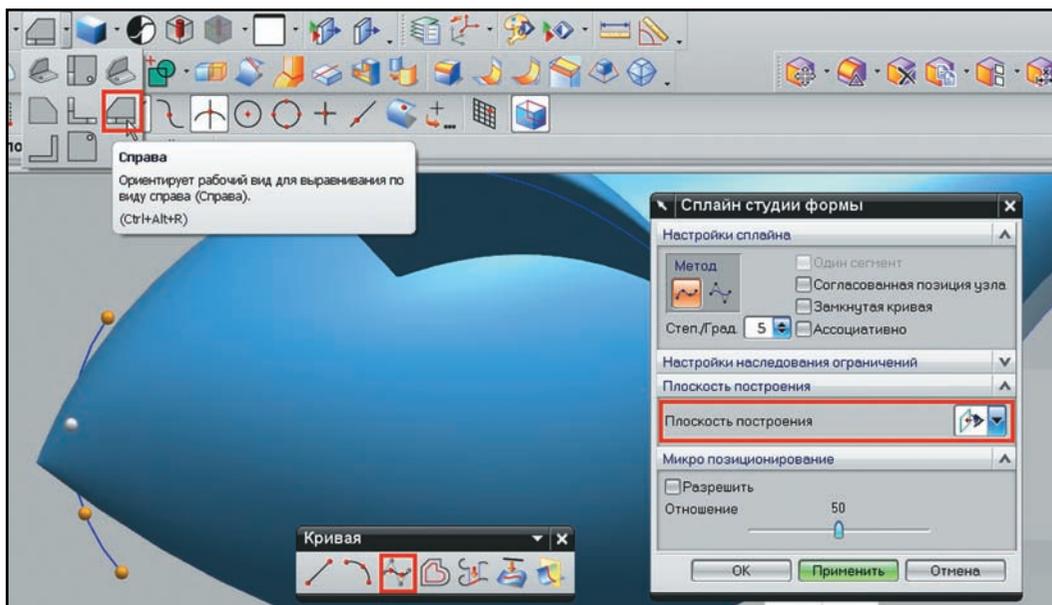


Рисунок 3.40 Построение линии обрезки

те плоскость ZY рабочей системы координат. Нажмите кнопку **ОК** для получения зеркальной копии поверхностей (рис. 3.38).

- Выберите пункт главного меню **Вставить > Комбинирование > Сшивка (Insert > Combine > Sew)**. Этой командой мы объединим все построенные поверхности. В появившемся диалоге выберите в выпадающем списке **Тип (Type)** значение **Поверхность (Sheet)**

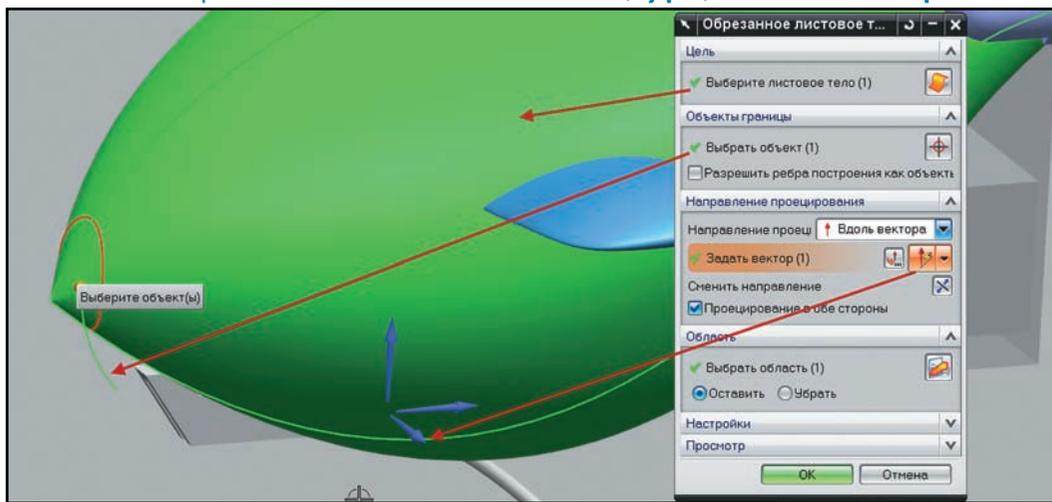


Рисунок 3.41 Обрезание поверхности

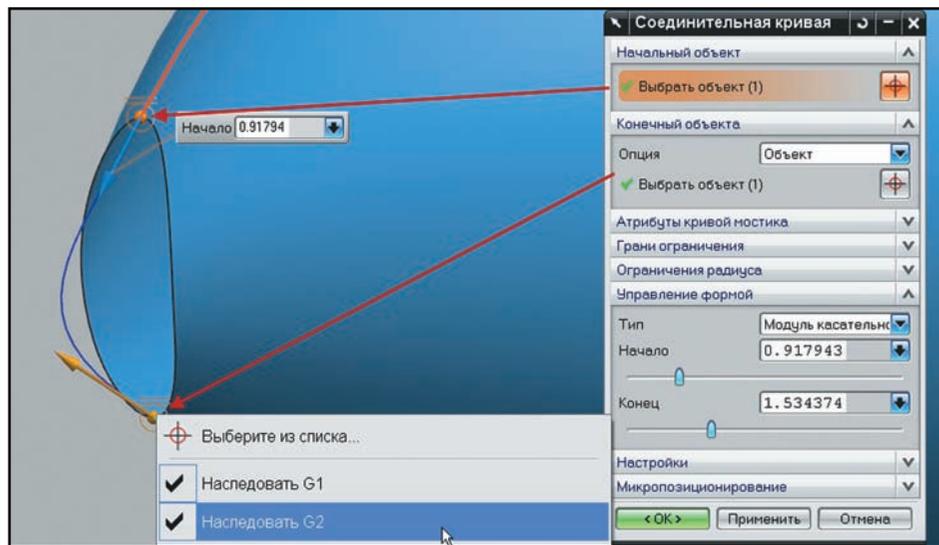


Рисунок 3.42 Создание соединительной кривой

и далее укажите одну из поверхностей в блоке диалога **Цель (Target)**, а оставшиеся три поверхности укажите в блоке **Инструмент (Tool)** и нажмите **ОК** (рис. 3.39).

- Сделаем скругление носовой части полученного корпуса. Для этого сначала обрежем острую часть и на её месте построим более гладкую поверхность. Вызовем команду построения сплайна и нарисуем линию обрезки, примерно как показано на рис. 3.40. Для этого активируйте вид справа на модель и в опции команды построения сплайна **Плоскость построения (Drawing Plane)** выберите значение **Вид (View)**.
- В главном меню выберите пункт **Вставить > Обрезка > Обрезка поверхности (Insert**

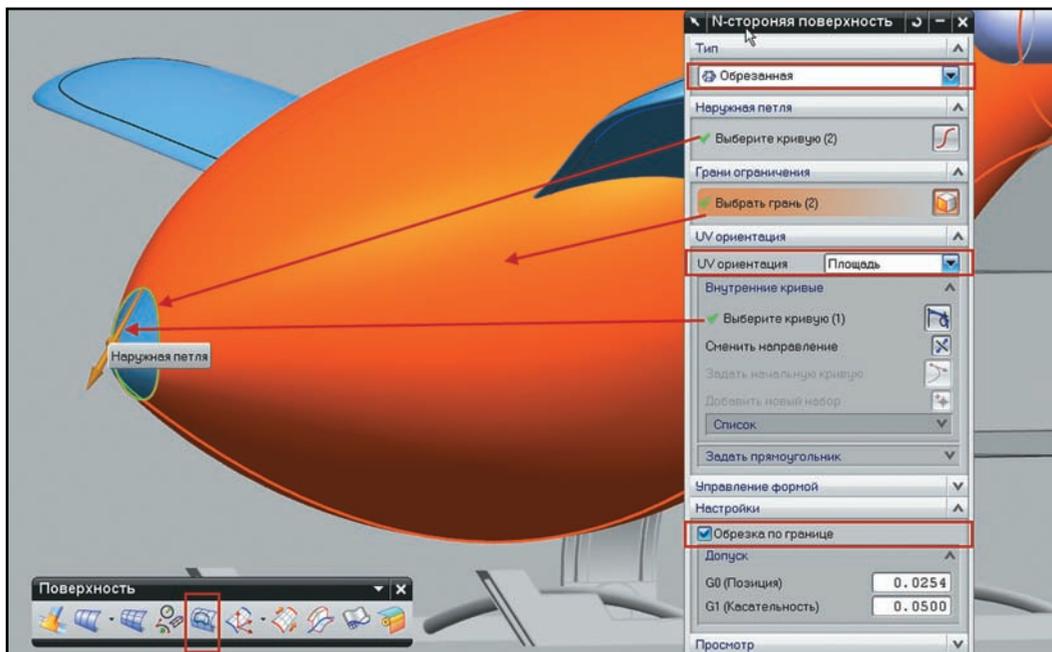


Рисунок 3.43 Создание N-сторонней поверхности

> Trim > Trimmed Sheet). В появившемся диалоге команды в качестве **Цели (Target)** укажите сшитую поверхность, в блоке **Объект границы (Boundary Objects)** выберите построенный сплайн, переключите опцию **Направление проецирования (Projection Direction)** на значение **Вдоль вектора (Along Vector)** и выберите синий символа вектора, соответствующий оси X. Убедитесь в том, что включена опция **Проецирование в обе стороны (Project Both Side)**, и в блоке **Область (Region)**, нажав кнопку **Выбрать область (Select Region)**, проверьте, что будет обрезана именно носовая часть поверхности корпуса. После этого нажмите кнопку **OK** в диалоге (рис. 3.41).

- Скройте сплайн, построенный для обрезки, и с помощью команды **Соединительная кривая (Bridge Curve)** постройте соединение между крайними точками кромок поверхности, как показано на рис. 3.42. При построении, нажав правую кнопку на выбранные точки, убедитесь в том, что задано условие касательности (G2).

- На инструментальной панели **Поверхность (Surface)** нажмите кнопку вызова команды **N-сторонняя поверхность (N-sided Surface)**. В выпадающем списке **Тип (Type)** диалога команды выберите значение **Обрезанная (Trimmed)**. В блоке **Наружняя петля (Outer**

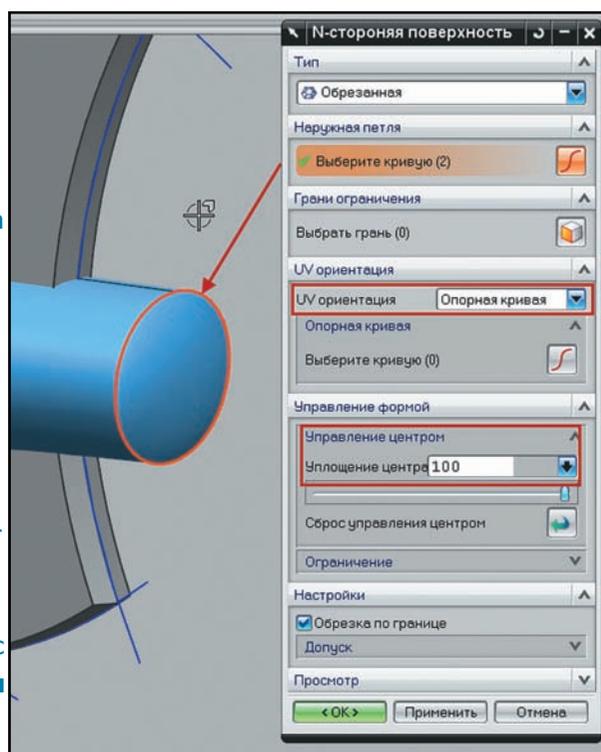


Рисунок 3.44 Создание N-сторонней поверхности для заднего торца

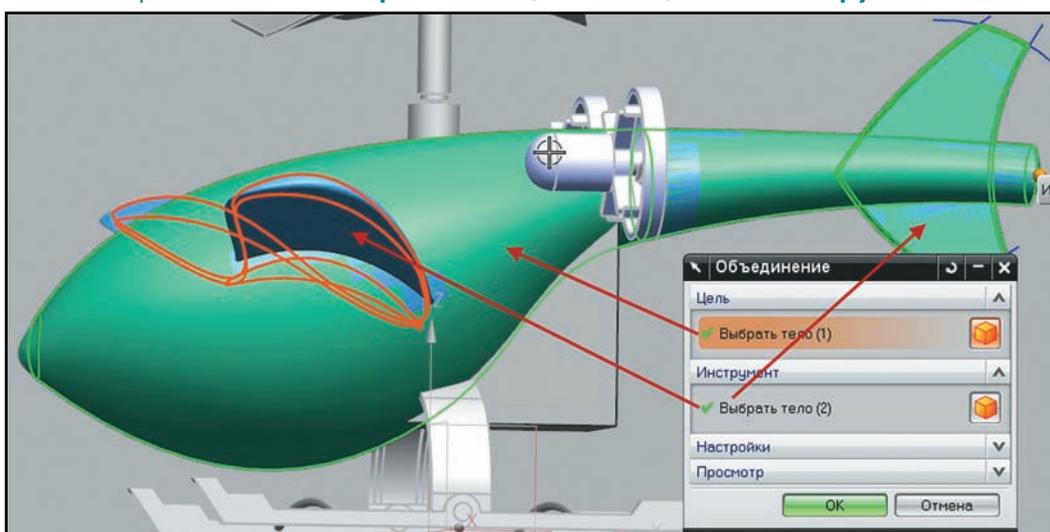


Рисунок 3.45 Объединение полученных тел

Loop) укажите кромки поверхности, по которой была сделана обрезка, в качестве **Граний ограничения (Constraint Faces)** укажите саму поверхность. Поменяйте значение опции **UV Ориентация (UV Orientation)** на **Площадь (Area)** и нажмите кнопку **Выберите кривую (Select Curve)** в разделе **Внутренние кривые (Interior Curves)**. В инструментальной панели выбора установите правило **Единственная кривая (Single Curve)** и укажите построенную соединительную кривую. Затем в блоке диалога **Настройки (Settings)** включите опцию **Обрезка по границе (Trim to Boundary)** и нажмите **ОК** для завершения построения поверхности (рис. 3.43).

- Повторите команду построения **N-сторонней поверхности** для заднего торца корпуса. В этот раз опции **UV Ориентация** задайте значение **Опорная кривая (Spine)**, также включите опцию **Обрезка поверхности (Trim to Boundary)** и в разделе диалога **Управление центром (Center Control)** с помощью ползунка отрегулируйте выпуклость получаемой поверхности (рис. 3.44).
- Воспользуйтесь командой главного меню **Вставить > Комбинирование > Сшивка (Insert > Combine > Sew)**, чтобы сшить вместе две построенные поверхности и поверхность корпуса.

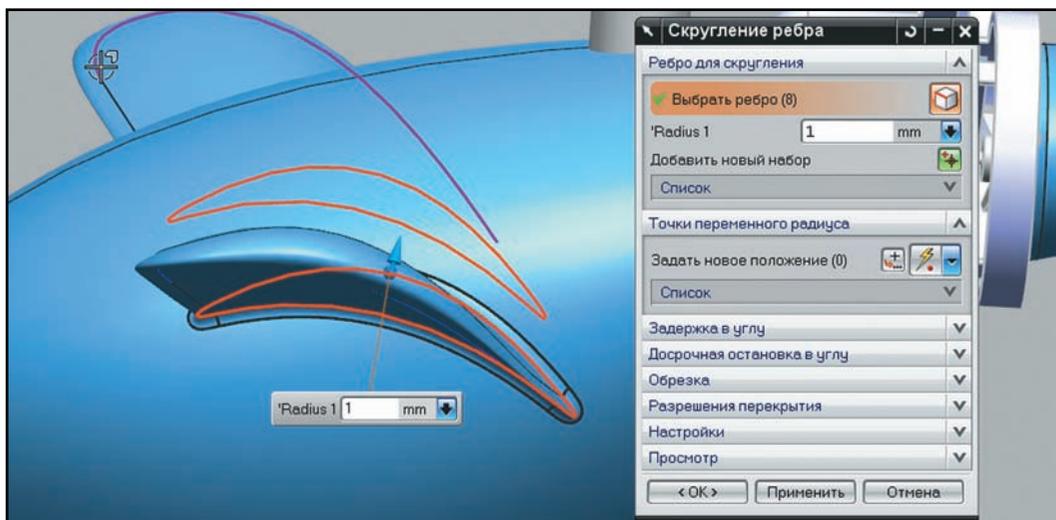


Рисунок 3.46 Создание скругления

- Затем с помощью команды **Вставить > Комбинирование > Объединение (Insert > Combine > Union)** объедините полученную поверхность корпуса с поверхностями крыла и стабилизатора (рис. 3.45).
- Для придания более эстетического вида полученной поверхности корпуса осталось только скруглить углы стыков. Для этого воспользуйтесь командой **Вставить > Конструктивный элемент > Скругление ребра** или нажмите соответствующую кнопку на инструментальной панели **Элемент**. Выделите все ребра, которые были образованы стыковкой составляющих поверхностей, и, задав величину радиуса равной 1 мм, постройте скругление (рис. 3.46).

Глава 4

Моделирование в контексте

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Моделирование в контексте
- Создание межмодельных связей
- Просмотр и обновление связей
- Создание интерфейсов
- Моделирование обработки в сборке
- Проектирование сверху вниз

МОДЕЛИРОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ

Задача проектировать в контексте, то есть учитывая окружение разрабатываемой детали или узла, возникает довольно часто. Как при проектировании сложных изделий с плотной компоновкой, так и при создании модификаций существующих узлов, когда часть деталей остается прежней, а новые необходимо вписать в существующий контекст. Это, в свою очередь, заставляет создавать 3D модели разрабатываемых узлов, опираясь на геометрию и параметры уже существующих деталей и сборок, создавая межмодельные связи и управляя изменениями.

Основной задачей конструктора при моделировании детали в контексте или при использовании ссылок на геометрию других деталей вне контекста является правильное определение тех параметров и геометрических объектов, которые можно использовать как ссылки в своей модели. В системе NX реализован достаточно мощный и гибкий механизм для работы с межмодельными связями, которые получил название WAVE. Этот механизм используется не только для создания модели с использованием геометрических ссылок на другие объекты, но и для реализации метода проектирования сверху вниз. В обоих случаях WAVE представляет собой инструменты для создания и управления геометрическими и параметрическими связями, а также отслеживания их текущего состояния. Все остальное – определение ключевых параметров, выбор определяющих геометрических объектов, определение последовательности проведения изменений – остаётся за пользователем.

В данной главе мы на примерах рассмотрим функционал системы NX, предназначенный для работы в контексте изделия и для реализации подхода проектирования сверху–вниз.

СОЗДАНИЕ МЕЖМОДЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ

Механизм WAVE позволяет создавать несколько типов межмодельных связей, отличающихся друг от друга тем, как они отслеживают изменения в исходных моделях. Использование

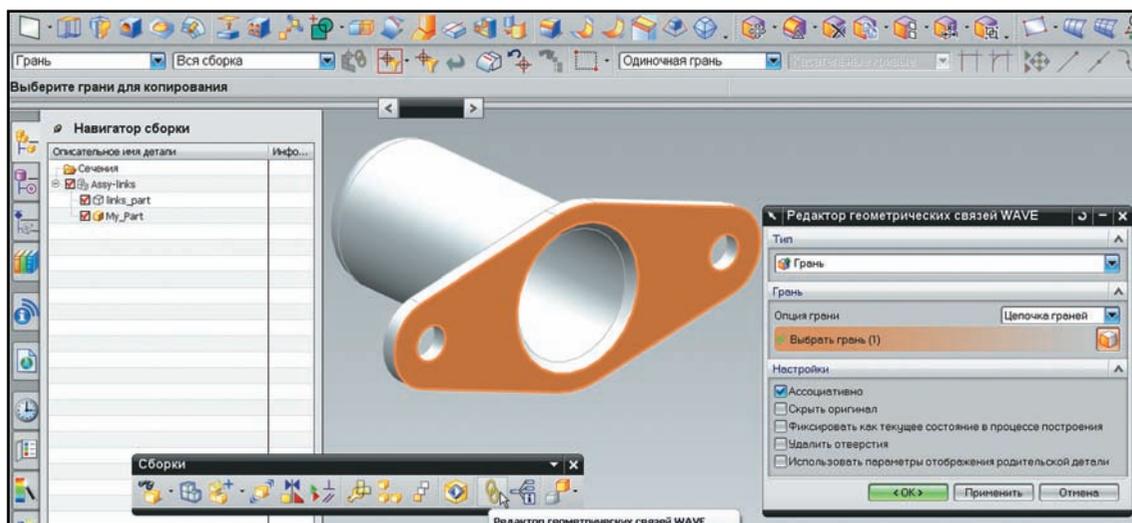


Рисунок 4.1. Создание межмодельной связи

связей правильного типа определяет, насколько поведение связанных моделей будет соответствовать ожиданиям. Давайте на примере простой детали создадим несколько типов связей и посмотрим на их поведение при изменениях.

- Запустите NX7.5 и откройте файл сборки *Assy-links.prt* из папки *ch4/links*.
- В сборке находится один компонент, который как-то спозиционирован относительно нуля системы координат сборки. Создадим новый компонент сборки и скопируем некоторые геометрические данные из первого компонента. В инструментальной панели **Сборки (Assemblies)** нажмите кнопку команды **Создать новый компонент (Create New Component)**, в появившемся диалоге выберите шаблон детали и нажмите **ОК**. Двойным щелчком на новом компоненте сделайте его рабочей деталью.
- На той же инструментальной панели нажмите кнопку **Редактор геометрических связей WAVE (WAVE Geometry Linker)** или воспользуйтесь пунктом главного меню **Вставить > Ассоциативная копия > Редактор геометрических связей WAVE (Insert > Associative Copy > WAVE Geometry Linker)**. Скопируем в новый компонент геометрию существующей детали, выбрав в появившемся диалоге тип геометрии **Грань (Face)** и указав на торцевую грань модели (рис. 4.1).

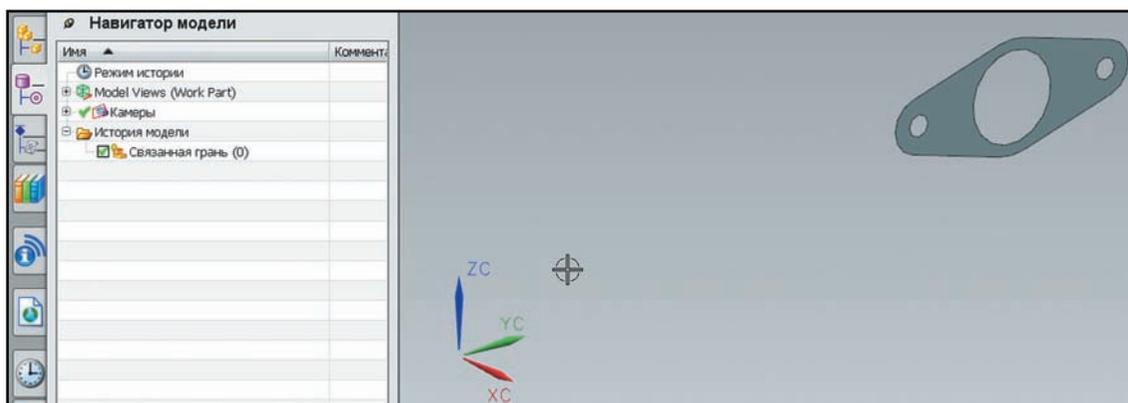


Рисунок 4.2. Позиционно-зависимая связь

- Нажмите в диалоге кнопку **ОК**, сделайте новый компонент сборки отображаемой деталью, нажав на нем в **Навигаторе сборки (Assembly Navigator)** правой кнопкой мыши и выбрав соответствующий пункт меню. Затем переключитесь в **Навигатор модели (Model Navigator)** и убедитесь, что в истории построения появился объект **Связанная грань (Linked Face)**. Обратите внимание, что скопированная грань расположена относительно нуля системы координат модели так же, как эта грань расположена в исходной детали относительно нуля системы координат модели (рис. 4.2).

Сейчас мы создали позиционно зависимую связь между геометрией исходного компонента и нашей моделью. Позиционно зависимые связи, создаваемые командой **Редактор геометрических связей WAVE**, характеризуются тем, что они копируют исходную геометрию с

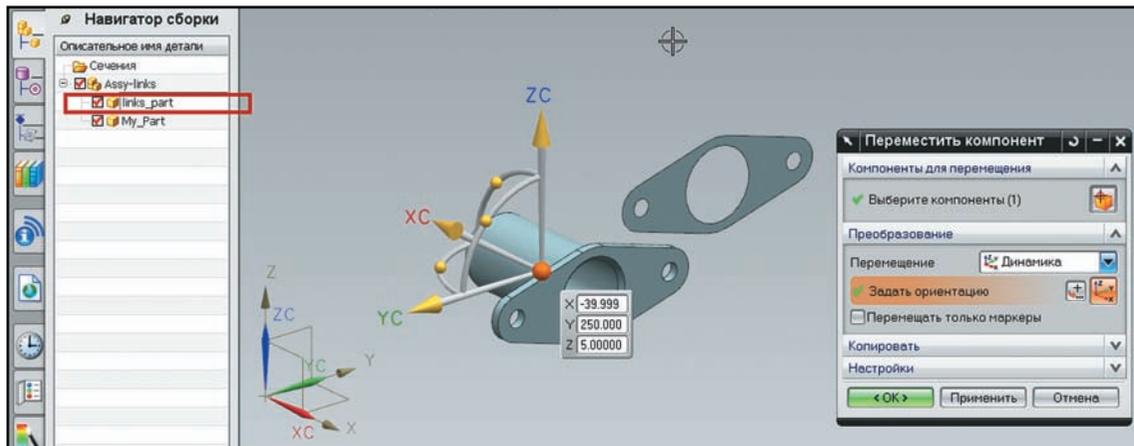


Рисунок 4.3. Изменение исходного объекта

учет позиции родительской детали в сборке. Это означает, что не только геометрические изменения самой детали будут отражаться на скопированном объекте, но и изменение позиции исходного компонента в контексте сборки будет менять позицию связанной геометрии в контексте модели.

- Включите задержку обновления геометрических связей. Для этого в главном меню выберите пункт **Инструменты > Обновить > Обновить связи между деталями > Задержка геометрии и выражений (Tools > Update > Interpart Update > Delay Geometry and Expressions)**. Это будет блокировать обновление связанной геометрии и выражений при их изменениях в исходных моделях до отмены этого режима или ручного обновления связей. Использование этой опции блокирует изменения для всех связей во всех загруженных моделях.
- Переключитесь в **Навигатор сборки**, вызовите контекстное меню по щелчку правой кнопки мыши на компоненте и выберите сборку в пункте меню **Отобразить родителей (Display Parent)**.

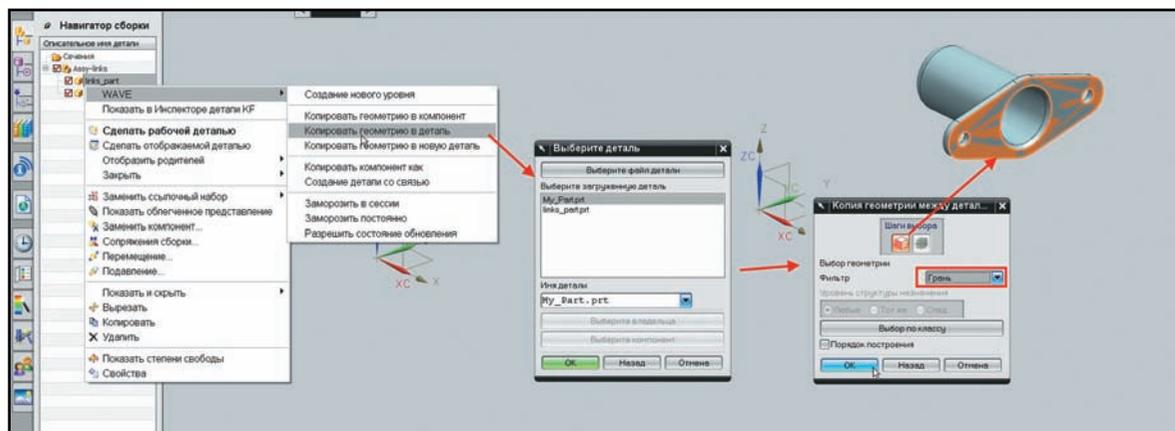


Рисунок 4.4. Создание позиционно-независимой связи

- Двойным щелчком мыши на компоненте сборки сделайте её рабочей деталью и, выбрав исходный компонент в **Навигаторе сборки**, нажмите правую кнопку мыши и выберите пункт меню **Перемещение (Move)**. Затем с помощью маркеров переместите компонент в произвольном направлении (рис. 4.3). Скопированная грань осталась на месте, так как активен режим блокировки обновлений. Нажмите **ОК** в диалоге перемещения компонента.
- Активируйте в **Навигаторе сборки** режим работы с WAVE связями. Для этого нажмите правую кнопку мыши в любом пустом месте навигатора (там, где нет компонентов сборки) и в контекстном меню выберите пункт **Режим WAVE (WAVE Mode)**.
- Обновим связь между деталями. Для этого можно отключить режим блокировки обновлений, но мы воспользуемся альтернативным способом и обновим связь вручную. Выбрав в **Навигаторе сборки** наш компонент в контекстном меню правой кнопкой мыши, выберите пункт **WAVE > Обновить деталь (WAVE > Update Part)**. Скопированная грань сместится в новое положение исходной грани.

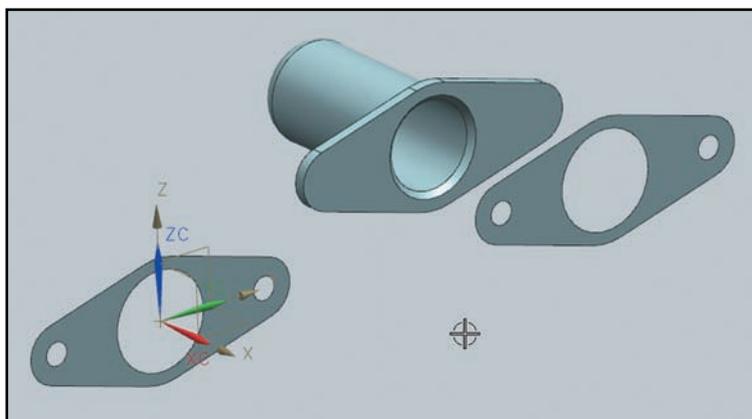


Рисунок 4.5. Связанные объекты до обновления

- Создадим ещё одну копию этой же грани, но воспользуемся теперь другой командой. В **Навигаторе сборки** выберите исходный компонент с моделью, то есть тот компонент, геометрия которого должна быть скопирована, и нажмите правую кнопку мыши. В появившемся меню выберите пункт **WAVE > Копировать геометрию в деталь (WAVE > Copy Geometry to Part)**. В диалоговом окне укажите наш новый компонент, то есть целевой компонент, куда геометрия будет скопирована, и нажмите **ОК**. В следующем диалоговом окне в выпадающем списке **Фильтр (Filter)** выберите значение **Грань (Face)** и в графической области укажите на торцевую грань модели, после чего нажмите **ОК** (рис. 4.4). В новом компоненте будет создана ещё одна копия грани, но в этот раз она будет создана в нуле системы координат модели.

Это позиционно независимая связь. Она отслеживает изменения геометрии исходного объекта, но не учитывает положения компонента в сборке. Хотя в данном случае мы создали позиционно независимую связь между компонентами, входящими в одну сборку, на практике такого типа связи создаются между моделями напрямую, без использования общей сборки.

- Ещё раз операцией перемещения сместите исходный компонент в произвольном направлении и двойным щелчком мыши на нем в **Навигаторе сборки** сделайте его рабочей деталью. Откройте **Навигатор модели** и удалите из дерева построения последнюю операцию построения отверстия. Затем переключитесь обратно в **Навигатор сборки**, отобразите ро-

дительскую сборку и сделайте её рабочей деталью. Так как режим задержки обновлений включен, то пока обе связи остаются необновлёнными (рис. 4.5).

- Обновим связь, но на этот раз воспользуемся командой главного меню **Инструменты > Обновить > Обновить связи между деталями > Обновить всё (Tools > Update > Interpart Update > Update All)**. Эта команда обновляет все межмодельные сборочные связи, требующие актуализации во всех загруженных компонентах (рис. 4.6).

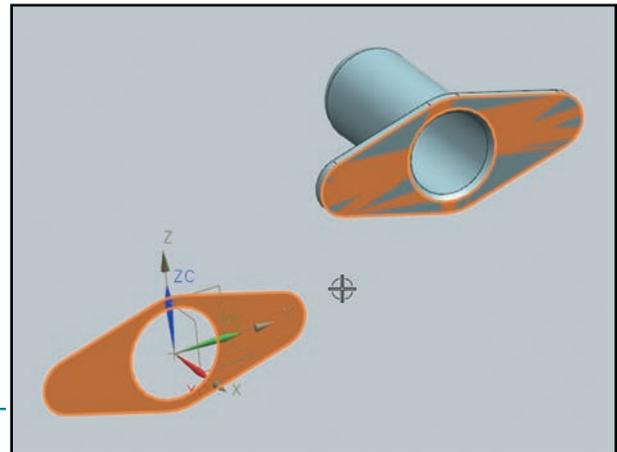


Рисунок 4.6. Связанные объекты после обновления

После завершения обновления обе скопированные грани примут новое геометрическое представление, так как в исходной грани исчезли отверстия. Но изменения позиции исходного компонента будут восприняты только гранью, скопированной с позиционно зависимой связью. Это ключевое различие между этими типами связей, которое надо учитывать при моделировании с использованием связанной геометрии из других компонентов.

Ещё один способ создания позиционно зависимой связи заключается в команде **WAVE > Копировать геометрию в компонент (WAVE > Copy Geometry to Component)** контекстного меню в **Навигаторе сборки**. Для использования этой команды необходимо выбрать в **Навигаторе сборки** исходный компонент, вызвать эту команду и в открывшемся диалоге сначала выбрать геометрию, которую необходимо скопировать, а затем, переключившись на следующий шаг выбора, указать целевой компонент в **Навигаторе сборки** или графической области (рис. 4.7).

Ряд команд модуля **Моделирование (Modeling)** имеют возможность автоматически создавать позиционно независимые копии геометрии, которую они используют в качестве входных

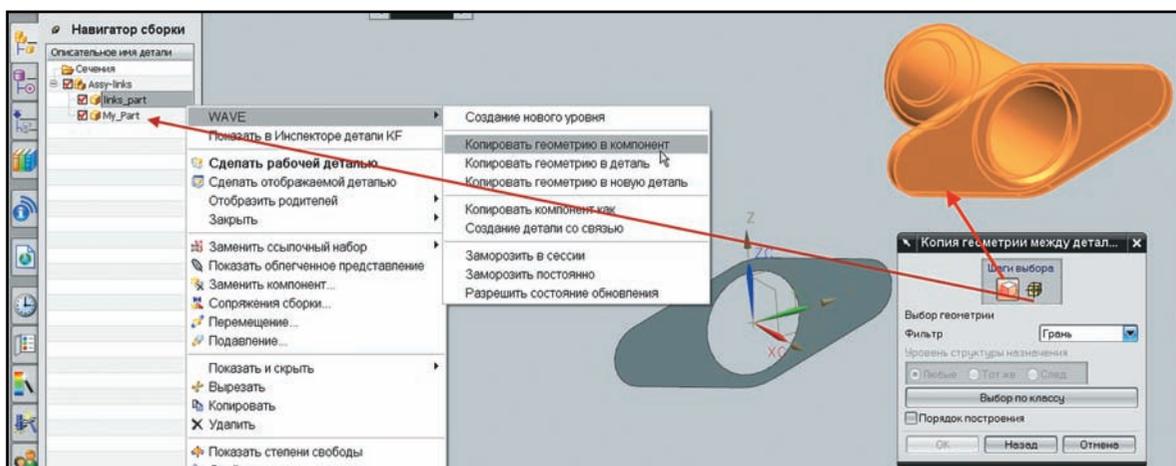


Рисунок 4.7. Создание позиционно-независимой связи через меню компонента

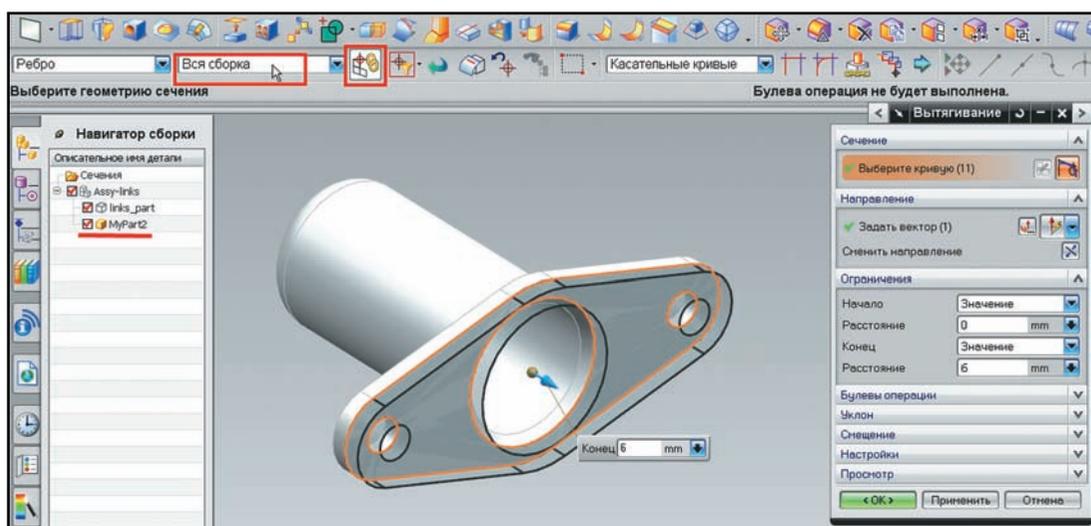


Рисунок 4.8. Автоматическое создание связи

данных, если эта геометрия находится в другом компоненте сборки. Продемонстрируем это на примере команды **Вытягивание (Extrude)**.

- Закройте сборку *Assy-links.prt* без сохранения и откройте её заново или воспользуйтесь командой главного меню **Файл > Закроить и открыть снова выбранные детали (Close and Reopen Selected Parts)**, включив опцию **Деталь и компоненты (Part and Components)**.
- Добавьте новый компонент в сборку и сделайте его рабочей деталью.
- На инструментальной панели **Элемент (Feature)** нажмите кнопку **Вытягивание (Extrude)** или выберите пункт меню **Вставить > Элемент проектирования > Вытягивание (Insert > Design Feature > Extrude)**.
- В инструментальной панели выбора в выпадающем списке **Область выбора (Selection Scope)** установите значение **Вся сборка (Entire Assembly)** – это позволит выбирать геометрию в других компонентах. И нажмите кнопку **Создать связи между деталями (Create Inetpart Link)**, чтобы включить режим автоматической привязки к геометрии других компонентов. После этого выберите кромки торцевой грани детали исходного компонента и нажмите **ОК** в диалоге. Переключитесь в **Навигатор модели**. Система автоматически создала объект, содержащий кривые с позиционно зависимой связью, и использовала его для построения элемента вытягивания (рис. 4.8).

Механизм создания ассоциативных межмодельных связей позволят отслеживать не только положение скопированного элемента в контексте сборки, но и его состояние на момент создания ассоциативной копии. В предыдущих примерах скопированная грань при обновлении приводилась к текущему состоянию грани в исходной модели. То есть все изменения в исходной модели, которые были сделаны после создания связанных копий, учитывались связью. Это не всегда бывает нужно, и в ряде случаев необходимо учитывать все изменения, которые происходят в исходной модели до момента создания ассоциативной копии, и игнори-

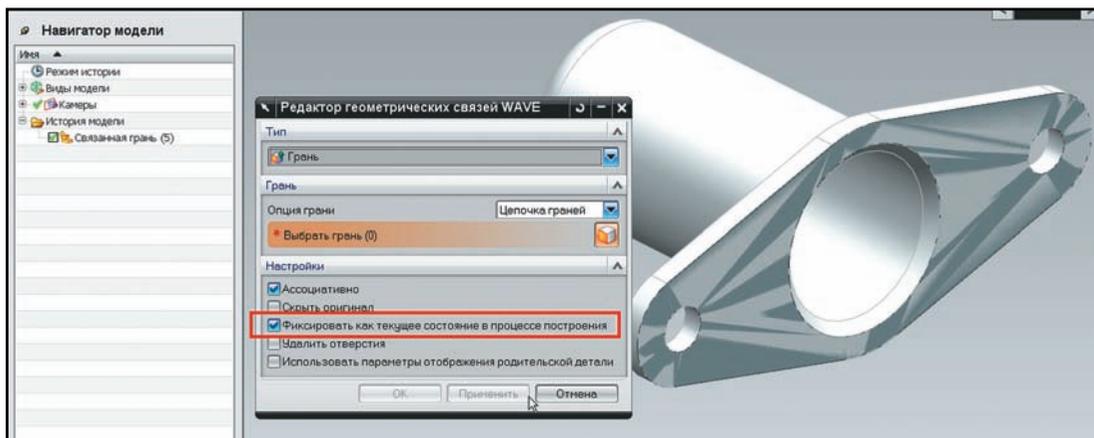


Рисунок 4.9. Зависимость связи от времени создания

ровать то, что было сделано после. Это бывает актуально, когда скопированные геометрические объекты, использованные для построений в соседних компонентах, потом модифицируются для моделирования обработки в сборке. Давайте создадим ассоциативную копию грани, которая будет учитывать её геометрическое состояние на момент создания копии.

- Ещё раз закройте сборку *Assy-links.prt* без сохранения и откройте её заново.
- Добавьте новый компонент в сборку и сделайте его рабочей деталью.
- Воспользуемся командой **Редактор геометрических связей WAVE** для создания позиционно зависимой связи, как в первом примере, но на этот раз, выбрав грань, в диалоге включим опцию **Фиксировать как текущее состояние в процессе построения (Fix at Current Timestamp)** (рис. 4.9).
- Сделайте исходную модель рабочей деталью и, переключившись в **Навигатор модели**, внесем два изменения в дерево построения модели. Двойным щелчком на последнем элементе построения **Простое отверстие (Hole)** перейдите в режим его редактирования и поменяйте диаметр с 12 мм на 18 мм. И сделайте фаску по контуру грани. Теперь в дереве построения есть изменение, которое касается элемента, созданного до момента копирования грани, и один новый элемент построения, меняющий грань после того, как она была скопирована (рис. 4.10).
- Сделайте сборку рабочей деталью и обновите новый компонент через пункт контекстного меню **WAVE > Обновить деталь (WAVE > Update Part)**. В результате копия грани в целевом компоненте будет изменена, но изменение будет касаться только диаметра отверстий, в то время как появление фаски на исходной грани будет проигнорировано (рис. 4.11).

При использовании команд контекстного меню в **Навигаторе сборки WAVE > Копировать геометрию в компонент** и **Копировать геометрию в деталь** такого типа связи строятся при включении опции **Порядок построения (At Timestamp)** в диалоге создания связи.

Мы рассмотрели основные команды создания ассоциативных межмодельных связей. Рассмотрим оставшиеся пункты контекстного меню **WAVE** в **Навигаторе сборки**:

Создание нового уровня (Create New Level) – команда создаёт новый компонент под

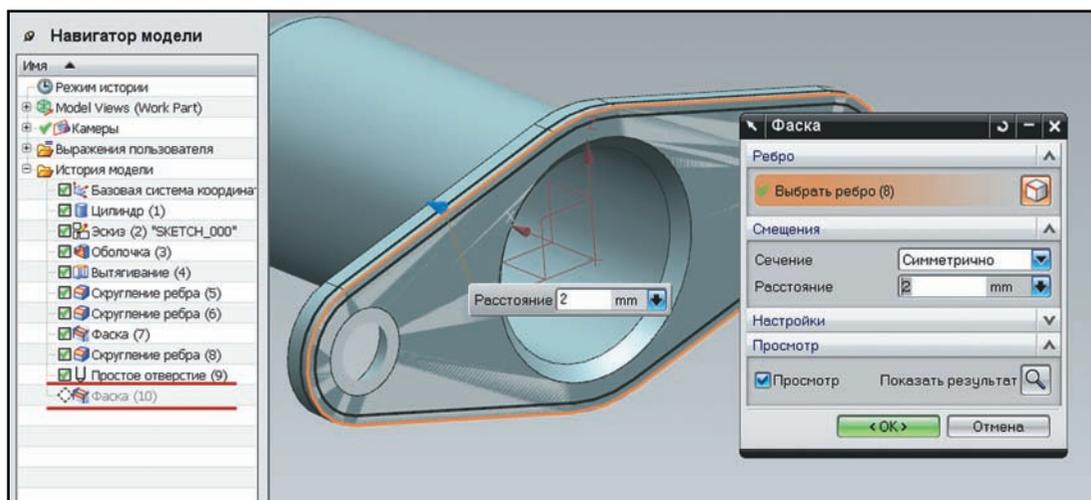


Рисунок 4.10. Изменение исходного компонента

текущей рабочей детали, куда вставляет ассоциативную копию выбранных геометрических объектов из рабочей детали. Эта команда применяется, когда надо «развалить» на несколько составных частей одну модель с сохранением ассоциативной связи между исходной моделью и составными частями.

Копировать геометрию в новую деталь (Copy Geometry to New Part) – эта команда аналогична команде **Копировать геометрию в деталь** за исключением того, что копирование производится не в существующую модель, а в создаваемую новую.

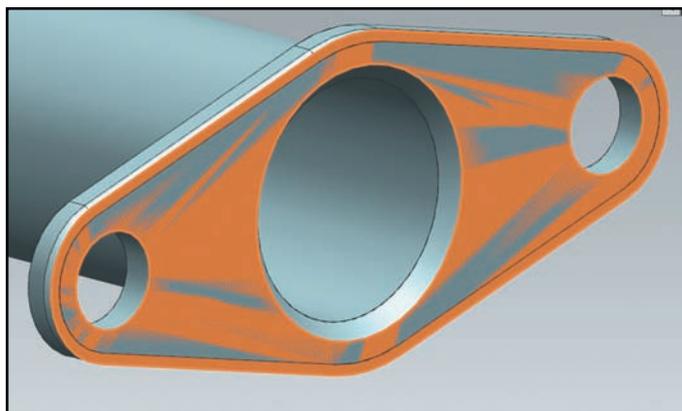


Рисунок 4.11. Обновление связи

Копировать компонент как (Copy Component As) – команда пересохраняет под новым именем компонент и сразу вставляет его в текущую рабочую деталь. Используется для создания подобных компонентов, содержащих ассоциативные геометрические связи.

Создание детали со связью (Create Linked Part) – создает новую модель, куда помещает ассоциативно связанное твердое тело на основе выбранного ссылочного набора текущей рабочей детали.

Заморозить в сессии (Freeze in Session) – блокирует все обновления межмодельных связей для выбранного компонента в текущей сессии NX.

Заморозить постоянно (Freeze Persistently) – блокирует все обновления межмодельных связей для выбранного компонента до отмены блокировки.

Разрешить состояние обновления (Resolve Update Status) – обновляет межмодельные связи для выбранного компонента, если активен режим задержки обновления геометрии и выражений.

В зависимости от текущего статуса межмодельных связей в контекстном меню могут появляться пункты:

Разморозить (Unfreeze) – отменяет действие команд **Заморозить в сессии** и **Заморозить постоянно**.

Показать объекты, требующие обновления (Show Out of Date Objects) – отображает информационное окно с описанием объектов, требующих обновления при действии команд **Заморозить в сессии** или **Заморозить постоянно**.

Все использованные до сих пор команды создавали ассоциативные копии геометрических объектов. Между тем в процессе проектирования часто возникает необходимость привязываться не только к геометрии другой модели, но и к каким-либо числовым параметрам и выражениям. Редактор выражений, вызываемый командой главного меню **Инструменты > Выражения (Tools > Expression)**, предоставляет возможность создавать и редактировать ссылки на параметры других моделей, загруженных в сессии (рис. 4.12).

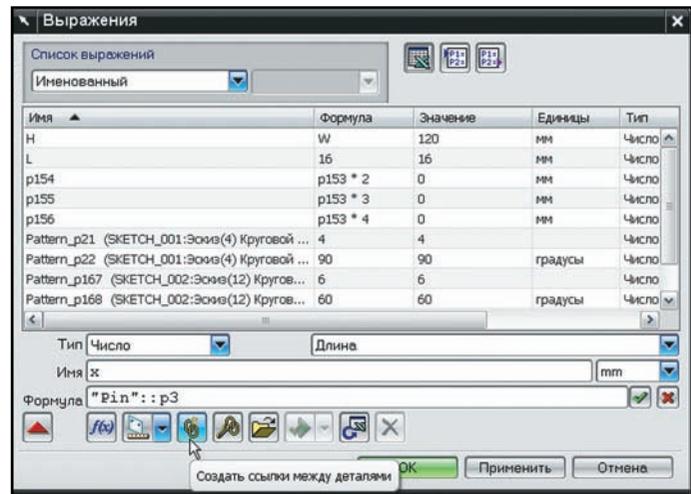


Рисунок 4.12. Создание параметрических связей

ПРОСМОТР И ОБНОВЛЕНИЕ СВЯЗЕЙ

Давайте на примере создания нового компонента в контексте сборки рассмотрим работу с параметрическими и геометрическими связями.

- Запустите NX, нажмите кнопку открытия существующей модели и в диалоге нажмите кнопку **Опции (Options)** в левом нижнем углу. Нам необходимо установить опции загрузки сборки, чтобы данные о межмодельных связях загружались при открытии.
- Включите опцию **Загрузка данных о связях между деталями (Load Interpart Data)** и в выпадающем списке **Загрузите родителей (Load Parents)** выберите значение **Все уровни (All Levels)**, нажмите **ОК** в диалоге опций загрузки (рис. 4.13).

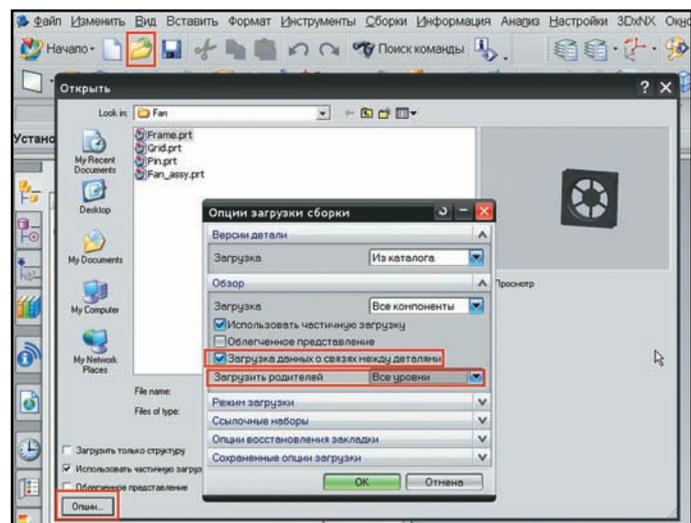


Рисунок 4.13. Опции загрузки сборки

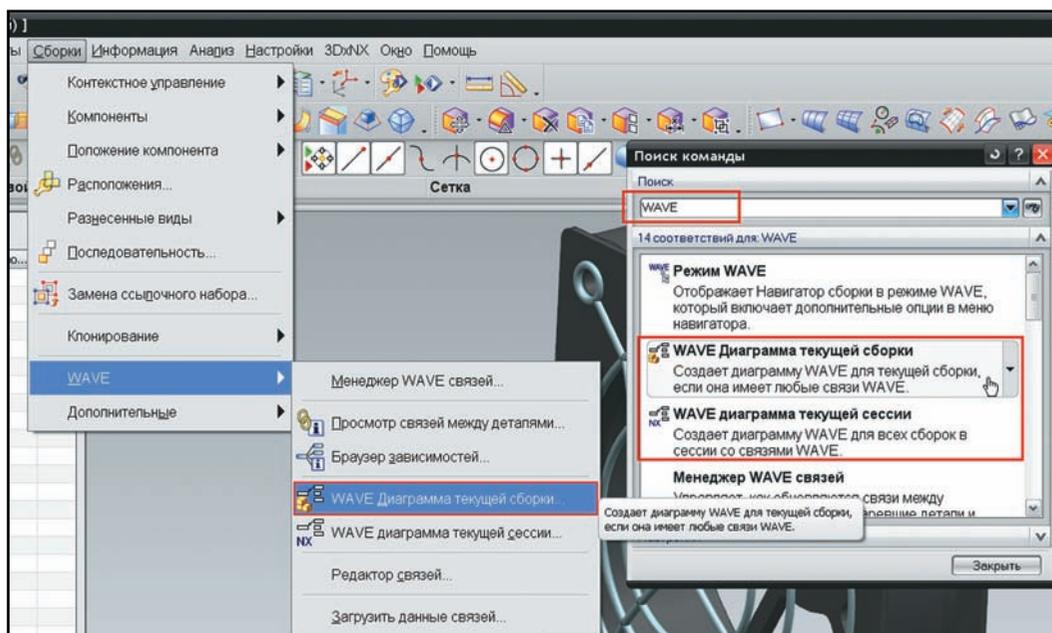


Рисунок 4.14. Команда вызова диаграммы связей

Первая опция управляет, будут ли данные о межмодельных связях загружены одновременно с моделями, а вторая определяет, для какого уровня сборки загружать данные о связях – только для первого или для всех. Как правило, включение режима загрузки данных о связях необходимо, когда надо открыть сборку и провести изменения, вызванные модификацией исходных данных. Загрузка данных о связях повышает количество необходимой памяти для открытия сборки, так как детали, содержащие ссылки на другие модели, начинают подгружаться частично, и эти модели тоже, которые не всегда являются компонентами открываемой сборки. И более того, если не включен режим задержки обновления, то при открытии сборки с межмодельными связями будет производиться их обновление, что может занять достаточно длительное время при работе с большими сборками. Поэтому использовать опцию загрузки межмодельных связей надо по мере необходимости. Следует добавить, что это не единственный способ загрузить данные о связях. Практически все команды WAVE, отвечающие за просмотр и редактирование связей, определяют текущий статус загруженных моделей, и если данные о связях не были загружены, пользователю будет предложено их загрузить. В дополнение к этому существует возможность вручную загрузить данные о связях с помощью команды главного меню **Сборки > WAVE > Загрузить данные связей (Assemblies > WAVE > Load Interpart Data)**. В нашем примере сборка содержит всего несколько компонентов

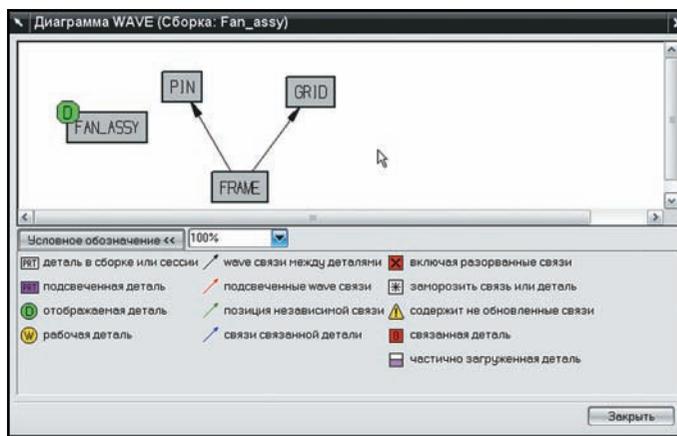


Рисунок 4.15. Диаграмма связей

с межмодельными связями, поэтому мы загрузим данные о связях при её открытии.

- Выберите файл сборки Fan.prt из папки ch4/Fan и нажмите **OK**.
- Сборка представляет собой три детали, которые связаны между собой геометрическими ссылками. Существуют несколько возможностей просмотра межмодельных связей. Для отображения общей схемы ссылок между моделями и их текущего статуса воспользуйтесь командой главного меню **Сборки > WAVE > WAVE Диаграмма текущей сборки (Assemblies > WAVE > WAVE Diagram of Current Assembly)**.

В меню присутствует ещё команда отображения диаграммы текущей сессии, и, как ясно из названия, различие этих двух команд в области действия. В первом случае диаграмма межмодельных связей будет построена для текущей активной сборки, а во втором будут учтены все загруженные на данный момент модели. Если вы не видите в интерфейсе этих команд, то переключите роль интерфейса на **Расширенные с полным меню (Advanced with full menus)** или воспользуйтесь поиском команд, вызвав диалог **Помощь > Поиск команды (Help >**

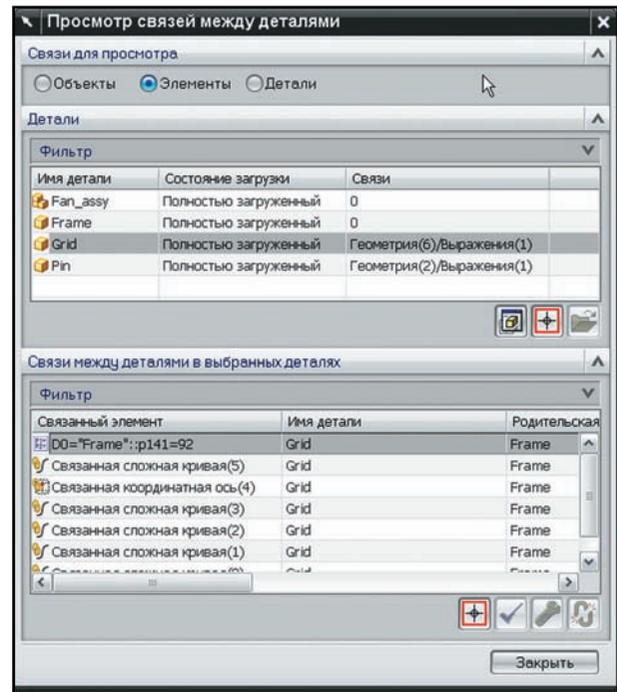


Рисунок 4.16. Просмотр связей между деталями

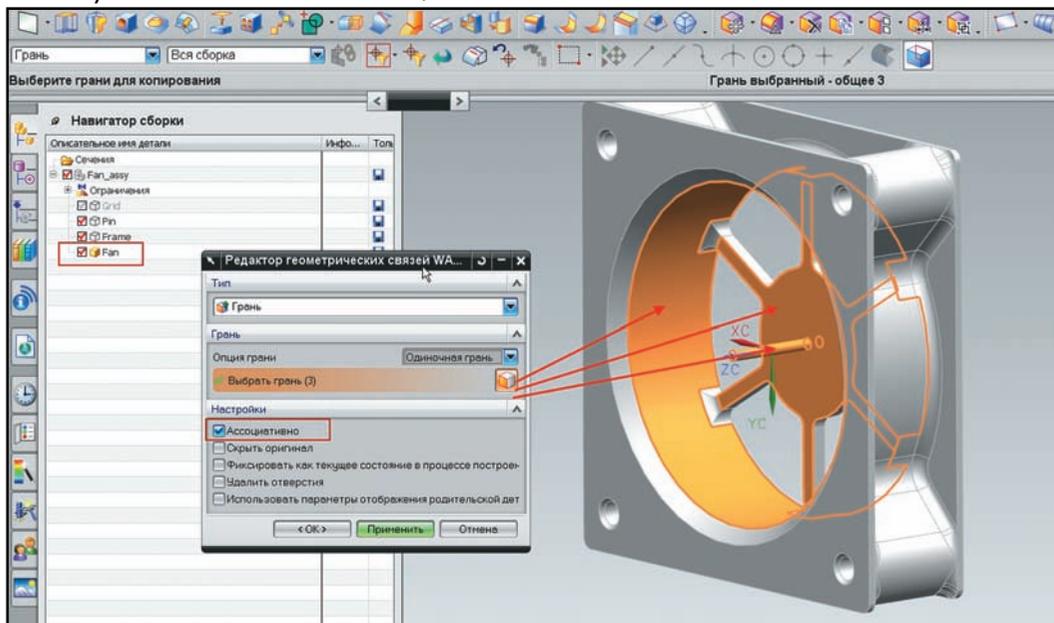


Рисунок 4.17. Создание геометрических связей

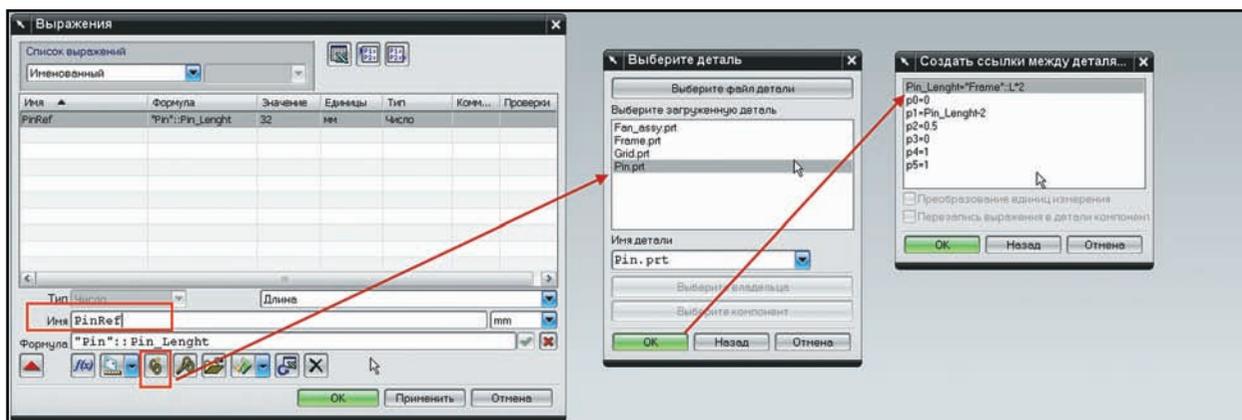


Рисунок 4.18. Создание связей между параметрами

Command Finder) (рис. 4.14).

Диаграмма связей представляет собой графическое изображение связей между компонентами, которое показывает текущий статус связей, их тип и состояние соответствующих компонентов (рис. 4.15). Для получения более детальной информации, а именно информации о том, какие именно объекты были использованы для создания межмодельных связей между двумя компонентами, можно воспользоваться контекстным меню, щелкнув правой кнопкой мыши на схематичном изображении интересующего компонента. Команда **Просмотр связей детали (Browse Part Links)** выведет список использованных геометрических объектов.

Ещё одно средство просмотра и редактирования существующих межмодельных связей реализует команда главного меню **Сборки > WAVE > Просмотр связей между деталями (Assemblies > WAVE > Interpart Link Browser)**. Диалог команды предоставляет детальную информацию о связях во всех полностью загруженных моделях, как геометрических, так и параметрических. Из этого же диалога можно редактировать связи, переназначая геометрические элементы (рис. 4.16).

Создадим модель вентилятора, вписанного в данную сборку, с использованием геометрии и параметров существующих компонентов.

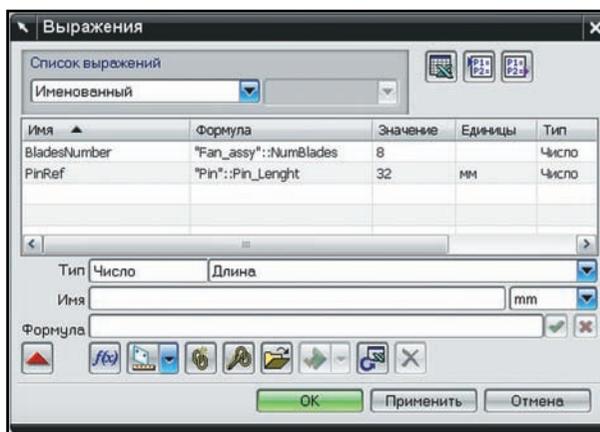


Рисунок 4.19. Созданные переменные

- Закройте все диалоговые окна просмотра связей и, в **Навигаторе сборки** выбрав верхний узел, добавьте новый компонент с помощью кнопки **Создать новый компонент** в инструментальной панели **Сборки** или аналогичной командой в разделе главного меню **Сборки > Компоненты (Assemblies > Components)**.
- Скройте компонент **Grid**, нажав на нем правой кнопкой мыши в **Навигаторе сборки** и выбрав пункт меню **Показать и скрыть > Скрыть (Show and Hide > Hide)**. Он нам пока не

понадобится.

- Двойным щелчком в **Навигаторе сборки** на созданном компоненте сделайте его рабочей деталью.
- Вызовите **Редактор геометрических связей WAVE (WAVE Geometry Linker)** и, убедившись, что опция **Ассоциативно (Associative)** включена, выберите грани деталей **Frame** и **Pin**, как показано на рис. 4.17.

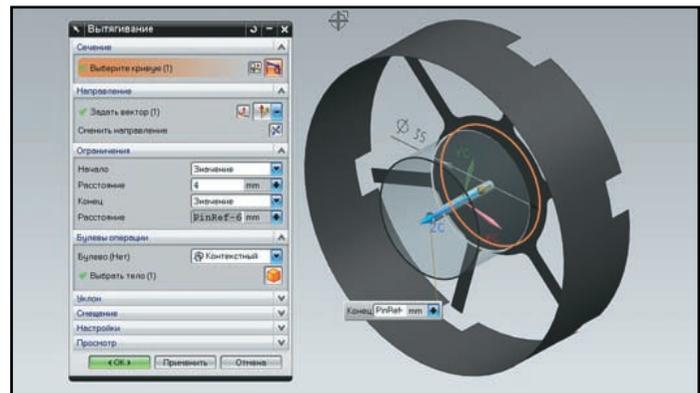


Рисунок 4.20. Создание элемента вытягивания

Мы создали в новой модели три связи на геометрию других компонентов сборки, которую будем использовать для построения своей детали.

- Переключитесь в **Навигатор модели** и вызовите редактор выражений через меню **Инструменты > Выражение (Tools > Expression)**. Создайте переменную **PinRef** и свяжите её с переменной **PinLength** из компонента сборки **Pin**. Для этого в редакторе выражений введите новой имя переменной в поле **Имя (Name)** и нажмите кнопку **Создать ссылки между деталями (Create Interpart Reference)**.
- В появившемся диалоге выберите модель **Pin.prt** и нажмите **ОК**. В следующем диалоге укажите переменную **PinLength** и нажмите **ОК**. В строке **Формула (Formula)** появится строчка связи с переменной другой модели. Завершите создание связанной переменной нажатием кнопки **Применить (Apply)** (рис. 4.18).
- Не закрывая диалога **Выражения**, создайте аналогичным образом ещё одну переменную с именем **BladesNumber**, связанную с переменной **NumBlades**, определенной в модели верхней сборки **Fan_assy** (рис.

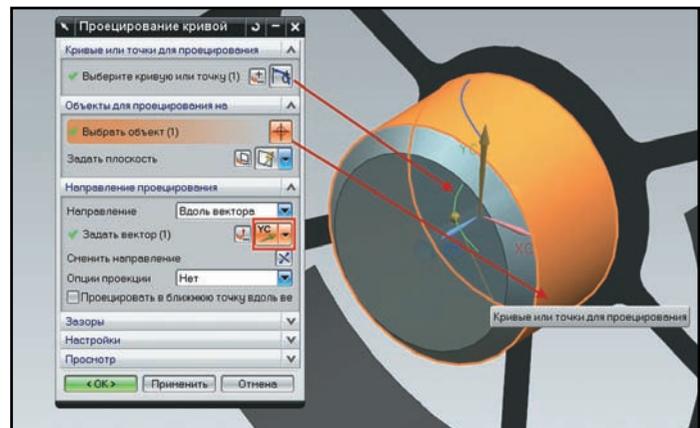


Рисунок 4.21. Проецирование кривой

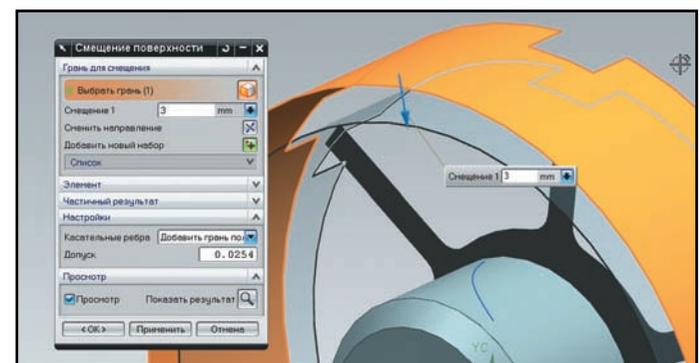


Рисунок 4.22. Создание офсетной поверхности

4.19), только в отличие от предыдущей переменной во втором выпадающем списке, задающем тип переменной, поменяйте значение с **Длина (Length)** на **Постоянный (Constant)**. После чего закройте диалог редактирования выражений.

Таким образом, мы создали две связи на параметры других моделей, которые будем использовать в наших построениях.

- Создайте элемент **Вытягивание (Extrude)** на базе эскиза, расположенного на скопированной плоской грани компонента **Frame**. Эскиз должен представлять собой окружность диаметром 35–40 мм с центром, расположенным на оси цилиндрической грани компонента **Pin** (рис. 4.20). В параметрах операции вытягивания укажите первое расстояние, равное 4 мм, чтобы обеспечить зазор между получаемым элементом вытягивания и скопированной гранью. А в качестве второго значения расстояния укажите значение, равное ($\text{PinRef}-6$) мм.
- На плоскости ZX системы координат модели постройте эскиз, состоящий из дуги или прямой, примерно как это показано на рис. 4.21.
- С помощью команды главного меню **Вставить > Кривая по кривой > Проецирование (Insert > Curve from Curves > Project)** спроецируйте построенный эскиз на грань тела вытягивания вдоль оси Y (рис. 4.21).
- На основе цилиндрической скопированной грани создайте офсетную поверхность на расстоянии 3 мм с помощью команды **Вставить > Смещение/Масштаб > Смещение поверхности (Insert > Offset/Scale > Offset Surface)** (рис. 4.22).
- Постройте одну лопасть вентилятора. Создайте элемент **Вытягивание** на основе спроецированной кривой вдоль оси Y, задав расстояние вытягивания 50–70 мм (рис. 4.23).

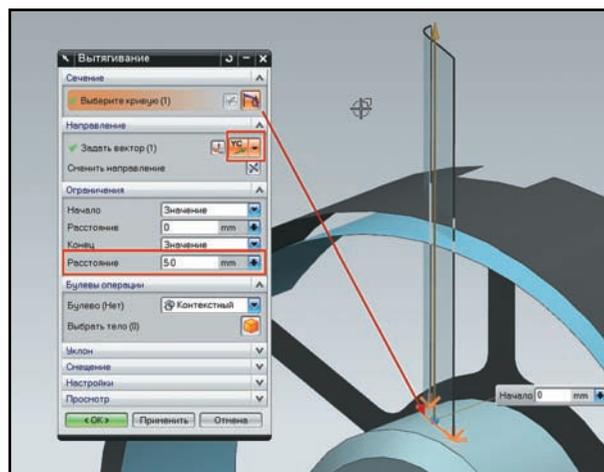


Рисунок 4.23. Создание лопасти

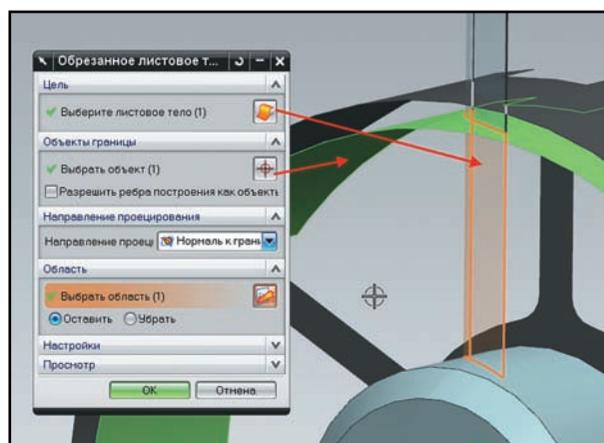


Рисунок 4.24. Обрезка поверхности

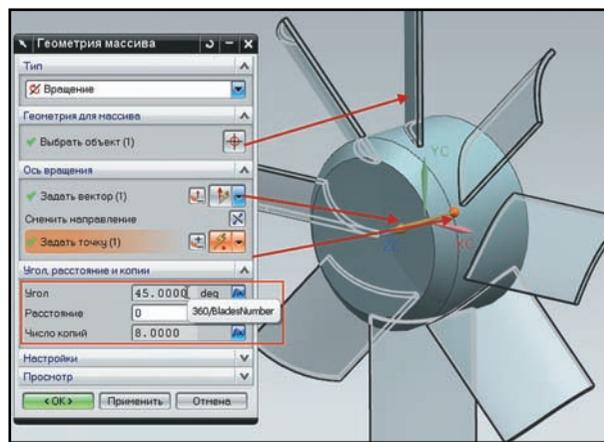


Рисунок 4.25. Массив по окружности

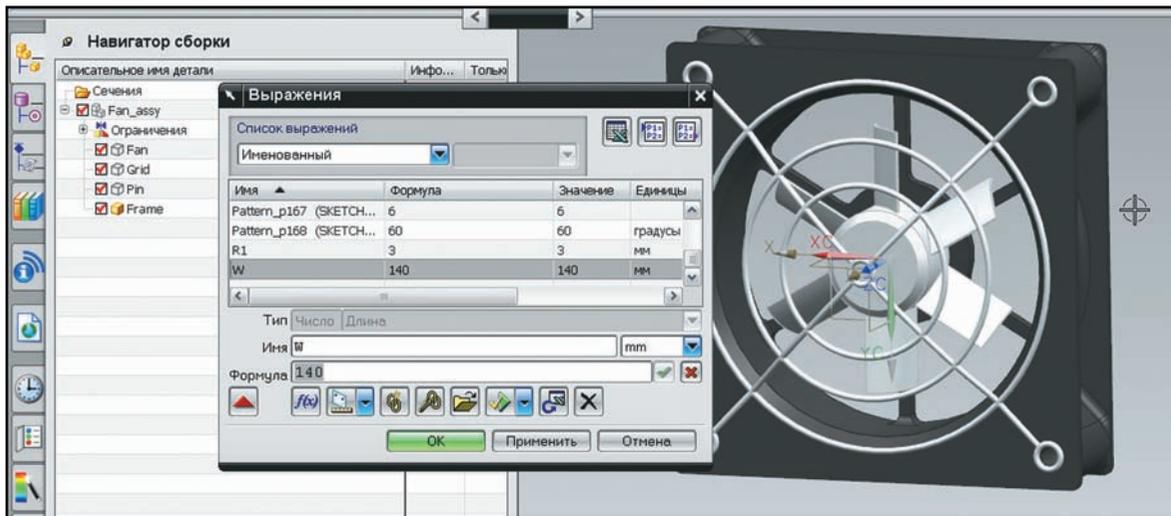


Рисунок 4.26. Изменение параметров модели

- Командой **Вставить > Обрезка > Обрезка поверхности (Insert > Trim > Trimmed Sheet)** обрежьте полученный элемент вытягивая офсетной поверхностью (рис. 4.24).
- Используя команду **Вставить > Смещение/Масштаб > Утолщение (Insert > Offset/Scale > Thicken)** придайте толщину полученной поверхности, выбрав обрезанную поверхность и задав величину смещения в 1 мм. Затем скройте все поверхности и кривые построения, переместив их на любой невидимый слой командой **Формат > Переместить на слой (Format > Move to Layer)**, оставив только твердые тела.
- Командой **Вставить > Ассоциативная копия > Геометрия массива (Insert > Associative Copy > Instance Geometry)** создайте круговой массив тел на основе полученного тела. Выберите **тип (Type)** массива в выпадающем списке – **Вращение (Rotate)**, укажите вектор Z как ось вращения и задайте точку в центре окружности элемента вытягивания. В поле ввода значения **угла (Angle)** введите формулу $360/\text{BladeNumber}$, а в поле **Число копий (Number of Copies)** введите значение BladeNumber . Система сразу подставит числовые значения и создаст соответствующие формулы в редакторе выражений. Нажмите **ОК** в диалоге построения массива (рис. 4.25).
- Сохраните деталь и, переключившись в **Навигатор сборки**, отобразите родительскую

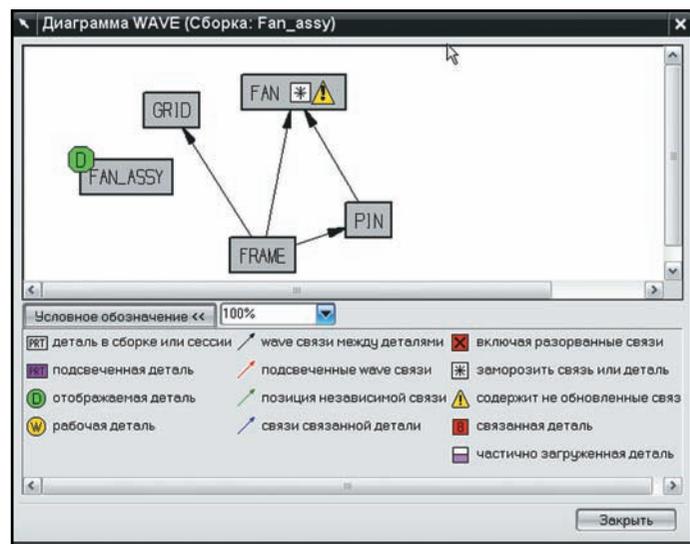


Рисунок 4.27. Диаграмма связей

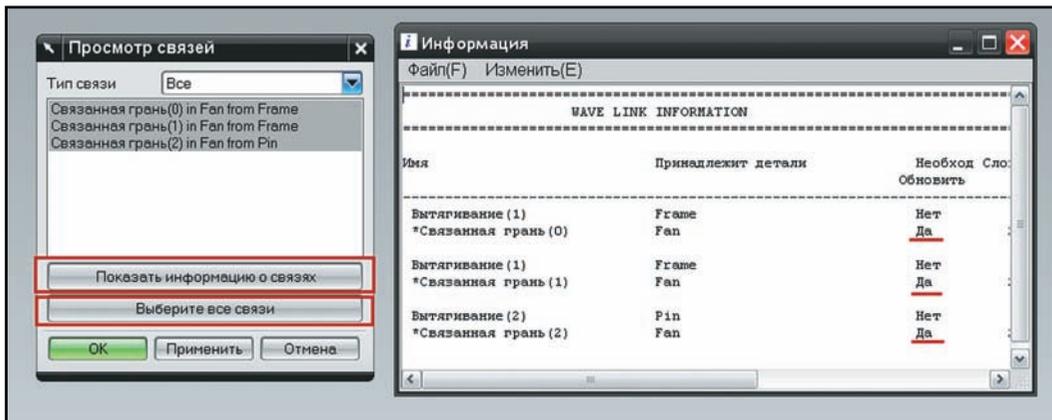


Рисунок 4.28. Информация о состоянии связей

сборку текущей модели. Сделайте сборку рабочей и, нажав правую кнопку на созданном компоненте **Fan**, выберите в контекстном меню **WAVE > Заморозить постоянно (WAVE > Freeze Persistently)** и сохраните сборку. Это изолирует компонент на случай изменения ссылочных данных.

- Двойным щелчком в **Навигаторе сборки** на компоненте Frame сделайте его рабочей деталью и откройте диалог редактирования выражений. Найдите переменную *W* со значением 120, которая определяет габариты корпуса вентилятора, и поменяйте её значение на 140 и нажмите кнопку **Применить**. Компоненты сборки перестроятся, за исключением модели самого вентилятора, так как в данный момент межмодельные связи заморожены для изменений (рис. 4.26).
- Сделайте сборку рабочей деталью и, открыв диалог редактирования выражений, поменяйте значение переменной NumBlades с 6 на 8. Затем просмотрите текущее состояние меж-

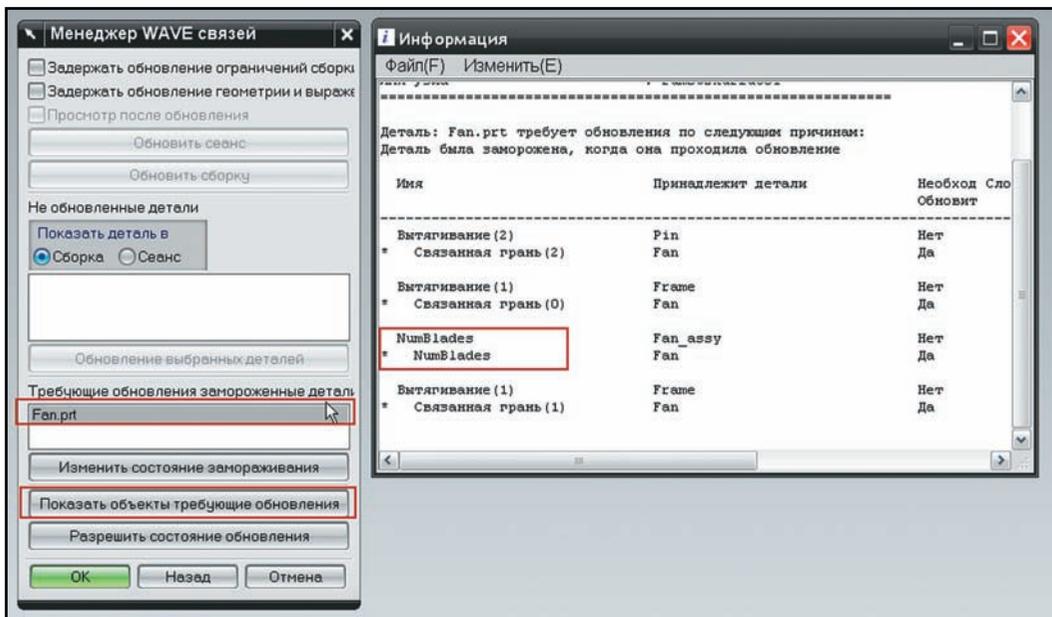


Рисунок 4.29. Менеджер WAVE связей

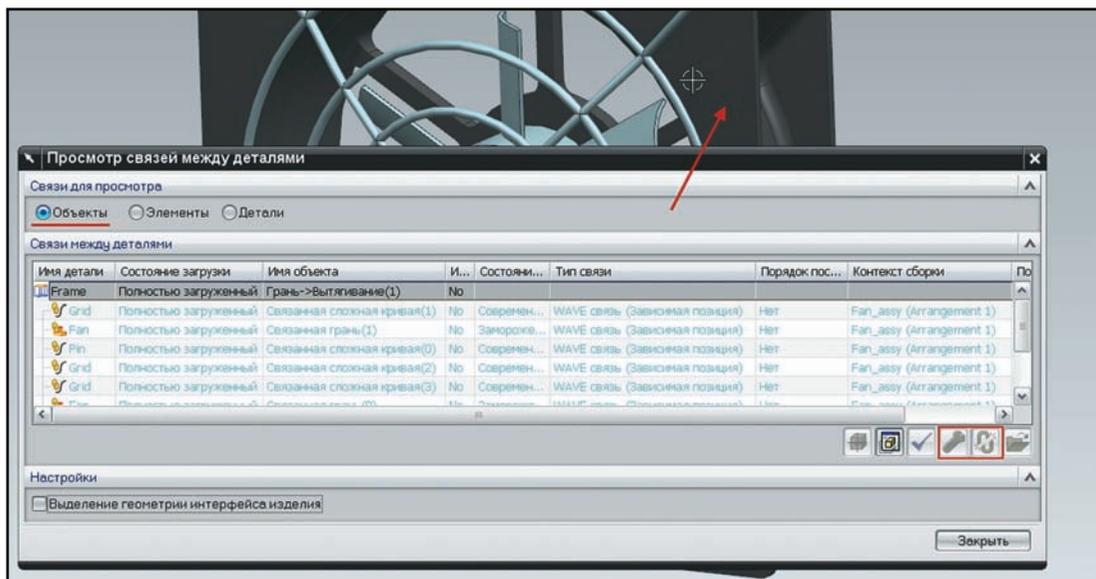


Рисунок 4.29. Просмотр связей между деталями по объектам

модельных связей с помощью команды **Сборки > WAVE > WAVE диаграмма текущей сборки (Assemblies > WAVE > WAVE Diagram of Current Assembly)**.

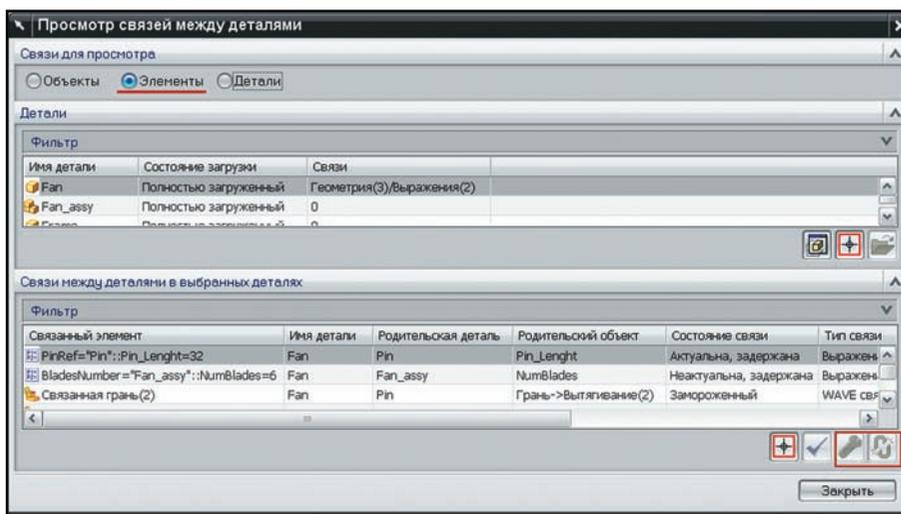
Как видно из диаграммы, все связи компонентов, кроме модели вентилятора, находятся в актуальном состоянии, а на схематичном представлении компонента вентилятора показаны значки статуса заморозки и наличия неактуальных связей (рис. 4.27). На данный момент построенная модель вентилятора ссылается на геометрию двух других компонентов сборки – Frame и Pin, причем это позиционно зависимые связи, а также использует переменные из компонента Pin и из самой родительской сборки Fan_Assy.

- Нажмите в диаграмме связей правую кнопку мыши на компоненте **Fan** и в контекстном меню выберите **Просмотр связей детали (Browse Part Links)**, затем в появившемся диалоге выберите все связи (**Select All Links**) и нажмите кнопку **Показать информацию о связях (Show Link Information)**. В появившемся информационном окне будут отображены все выбранные связи с указанием элементов построения родительских моделей, геометрия которых была использована для создания связи, а также тип геометрии, которая была скопирована, и текущий статус этих связей (рис. 4.28). Обратите внимание, что отображаются только данные по геометрическим связям. Закройте информационное окно и диаграмму связей сборки.
- С помощью команды **Сборки > WAVE > Менеджер WAVE связей (Assemblies > WAVE > Associativity Manager)** откройте ещё одно средство для просмотра и обновления связей. Менеджер WAVE связей дает возможность посмотреть, какие компоненты сборки в данный момент требуют обновления и какие конкретно элементы в этих компонентах не актуальны, а также разрешить состояние обновления или снять статус заморозки. В открывшемся диалоге в списке **Требующие обновления замороженные детали (Out of Date Frozen Parts)**

мы видим наш компонент вентилятора (рис. 4.29). Выделите его и нажмите кнопку **Показать объекты, требующие обновления (Show Out of Date Objects)**. На этот раз в открывшемся информационном окне будут отображены не только геометрические межмодельные связи, требующие обновления, но и параметрическая связь. Закройте информационное окно и диалог менеджера связей без обновления.

В большинстве случаев для проведения обновлений сборок, в которых есть замороженные связи или необновлённые связи при включенном режиме задержки изменений, вполне достаточно использовать диаграмму и менеджер связей. Но если возникает необходимость более детально исследовать геометрические зависимости и управлять их состоянием, для этого больше подойдёт рассмотренный выше диалог **Просмотр связей между деталями (Assemblies > WAVE > Interpart Link Browser)** в разделе меню **Сборки > WAVE**.

- Откройте этот диалог и в разделе **Связи для просмотра (Links to Investigate)** выберите опцию **Объекты (Objects)**. В этом режиме вы можете получить информацию о связях, созданных на основе конкретного элемента дерева построения модели. Укажите в графической области на модель корпуса, и в диалоге появится информация о том, какой элемент построения был выбран и какие связи были созданы на основе геометрии этого элемента. Помимо отображения имен компонентов, которые используют геометрию выбранного элемента, и основных данных о них, здесь можно видеть текущий статус связи в колонке **Состояние связи (Link Status)**, **Тип связи (Link Type)** в одноимённой колонке, а также была ли использована опция зависимости от порядка построения при создании связи – в колонке **Порядок построения (At timestamp)** (рис. 4.29). В этом диалоге вы можете не только просматривать, но и редактировать геометрические связи. Для этого при выборе какой-либо связи в правом нижнем углу активируются кнопки **Изменить (Edit)** и **Разорвать связь (Break Link)**, которые позволяют соответственно переназначить исходный геометрический объект



для связи или разорвать связь и сделать скопированный геометрический элемент неассоциативным.

- Переключите режим просмотра связей, выбрав в разделе **Связи для просмотра** опцию **Элементы (Features)**. В этом режиме информация о связях предоставляется в более обобщенном виде и связи показываются на основе выбранного компонента сборки, без детализации

Рисунок 4.30. Просмотр связей между деталями по элементам

до уровня элементов построения модели. Выбирая интересующий компонент в диалоге или **Навигаторе сборки**, вы можете получить полный список всех связей, которые используются в данном компоненте (рис. 4.30). Последний режим отображения связей, определяемый опцией **Детали (Parts)**, предоставляет самый простой режим отображения, который показывает только зависимости между компонентами без детализации по конкретным связанным геометрическим элементам.

- Закройте окно просмотра связей и обновите компонент **Fan**, нажав правой кнопкой мыши в **Навигаторе сборки** и выбрав пункт меню **WAVE > Разморозить (WAVE > Unfreeze)**.
- Связи будут обновлены, и модель перестроится, исходя из новых значений геометрических параметров и связанных переменных. Сохраните модель и закройте сборку.

Управление состоянием межмодельных связей является ключевой составляющей процесса проведения изменений в макете изделия. В ряде случаев изменения исходных данных не должны влиять на связанные модели – например, когда исходные данные варьируются с точки зрения оптимизации и до получения окончательного результата принимают несколько промежуточных состояний. В таком случае постоянные перестроения связанных моделей будут нежелательны, поэтому состояние заморозки связей защищает модель от нежелательных построений. Когда изменение исходных данных утверждено, то их можно учесть в связанных моделях, разморозив соответствующие связи.

СОЗДАНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЕТАЛЕЙ

При создании геометрических и параметрических связей имеет смысл привязываться к заранее определённым элементам и переменным. То есть к таким объектам, которые будут стабильны с точки зрения изменений, не будут вырождаться и которые можно будет легко отсле-

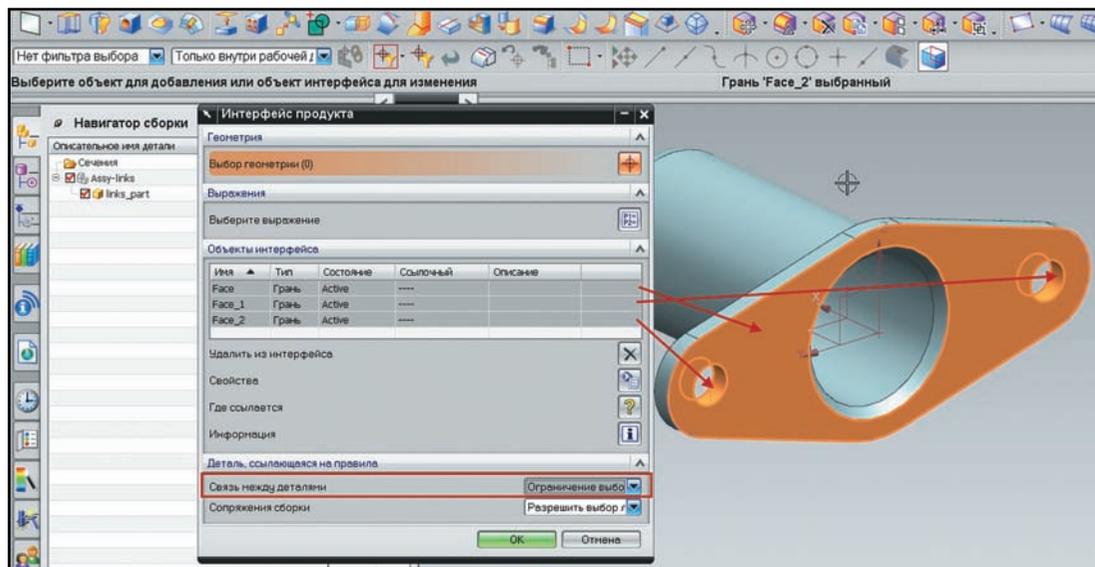


Рисунок 4.31. Определение интерфейса модели

живать. До сих пор при создании геометрических связей мы могли выбирать любую геометрию родительской модели. Также и в случае с созданием параметрических связей мы могли выбирать любые переменные в исходных моделях. Это вполне работает, когда межмодельные связи создаются в рамках сборки, которую разрабатывает один человек. Когда возникает необходимость связи моделей, разрабатываемых разными участниками проекта, то появляется необходимость в договоренности относительно того, к каким объектам можно привязываться и какие параметры можно использовать. Если не оговорено, какие объекты могут быть использованы для привязки, то с большой долей вероятности будут возникать проблемы обновления связей, вызванные удалением исходных геометрических элементов или параметров, на основе которых создавались эти связи. Для того чтобы сделать поведение моделей при изменениях более предсказуемым и избежать таких проблем, необходимо использовать механизм интерфейсов геометрической модели, который реализован в NX. Под интерфейсом модели понимается набор геометрических объектов и выражений (переменных), которые модель предоставляет для создания межмодельных и сборочных связей. Другими словами, это те элементы геометрии модели, которые можно использовать для создания связей, и те переменные модели, на которые можно ссылаться. По умолчанию модели предоставляют доступ ко всем элементам геометрии и ко всем переменным, то есть интерфейс не определен. Давайте на примере простой модели определим интерфейс, который будет использован для создания межмодельных связей:

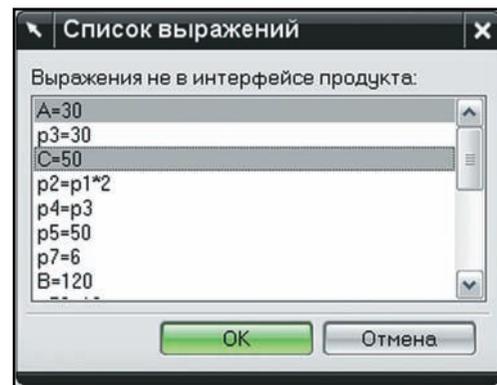


Рисунок 4.32. Публикация выражений в интерфейс

- Откройте файл сборки *Assy-links.prt* из папки *ch4/Interface*.
- В сборке находится один компонент, которому мы должны определить интерфейс. Двойным щелчком левой кнопки мыши на компоненте *links_part* сделайте его рабочей деталью и откройте диалоговое окно определения интерфейса с помощью команды главного меню **Инструменты > Интерфейс изделия (Tools > Product Interface)**.
- Первый блок диалога предлагает выбрать геометрию. Укажите на торцевую грань и цилиндрические грани отверстий. Каждый раз при указании какой-либо геометрии в список диалогового окна будет добавляться строка, соответствующая выбранному элементу. Этот список определяет набор элементов, из которых будет состоять интерфейс. При неправильном выборе элемента можно воспользоваться кнопкой **Удалить из интерфейса (Remove from Interface)** (рис. 4.31). Второй блок диалога предлагает выбрать выражения (переменные) из числа существующих, которые будут добавлены в список элементов, задающих интерфейс. Нажмите кнопку **Выберите выражение (Select Expression)** и в появившемся диалоге выберите какие-нибудь переменные (рис. 4.32).

После выбора геометрических объектов и переменных необходимо выбрать режим рабо-

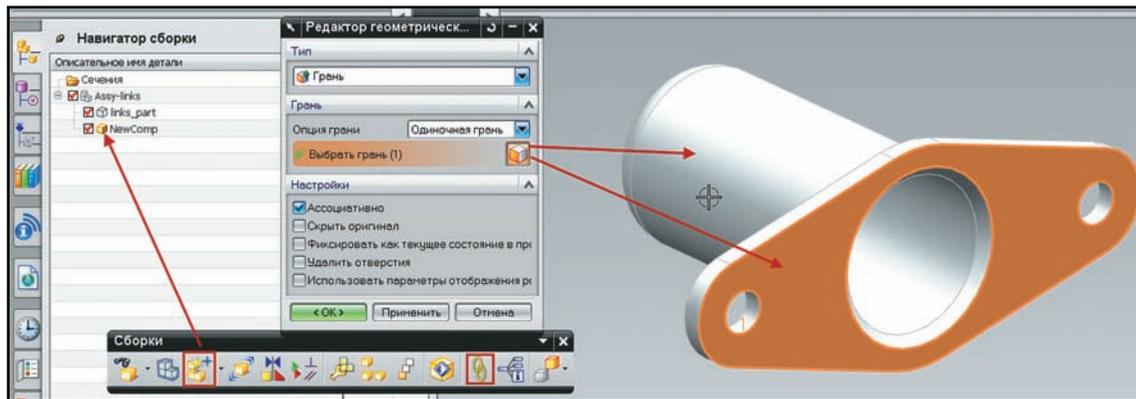


Рисунок 4.33. Режим привязки к интерфейсным объектам

ты интерфейса. Для этого необходимо воспользоваться выпадающим списком **Связь между деталями (Interpart Linking)** в нижнем блоке диалогового окна. Исходное значение этой опции – **Разрешить выбор любой геометрии или выражения (Allow Selection of Any Geometry or Expression)** – позволяет выбирать все объекты в модели. Второе значение – **Разрешить использование объектов интерфейса (Encourage Usage of Interface Objects)** – делает объекты, входящие в интерфейс, «рекомендательными» к использованию. Это означает, что пользователь всё ещё может привязываться к любой геометрии и выбирать любые переменные, но в случае если выбранные объекты не входят в интерфейс модели, система будет выдавать предупреждающее сообщение. И последняя опция, самая строгая – **Ограничение выбора, чтобы связать объекты только с помощью интерфейса (Restrict Selection to Only Interface Objects)** – заставит выбирать для привязок лишь ту геометрию и переменные, которые входят в список интерфейса. Второй выпадающий список **Сопряжение сборки (Assembly Constraints)** определяет аналогичное поведение элементов интерфейса при наложении сборочных связей в сборке, что также может быть полезным с точки зрения упорядочивания процесса создания сборок.

- Установите опцию **Связь между деталями** в третье значение и выйдите из диалога, нажав кнопку **OK**.

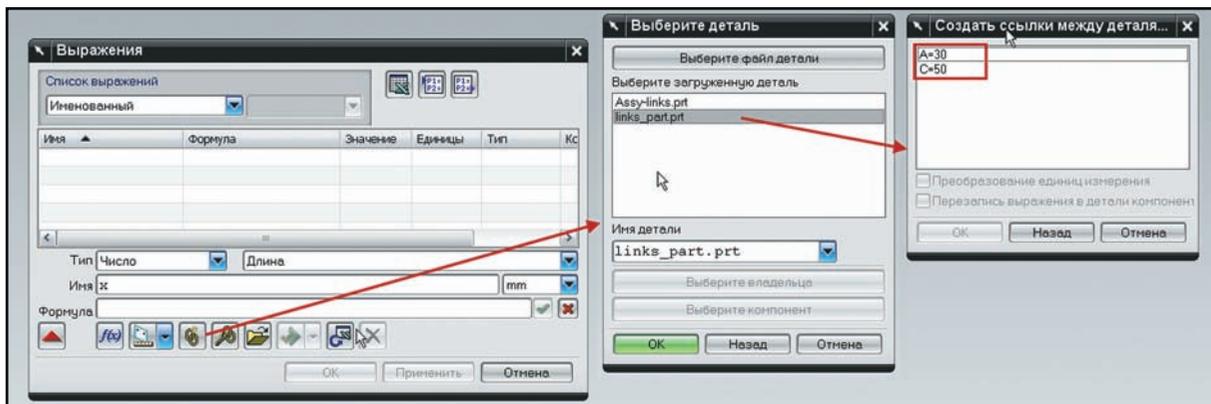


Рисунок 4.34. Создание связи с параметрами

- Двойным щелчком левой кнопки мыши в **Навигаторе модели** сделайте сборку рабочей деталью и создайте в ней новый компонент, который, в свою очередь, тоже сделайте рабочей деталью.
- Вызовите **Редактор геометрических связей WAVE** и попробуйте выбирать грани, которые входят в интерфейс и которые не входят в него. Подсвечиваться будут только те грани, которые входят в интерфейс, что означает возможность их выбора (рис. 4.33).
- Нажмите **ОК** в диалоге создания связей и выберите в главном меню пункт **Инструменты > Выражение**. В диалоге введите имя новой переменной в поле **Имя** и нажмите кнопку создания ссылки между деталями, выберите деталь links_part для отображения списка доступных переменных. В списке будут отображены только те переменные, которые были добавлены в список, определяющий интерфейс модели, все остальные переменные модели будут недоступны (рис. 4.34). Выберите любую доступную переменную и нажмите **ОК**, затем выйдите из диалога создания выражений.
- Сделайте компонент сборки links_part рабочей деталью и откройте диалог определения интерфейса. Помимо выбора объектов, определяющих интерфейс, этот диалог предоставляет возможность узнать, какие модели ссылаются на объекты интерфейса. Для этого выберите в списке какой-нибудь объект и нажмите кнопку **Где ссылается (Where Referenced)**. Будет

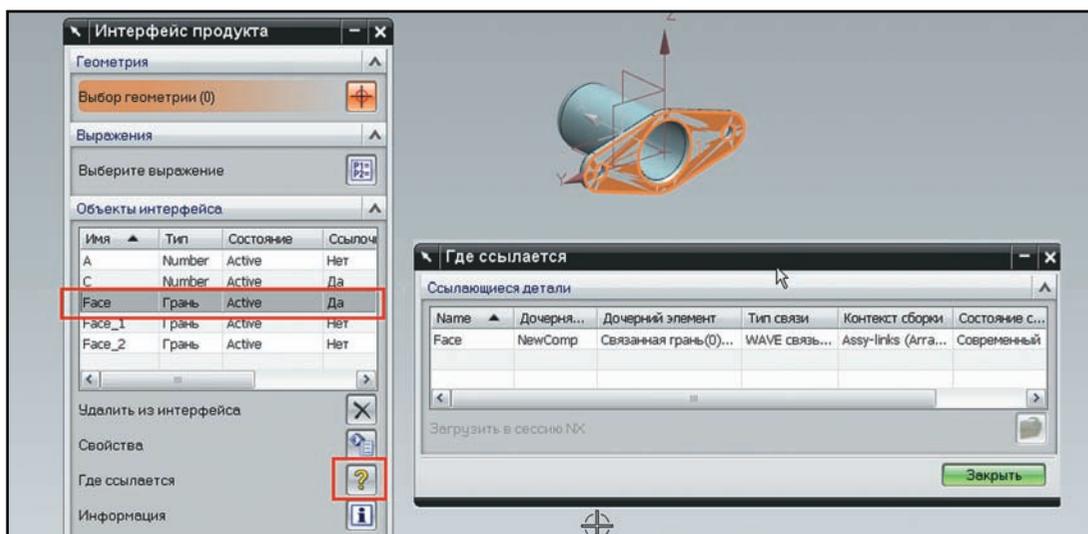


Рисунок 4.35. Отслеживание ссылок на объект интерфейса

открыто диалоговое окно с описанием всех межмодельных связей, созданных на базе выбранного объекта (рис. 4.35).

- Закройте диалоговые окна и закройте сборку.

На основе приведенного выше примера ясно видно, что использование интерфейсов намного упорядочивает процесс создания межмодельных связей. Естественно, существующий инструментарий просмотра и редактирования связей WAVE работает и без использования

интерфейсов, но в таком случае повышается трудоемкость участников проекта, так как при возможности использовать любые объекты геометрии для создания связей становится значительно труднее их отслеживать и ими управлять.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ В СБОРКЕ

Механизм создания межмодельных связей позволяет реализовать моделирование обработки деталей в сборке на основе создания на уровне сборки связанных представлений компонентов, входящих в сборку. В функционале системы NX есть набор команд, которые реализуют некоторые операции обработки в сборке и без создания связей, например такие как

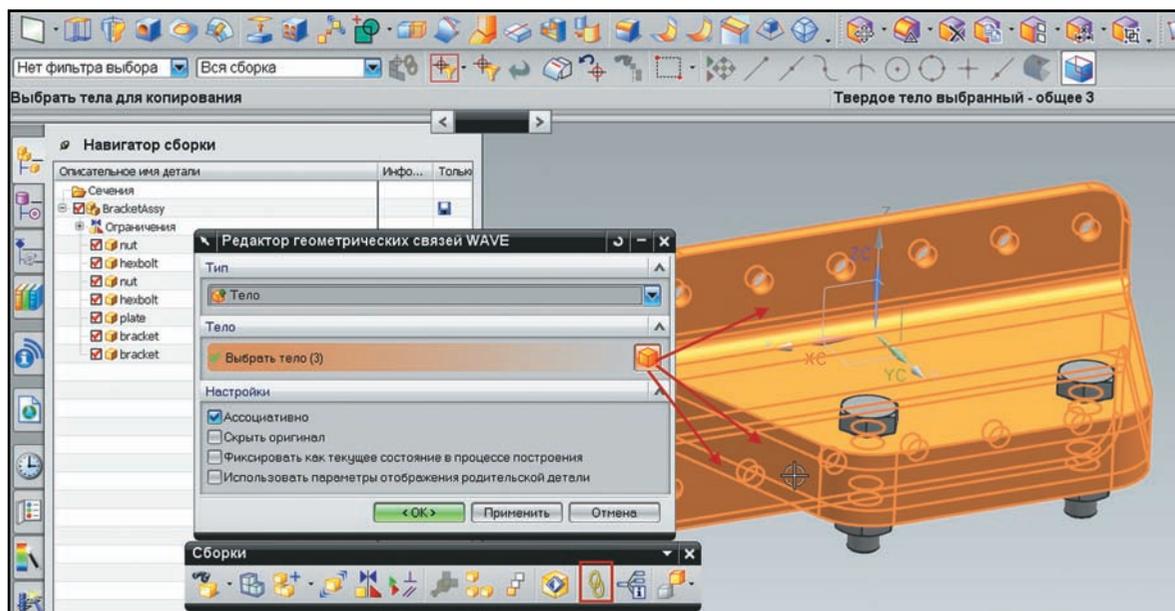


Рисунок 4.36. Создание связей на уровне сборки

Вырез в сборке (Assembly Cut). Но использование межмодельных связей WAVE для подобных задач предлагает более универсальный подход.

- Откройте сборку BracketAssy.prt из папки ch4/AssyLevel.
- Откройте **Редактор геометрических связей WAVE**, и выбрав в выпадающем списке **Тип (Type)** значение **Тело (Body)**, выберите два компонента bracket и компонент plate (рис. 4.36).

Так как текущей рабочей деталью является сама сборка, то связанные тела будут добавлены в компонент самой сборки. То есть мы на уровне сборки создали связанную геометрию из

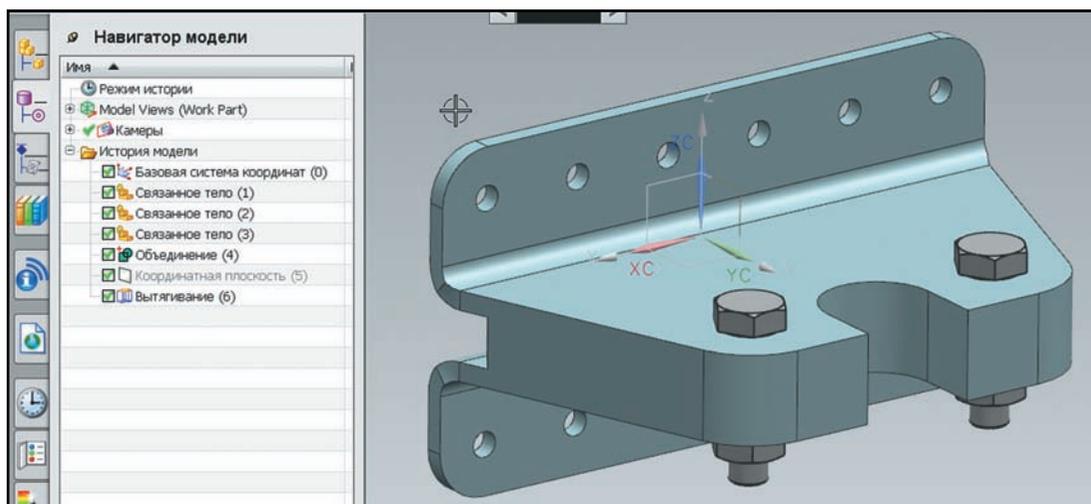


Рисунок 4.37. Работа со связанными представлениями

трех тел на основе компонентов входящих в сборку. Дальше можно работать с этими связанными объектами, как если бы мы их сделали в рамках любого компонента сборки.

- В **Навигаторе сборки** нажмите правую кнопку мыши на сборке и заморозьте её от изменения, выбрав пункт контекстного меню **WAVE > Заморозить постоянно**, и после этого сохраните сборку. Этим мы блокируем любые изменения в связанной геометрии, хранящейся в головном компоненте самой сборки, вызванные изменениями компонентов. Но при этом ничто не мешает менять состав самой сборки.
- В **Навигаторе сборки** выделите компоненты, которые мы использовали для создания свя-

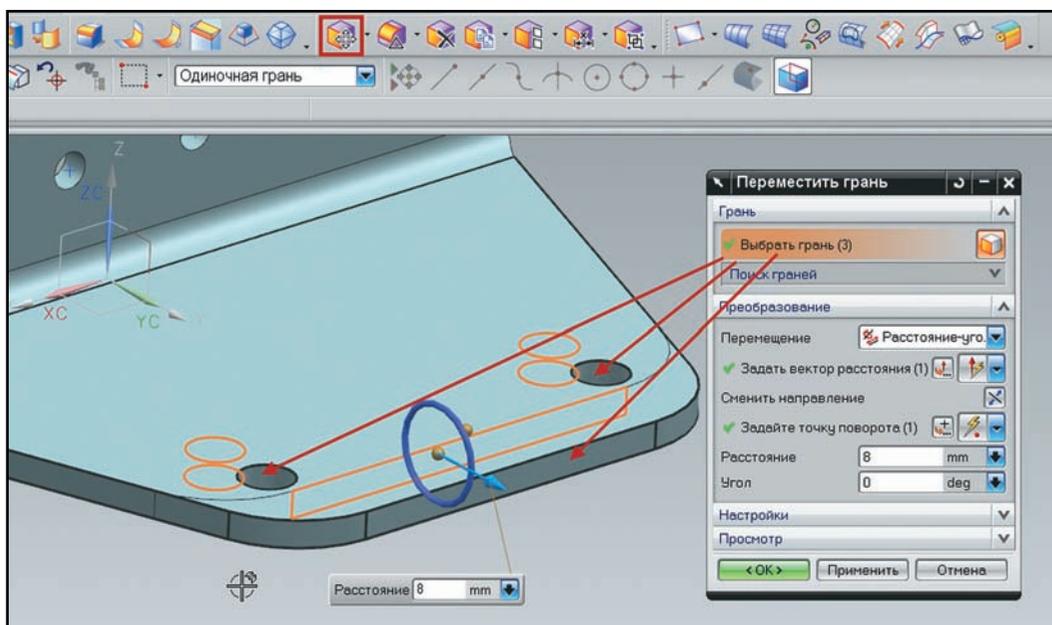


Рисунок 4.38. Модификация исходных компонентов

занных тел, и, нажав правую кнопку мыши на них, выберите в контекстном меню пункт **Заккрыть > Деталь (Close > Part)**. Исходные компоненты будут выгружены из памяти, но связанные тела останутся загруженными. Это одно из преимуществ использования межмодельных связей для операций моделирования обработки сборки – не обязательно загружать исходные компоненты, чтобы работать со связанной геометрией.

- Переключитесь в **Навигатор модели** и проделайте какие-нибудь операции над связанными телами. Например, объедините полученные тела командой **Вставить > Комбинировать > Объединение (Insert > Combine > Unite)** и с помощью команды **Вставить > Элемент проектирования > Вытягивание (Insert > Design Feature > Extrude)** сделайте вырез, как показано на рисунке 4.37.
- В **Навигаторе сборки** выделите три выгруженных компонента и в контекстном меню правой кнопке мыши выберите пункт **Открыть > Компонент (Open > Component)**.
- Выберите компонент `bracket` и сделайте его отображаемой деталью. Операцией **Переместить грань (Move Face)** сместите грани, показанные на рисунке 4.38. Сохраните модель и отобразите всю сборку.
- Сделайте сборку рабочей деталью и разморозьте межмодельные связи, созданные в сборке, с помощью команды контекстного меню правой кнопкой мыши на головном компоненте сборки **WAVE > Разморозить**.
- Выгрузите компоненты `bracket` и `plate` и убедитесь, что связанное тело было перестроено в соответствии с новым представлением исходных компонентов.
- Сохраните и закройте полученную сборку.

Таким образом, мы создали связанное представление компонентов, входящих в сборку, создав ассоциативные связанные тела на уровне головной сборки, с которыми мы дальше можем работать инструментами моделирования, реализуя требуемую обработку компонентов в сборку как единого целого. При этом исходные компоненты остаются неизменными, но любые изменения исходных компонентов отражаются на связанных телах.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕРХУ-ВНИЗ

Механизм межмодельных связей используется для реализации концепции проектирования сверху вниз, когда проектирование ведется от общей компоновки изделия к детальной проработке узлов и деталей с промежуточным членением на составные части. Исторически системы САПР начинали с проектирования снизу вверх, когда сначала делаются составные части – детали, потом они собираются в под сборки, затем в сборки и таким образом формируется состав изделия. Такой подход весьма условно может называться проектированием и подходит для очень простых изделий. Когда деталь или узел проектируется в отрыве от общего контекста, то высока вероятность появления ошибки, которая потом может быть выявлена только при сборке реального изделия. Поэтому при разработке сложных изделий более эффективен подход проектирования снизу вверх, когда изделие начинает увязываться с ранних стадий проектирования.

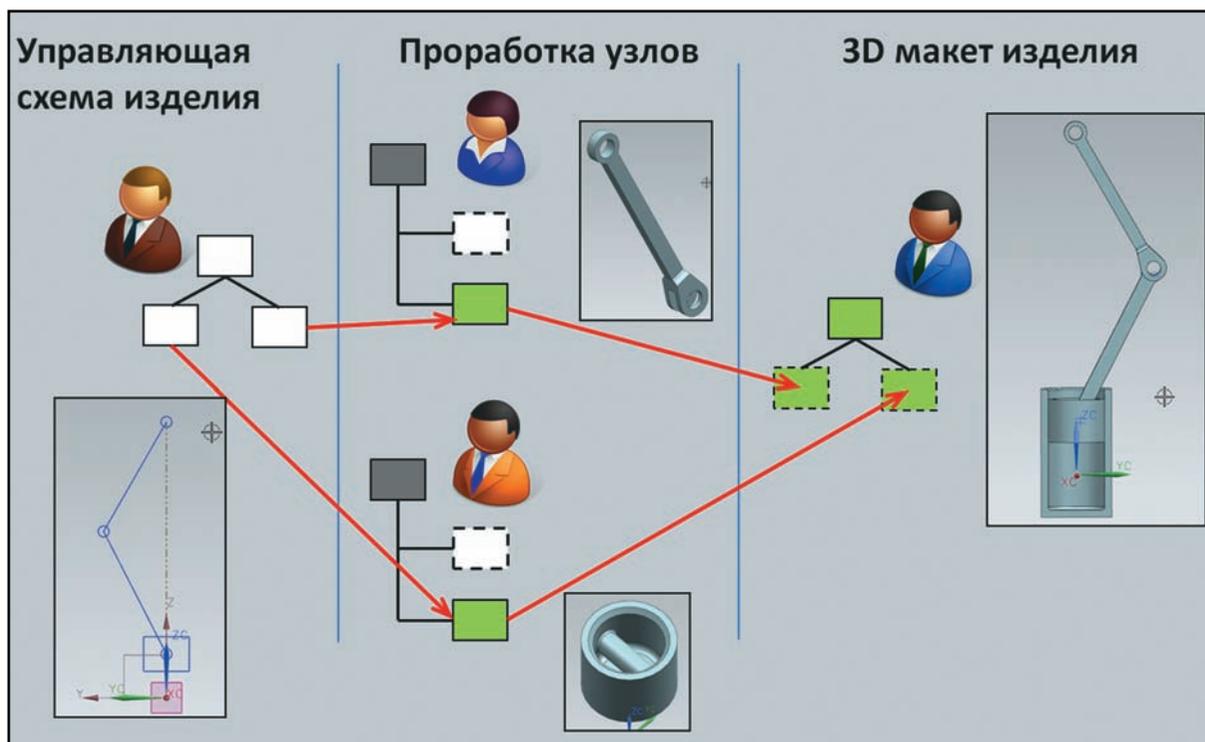


Рисунок 4.39. Схема использования межмодельных связей

Когда мы проектируем новый узел, создавая его модель в контексте существующего изделия, мы сталкиваемся с частной реализацией проектирования сверху вниз, так как в этом случае большая часть изделия уже готова и декомпозирована, но тем не менее мы используем окружающие детали как входные данные. Это в большей мере применимо к созданию модификаций существующих изделий. Когда речь идёт о проектировании изделия с другой компоновкой, на основе других входных данных, хоть и с использованием какого-то количества существующих узлов и наработок, то тут более уместно говорить о проектировании сверху вниз, а не о моделировании в контексте.

Проектирование сверху вниз в системе САПР начинается с создания общей компоновки изделия. С точки зрения реализации в NX этот этап специфичен для каждого конкретного типа изделия, так как разные изделия описываются по-разному. Например, в каких-то случаях компоновка может определяться внешними обводами изделия, на которые завязывается все остальное, а в других случаях внешние обводы не так важны, и большую роль играет взаимная увязка составляющих блоков изделия. Но во всех случаях на этапе определения общей компоновки важно максимально увязать составляющие компоненты друг с другом, несмотря на то что сами компоненты ещё не проработаны.

Следующим этапом идет декомпозиция общей компоновки. Декомпозиция также весьма сильно зависит от специфики изделия, когда доходит до реализации в системе САПР. В некоторых случаях имеет смысл разбивать изделия на составляющие согласно разбиению на системы и агрегаты, в иных случаях прибегают к группировке агрегатов и систем и разбивают общую компоновку по зональному признаку. Количество уровней декомпозиции зависит

от сложности изделия и иногда бывает достаточно велико. В таких случаях особенно важно иметь механизм отслеживания и управления связями.

После того как изделие разбито на конечные составляющие, которые можно отдавать в проработку исполнителям или подрядчикам, формируется пакет исходных данных, состоящий из геометрических и параметрических объектов, описывающих данный узел.

После детальной проработки составляющих они собираются обратно согласно схеме декомпозиции и формируют конечный состав изделия. Этот состав изделия используется для контроля сборки, проведения различного рода анализов, подготовки производства и выпуска документации. На всех этапах процесса проектирования межмодельные связи играют большую роль. Именно за счет отслеживания связей и управляемого проведения изменений возможно реализовать процесс параллельной разработки, когда все участники основываются на едином источнике данных, видят и управляют их изменением и работают в едином контексте проектируемого изделия. Реализаций процесса проектирования сверху вниз с использованием механизма межмодельных связей WAVE может быть множество, и вряд ли найдётся какая-то одна универсальная, подходящая под любые изделия. Давайте рассмотрим общие подходы к проектированию сверху вниз на основе упрощенной сборки кривошипно-шатунного механизма.

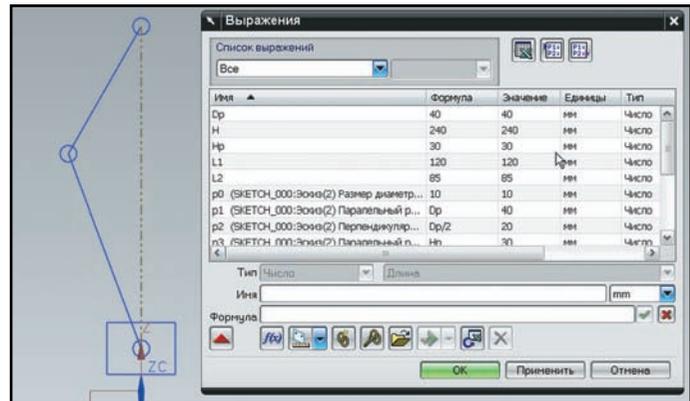


Рисунок 4.40. Управляющая схема изделия

- Откройте в NX файл `base.prt` из папки `ch4/TopDown`. Файл содержит 2D схему механизма с определенными геометрическими параметрами, которые вынесены в выражения модели (рис. 4.40).

Эта схема будет управляющей при разработке сборки механизма, и все его составляющие будут с ней связаны. В реальных проектах это может быть плоская схема компоновки изделия, трехмерная компоновка, разметка трасс и точек привязки агрегатов, обводы изделия с разбиением на зоны и так далее. И как правило, управляющая схема представляет собой не один файл модели, а сборку, в которую входят несколько связанных геометрическими связями уровней декомпозиции изделия. В нашем примере для простоты мы ограничимся одним уровнем.

После создания управляющей схемы и её декомпозиции каждый участник с помощью межмодельных связей копирует из неё необходимые объекты и параметры. Далее на основе этих объектов он создает свою модель (узел).

- Создайте новый файл сборки и вставьте в него модель `base.prt`. Это фиктивная рабочая

сборка, которая служит собирающим контейнером для всех исходных данных при построении модели. С помощью сборочных связей закрепите компонент base в начале системы координат сборки.

- Создайте в рабочей сборке новый компонент Stack и сделайте его рабочей деталью. Это будет компонент, в котором мы будем производить построения нашей модели.
- Вызовите **Редактор геометрических связей WAVE** и, установив в панели выбора правило **Единственная кривая (Single Curve)** и значение **Сложная кривая** в выпадающем списке **Тип (Type)**, выберите по очереди три кривые, указанные на рисунке 4.41. После вы-

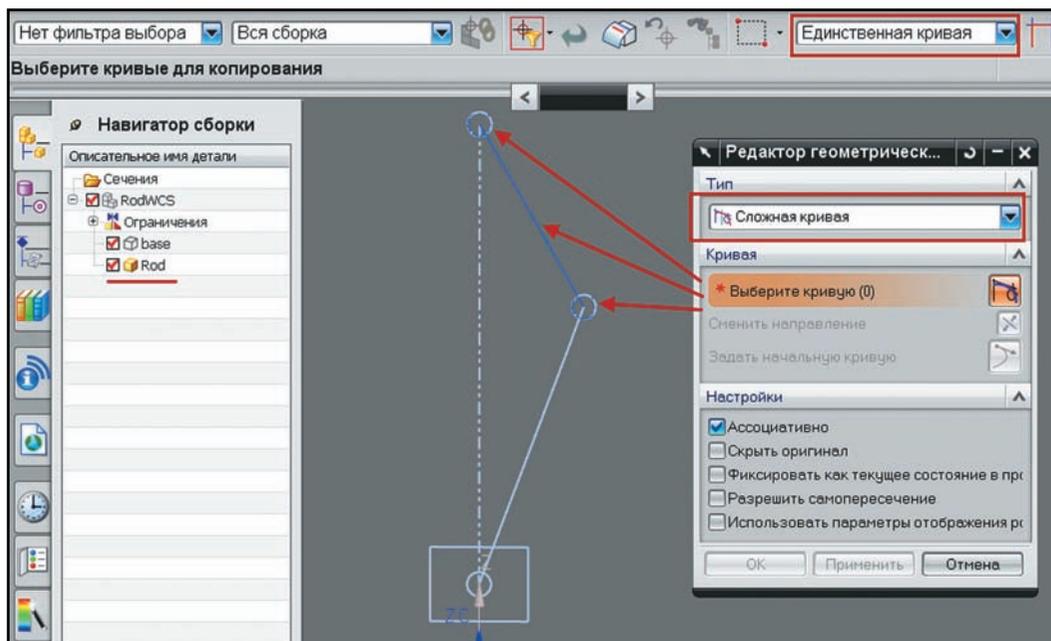


Рисунок 4.41. Создание связей с управляющей схемой

бора каждой кривой необходимо нажимать кнопку **Применить (Apply)** для создания связи.

- Сделайте сборку рабочей деталью и вставьте в неё модель Rod.prt .

Это деталь, которая разрабатывается другим участником проекта и соединяется с нашей при помощи шарнира. Она может быть заимствована из другого проекта или может разрабатываться с нуля, но в любом случае нам необходимо создать геометрическую связь с ней. Если эта деталь также создается в данный момент времени, необходимо привязываться к существующей на данный момент геометрии. Как раз в этом случае использование механизма интерфейсов помогает создавать отслеживаемые связи. Поэтому необходимо привязаться к той геометрии, которая была опубликована участником проекта, работающего над соседней деталью. Альтернативой интерфейсам в данном случае является создание дополнительных объектов в управляющей схеме, которые будут описывать место стыка, и которые будут использоваться обоими участниками для создания своих деталей. Этот вариант имеет преимущество перед использованием интерфейсов в том, что не надо ждать, пока появится

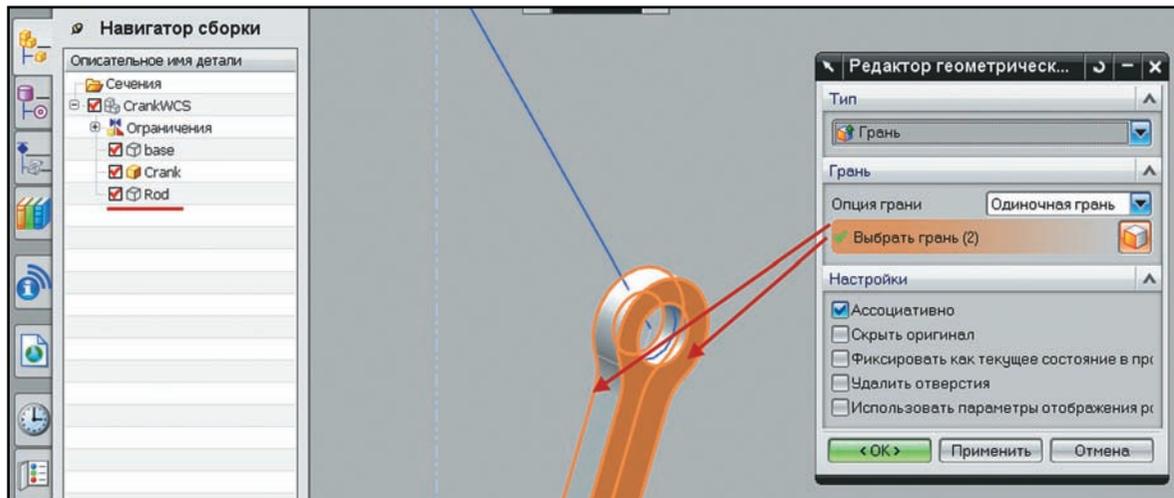


Рисунок 4.42. Создание связей с другим компонентом

какая-либо геометрия в сопряжённых моделях, но за это преимущество приходится платить углубленной детализацией управляющей схемы, что не всегда оправдано.

- Сделайте компонент **Crank** рабочей деталью и ещё раз вызовите **Редактор геометрических связей WAVE** и скопируйте из компонента **Rod** две грани (рис. 4.42).
- Выделите компонент **Crank** в **Навигаторе сборки** и в контекстном меню, открываемом по нажатию правой кнопки мыши, выберите пункт **WAVE > Заморозить постоянно (WAVE > Freeze Persistently)**.

Этим мы предотвратим нежелательные перестроения нашей модели, вызванные изменением исходных данных. Изменения могут быть сделаны в управляющей схеме модели, например в связи с новыми требованиями к изделию, а также изменениями в сопряженных деталях, которые более чем вероятны, так как эти модели тоже разрабатываются в данный момент. Несмотря на заморозку связи, необходимо, пользуясь таким инструментом, как **WAVE диаграмма текущей сборки (WAVE Diagram of Current Assembly)**, периодически отсле-

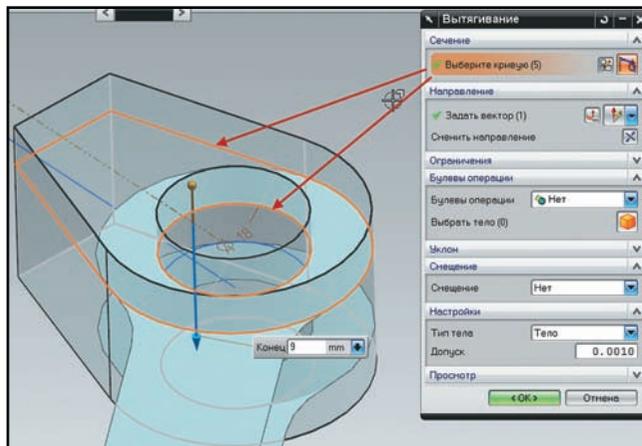
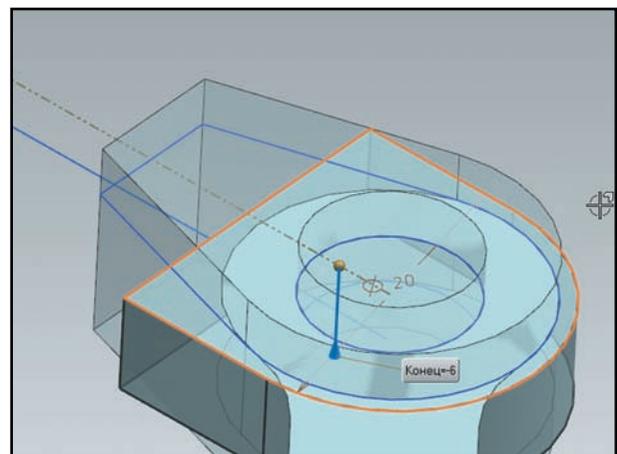


Рисунок 4.43. а) Построение тела вытягивания



б) Построение паза

живать изменения исходных данных и размораживать связь для обновления геометрических и параметрических данных, которые являются исходными для наших построений. Фактически, замораживая связь, мы не защищаемся от изменений, а делаем процесс изменений управляемым и предсказуемым.

- Сделайте компонент Crank отображаемой деталью и, используя инструментарий модуля **Моделирование**, на базе скопированных связанных объектов постройте упрощенно геометрию модели. Способ построения модели в данном примере роли не играет, поэтому её можно строить любым способом, не забывая привязываться к скопированным объектам. Один из примерных вариантов построения может быть таким:
- на одной из скопированных граней нарисуем эскиз и на базе него создадим элемент **Вытягивание (Extrude)**. Для создания внутреннего контура (отверстия) была спроецирована кривая, которая является связанной кривой из схемы механизма. Внешний контур был нарисован без привязки к внешним объектам (рис. 4.43а);
- далее между двумя скопированными гранями было создано тело вычитания, которое сформировало паз в первом элементе **Вытягивание** (рис. 4.43б);
- следующим этапом операцией **Вытягивание** на базе другой скопированной из схемы кривой был построен второй конец детали (рис. 4.44а);
- и последней операцией **Вытягивание** с операцией логического объединения тел было построено тело, объединяющее оба конца детали в единое целое (рис. 4.43б).
- После окончания построений, выбрав пункт главного меню **Формат > Ссылочные наборы (Format > Reference Sets)**, откройте диалог управления ссылочными наборами и убедитесь, что в набор MODEL входит только итоговое тело построения. Это необходимо для того, чтобы все участники проекта видели саму модель, а не промежуточные объекты построения (рис. 4.45). Также имеет смысл убрать все вспомогательные объекты на невидимый слой и определить интерфейс созданной модели. Сохраните модель.
- В **Навигаторе модели** отобразите родительскую сборку и сделайте её рабочей деталью. Затем, нажав правую кнопку мыши на созданном компоненте, выберите пункт меню

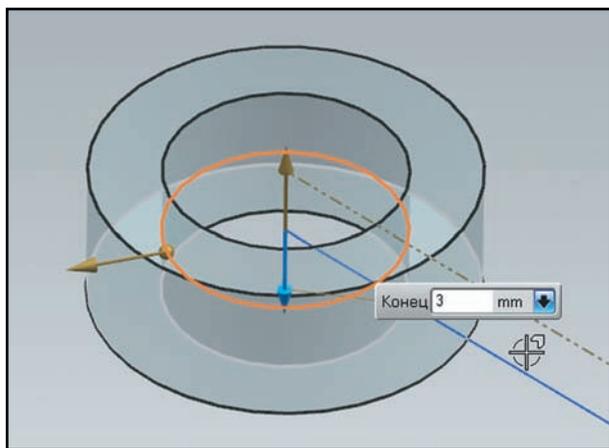
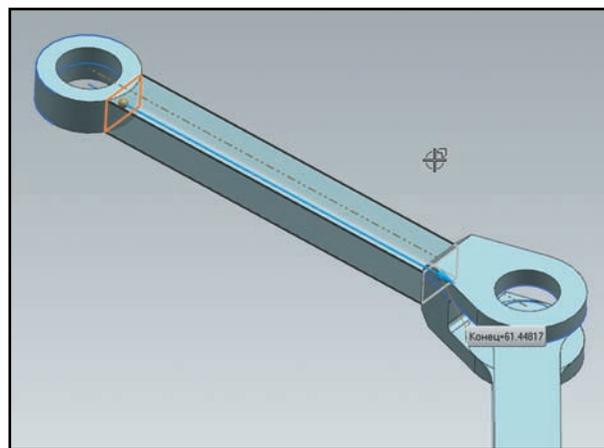


Рисунок 4.44. а) Построение второй части детали



б) Объединение тел

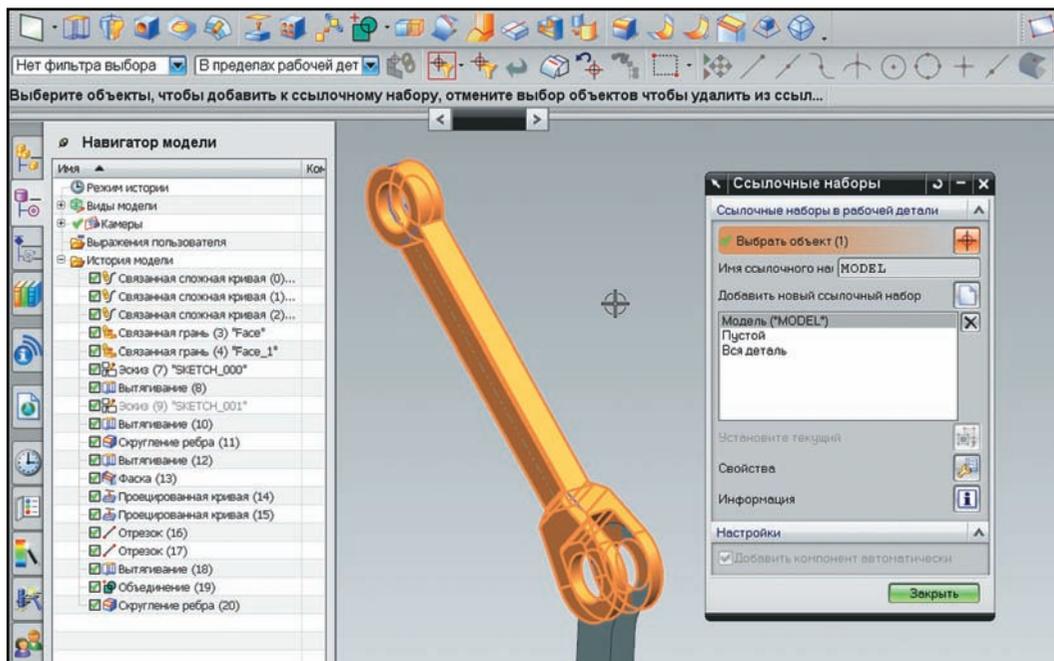


Рисунок 4.45. Создание ссылочного набора

WAVE > Создание детали со связью. В появившемся диалоге выберите ссылочный набор **MODEL** и нажмите кнопку **Задать имя детали**, введите имя CrankDet prt, под которым созданный компонент будет входить в состав изделия, и нажмите **OK** в обоих диалогах.

Этой операцией мы создали модель, связанную с нашей, в которую не входит история построения, а входит только ассоциативно связанный результат. Тем самым мы помещаем в макет изделия лишь итоговую модель без промежуточных построений.

- Сохраните созданную модель.
- Откройте сборку CrankShaftAssy.prt. Это итоговая сборка изделия, куда все участники проекта вставляют законченные детали. С помощью кнопки **Добавить компонент (Add component)** на инструментальной панели **Сборки (Assemblies)** добавьте модель CrankDet.prt в сборку. Компонент будет вставлен сразу на место, согласно исходной схеме, но тем не менее его необходимо связать сборочными связями с сопряжёнными компонентами.
- Выбрав в главном меню пункт **Сборки > WAVE > WAVE диаграмма текущей сессии**, отобразите схему связей между компонентами (рис. 4.46).

На схеме видно, что построенный компонент Crank ссылается на управляющую схему в компоненте base и на соседнюю деталь Rod и сам, в свою очередь, является ссылкой для связанного компонента, который входит в состав изделия.

- Проведите изменение исходной схемы. Откройте компонент base и, зайдя в диалог опреде-

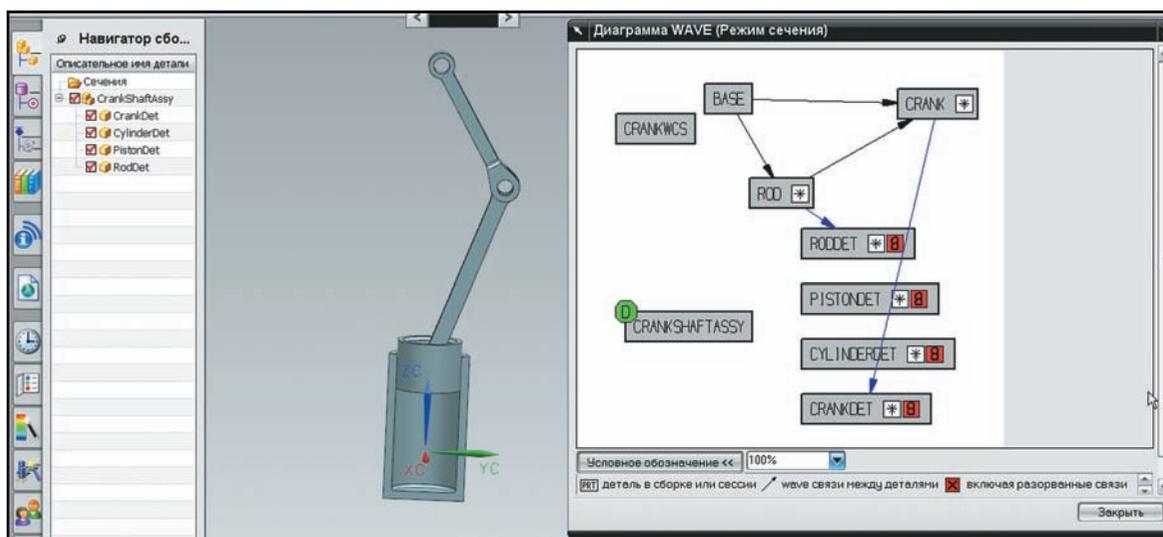


Рисунок 4.46. Диаграмма связей компонентов

ления **Выражений**, поменяйте значение переменной L2 с 85 мм на 100 мм. Этой переменной определяется длина компонента Crank. Нажмите кнопку **Применить** и сохраните модель base.

- Переключитесь в сборку Crank_WCS и, выбрав компонент Crank в **Навигаторе сборки**, нажмите на нем правой кнопкой и выберите пункт меню **Разморозить**. Модель будет перестроена согласно новым исходным данным из управляющей схемы. После этого в том же контексте меню выберите пункт **Заморозить постоянно**, чтобы вернуть межмодельную связь в исходное состояние.

Мы обновили рабочую часть, теперь необходимо обновить результирующую часть, входящую в состав макета изделия.

- Переключитесь в сборку макета CrankShaftAssy и аналогичным образом сначала разморозьте, а после перестройки модели заморозьте связь.

Мы рассмотрели принципиальную схему реализации подхода проектирования сверху вниз на базе упрощенной модели. За рамками остались вопросы оповещения участников проекта об изменениях схемы, управлении правами на составляющие схемы и итоговой сборке макета изделия и другие вопросы, которые описываются методологией параллельной разработки и не имеют прямого отношения к межмодельным связям.

При всей простоте механизма создания межмодельных связей неправильный выбор ссылочной геометрии или излишняя перегрузка модели ссылками на внешние объекты могут привести к достаточно неприятным последствиям, даже при незначительных изменениях. Трудно вывести какие-то универсальные подходы к выбору геометрических объектов при создании связей как при моделировании в контексте, так и при проектировании сверху вниз. Тем не менее рекомендуется исходить из принципа разумной достаточности. Теоретически можно лю-

бое изделие сделать полностью параметризованным, увязать все его компоненты друг с другом и обеспечить перестроение всего макета изделия при изменениях, но на практике это далеко не всегда оправдано с точки зрения трудоемкости против получаемого результата, и что более важно – не всегда нужно. Для каких-то простых узлов и изделий это может быть оправдано и достижимо, но когда речь идёт о сложных агрегатах, то тут необходимо искать баланс между затраченной трудоемкостью на грамотную увязку компонентов изделия и потенциальной экономией времени и ресурсов на проведение изменения. Уровень параметризации и ассоциативности должен быть достаточен как с количественной, так и с качественной точки зрения. Количество межмодельных связей в сборке изделия всегда является определяющим фактором при проведении изменений. Особенно когда речь идёт об изделиях, над которыми работают больше чем один человек. После определенного порога количества горизонтальных ссылок между компонентами, разрабатываемыми разными исполнителями, даже сборки простых изделий перестают быть управляемыми. Поэтому когда возникает необходимость в коллективной работе над изделием и моделированием в контексте, необходимо заранее четко определить правила привязки, проведения изменений и контроля над связями.

С качественной точки зрения следует создавать связи между моделями, исходя не только из потребности перестроить одну модель в зависимости от изменения другой, но и учитывая, как эти изменения будут влиять на процессы изготовления детали. При создании ассоциативной связи с другой моделью необходимо четко понимать, какие изменения возможны и как они повлияют на «реалистичность» получаемого результата. Если изменение соседней модели приведет к такому изменению разрабатываемой модели, что её изготовление станет невозможным (из-за ограниченных возможностей производства, например), то ценность такой, хоть и геометрически увязанной модели будет стремиться к нулю. В ряде случаев более оправданным бывает отказ от прямой связки моделей, чтобы при прохождении изменения по макету изделия можно было выявить потенциальные нарушения технологичности. Но при наличии четко определенных правил привязки и целостной управляющей схемы изделия механизм WAVE связей позволяет качественно повысить уровень проектирования изделия с использованием инструментария системы NX.

Глава 5

Работа с листовым металлом

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Работа с листовым металлом
- Настройки
- Создание простейшей детали
- Основные элементы
- Построение фланцев и сгибов
- Развертки моделей
- Редактирование элементов листовых деталей
- Анализ формуемости и сложные развертки

РАБОТА С ЛИСТОВЫМ МЕТАЛЛОМ

В этой главе речь пойдёт о создании моделей деталей, получаемых гибкой и штамповкой. Процесс моделирования таких деталей специфичен тем, что получаемые модели существуют в двух состояниях – исходном и развёрнутом, а также тем, что толщина материала постоянна по всей модели. Поэтому функционал создания такого рода деталей был выделен из модуля **Моделирование**, так как многие операции в этом модуле создают элементы, не сочетаемые с листовым металлом.

С версии NX7.5 инструментарий моделирования деталей из листового металла в системе NX разделен на два модуля:

Листовой металл NX (NX Sheet Metal) – предназначен для решения задач общего машиностроения в области моделирования из листового металла. Ограничения этого модуля касаются возможностей работы с криволинейными ребрами для построения фланцев и использования ссылочных поверхностей для создания элементов детали;

Авиационный листовой металл (NX Aerospace Sheet Metal) – модуль, предназначенный для задач моделирования деталей, специфичных для аэрокосмической отрасли. Он содержит инструментарий, позволяющий моделировать элементы моделей, не типичных для остальных отраслей, а также способный работать с элементами поверхностей при моделировании деталей.

Дополнительно в этих модулях доступен функционал модуля **Расширенный листовой металл**, который входил в состав приложений до версии NX7.5.

В общем случае алгоритм создания моделей из листового металла достаточно прост.

- Создание основы – плоского элемента на базе эскиза или кривых.
- Построение фланца на базе рёбер основного элемента.
- Создание необходимых вырезов и подштамповок.
- Обработка стыков и углов.
- Получение развёрнутой формы модели и анализ технологичности при необходимости.
- Выпуск конструкторской документации.

Результатом работы в модуле листового металла является 3D модель детали, которая используется в составе макета изделия, а также ассоциативно связанная плоская развертка, по которой выпускается чертёж для изготовления детали. Так как построение модели и получение развертки ведутся с учетом физических свойств материала и характеристик оборудования для изготовления, то точность получаемой развертки целиком зависит от правильности задания необходимых параметров. Во время работы в модуле листового металла все параметры материала берутся из общей библиотеки NX, поэтому для корректной работы и расчёта разверток деталей, получаемых штамповкой (с большими пластическими деформациями), необходимо обеспечить точность физических свойств материала.

НАСТРОЙКИ

Моделирование детали из листового металла начинается с назначения геометрических параметров материала листа и характеристик инструмента гибки. Данные параметры при-

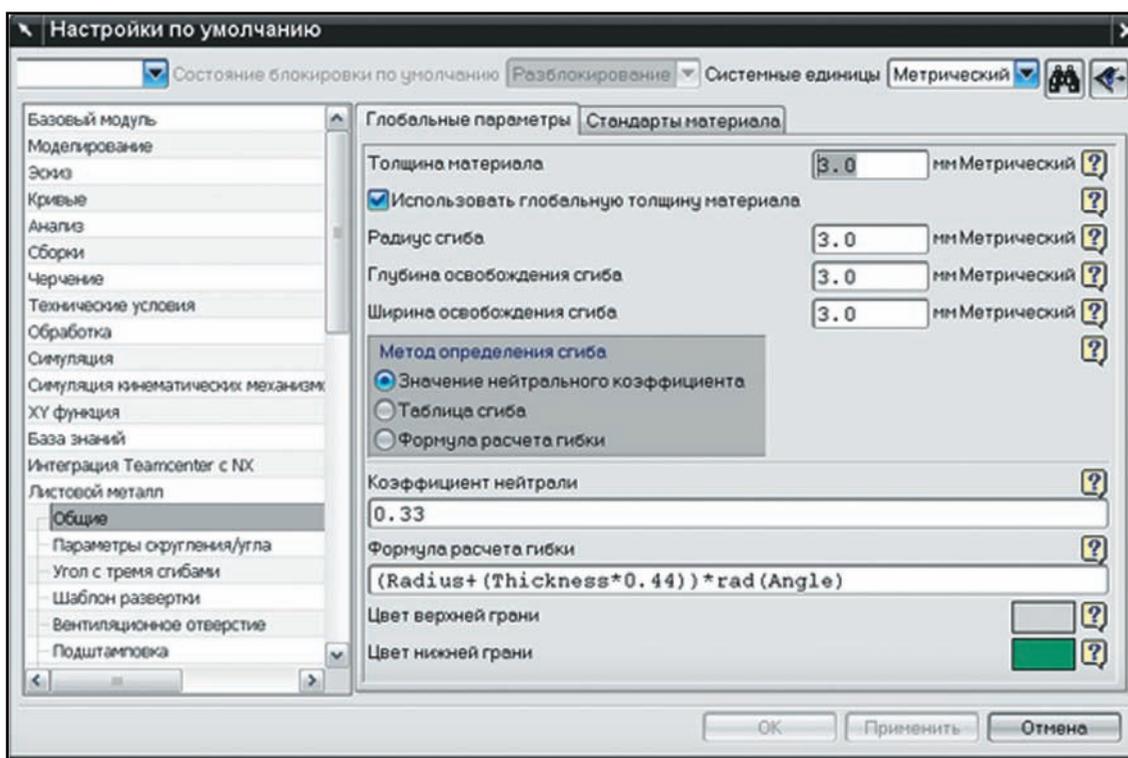


Рисунок 5.1. Настройки по умолчанию для листового металла

меняются по умолчанию ко всем операциям при построении модели, и обычно они неизменны для всей истории построения модели, хотя иногда может возникнуть необходимость отклониться от заданных параметров для какой-то конкретной операции.

При создании новой модели параметры материала и инструмента считываются из пользовательских настроек, которые можно изменить, выбрав пункт главного меню **Файл > Утилиты > Настройки по умолчанию (File > Utilities > Customer Defaults)** и открыв вкладку **Глобальные параметры (Global Parameters)** в разделе **Листовой металл > Общие (Sheet Metal > General)**. Ключевыми параметрами здесь являются (рис. 5.1):

Толщина материала (Material Thickness) – толщина листа металла, используемого для создания детали;

Радиус сгиба (Bend Radius) – величина внутреннего радиуса сгиба при создании фланцев;

Коэффициент нейтрали (Neutral Factor) – коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя. Положение слоя определяется величиной, равной произведению толщины материала и этого коэффициента, отложенной от внутренней поверхности сгиба. Коэффициент можно задать напрямую, посчитать по формуле или взять из таблицы – что определяется соответствующим значением опции **Метод определения сгиба (Bend Definition Method)**.

Также на этой вкладке задаются параметры вырезов (галтелей) в местах переходов сгибов – **Глубина освобождения сгиба (Bend Relief Depth)** и **Ширина освобождения сгиба (Bend Relief Width)**

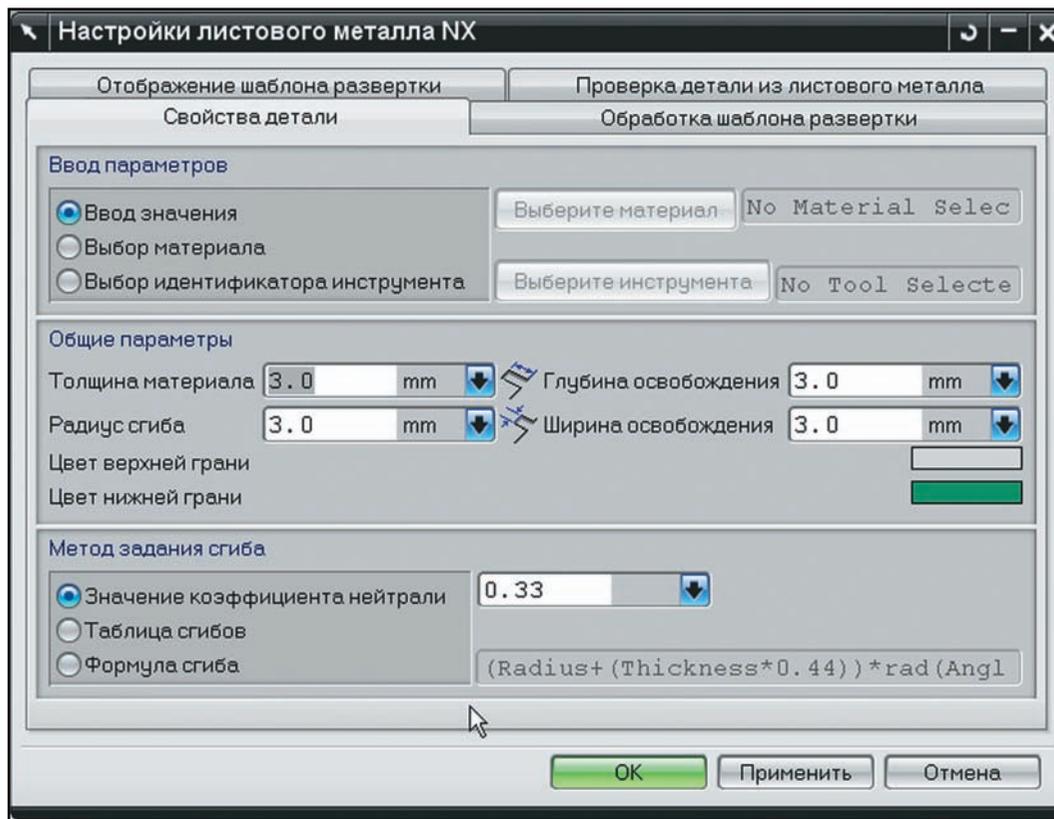


Рисунок 5.2. Настройки модуля листового металла для модели

На второй вкладке этого раздела **Стандарты материала (Material Standards)** можно указать имя файла, в котором определены параметры материалов, сгибов и прочие необходимые характеристики, чтобы не задавать их вручную. Пример такого файла, с описанием его формата, можно найти в папке установки NX, зайдя в подкаталог UGII\materials.

Эти параметры, определяемые в **Настройках по умолчанию**, являются начальными при создании новой модели. При изменении каких-либо параметров они вступят в силу для новых моделей после перезапуска приложения. Те же самые параметры для текущей модели можно изменить без перезапуска приложения, выбрав пункт главного меню **Настройки > Листовой металл NX (Preferences > NX Sheet Metal)** (рис. 5.2). Значения параметров, заданные в этом диалоге, будут иметь приоритет над теми, что были определены в **Настройках по умолчанию**. При этом файл модели запоминает значения параметров, выставленных в этом диалоге, поэтому каждый раз при открытии конкретной модели параметры будут принимать значения, которые были заданы на момент её сохранения.

Обратите внимание, что величины толщины материала, радиуса сгиба и коэффициента нейтрали в диалоге настроек имеют смысл, только когда включена опция **Ввод значения (Value Entry)** в разделе **Ввод параметров (Parameter Entry)** на вкладке **Свойства детали (Part Properties)**. Если активна опция **Выбор материала (Material Selection)** или **Выбор идентификатора инструмента (Tool ID Selection)**, значения этих параметров будут браться из файла с характеристиками материала или инструмента соответственно.

СОЗДАНИЕ ПРОСТЕЙШЕЙ ДЕТАЛИ

Давайте для начала знакомства с модулем листового металла создадим простую деталь и посмотрим влияние заданных параметров материала.

- Запустите NX7.5, создайте новую модель и активируйте приложение **Листовой металл NX**, используя пункт меню **Начало > Все приложения > Листовой металл > Листовой металл NX (Start > All Application > Sheet Metal > NX Sheet Metal)**.
- Для начала нам необходимо создать базовый элемент, который будет основой для последующих построений. В инструментальной панели **Листовой металл (NX Sheet Metal)** нажмите кнопку **Эскиз в среде задач (Sketch in Task Environment)** или воспользуйтесь пунктом меню **Вставить > Эскиз в среде задач (Insert > Sketch in Task Environment)** и постройте эскиз на плоскости XY, содержащий прямоугольник с размерами 100x250 мм.

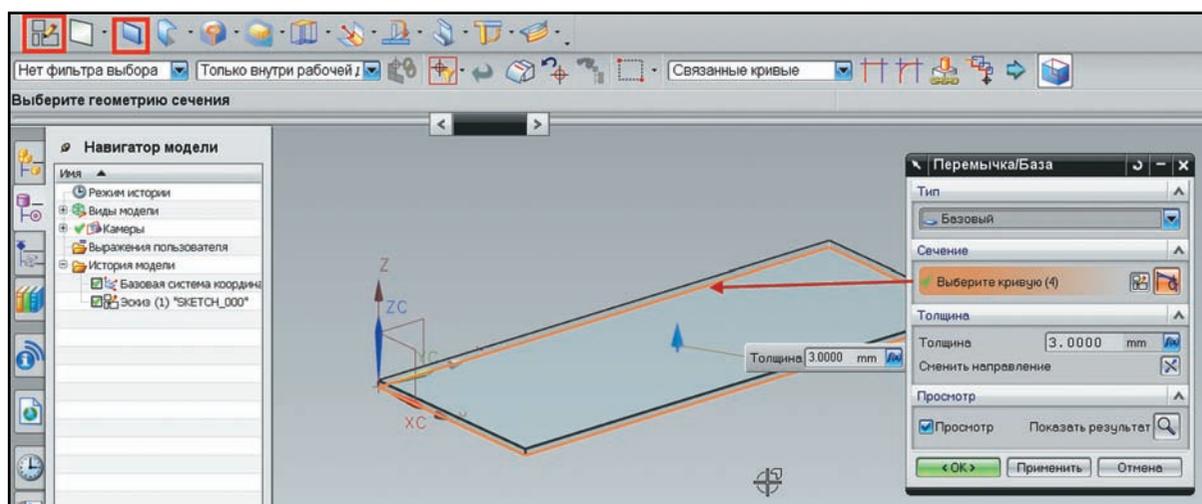


Рисунок 5.3. Создание основания

- Закончите построение эскиза (**Finish Sketch**) и на той же инструментальной панели нажмите кнопку **База (Tab)** или выберите пункт главного меню **Вставить > Базовый элемент (Insert > Tab)**. Эта команда строит базовый элемент на основе плоского контура (эскиза).
- Выберите построенный эскиз и обратите внимание, что величина толщины элемента уже задана – был применен параметр материала, назначенный в настройках (рис. 5.3). Вы можете переопределить назначенную толщину для данного элемента построения модели, нажав на значок формулы параметра **Толщина (Thickness)** и выбрав пункт меню **Использовать локальное значение (Use Local Value)**. Это отвяжет параметры данного элемента от общих настроек материала. Как уже говорилось, это бывает необходимо в очень редких случаях, поэтому оставьте величину толщины неизменной и закончите построение базового элемента нажатием кнопки **ОК** в диалоге.
- Постройте фланец под прямым углом вдоль одной из длинных сторон прямоугольного базового элемента. На инструментальной панели **Листовой металл** нажмите кнопку **Фланец (Flange)** или воспользуйтесь пунктом главного меню **Вставить > Сгиб > Фланец (Insert >**

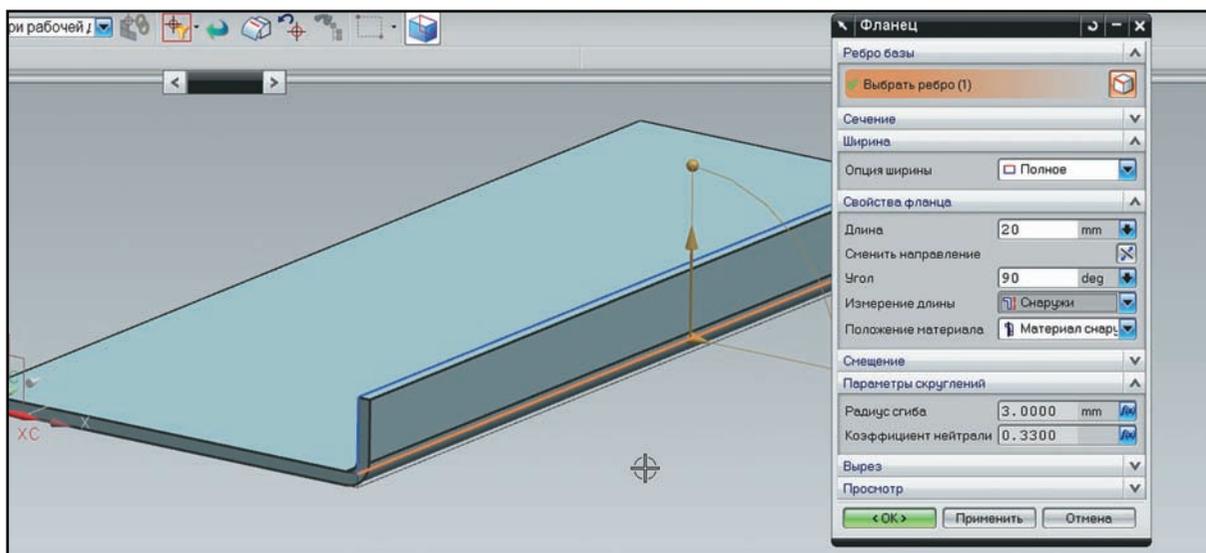


Рисунок 5.4. Создание фланца

Bend > Flange). В качестве исходных данных укажите ребро одной из длинных сторон прямоугольного элемента, убедитесь в том, что **Опция ширины (Width Options)** имеет значение **Полное (Full)**, и задайте произвольное значение параметра **Длина (Length)**. Угол по умолчанию назначен равным 90 градусов – поэтому его оставим неизменным. Вы также можете с помощью опции **Измерение длины (Length Reference)** задать точку отсчета этого размера и опцией **Положение материала (Inset)** указать положение получаемого фланца относительно контура базового элемента.

Обратите внимание, что, как и в случае с параметром толщины при построении базового элемента, параметры **Радиус сгиба (Bend Radius)** и **Коэффициент нейтрали (Neutral Factor)** уже имеют значения, наследованные из настроек модели.

- Нажмите **ОК** для завершения построения фланца (рис. 5.4).
- Аналогичным образом постройте ещё один фланец на противоположной стороне базового элемента, только в этот раз выберите значение **В центре (At Center)** для параметра **Опция ширины** и задайте величину ширины меньше длины ребра, на котором строится фланец.

В случае если опция **Положение материала** имеет значение **Материал снаружи (Material Inside)** или **Материал внутри (Material Outside)**, а опция **Вырез на сгибе (Bend Relief)** имеет значение, отличное от **Нет (None)**, в местах начала фланца на базовом элементе появятся вырезы. Параметры этих вырезов также наследуют значения, заданные в свойствах модели (рис. 5.5).

- Попробуйте поменять значение опций **Положение материала** и **Вырез на сгибе** и посмотрите, как это отражается на построении фланца. Затем нажмите **ОК** в диалоге.
- Откройте диалог определения выражений, выбрав пункт меню **Инструменты > Выраже-**

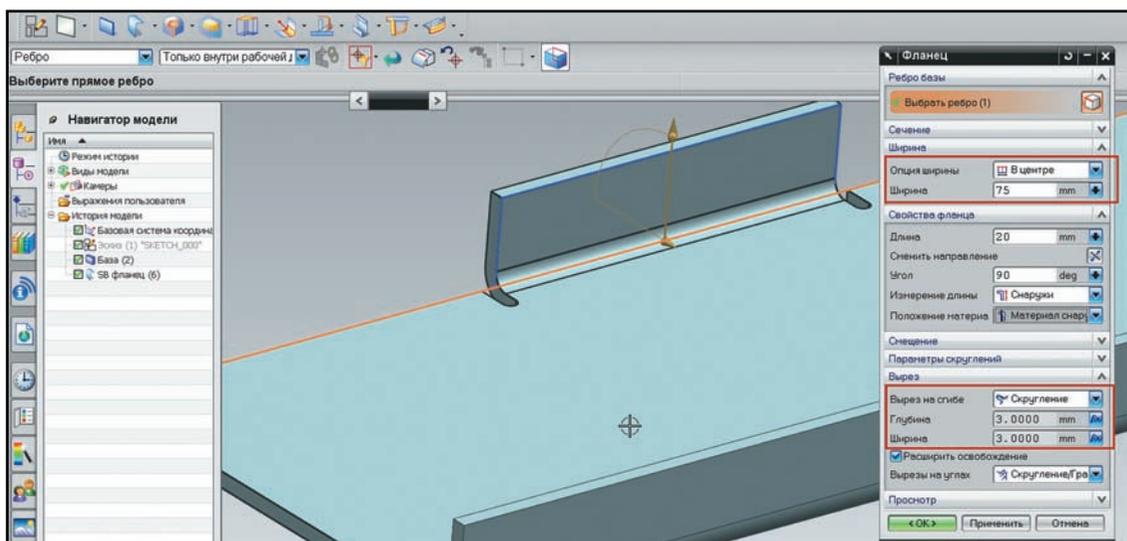


Рисунок 5.5. Фланец не полной ширины и галтели

ние (Tools > Expression).

- В выпадающем меню раздела **Список выражений (Listed Expressions)** поставьте фильтр отображения на значение **Все (All)**.

В списке появятся все переменные и формулы, заданные в модели. Обратите внимание, что значения основных параметров, которые были заданы в настройках, имеют соответствующие переменные, а все размеры элементов построения модели связаны с этими переменными формулами. Поэтому при изменении параметров материала и радиуса гибки будут перестраиваться все элементы модели (рис. 5.6).

- Закройте диалог **Выражения** и, выбрав пункт главного меню **Настройки > Листовой металл NX**, откройте диалог определения параметров листового металла. Поменяйте значения толщины материала и радиуса сгиба, после чего нажмите **ОК**. Новые значения параметров будут применены, и модель будет перестроена.
- Сохраните модель и закройте её.

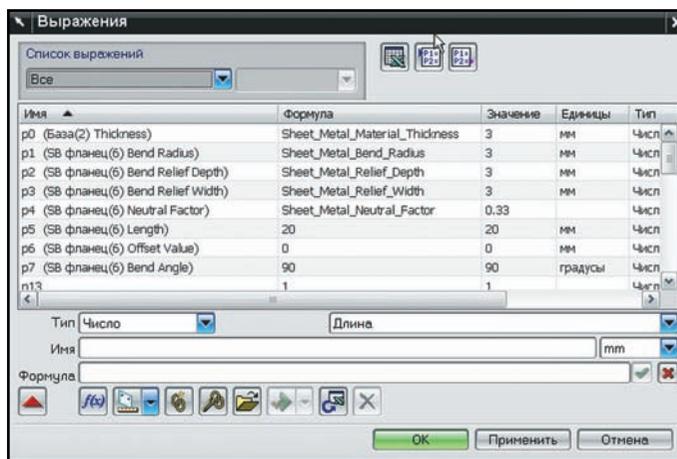


Рисунок 5.6. Формулы параметров элементов

Мы рассмотрели на примере, как параметры материала, заданные в настройках, используются при построении модели и как их изменение отражается на элементах построения. Теперь давайте более подробно рассмотрим основные конструктивные элементы, из которых строится модель детали из листового металла.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Практически все элементы построения моделей в модуле **Листового металла** базируются на элементах, которые являются основами, то есть от которых начинается построение. В предыдущем примере мы использовали команду **Базовый элемент (Tab)** для создания такого основного элемента. Помимо этой команды, основы создаются также командами **Фланец по контуру (Contour Flange)** и **Фланец по двум сечениям (Lofted Flange)**. Все остальные элементы построения будут базироваться на одном из этих основных элементов.

Команды создания основ могут создавать два типа элементов – первичные и вторичные. Первичные создаются, когда в модели ещё нет ни одного элемента построения и когда необходимо иметь два независимых основных элемента. Вторичные элементы создаются для модификации существующих основных элементов, они сразу добавляются к ним и становятся единым целым (рис. 5.7).

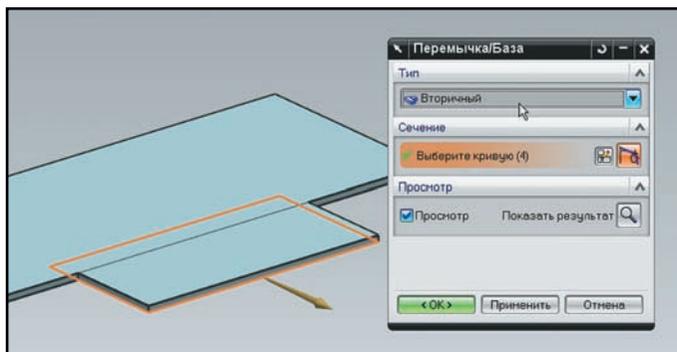


Рисунок 5.7. Добавление основание к существующему

Команда **Фланец по контуру** строит основной элемент, протягивая открытый эскиз или плоскую кривую по нормали и придавая толщину листа полученной поверхности. При этом если объекты эскиза или кривые образуют острый угол, то в получаемом элементе будут сделаны скругление радиусом, определенным в настройках моделирования. В остальном все параметры этой команды соответствуют команде **Фланец** (рис. 5.8)

И последняя команда для построения основного элемента **Фланец по двум сечениям** (строит основной элемент, используя два открытых плоских эскиза, расположенных парал-

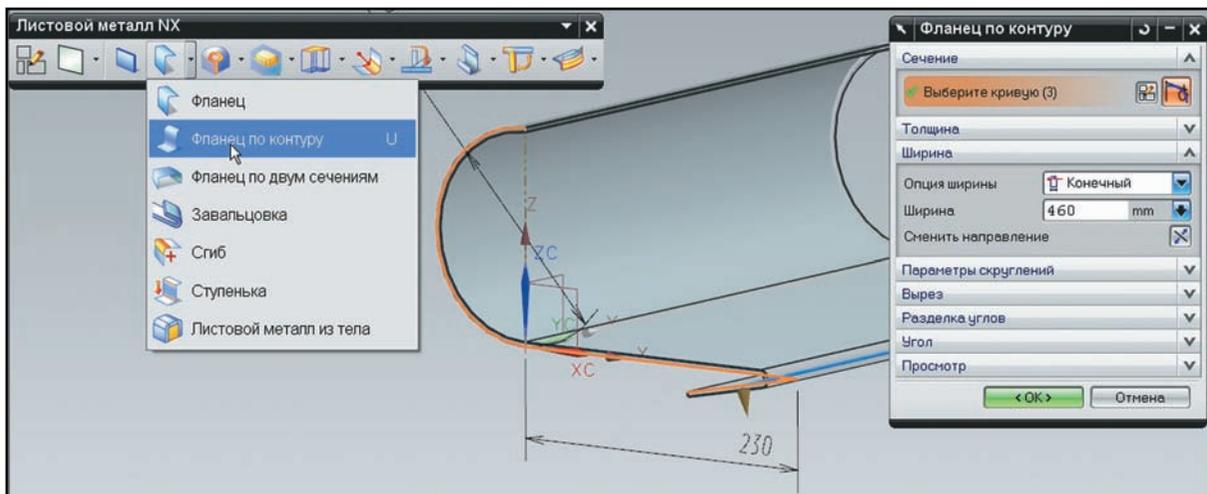


Рисунок 5.8. Фланец по контуру

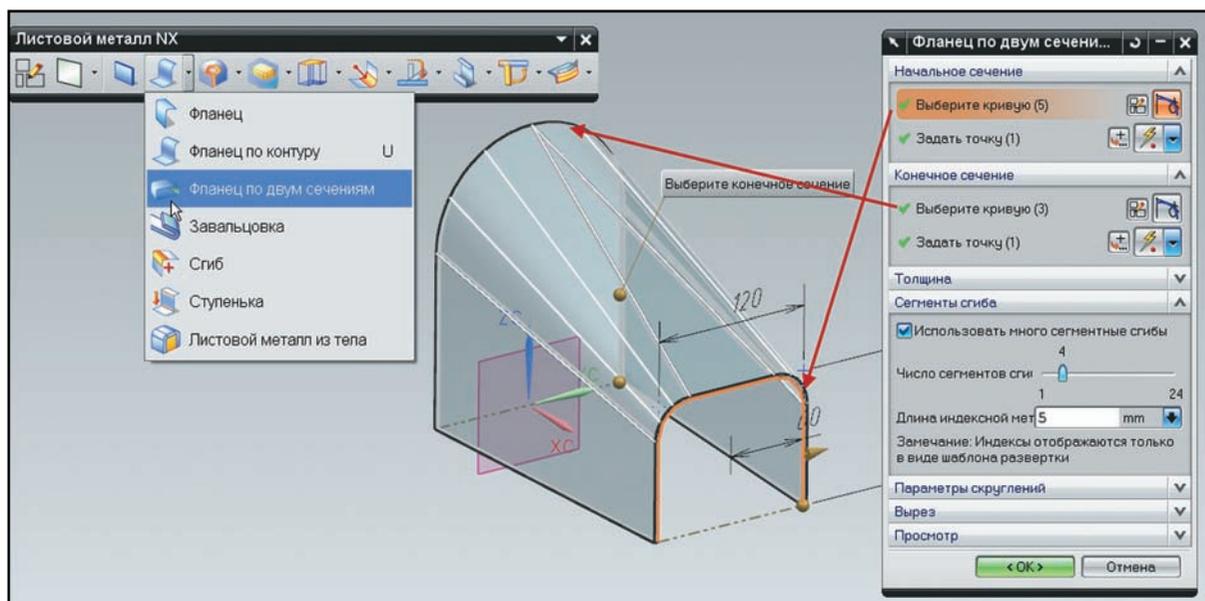


Рисунок 5.9. Фланец по двум сечениям

тельно друг другу, или две кривые, между которыми протягивает поверхность и придает ей толщину. Преимущество этой команды в том, что могут использоваться сечения разной формы, что дает возможность строить комплексные переходные поверхности. При этом необходимо обеспечить одинаковые положения начальных точек эскизов (кривых), чтобы избежать скручивания. Дополнительно к стандартным опциям фланцев в этой команде можно разбить поверхности сгиба на сегменты для упрощения получаемой геометрии (рис. 5.9).

ПОСТРОЕНИЕ ФЛАНЦЕВ И СГИБОВ

Фланцы, или отбортовки, строятся по сторонам внешнего контура модели и требуют наличия в модели основного элемента. В качестве входных данных для построения какого-либо типа фланца необходимо предоставить кромку или базового элемента, или другого фланца. Мы на примере рассмотрели операцию построения простейшего фланца, но не рассмотрели

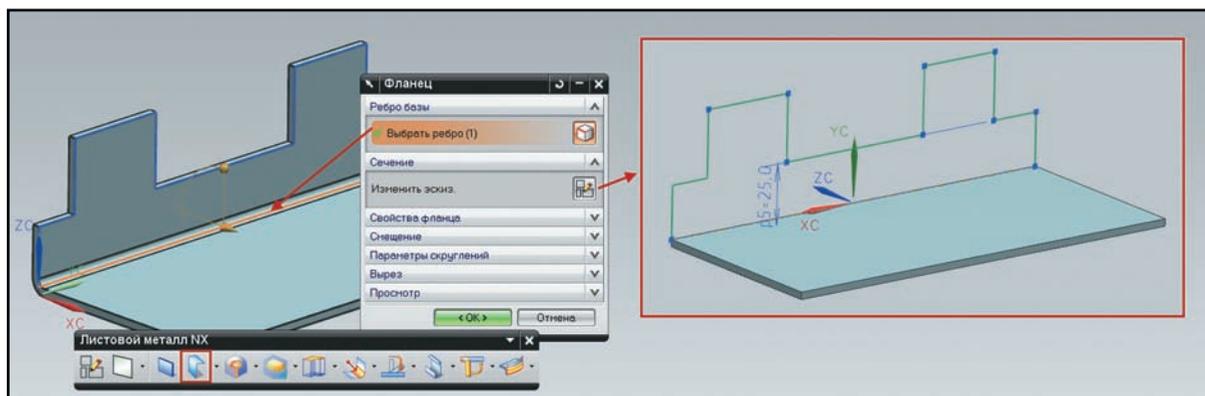


Рисунок 5.10. Изменение контура фланца

одну из ключевых опций этой команды. Давайте на примере рассмотрим расширенные возможности команды **Фланец (Flange)** и использование команды **Фланец по контуру** для построения отбортовки.

- Запустите NX и из папки ch5 откройте файл smd1.prt. В модели пока есть только один базовый элемент.
- Нажмите кнопку команды **Фланец**, укажите одно из ребер основного элемента и разверните блок диалога **Сечение (Section)**.
- Кнопка **Изменить эскиз (Edit Sketch)** позволяет перезадать форму получаемого фланца, которая по умолчанию является прямоугольником. Нажмите эту кнопку и модифицируйте контур получаемого фланца инструментами эскиза, соблюдая его целостность, после чего нажмите кнопку **Закончить эскиз (Finish Sketch)** (рис. 5.10) и нажмите **ОК** в диалоге создания фланца.

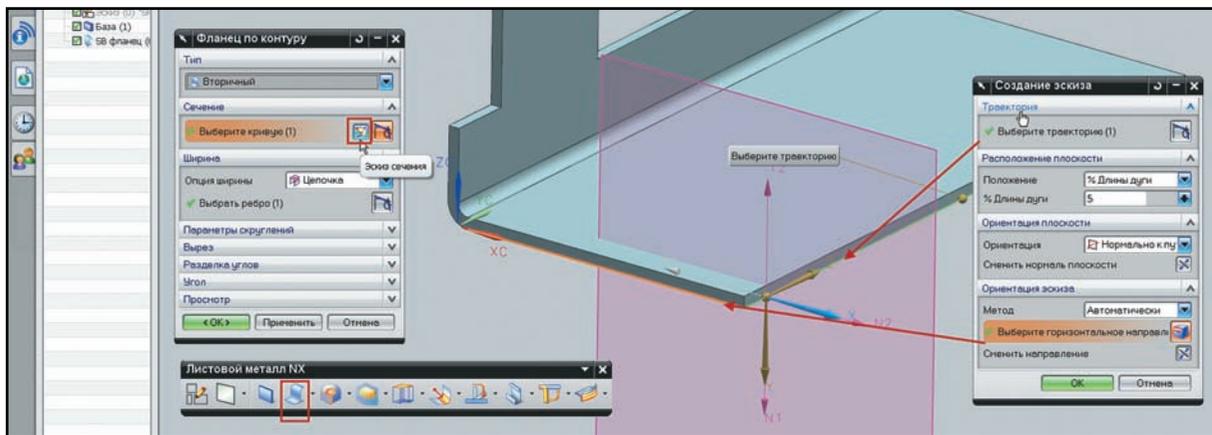


Рисунок 5.11. Фланец по контуру

Он будет построен в соответствии с новым контуром. Такая возможность изменения формы фланца позволяет минимизировать дерево построения модели, так как нет необходимости прибегать к операциям обрезки, чтобы изменить форму фланца по умолчанию.

- Теперь давайте опять рассмотрим команду **Фланец по контуру (Contour Flange)**, но в этот раз не для создания базового элемента, а для создания фланца произвольного сечения вдоль ребра базового элемента.
- Нажмите кнопку команды **Фланец по контуру** и в выпадающем списке **Тип (Type)** выберите значение **Вторичный (Secondary)**.
- Нам необходимо создать сечение создаваемого фланца. Для этого в блоке диалога **Сечение (Section)** нажмите кнопку **Эскиз сечения (Sketch Section)**. Эскиз будет размещен на плоскости, нормальной к ребру, вдоль которого необходимо построить фланец, поэтому в диалоге **Создание эскиза (Create Sketch)** выберите ребро длинной стороны прямоугольного основания.
- Опционально можно указать положение плоскости эскиза на выбранном ребре, задав процент длины ребра, определяющего расстояние от начала ребра до точки пересечения ребра и плоскости. Также при необходимости укажите горизонтальное направление (рис. 5.11).
- Постройте инструментами эскиза сечение фланца, которое будет протянуто вдоль выбран-

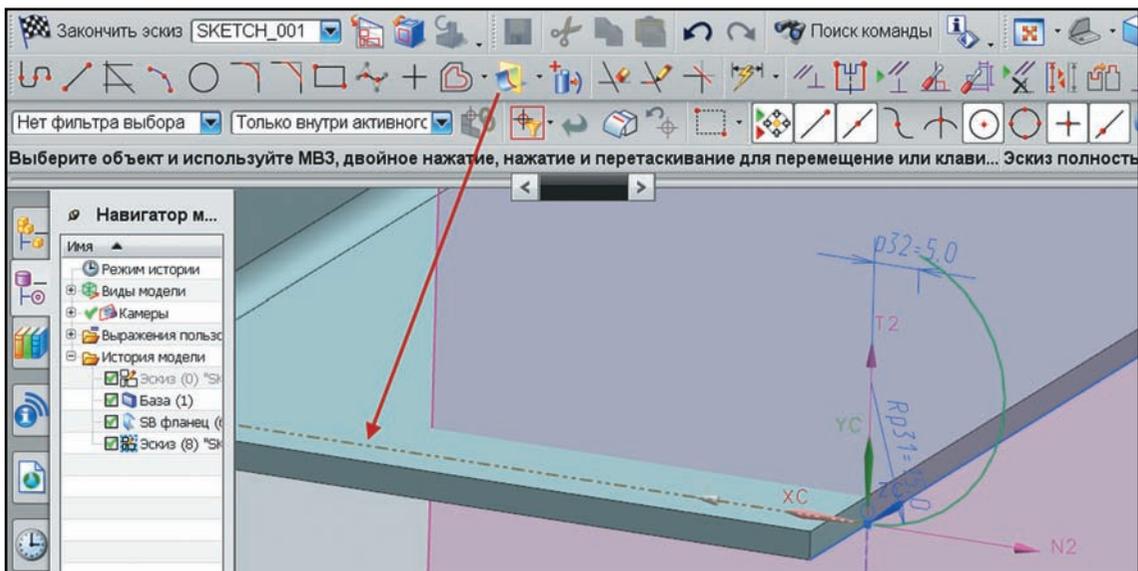


Рисунок 5.12. Сечение фланца

ного ребра. Для корректной работы команды построения фланца необходимо, чтобы сечение начиналось из точки пересечения ребра и плоскости построения эскиза. Если первый элемент построения, выходящий из этой точки, является дугой или сплайном, то в точке должно соблюдаться условие касательности. Для соблюдения этих условий рекомендуется воспользоваться командой построения пересечения грани тела и плоскости построения эскиза **Кривая пересечения (Intersection Curve)** (рис. 5.12). После построения сечения выйдите из эскиза, нажав кнопку **Закончить эскиз (Finish Sketch)**.

- Завершите построение фланца, нажав кнопку **ОК**.

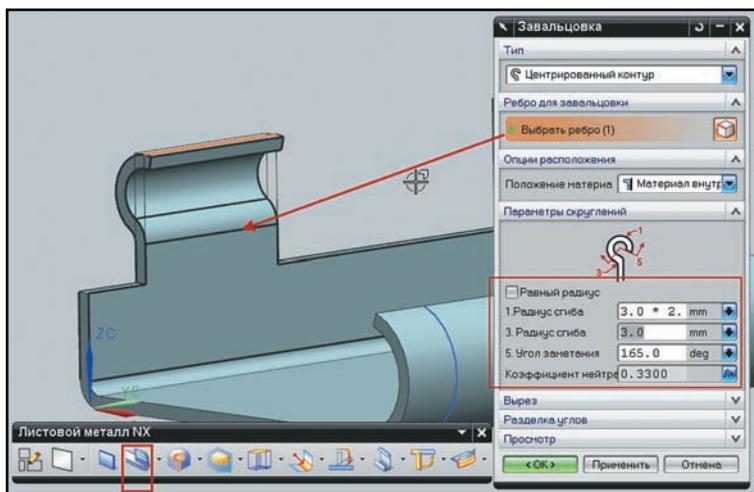


Рисунок 5.13. Построение завальцовки

Ещё одна команда построения фланца **Завальцовка (Hem Flange)**, по сути, является частным случаем команды **Фланец по контуру** с несколькими предопределёнными контурами с настраиваемыми параметрами.

- Вызовите команду **Завальцовка** на инструментальной панели **Листовой металл NX**.
- Укажите одно из ребер существующих фланцев или свободные ребра основного элемента и в выпадающем списке **Тип** выберите какое-либо значение.

- В зависимости от выбранного типа блок диалога **Параметры скруглений (Bend)**

- **Parameters**) отобразит параметры, характерные для данного типа завальцовки (рис. 5.13).
- Нажмите **OK** для завершения построения элемента.

Все рассмотренные фланцы строятся на базе прямых кромок основных элементов и определяются значениями высоты и угла наклона. Для создания более сложных фланцев, которые могут базироваться на основе криволинейных ребер и форма которых задается ссылочной геометрией, необходимо использовать возможности модуля **Авиационный листовой металл**. Альтернативой является использование команды **Сложный фланец (Advanced Flange)**.

- Откройте файл `smd2.prt` и из инструментальной панели вызовите команду **Сложный фланец (Advanced Flange)**.

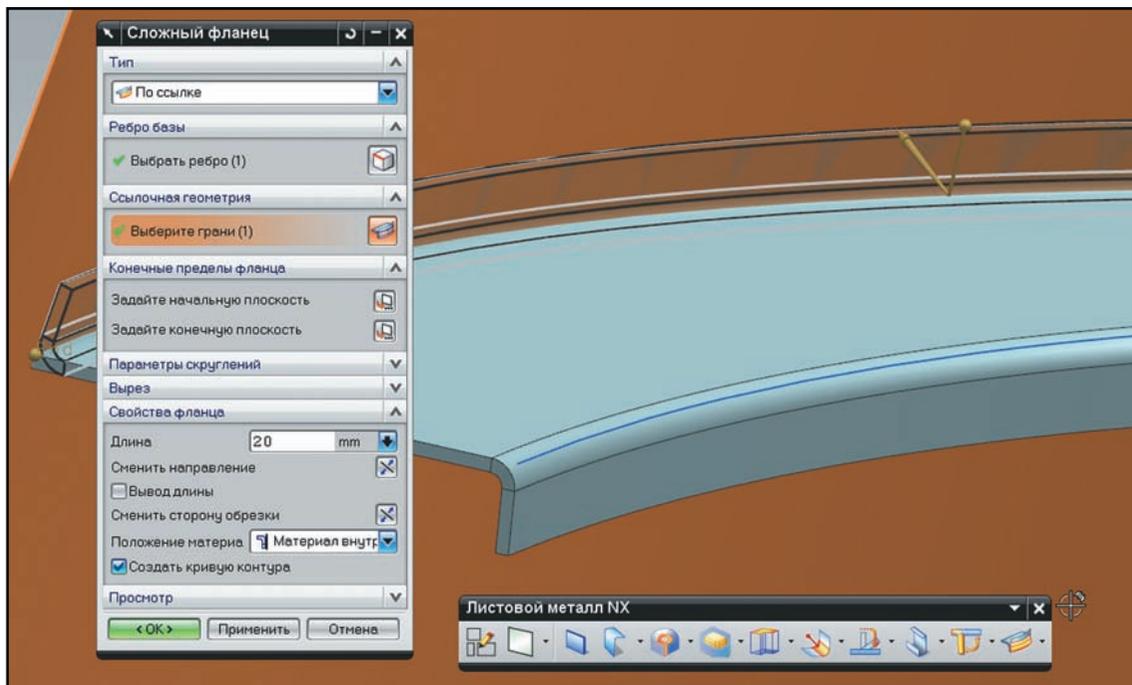


Рисунок 5.14. Построение сложного фланца

- В выпадающем списке **Тип (Type)** выберите **По значению (By Value)** и укажите криволинейную кромку основного элемента, задайте высоту фланца. Этот тип фланца по смыслу совпадает с операцией **Фланец (Flange)**, за исключением того, что он может строиться на криволинейных кромках и его длина определяется двумя плоскостями, которыми он будет ограничен.
- Нажмите **Применить** в диалоге и, поменяв тип на значение **По ссылке (To Reference)**, выберите одну из кромок грани, прилегающей к поверхности, а в качестве ссылочной геометрии (**Reference Geometry**) укажите саму поверхность. Такой тип построения создает фланец, лежащий на ссылочной поверхности и ассоциативно с ней связанный (рис. 5.14).

РАЗВЕРТКИ МОДЕЛЕЙ

Получение разверток модели из листового металла необходимо не только для оформления чертежей для производства детали, но и непосредственно для самого построения. В большинстве случаев операции обрезки и создания вырезов необходимо производить в развернутом состоянии модели – как это и происходит в реальности. В функционале модуля работы с листовым металлом есть несколько средств для создания развернутого состояния модели или отдельных её частей.

В данном разделе речь пойдет о штатных средствах получения развернутого состояния модели, которые работают с моделями, созданными в модуле **Листовой металл NX**. Помимо этих средств, в функционале NX есть ещё ряд команд, предназначенных для получения разверток с моделей, не созданных в этом модуле. Самая простая и часто используемая пара команд для получения развернутого состояния части или всей модели – это команды **Развертка (Unbend)** и **Согнуть снова (Rebend)**. Они используются во время построения модели, для получения плоского представления одного или нескольких фланцев с последующей их модификацией и возвращением в исходное состояние.

- Откройте файл `smd4.prt` из папки `ch5`.
- На инструментальной панели **Листовой металл NX** нажмите кнопку вызова команды **Развертка (Unbend)**.
- Укажите грань, которую надо считать стационарной, – как правило, это грань основания, а затем укажите тот сгиб, который надо развернуть.
- Система сделает локальную развертку выбранного элемента, с которым можно дальше работать инструментарием модуля (рис. 5.15).
- Для проведения обратной операции воспользуйтесь командой **Согнуть снова (Rebend)**. Необходимо указать разогнутый сгиб для приведения его в исходное состояние. Опциональ-

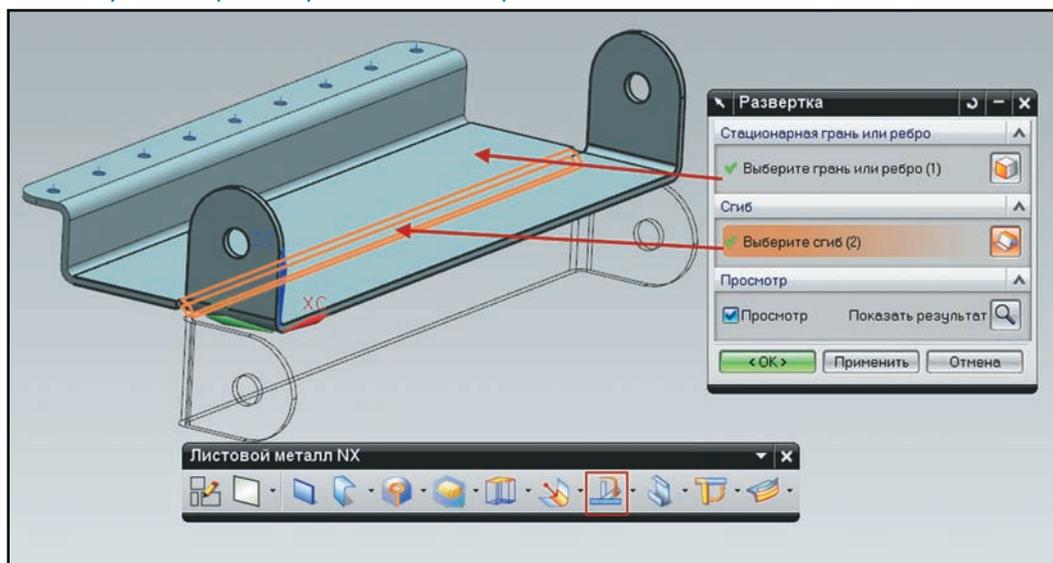


Рисунок 5.15. Развертка сгиба фланца

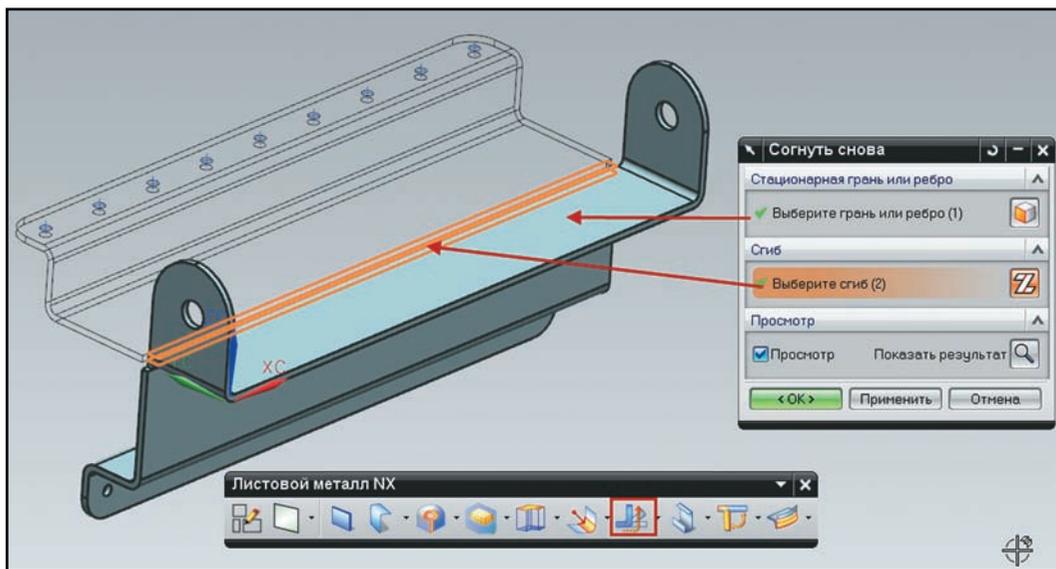


Рисунок 5.16. Свертка сгиба фланца

но можно задать стационарную грань, за счет этого можно изменять ориентацию модели, если выбирать грань, отличную от той, что была использована как стационарная в операции **Развертка** (рис. 5.16).

Эта пара команд работает со всеми типами фланцев и сгибов, за исключением **Сложного фланца (Advanced Flange)** и фланцев, созданных в модуле **Авиационный листовой металл**. Для этих типов фланцев есть аналоги команд локальной развертки и свертки.

Для получения развертки всей модели за одну операцию необходимо воспользоваться командой **Развертка тела (Flat Solid)**. Эта команда создает ассоциативно связанное плоское листовое тело, представляющее собой развертку модели. При этом сама операция построения развертки добавляется в историю построения модели и всегда является последней по времени. За счет этого изменения, которые вносятся в исходную модель после создания развертки, на ней тем не менее отражаются. Рекомендуется использовать эту команду во время построения сложных моделей, для того чтобы контролировать корректность получаемого результата.

Следует отметить, что команда **Развертка тела** имеет ограничение, отражающееся в том, что не все конструктивные элементы переносятся в развернутое состояние. Это касается большинства элементов построения, получаемых вытяжкой, и все они на развертке сохраняют свои исходные формы.

- Вызовите команду **Развертка тела (Flat Solid)** с инструментальной панели.
- Укажите грань, которую надо считать стационарной. На плоскости этой грани будут развернуты все остальные элементы модели. Как правило, используется грань основного элемента.
- Опционально можно указать набор кривых и точек, которые находятся на свернутом состоянии модели, для того чтобы они тоже были перенесены на развертку. Установите в панели выбора фильтр **Точка (Point)** и выберите группу точек в центрах отверстий на модели.

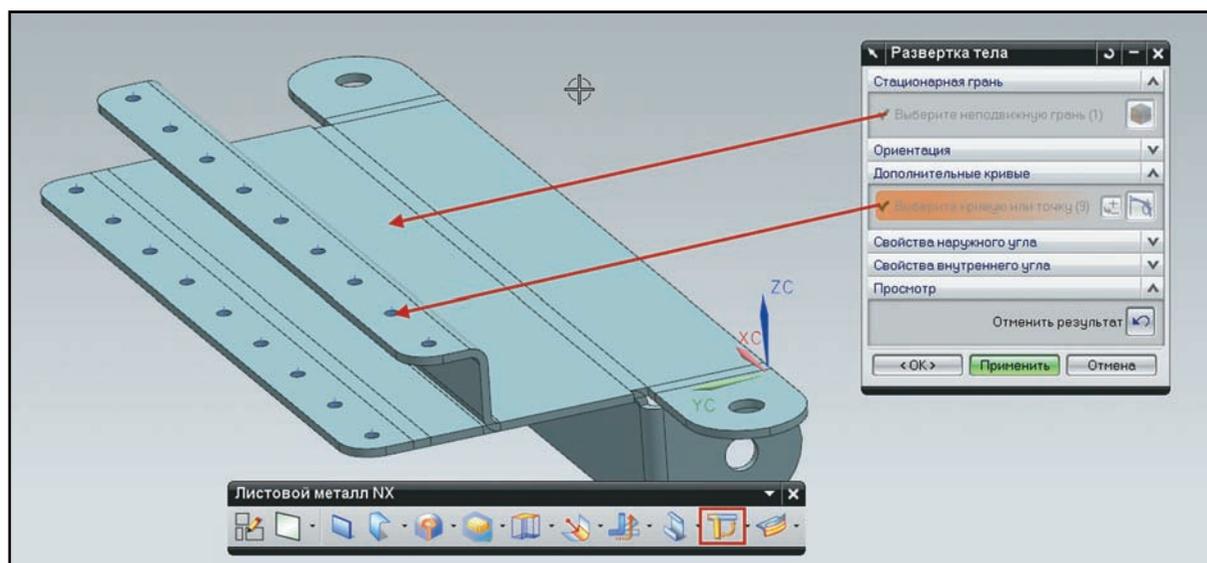


Рисунок 5.17. Создание тела развертки

- Нажмите **OK** для завершения команды. Будет создано новое тело, представляющее собой развертку. Его можно переместить на какой-нибудь вспомогательный слой и периодически делать видимым для контроля получаемой модели (рис. 5.17).
- Проверим ассоциативность связанного представления развертки. Создайте на одной из кромок свернутой модели фланец. В результате созданный элемент будет добавлен предпоследним в дерево построения, а операция развертки сместится вниз и перестроится, исходя из текущего представления свернутой модели (рис. 5.18).

Развертка, полученная командой **Развертка тела**, может в ряде случаев служить основой для создания чертежа, но в силу описанных выше ограничений не все элементы построения модели будут на ней отображаться корректно. Альтернативой этой команде для выпуска до-

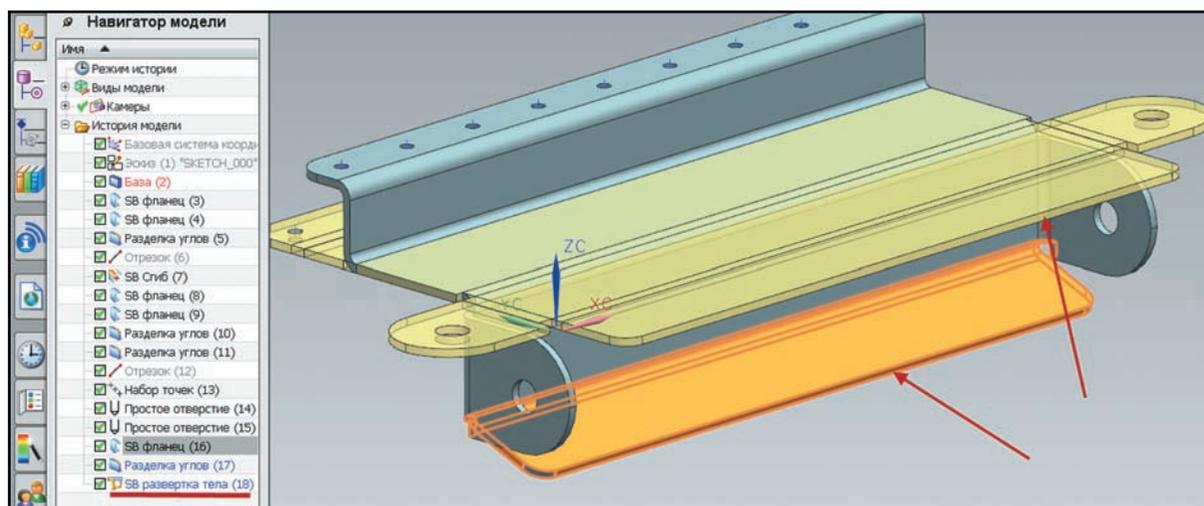


Рисунок 5.18. Обновление тела развертки

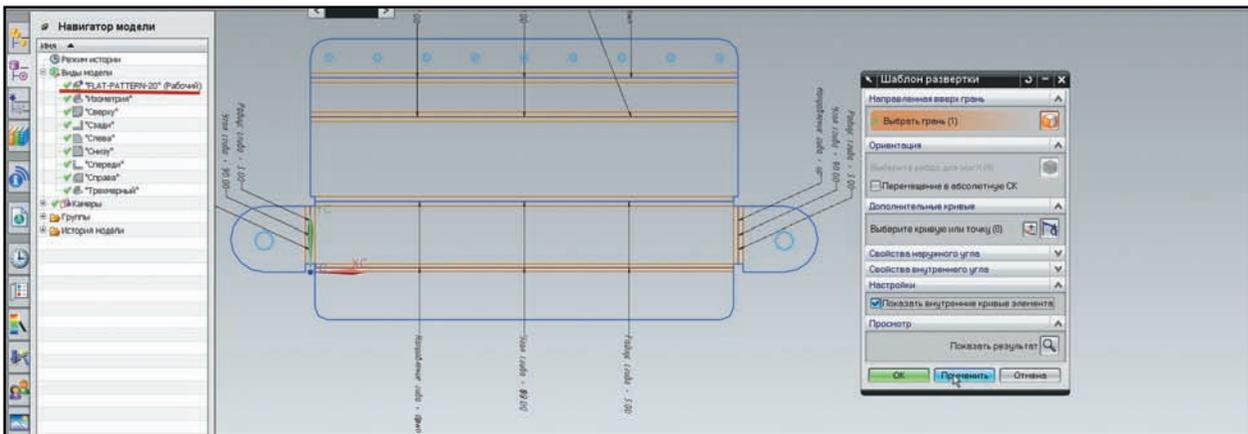


Рисунок 5.19. Создание шаблона развертки

кументации является команда **Шаблон развертки (Flat Pattern)**.

- Скройте тело развертки, полученное командой **Развертка тела (Flat Body)**, и вызовите команду **Шаблон развертки (Flat Pattern)**.
- Аналогично предыдущей команде получения развертки выберите грань, которая будет стационарной. Также при необходимости укажите кривые и точки, которые надо отобразить на развертке. Нажмите на **ОК** для завершения команды.
- Будет создан набор кривых и аннотаций, описывающих развертку, вместо развернутого тела. Для отображения полученного результата необходимо переключить текущий вид модели на вид с именем **FLAT-PATTERN-XX** (где **XX** – номер элемента развертки в дереве построения модели). Все элементы, представляющие собой развертку, также помещаются в ссылочный набор **FLAT-PATTERN-OBJECTS**. Так же как и в случае с командой **Развертка тела**, полученное представление развернутой модели ассоциативно и перестраивается в зависимости от текущего состояния модели.

Формат аннотаций, которые наносятся на линии развертки, можно переопределить, открыв пункт меню **Файл > Утилиты > Настройки по умолчанию** и зайдя в раздел **Листовой металл > Шаблон развертки**.

ВЫРЕЗЫ

Теперь давайте рассмотрим на примере набор инструментов для создания вырезов и подштамповок на основных элементах и фланцах.

В наборе инструментов создания вырезов модуля **Листовой металл NX** есть два средства для создания вырезов произвольной формы и несколько инструментов для создания специализированных вырезов и подштамповок. Вырезы произвольной формы можно создавать с помощью команд **Вытягивание (Extrude)** и **Вырез по нормали (Normal Cutout)**. Первая команда является штатной командой модуля **Моделирование**, которая создает на основе плоского контура тело и вычитает его из целевого тела.

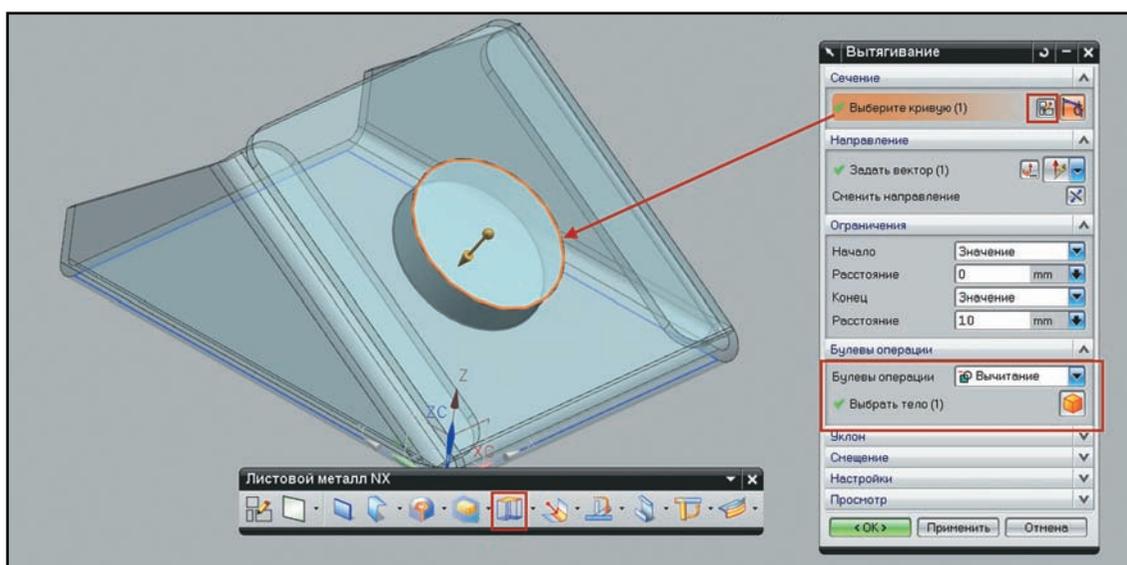


Рисунок 5.20. Вырез произвольной формы Вытягиванием

- Откройте в NX файл `smd7.prt` из папки `ch5`.
- Вызовите команду **Вытягивание (Extrude)**, нажав кнопку на инструментальной панели **Листовой металл NX**.
- На грани фланца, согнутого под острым углом, расположите новый эскиз и нарисуйте окружность, закончив эскиз, вытяните его внутрь модели на 10–15 мм (рис. 5.20). Нажав кнопку **ОК**, закончите построение выреза.
- Будет построен круговой вырез, который также будет существовать в развертке. Применение команды **Вытягивание** для создания вырезов имеет некоторые ограничения.

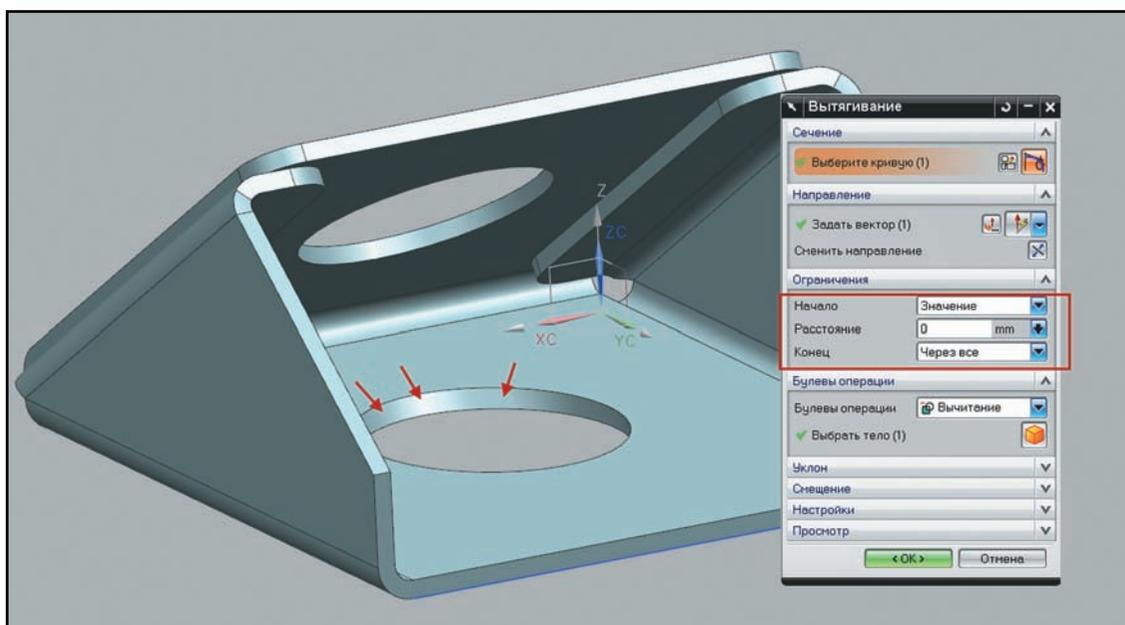


Рисунок 5.21. Нарушение постоянства толщины

- В дерево построения модели двойным щелчком на операции **Вытягивание (Extrude)** войдите в режим её редактирования и поменяйте величину размера вытягивания так, чтобы оно проходило через все тело.

В результате вырез должен появиться в двух стенках модели. Если в первой стенке получился нормальный вырез, то во второй стенке вырез нарушает требование к постоянной толщине детали. Поэтому применять операцию **Вытягивание** к построению вырезов можно только в тех случаях, когда вычитаемое тело вытягивания будет строго нормально по отношению ко всем пересекаемым стенкам (рис. 5.21).

- Рассмотрим другую команду построения вырезов произвольной формы. В дереве модели выделите последнюю операцию вытягивания и удалите её.
- Вызовите команду **Вырез по нормали (Normal Cutout)**, находящуюся на той же инструментальной панели. Так же как и в предыдущей операции, нарисуйте эскиз, содержащий

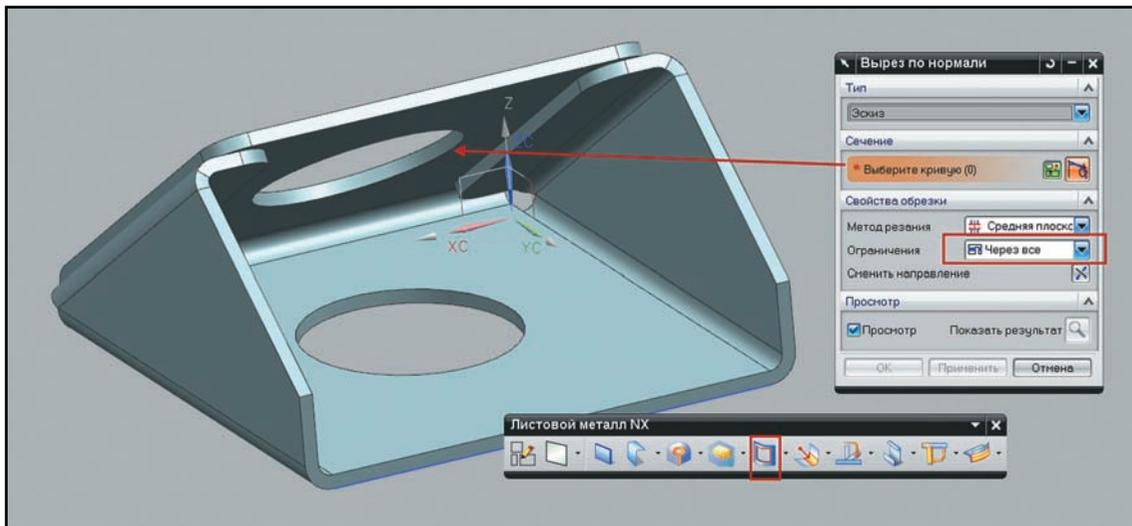


Рисунок 5.22. Вырез по нормали

- окружности на наклонном фланце модели, и, завершив эскиз, вытяните его, выбрав значение **Через все (Through All)** в выпадающем списке **Ограничение (Limits)**.
- Будет построен вырез в двух гранях модели, но в этот раз в обеих стенках он будет сделан строго по нормали, несмотря на то что само, создающее вырез, подходит под углом ко второй стенке (рис. 5.22).
- Обе команды создания вырезов произвольной формы можно применять и на развертках фланцев. Удалите из дерева построения последнюю операцию создания выреза по нормали и вызовите команду **Развертка (Unbend)** на инструментальной панели.
- Выберите основную грань как стационарную и укажите сгиб фланца под острым углом, после чего нажмите **ОК** (рис. 5.23).
- На развернутой форме фланца постройте нормальный вырез, используя эскиз произволь-

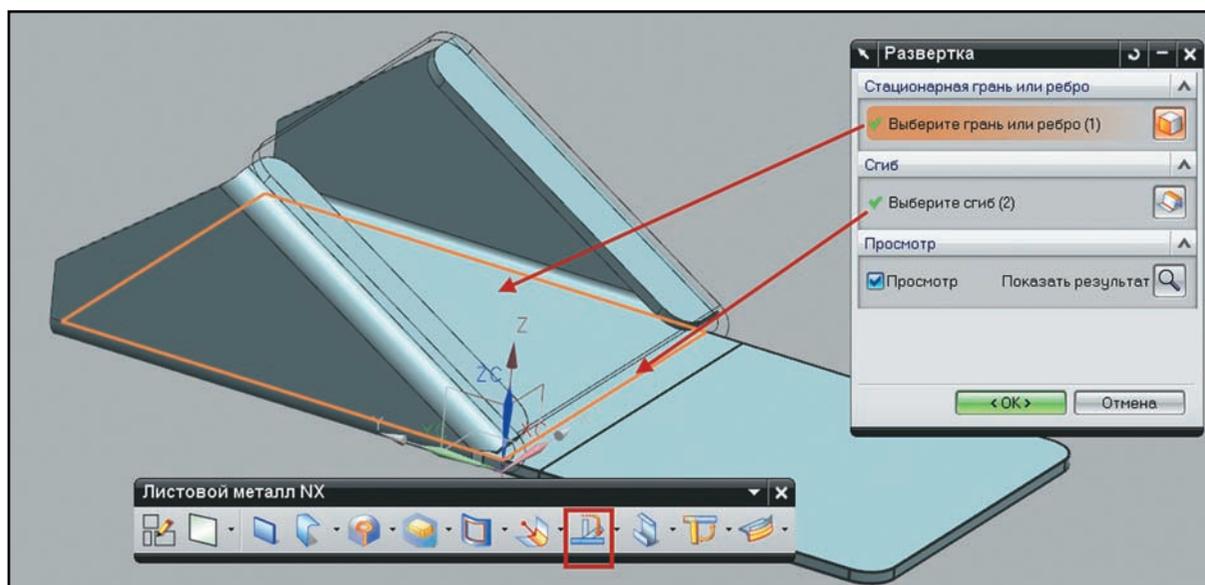


Рисунок 5.23. Развертка грани

ной формы. Затем воспользуйтесь командой **Согнуть снова (Rebend)**, для того чтобы вернуть разогнутый фланец в исходное состояние. Для этого необходимо указать область сгиба фланца и нажать кнопку **OK** в диалоге команды (рис. 5.24).

На практике рекомендуется делать вырезы уже после того, как построены все необходимые фланцы, и максимально использовать возможность редактирования профиля в команде **Фланец (Flange)**. Это упрощает дерево построения и делает его более стабильным.

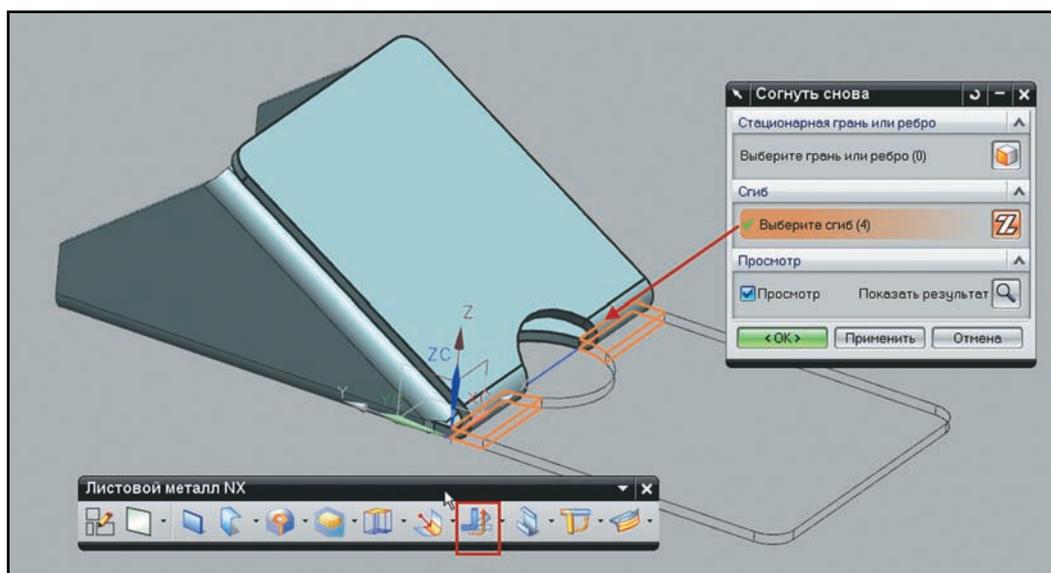


Рисунок 5.24. Вырез на развертке

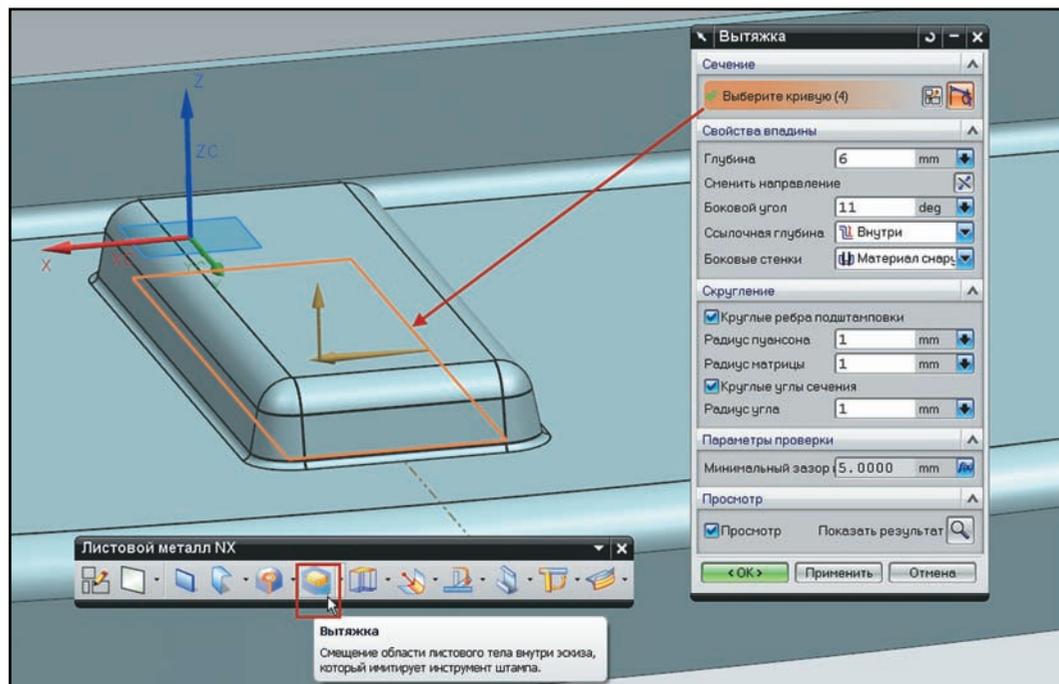


Рисунок 5.25. Создание элемента Вытяжка

- Сохраните модель и закройте её.

В дополнение к инструментам создания вырезов произвольной формы есть ряд средств для создания элементов модели, которые обычно получаются при помощи штампов. Рассмотрим их на примере.

- Откройте модель `smd8.prt` из папки `ch5`.
- В настройке слоев **Формат > Настройки слоя (Format > Layer Settings)** сделайте слой номер 7 видимым и выбираемым. На нем расположен эскиз, который будет использован командой **Вытяжка (Dimple)**. Эта команда на основе контура имитирует штамп, которым модель продавливается по направлению нормали к плоскости эскиза и строит глухое углубление на заданной стенке.
- Нажмите кнопку вызова команды **Вытяжка (Dimple)** и, установив правило выбора **Связанные кривые (Connected Curves)** на инструментальной панели выбора, выберите эскиз. В диалоге команды задайте величины **Глубины (Depth)** и **Боковой угол (Side Angle)** наклона стенок.
- При необходимости задайте радиусы скругления «штампа» и «матрицы», которые будут определять радиусы получаемого элемента с учетом толщины листа, и нажмите **ОК** для завершения построения (рис. 5.25).

Данный элемент построения не учитывает эффекта утонения стенок, который неизбежно будет возникать при больших значениях глубины, поэтому его размеры должны определяться, исходя из свойств материала, а также на основе анализа формоустойчивости данной модели.

Эскиз, использованный для построения элемента, является замкнутым, иначе он был бы продлен до границ детали. Есть одно важное ограничение, касающееся использования операции **Вытяжка** – она не обрабатывается командой **Развертка тела (Flat Solid)**, поэтому все элементы, созданные операцией **Вытяжка** останутся в исходном состоянии на развернутом теле. При необходимости создать элемент типа **Вытяжка**, но с пробивкой, то есть без сохранения верхней грани конструктивного элемента, необходимо воспользоваться командой **Вытяжка с пробивкой (Drawn Cutout)**.

Ещё одна команда, которая строит закрытый конструктивный элемент, предполагающий большие пластические деформации это команда **Косынка (Gusset)**. Она используется для построения элементов ребер жесткости для подкрепления стенок фланцев.

- Вызовите команду **Косынка** из инструментальной панели **Листовой металл NX** и укажите в качестве входных данных сгиб созданный на прямой кромке основания.
- У вас есть возможность использовать профиль по умолчанию для ребра жесткости – ему соответствует значение **Автоматический профиль (Automatic Profile)** в выпадающем списке **Тип (Type)** диалога или задать свой профиль, выбрав значение **Определяемый пользователем профиль (User Defined Profile)**. В последнем случае необходимо построить желаемое сечения в эскизе расположенным на плоскости нормальной к линии сгиба фланца.
- Выберите форму и задайте соответствующие параметры создаваемого элемента в блоке диалога **Параметры (Parameters)**, после чего завершите построение, нажав кнопку **ОК**.

Использование команды **Косынка**, позволяет строить подкрепляющие ребра для мест сгибов. При необходимости создать ребра жесткости на основаниях или на плоских гранях фланцев, необходимо использовать команду **Ребро жесткости (Bead)**.

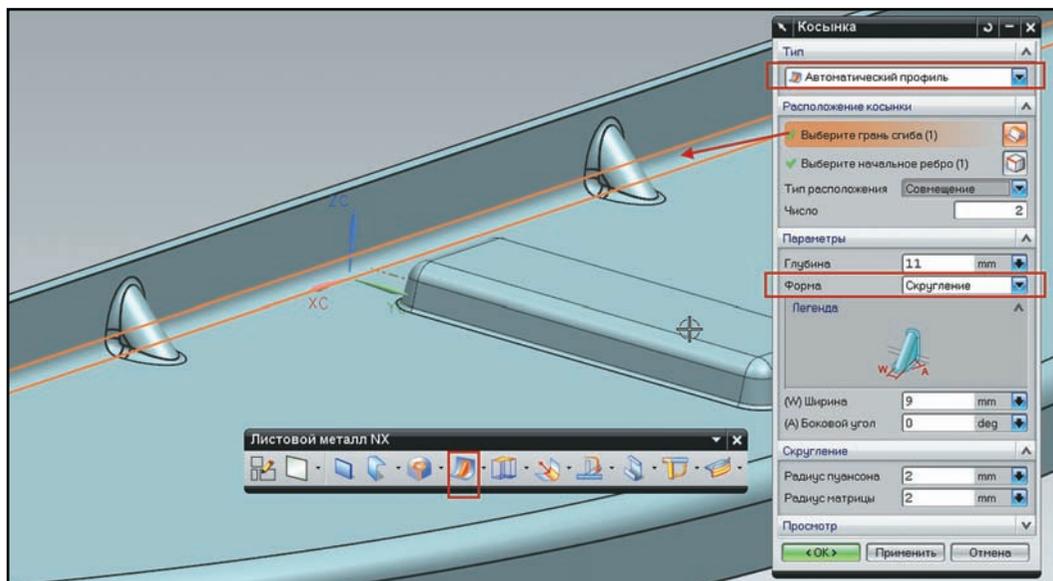


Рисунок 5.26. Создание ребер жесткости на фланцу

- Сделайте слой 8 видимым и выбираемым и нажмите кнопку вызова команды Ребро жесткости
- Выберите два отрезка на 8-м слое в качестве исходных данных. Выберите форму сечения в выпадающем списке **Сечение (Cross Section)** и метод изготовления в выпадающем списке **Конечное условие (End Condition)**.
- В зависимости от выбранных значений этих двух опций будет предложен набор геометрических параметров определяющих параметры элемента. После задания значений этих параметров нажмите ОК для завершения построения (рис. 5.26).

Элементы, созданные этой командой также не могут быть обработаны командой **Развертка тела (Flat Solid)**, но, тем не менее, они обрабатываются командой **Шаблон развертки (Flat Pattern)**.

Команда **Ребро жесткости (Bead)** совпадает с командой **Вентиляционное отверстие (Louver)** с точки зрения исходных данных для построения. Разница только в том, что последняя команда, строит элемент, используемый в основном для забора или выброса воздуха в системах вентиляции.

Для построения подштамповки произвольной формы, необходимо воспользоваться командой **Пробивка тела (Solid Punch)**. Она имитирует работу штампа, форма которого задается произвольным телом.

- Сделайте слой 9 видимым и выбираемым. На нем расположено тело, которое будет служить формой штампа.

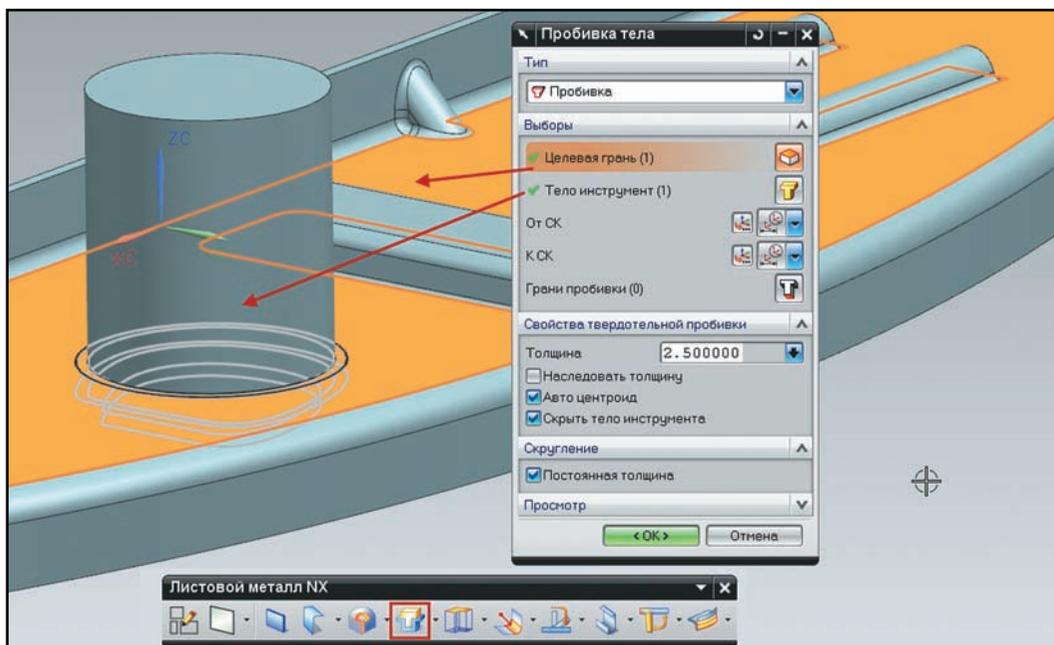


Рисунок 5.27. Штамп произвольной формы

- Вызовите диалог команды **Пробивка тела (Solid Punch)** нажав соответствующую кнопку на инструментальной панели.
- Выпадающий список **Тип (Type)** содержит два значения **Пробивка (Punch)** и **Штамп (Die)**. Первое используется, когда задаваемое тело является штампом, а второе – когда оно является матрицей. Выберите значение **Пробивка (Punch)**.
- Укажите основание модели в качестве **Целевой грани (Target Face)**.
- Выберите тело на 9-м слое в качестве **Тела инструмента (Tool Body)**.
- Так как тело-инструмент и исходная модель пересекают друг друга, то нет необходимости задавать их взаимное положение с помощью кнопок **От СК (From CSYS)** и **К СК (To CSYS)**. Поэтому нажмите **ОК** для завершения построения (рис. 5.27).

РЕДАКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

В функционал модуля **NX листовой металл** входит набор средств для локального редактирования существующих моделей и для обработки моделей без истории построения. В большинстве случаев, когда модель построена с помощью команда модуля, редактирование отдельных операций можно осуществлять, непосредственно изменяя их параметры в дереве построения модели. Но иногда необходимо изменить локально глобальные параметры для определенной операции, оставив нетронутыми остальные. В частности, это касается радиуса сгиба и коэффициента нейтрали, которые задаются глобально для всей детали.

Также нередко возникает необходимость создать модель детали из листового металла на базе существующей твердотельной модели или преобразовать импортированную мо-

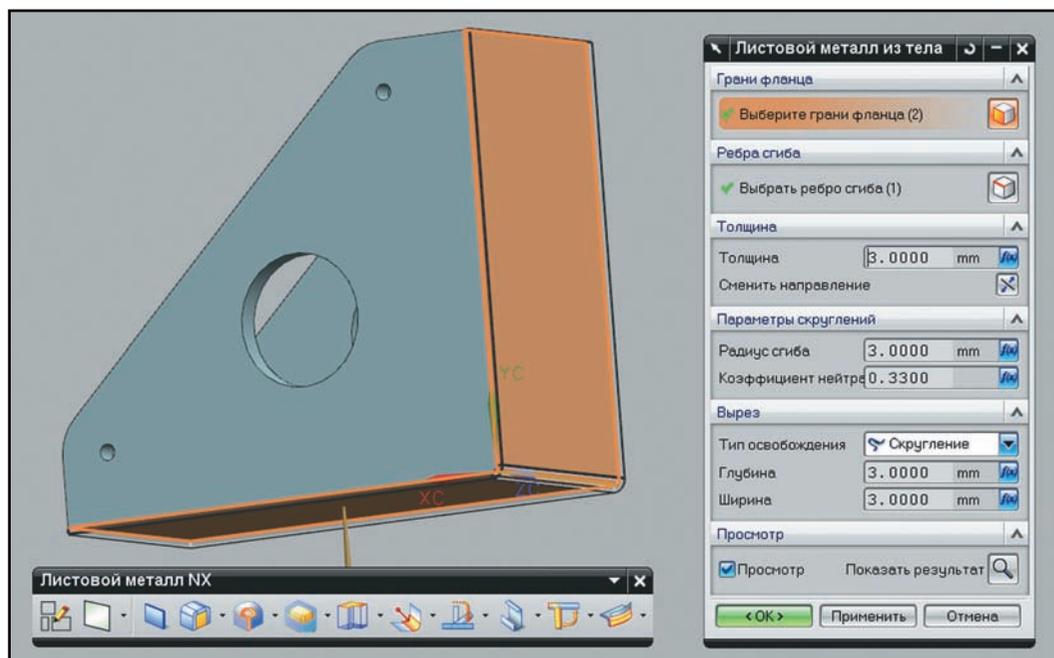


Рисунок 5.28. Получение модели листовой детали из твердого тела

дель из другой CAD системы. Для этих целей в модуле есть два инструмента – **Листовой металл из тела (Sheetmetal from Solid)** и **Преобразовать в листовой металл (Convert to Sheetmetal)**. Рассмотрим на примере один из них, а также другие инструменты редактирования:

- Откройте в NX модель Solid.prt из папки ch5.
- Эта твердотельная модель не содержит истории построения, и нам необходимо получить на её основе аналогичную модель из листового металла. На панели инструментов **NX Листовой металл** вызовите команду **Листовой металл из тела**.
- Для преобразования модели необходимо указать грани, которые будут формировать стенки листовой детали и места сгибов. Укажите две смежные грани, как показано на рис. 5.28. На пограничном ребре между гранями будет вставлен сгиб с параметрами, взятыми из настроек моделей (при необходимости их можно переопределить локально).
- Выберите одну из боковых граней, смежную с предыдущими двумя. При таком выборе возникнет неоднозначность в определении места сгиба, так как возможны два варианта. Для того чтобы определить однозначно ребро, которое будет заменено на сгиб, в диалоге команды нажмите на кнопку **Выбрать ребро сгиба (Select Bend Edge)** и укажите одно из ребер между боковой гранью и двумя другими. Второе ребро в новой модели будет убрано – то есть по этому месту будет сделан разрыв.
- Нажмите кнопку **Выберите грани фланца (Select Web Face)** и укажите вторую боковую грань. После этого для этой грани также укажите место создания сгиба, аналогично первой боковой грани (рис. 5.29). Затем завершите преобразование нажатием кнопки **ОК** в диалоге команды.
- Скройте исходное тело и убедитесь, что результирующая модель содержит выбранные грани

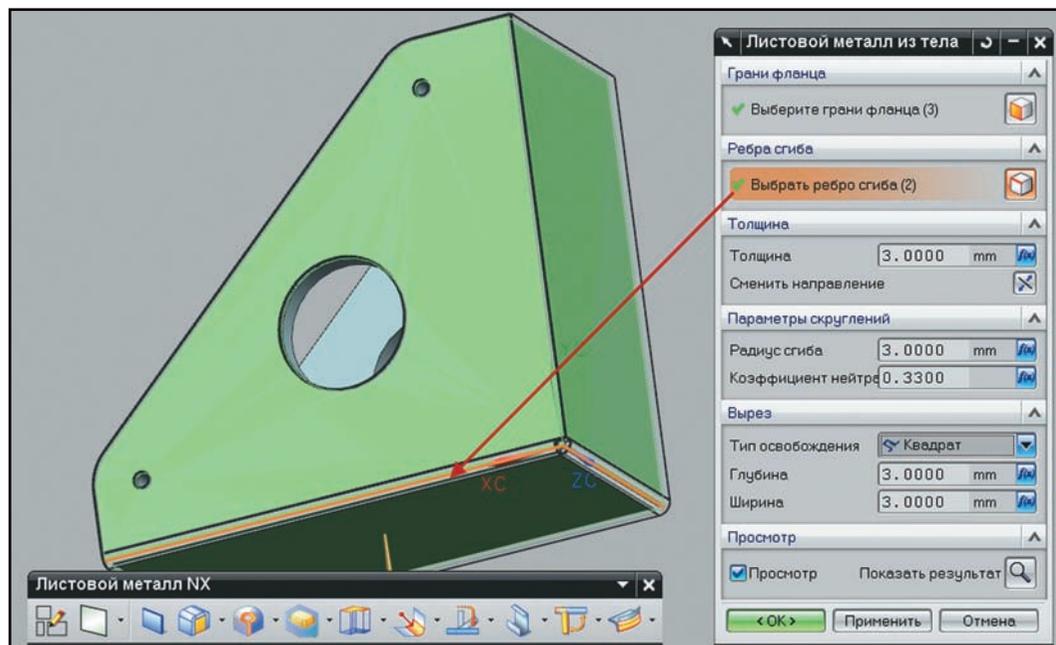


Рисунок 5.29. Назначение местагиба

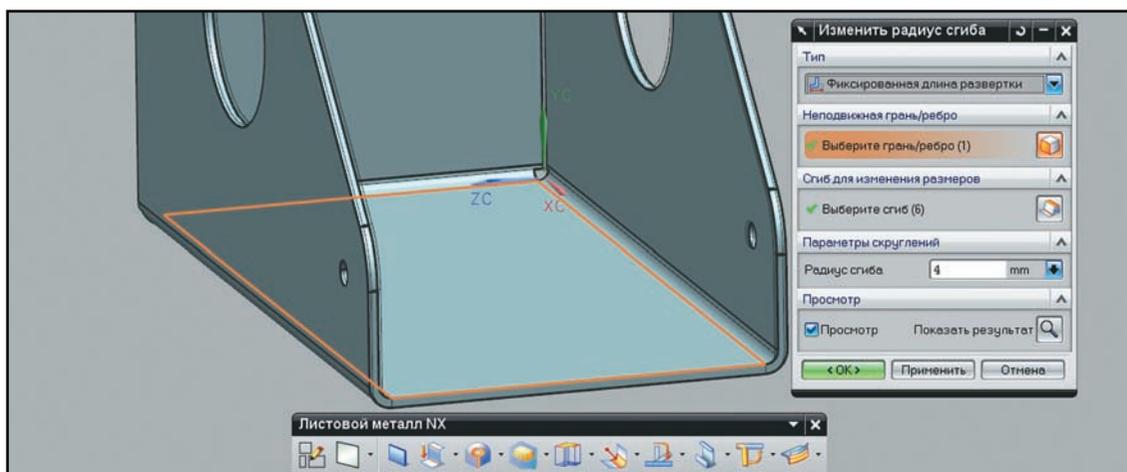


Рисунок 5.30. Модификация радиусов фланцев и места сгиба расположены в назначенных местах.

Когда необходимо создать модель из листового металла со сложной геометрией, то зачастую эффективнее использовать операцию преобразования твердотельной модели в модель из листового металла, вместо того чтобы изначально строить модель, комбинируя различные типы фланцев и вырезов. Но при этом необходимо учитывать то, что операция преобразования создает модель, используя исходное тело как внутренний контур, то есть толщина листа откладывается от исходных граней наружу. Поэтому при моделировании исходного тела необходимо вводить поправку на предполагаемую толщину листа металла.

Отредактируем полученную модель. После операции преобразования в дереве построения содержится всего лишь один элемент, представляющий модель из листового металла. Следовательно, редактировать отдельные элементы модели напрямую в истории построения не получится. Для такого случая, а также для локального изменения свойств материала и радиуса сгиба необходимо использовать специализированные команды.

- Измените радиусы сгибов, заданные по умолчанию. На инструментальной панели нажмите кнопку команды **Изменить радиус сгиба (Resize Bend Radius)** и укажите три грани сгиба, которые надо изменить (рис. 5.30).

Тип модификации радиусов определяется выпадающим списком в начале диалога. Значение **Фиксированная длина свертки (Fixed Folded Length)** задает такой тип модификации радиуса сгиба, при котором общая длина сгиба и сопряженных стенок остаются постоянными для свернутого состояния детали. Второе значение задает постоянство длины сгиба и смежных стенок для развертки детали.

- Выберите фиксацию длины развертки, увеличьте значение радиуса и укажите грань основания как неподвижную, после чего нажмите **ОК** для завершения команды.

Аналогичным образом работают команды **Изменить угол сгиба (Resize Bend Angle)** и **Изменить коэффициент нейтрали (Resize Neutral Factor)**. Изменение коэффициента нейтрали влияет на точность создания развертки, поэтому видимых модификаций исходного состояния модели не происходит.

- Поменяйте тип выреза на углах модели в местах, где пересекаются поверхности сгиба. Для этого воспользуйтесь командой **Закрытый угол (Closed Corner)** на инструментальной панели **Листовой металл NX**.
- Укажите две или более пересекающиеся поверхности сгиба в углу и в выпадающем списке **Тип (Type)** выберите подходящий вырез. В зависимости от выбранного типа будут отображены связанные с ним параметры, которые необходимо адаптировать.
- Нажмите **ОК** для завершения команды (рис. 5.31). В случае когда необходимо модифицировать угол стыка трех сгибов, необходимо воспользоваться командой **Угол с тремя сгибами (Three Bend Corner)**.

Кроме изменения поверхностей сгибов и вырезов на углах, часто бывает необходимо модифицировать стенки фланцев, и не всегда это можно сделать только изменением угла наклона и высоты. Среди «семейства» команд по построению фланцев в инструментальной панели

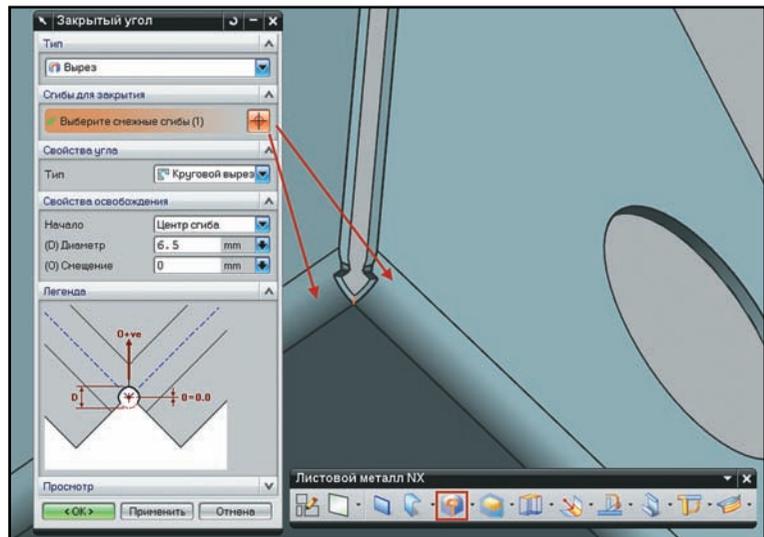


Рисунок 5.31. Модификация выреза на углах

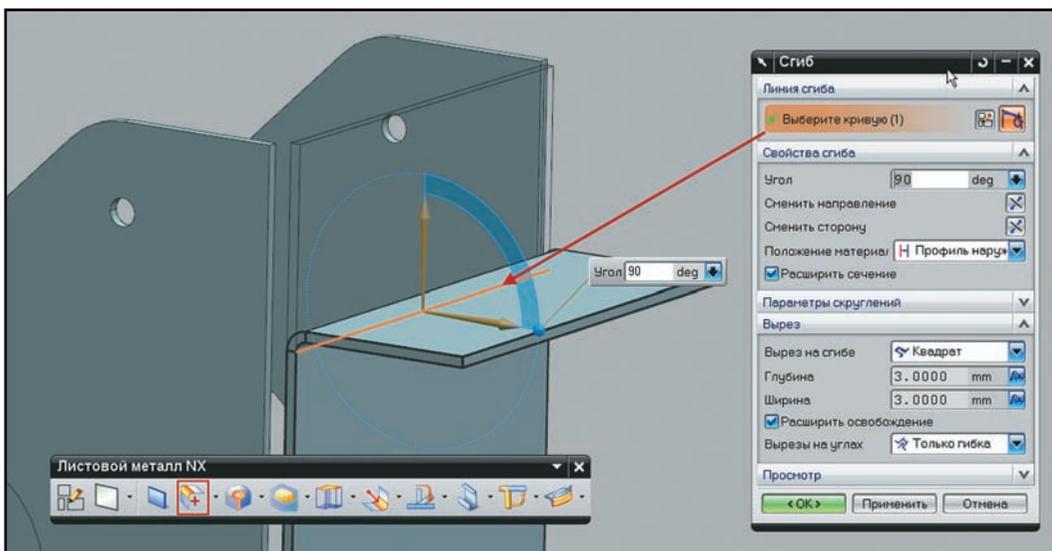


Рисунок 5.32. Создание сгиба

Листовой металл NX осталось две команды – **Сгиб (Bend)** и **Ступенька (Jog)**, которые по сути не строят сам конструктивный элемент, а видоизменяют существующий. Рассмотрим эти команды на примере.

- Зайдите в настройки слоёв **Формат > Настройки слоя** и сделайте слой номер 7 видимым и выбираемым. На нем расположена прямая, лежащая на задней стеке модели. Используем эту прямую для создания сгиба.
- Вызовите команду **Сгиб** из инструментальной панели и в качестве входных данных укажите прямую на задней стенке
- На вкладке **Свойства сгиба (Bend Properties)** задайте желаемые параметры и завершите построение нажатием кнопки **ОК** (рис. 5.32).

Обратите внимание, что построенный элемент и похож на то, что строит команда **Фланец (Flange)**, но на самом деле это модификация фланца, так как в случае со сгибом отсутствует возможность управлять длиной отогнутой части. Команда **Ступенька** по смыслу и задаваемым параметрам практически совпадает со **Сгибом**, разница есть только в конфигурации получаемого элемента построения.

АНАЛИЗ ФОРМУЕМОСТИ И СЛОЖНЫЕ РАЗВЕРТКИ

Создание деталей из листового металла сопряжено с большими пластическими деформациями, которые, в свою очередь, являются причиной ряда нежелательных явлений, искажающих геометрию детали. Так, например, при глубокой вытяжке металла происходит локальное утончение листа, а в некоторых случаях и возможно появление разрыва. Помимо этого, из-за возникающего эффекта пружинения конечная геометрия детали может существенно отличаться от расчетной. Для того чтобы максимально учесть эти негативные факторы, необходимо использовать средства анализа, позволяющие оценить поведение модели при её изготовлении. Одно из таких средств реализовано в виде инструмента **Анализ формуемости – одношаговый (Analyze Formability – One-step)**. Этот инструмент использует средства конечно-элементного анализа для создания разверток сложных моделей, которые не могут быть сделаны средствами модуля **Листовой металл NX**. Помимо получения развертки, результатами работы инструмента является анализ напряженного состояния детали, утончения стенок и пружинения, возникающих при изготовлении детали. Рассмотрим на примере детали работу команды **Анализ формуемости**.

- Из папки ch5 откройте в NX7.5 модель OneStep prt. Деталь представляет собой листовое тело, без истории построения, полученное глубокой вытяжкой.
- Для проведения анализа построим срединную поверхность между стенками модели. Это не является обязательным, но помогает повысить точность получаемого результата. Выберите пункт главного меню **Вставить > Поверхность > Срединная поверхность > Смещение (Insert > Surface > Midsurface > Offset)**.
- В появившемся диалоге в качестве первого шага укажите тело, которое необходимо обработать, а вторым шагом укажите плоскую грань модели. От этой грани будет откладываться

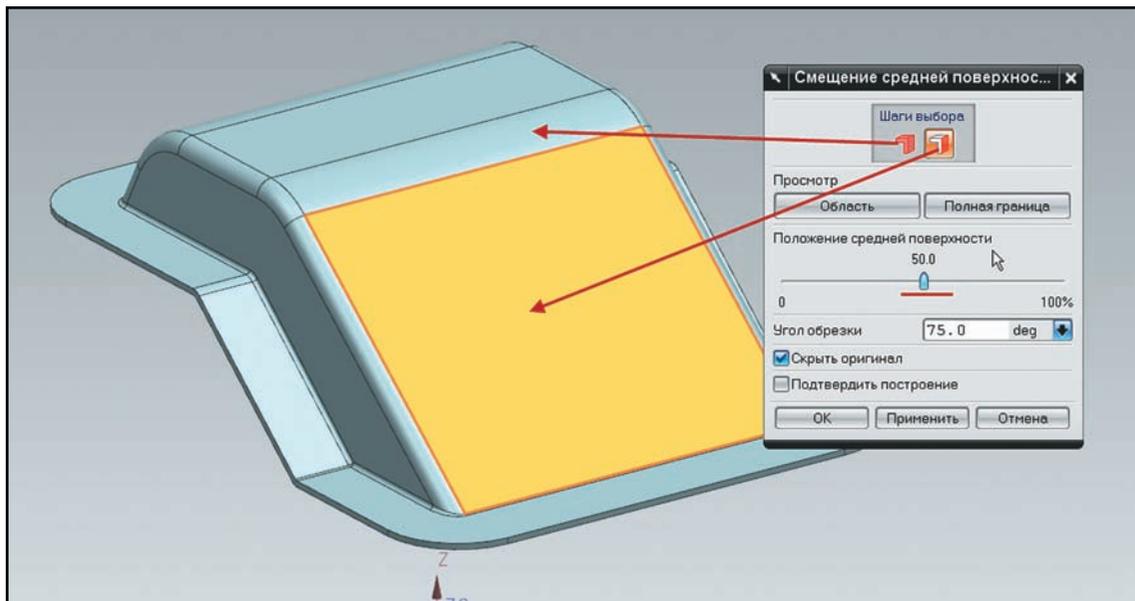


Рисунок 5.33. Создание срединной поверхности

ся срединная поверхность на расстоянии в процентах от толщины, задаваемых параметром **Положение срединной поверхности (Midsurface Position)**. Задайте этот параметр равным 50 и нажмите **ОК** в диалоге (рис. 5.33).

- Через пункт главного меню **Анализ > Анализ формруемости – одношаговый (Analysis > Analyze Formability-One)** вызовите диалог анализа.
- В выпадающем списке **Тип (Type)** выберите значение **Расширенная форма (Advanced Uniform)**.

Этот тип анализа самый полный из имеющихся в списке, оставшиеся два являются более

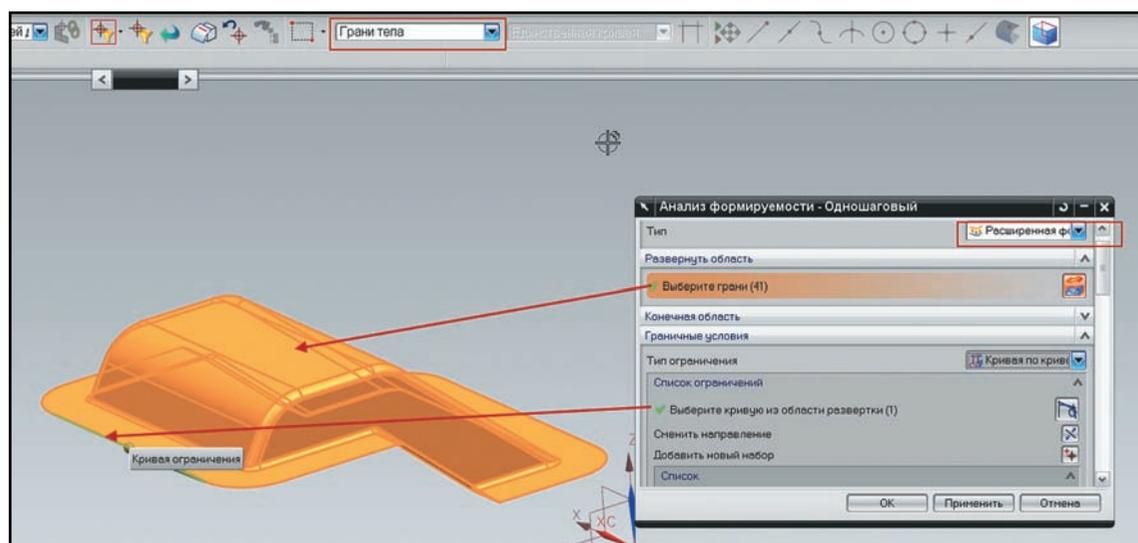


Рисунок 5.34. Выбор граней для анализа

упрощенными с точки зрения количества задаваемых данных и получаемого результата. При выполнении анализа **Полная форма (Entire Uniform)** производится расчет развертки всей модели, но не учитываются пружинение и ряд других факторов. **Промежуточная форма (Intermediate Uniform)** анализа служит для частичной развертки модели, когда необходимо отработать этапы формирования детали.

- В инструментальной панели выбора установите в выпадающем списке правил выбора значение **Грани тела (Body Faces)** и выберите одну из граней полученной срединной поверхности.
- В блоке диалога задания граничных условий (**Boundary Conditions**) выберите тип ограничения **Кривая по кривой (Curve along curves)** и укажите прямую кромку срединной поверхности. Эта кривая будет сохранять позицию при построении развернутой формы (рис. 5.34).
- Разверните блок диалога **Расширенные ограничения (Advanced Constraints)** и в выпадающем списке **Тип детали (Part Type)** установите значение **с переходом (With Addendum)** – это означает наличие переходной поверхности у штампуемой детали.
- Затем задайте прижимную поверхность. Для этого нажмите кнопку **Область прижима (Binder Region)**, выберите на инструментальной панели правило выбора **Одиночная грань (Single Face)** и последовательно выберите все поверхности по внешнему периметру модели.

Для окончательного задания условия прижима необходимо ввести величины давления и силы трения. Эти величины подбираются исходя их технологических соображений, и в данном примере оставим их значения по умолчанию.

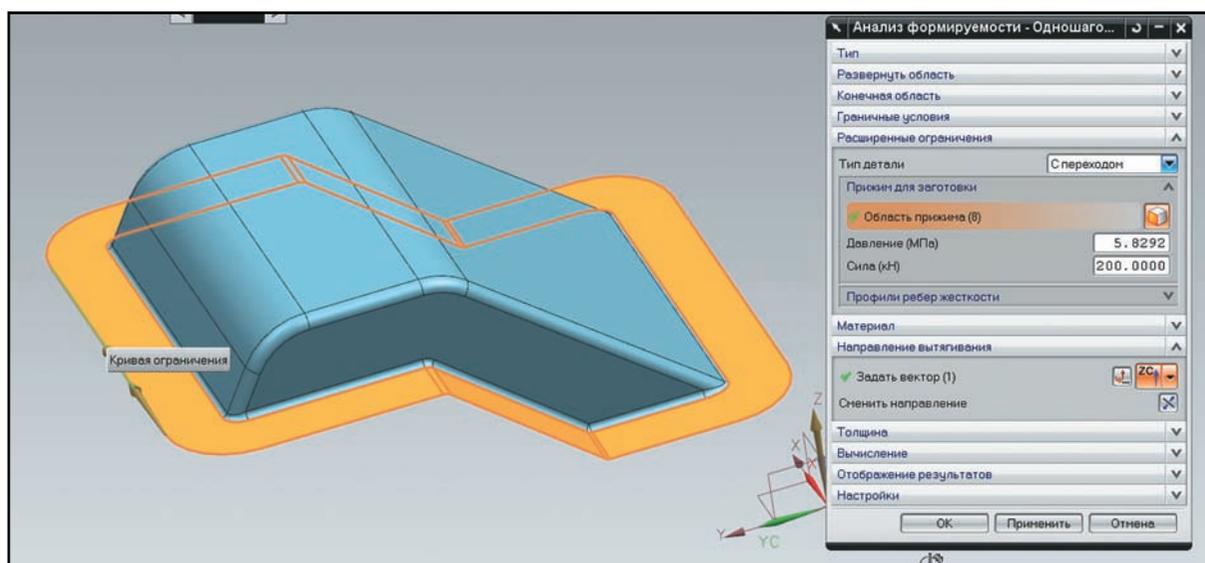


Рисунок 5.35. Задание зажима

- В блоке диалога **Направление вытягивания (Draw Direction)** укажите вектор вдоль оси Z – то есть в каком направлении штамп будет двигаться при получении детали из заготовки (рис. 5.35).
- В разделе **Толщина (Thickness)** введите значение толщины исходной детали, с которой делалась срединная поверхность.
- В разделе **Материалы** выберите какой-нибудь металл (эти материалы берутся из библиотеки материалов NX).

Для просмотра и изменения параметров материала можно воспользоваться блоком диалога **Настройки (Settings)**. Это позволяет модифицировать свойства конкретного материала локально, не редактируя библиотеку материалов.

- Разверните блок **Вычисления (Calculations)**. Здесь необходимо задать размер элемента сетки, на которую будет разбита исследуемая поверхность для проведения анализа.

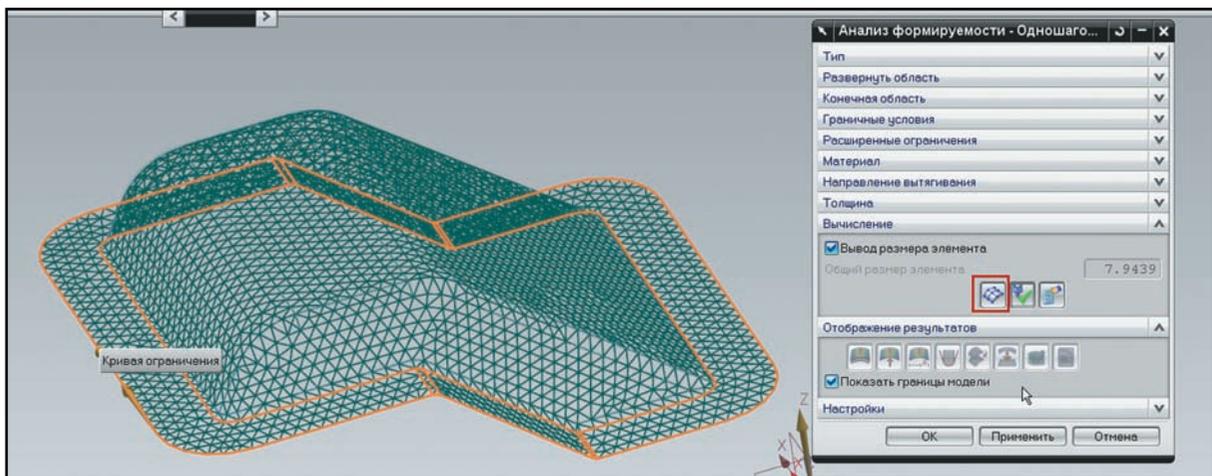


Рисунок 5.36. Разбиение сетки

В данном случае можно принять значение, предложенное системой, но при работе над реальными моделями надо подбирать это значение, исходя из критериев точности и времени расчета. Как и в любом другом конечно-элементном анализе, чем меньше размер элемента, тем точнее результат и тем дольше время расчета. С другой стороны, эта зависимость не линейная, поэтому надо задаваться какой-то разумной точностью, исходя из требований производства, и итеративно подбирать значение величины элемента.

- Нажмите кнопку **создания сетки (Mesh)** и после разбиения нажмите кнопку **Проверка качества сетки (Mesh Quality Check)**.

Если проверка прошла успешно, то можно приступать к расчету. Если при проверке были выявлены какие-то проблемы, то необходимо их устранить, иначе результаты расчета будут некорректными. Исправить проблемы генерации сетки можно, изменив размер элемента сет-

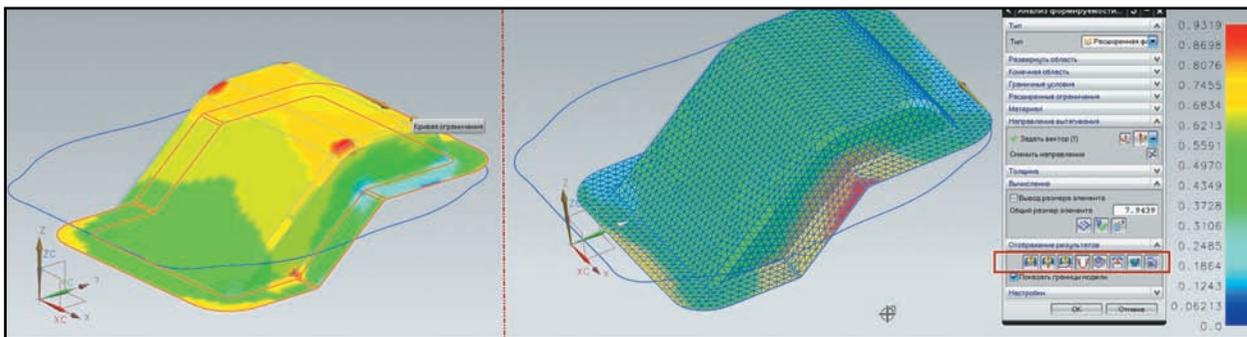


Рисунок 5.37. Результаты анализа

ки в меньшую сторону или редактированием геометрии, а именно проблемного места (рис. 5.36).

- Для начала расчета нажмите кнопку запуска решателя **Вычисление (Calculation)**. После окончания расчета будет нарисован контур развернутой детали и загружены данные о напряжениях, толщинах и пружинении.
- С помощью кнопок управления результатами в блоке **Отображение результатов (Results Display)** просмотрите полученный результат расчета (рис. 5.37).

Кнопки имеют следующее функциональное назначение:

Показать толщину (Display Thickness) – показывает утончение стенок детали при штамповке.

Показать напряжение (Display Stress) – отображает напряжение, которое должно действовать на заготовку для получения заданной формы.

Показать деформацию (Display Strain) – показывает относительную деформацию между исходным состоянием и конечным.

Показать пружинение (Display Springback) – отображает конечную форму модели с учетом эффекта пружинения.

Выходное фасетное тело пружинения (Output Springback Facet Body) – формирует фасетное тело, представляющее форму модели с пружинением, и сохраняет его в модели. Полученное тело даёт представление о том, какую форму примет деталь после снятия нагрузки. Это позволяет оценить, насколько надо скорректировать параметры модели, чтобы была получена желаемая форма с учетом эффекта пружинения.

Показать форму шаблона развертки (Display Flatten shape) – отображает конечно-элементное представление развертки.

Создать профиль (Create Profile) – создает в модели профиль (контур) развертки.

Отчет (Report) – формирует отчет о результатах анализа на базе шаблона.

Проведенный анализ добавляется в дерево построения модели, и при сохранении все параметры проведенного анализа будут также сохранены. Поэтому при каких-то изменениях исходной геометрии модели можно открыть этот объект анализа и пересчитать конечно-элементную сетку и результаты. Рассмотренный функционал расчета и анализа создания модели из листового металла позволяет учитывать в процессе проектирования технологические

и прочностные свойства материала, что дает возможность проектировать деталь, максимально приближенную к тому, что будет получено в металле.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОСТРОЕНИЯ

Помимо рассмотренных команд построения и изменения элементов моделей из листового металла, в модуле NX есть ряд команд из модуля твердотельного моделирования, которые «совместимы» с листовым металлом. Это команды, представленные на инструментальной панели **Элемент** в модуле **Листовой металл NX**. Рассмотрим некоторые из них на примере.

- Откройте модель `smd.9` из папки `ch5` и активируйте приложение **Листовой металл NX**.
- Создадим ряд отверстий на фланцах. Нажмите кнопку **Отверстие (Hole)** на инструментальной панели **Элемент (Feature)** и, включив режим привязки к центрам окружностей и дуг на

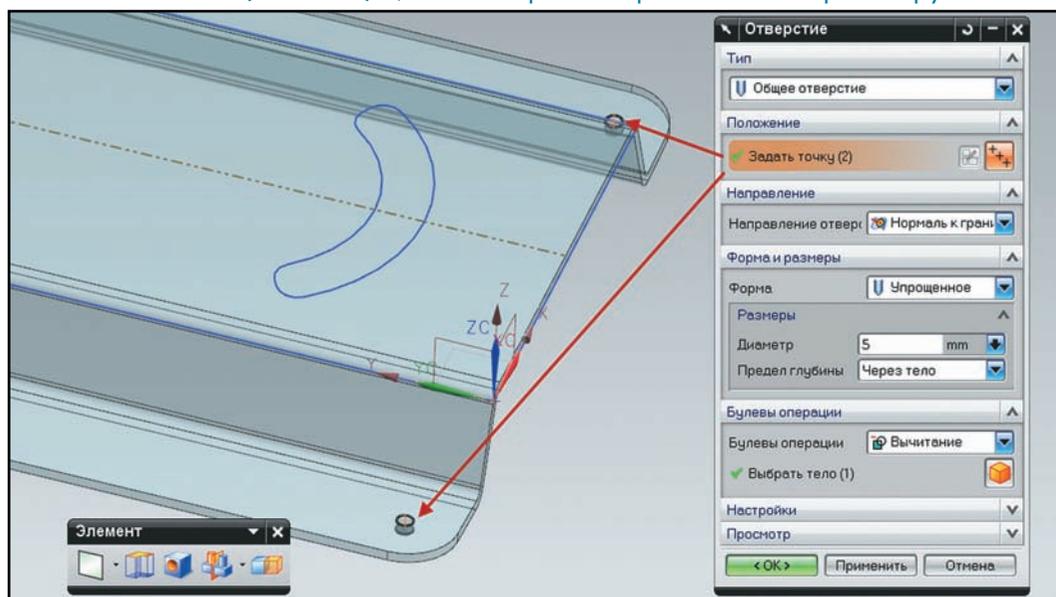


Рисунок 5.38. Создание отверстия

панели выбора, укажите две точки – центры скруглений углов фланцев (рис. 5.38).

- В выпадающем списке **Тип (Type)** выберите значение **Общее отверстие (General Hole)**, для опции **Направление отверстия (Hole Direction)** выберите значение **Нормаль к грани (Normal To Face)** и в разделе **Форма и размеры (Form and Dimensions)** установите **Диаметр (Diameter)** равным 5 мм. Остальные опции можно оставить по умолчанию. Завершите операцию, нажав кнопку **OK**.
- С помощью команды **Измерение расстояния (Measure Distance)** из инструментальной панели **Утилиты (Utilities)** или раздела главного меню **Анализ (Analysis)** создайте ассоциативное измерение между центрами скруглений фланцев. Для этого вызовите команду измерения, установите в выпадающем списке **Тип** значение **Расстояние (Distance)** и выберите в графической области центры двух ребер скругления, лежащих на одной грани.
- Включите опцию **Ассоциативно (Associative)** в разделе **Ассоциативное измерение и**

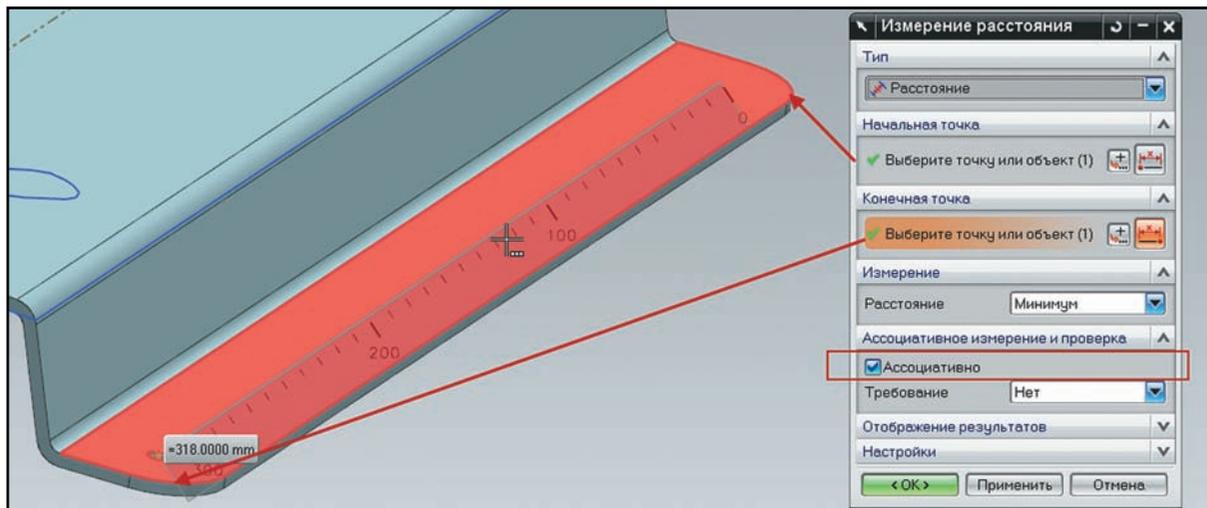


Рисунок 5.39. Измерение

проверка (Associative Measure and Checking) и нажмите **ОК** в диалоге команды. Измерение будет добавлено в дерево построения, и в выражение модели будет добавлен соответствующий параметр (рис. 5.39).

- Откройте диалог определения выражений с помощью пункта главного меню **Инструменты > Выражение (Tools > Expressions)**. В выпадающем списке **Список выражений (Listed Expressions)** выберите значение **Измерение (Measurements)** и посмотрите имя созданной переменной со значением измерения.
- В этом же диалоге создайте новую переменную, определяющую количество отверстий, с типом **Число (Number)** и подтипом **Постоянный (Constant)** со значением 8, после чего закройте диалог (рис. 5.40).
- На инструментальной панели **Элемент** нажмите кнопку вызова команды **Массив элементов (Instance Feature)**. В появившемся диалоговом окне выберите **Шаблон грани (Pattern Face)**.
- В следующем диалоге выберите в выпадающем списке тип **Прямоугольный шаблон (Rectangular Pattern)** и в графической области укажите на грань отверстия. Задайте направление **X вдоль фланца (X Direction)**, выбрав вектор X или соответствующее ребро.
- Далее в разделе **Свойства шаблона (Pattern Properties)** задайте расстояние по X между объектами массива равным переменной измерения, разделенной на (количество отверстий – 1), и количество отверстий по направлению X задайте равным созданной переменной.
- Количество элементов по оси Y сделайте равным 1. И нажмите **ОК** для завершения построения массива (рис. 5.41).
- Создайте вырез по контуру, расположенному на основании модели. Нажмите на инстру-

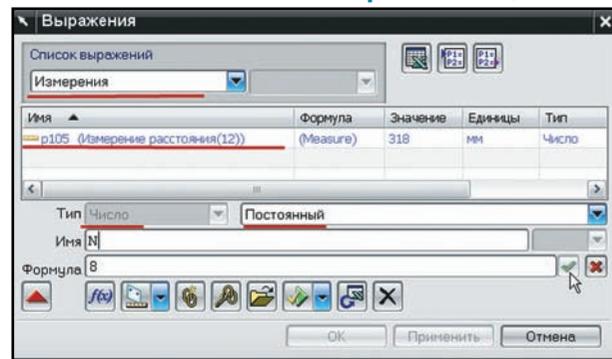


Рисунок 5.40. Выражения

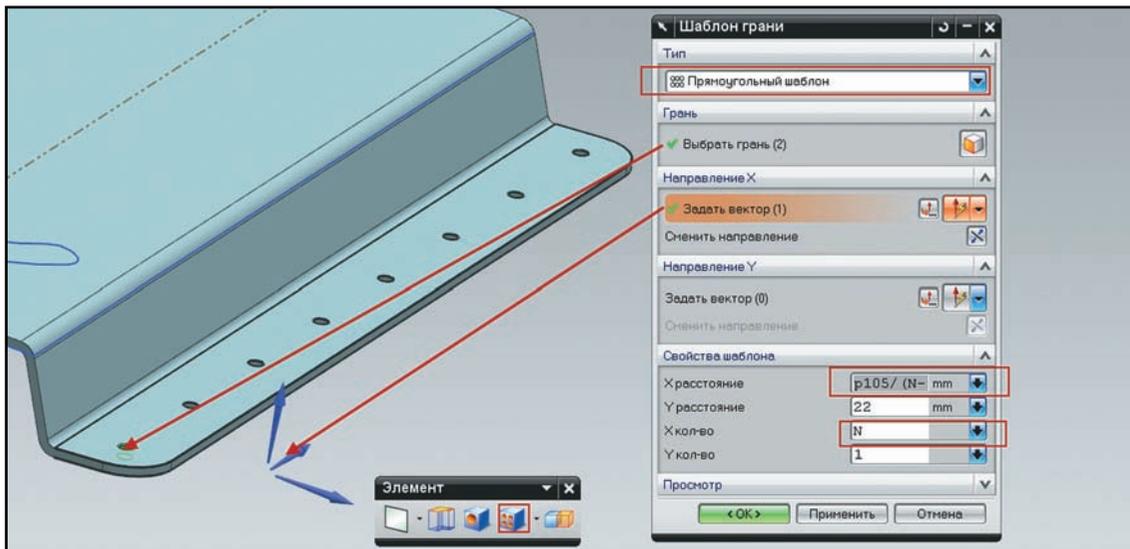


Рисунок 5.41. Массив объектов

ментальной панели **Листовой металл NX** кнопку вызова команды **Вырез по нормали (Normal Cutout)** и укажите в качестве входных данных контур, оставив остальные опции со значением по умолчанию, нажмите **OK**.

- Создадим зеркальную копию элемента выреза. Для этого необходимо создать плоскость отражения. На инструментальной панели **Элемент** нажмите кнопку создания координатной плоскости (**Datum Plane**) и в диалоге выберите тип **По кривой (On Curve)**.
- Укажите одно из продольных ребер основания и введите значение 50 для опции **% Длины дуги (%Arc Length)**, для того чтобы плоскость была расположена посередине. Убедитесь, что опция **Направление (Direction)** имеет значение **Нормально к пути (Normal To path)**, и нажмите **OK** в диалоге построения плоскости.
- На инструментальной панели нажмите кнопку **Отражение элемента (Mirror Feature)**. В появившемся диалоге укажите грани элемента выреза и вторым шагом укажите созданную плоскость для отражения. И нажмите **OK** для завершения построения.

Таким образом, мы создали несколько операций элементов построения, используя инструментальный модуль, применяя конструктивные элементы для листового металла в качестве исходных данных.

Глава 6

Синхронная технология

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Синхронная технология
- Перемещение и повороты граней
- Удаление и создание граней
- Команды задания отношений
- Управляющие размеры
- Редактирование сечений

СИНХРОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Синхронная технология (СТ) является развитием средств прямого моделирования геометрии, представленных в версиях NX5/NX6. Инструменты прямого моделирования дополнили стандартные средства моделирования возможностью работы с топологией модели напрямую, игнорируя историю построения. СТ расширило возможности прямого моделирования, добавив механизмы «умного» выбора и распознавания конструктивных элементов без истории построения, а также введя функционал геометрических связей между элементами модели.

При работе в NX можно использовать два режима создания моделей:

С историей построения – традиционный способ моделирования в большинстве систем САПР, основанный на упорядоченной последовательности конструктивных элементов, которые формируют геометрию модели. Любое изменение проходит от места его возникновения до конца истории построения. Этот режим используется в тех случаях, когда важно сохранять параметризацию и ассоциативные связи между моделями. Как правило, это характерно для этапа детальной проработки изделия.

Без истории построения – в этом случае история построения не создается и каждая новая команда моделирования оперирует геометрией напрямую. В силу отсутствия дерева построения нет никакой хронологической связи между конструктивными элементами, из которых состоит модель, поэтому любые модификации касаются напрямую определенного участка геометрии. Моделирование без истории чаще всего используется на этапах концептуальной отработки, когда обрабатываются различные варианты упрощенного геометрического представления модели.

Переключение между режимами происходит при помощи контекстного меню в **Навигаторе модели** (рис. 6.1) или при применении соответствующих кнопок на инструментальной панели **Синхронное моделирование (Synchronous Modeling)**. А сама возможность переключения в режим без истории определяется опцией в настройках по умолчанию **Разрешить изменения для режима моделирования «Без истории» (History-Free)** в разделе **Моделирование > Общий (Modeling > General)**.

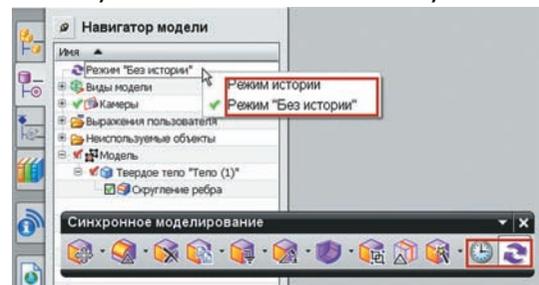


Рисунок 6.1. Режимы работы с историей

Переключение из режима с историей в режим без истории убирает зависимости элементов друг от друга. Дерево построения перестает существовать, но некоторые конструктивные элементы становятся локальными. Локальный элемент представляет собой конструктивный элемент без хронологических связей, изменяющий какую-то часть геометрии модели.

При переключении из режима без истории в режим с историей локальные элементы перестают существовать как управляемые объекты и результирующая геометрия модели переходит в виде одного или нескольких тел в начала истории построения модели.

Использовать инструменты СТ можно в обоих режимах, но некоторые из них работают только в режиме без истории. Также и стандартные средства моделирования работают в обоих режимах, но в режиме без истории большинство из них не отражаются в **Навигаторе**

модели, за исключением тех, которые создают локальные элементы.

Инструменты СТ имеют несколько областей применения:

Работа с импортированными данными. В этом случае традиционные инструменты моделирования предлагают весьма ограниченные возможности, так как они ориентированы на наличие дерева построения. Инструменты СТ дают возможность работать с моделями вне зависимости от того, в какой САД системе они были изначально сделаны. Это существенно повышает возможности использования старых наработок, если они были сделаны в другой САД системе, избавляя от необходимости перемоделирования.

Редактирование моделей с историей. Даже когда модель содержит историю построения, не всегда удаётся её быстро и легко редактировать. Во-первых, редактирование моделей с историей построения подразумевает прохождение обновлений по этой истории, что в случае со сложными моделями иногда занимает достаточно длительное время. Во-вторых, далеко не все модели имеют согласованную историю построения и могут перестраиваться при внесении изменений в любом месте истории. Чем сложнее модель, тем труднее заранее учесть все возможные изменения и правильно строить связи между конструктивными элементами. Синхронная технология помогает решить обе эти проблемы. Редактирование модели с помощью этих инструментов не влияет на историю построения до момента редактирования, поэтому вы можете изменять геометрию модели без пересчёта всей логики построения. При этом если активен режим построения с историей, все изменения, сделанные инструментами синхронной технологии, добавляются в дерево построения.

Также применение инструментов СТ на моделях с историей характерно для направлений САЕ и САМ. Для построения конечно-элементных сеток необходимо подготавливать геометрию модели, убирая лишние элементы и упрощая сложную геометрию. Использование истории построения модели для таких целей очень неэффективно, так как расчетчик не является автором модели, поэтому ему тяжело разобраться во взаимосвязях конструктивных элементов. Поэтому инструменты, работающие с геометрией напрямую, в этом случае дают очевидный выигрыш в трудоемкости при подготовке модели. То же самое можно сказать и про САМ с точки зрения создания оснастки по конструкторским моделям.

Моделирование деталей без истории построения. В ряде случаев бывает оправданным изначально моделировать деталь без истории построения. Это дает возможность проводить быстрые изменения геометрии модели и не зависеть от хронологически связанной структуры элементов построения.

В данной главе на примерах будут рассмотрены инструменты синхронной технологии и особенности их использования.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И ПОВОРОТЫ ГРАНЕЙ

К функционалу перемещения и поворота граней условно можно отнести три команды: **Переместить грань (Move Face)**, **Грань вытягивания (Pull Face)** и **Смещение области (Offset Region)**. Отличие в работе этих команд заключается в том, как они перестраивают геометрию, сопряженную с той, которой оперируют. Самая функциональная команда из этой

группы по типам модификации геометрии – команда **Переместить грань**. Она перемещает одну или несколько граней и соответствующим образом адаптирует все сопряженные грани, что отличает её от команды **Грань вытягивания**, которая модифицирует только те грани, с которыми работает, а исходные сопряженные оставляет нетронутыми. Рассмотрим на примере работу команды **Переместить грань**:

- Запустите NX7.5 и откройте файл `synch01.prt` из папки `ch6`.
- Включите отображение инструментальной панели **Синхронное моделирование (Synchronous Modeling)** нажав правую кнопку мыши на какой-либо инструментальной панели и выбрав в контекстном меню название нужной панели.
- Нажмите кнопку команды **Переместить грань** и выберите одну из внутренних граней отверстия.

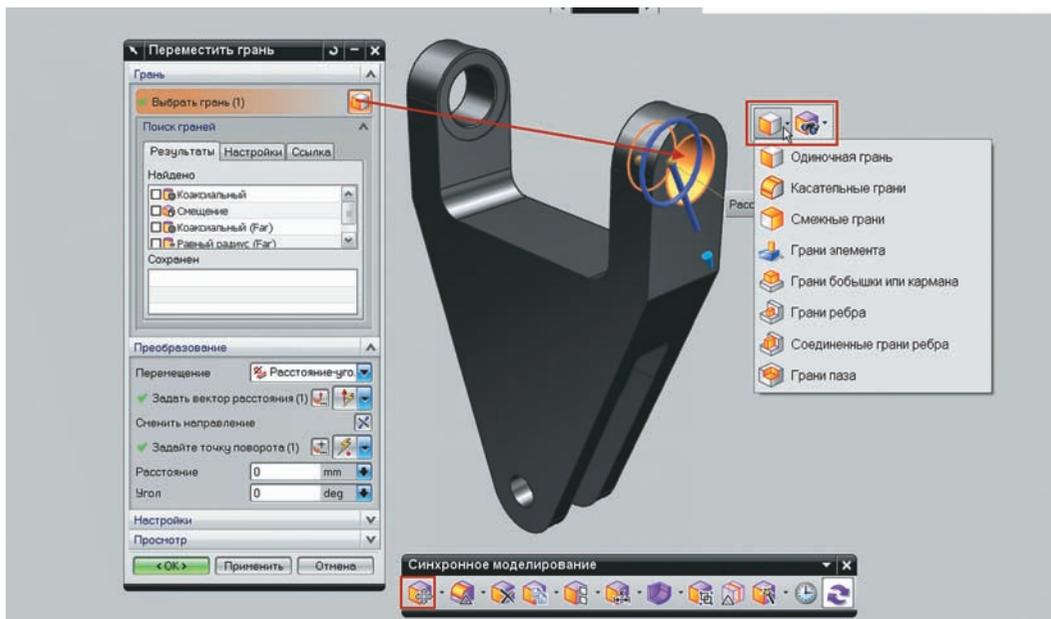


Рисунок 6.2. Команда **Переместить грань**

Обратите внимание, что в момент выбора грани возле курсора мыши загораются две кнопки с выпадающими списками (рис. 6.2). Первая кнопка – это контекстное представление выпадающего списка **Правило грани**, доступного на панели выбора. Этим правилом можно регулировать выбор смежных граней, что существенно упрощает выбор конструктивных элементов. Следует заметить, что эти правила работают вне зависимости от режима построения.

Следующая кнопка предлагает выбрать опции поиска граней. Поиск граней также отвечает за расширение текущего выбора на основе геометрических признаков. Это выпадающее меню дублируется в диалоге команды в разделе **Результаты (Results)**.

Рассмотрим подробнее механизм поиска граней, так как он един для всех инструментов

синхронной технологии. В момент выбора какой-либо грани, если функция поиска граней включена, система автоматически подбирает по геометрическим критериям другие грани в текущей модели. Всего существуют семь возможных групп, куда попадут найденные грани:

Коаксиальные (Coaxial) – все цилиндрические грани, у которых ось совпадает в пределах линейного допуска с осью выбранной цилиндрической грани.

Касательные (Tangent) – все грани, которые касательны последней выбранной грани.

Компланарные (Complanar) – все грани, лежащие в той же плоскости, что и выбранная последняя грань.

Компланарные оси (Complanar Axis) – все цилиндрические грани, у которых оси лежат в той же плоскости, что и ось последней выбранной цилиндрической грани.

Равные радиусы (Equal Radius) – все цилиндрические грани с радиусом, равным радиусу последней выбранной цилиндрической грани.

Симметричные (Symmetric) – все грани, симметричные относительно выбранной плоскости.

Смещение (Offset) – все грани, параллельные текущей, не являющиеся компланарными.

При этом система различает группы граней, близко расположенные к выбранной и удаленные, которые помечаются соответствующей меткой.

Если какие-то грани в модели удовлетворяют геометрическому признаку одной из групп, то она отображается в разделе **Результаты** диалога команды. При наведении курсора мыши на группу в списке система подсветит на модели все грани, которые попали в эту группу. Таким образом можно значительно сократить объем выбора граней, используя группы. Надо иметь в виду, что **Поиск граней** работает на основе последней выбранной, то есть если последовательно выбирать на модели грани, то группы при каждом новом выборе будут пересчитываться.

На вкладке **Настройки (Settings)** диалога команды есть ещё один список групп с дополнительным пунктом **Использовать поиск граней (Use Face Finder)**. Этот пункт включает механизм поиска граней, и при необходимости его можно здесь деактивировать. Это иногда необходимо при работе с большими сложными моделями, когда поиск и группировка граней занимают длительное время. Остальные пункты данного списка, соответствующие группам, управляют автоматическим выбором. По умолчанию все они выключены, поэтому при выборе какой-либо грани система только предлагает выбрать другие грани данной группы, отобразив её в списке **Результаты**. Если необходимо, чтобы система автоматически выбирала все грани из числа перечисленных выше групп, то необходимо их отметить в списке на вкладке **Настройки**.

- В разделе **Преобразование (Transform)** диалога команды выберите в выпадающем списке **Перемещение (Motion)** значение **Расстояние**

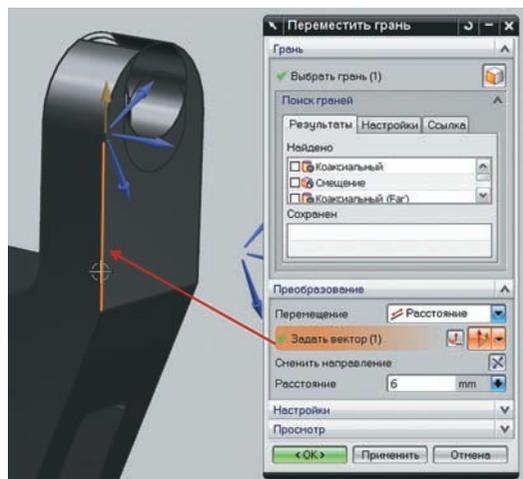


Рисунок 6.3. Перемещение граней

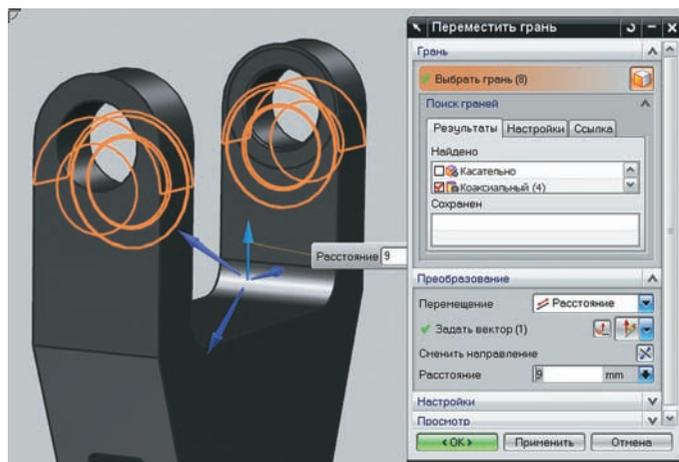


Рисунок 6.4. Использование **Поиска граней**

(Distance), а в выпадающем меню **Задать вектор (Distance Vector)** выберите значение **Контекстный вектор (Inferred Vector)** и укажите одну из вертикальных граней. Используя появившийся маркер-стрелку задания величины перемещения или текстовое поле **Расстояние (Distance)** передвиньте выбранную грань в любом из возможных направлений. Как видно, при выборе единичной грани соседние грани остаются на месте, и результат перемещения нарушает конструкцию детали (рис. 6.3).

Выберите в списке **Результаты** группы **Коаксиальный и Коаксиальный (Far)**. Система выберет грани соответствующей группы и переместит их на заданное расстояние. На этот раз результат перемещения будет соответствовать ожидаемому (рис. 6.4). Попробуйте выбирать в списке **Результаты** другие группы и посмотреть, как они влияют на выбор граней.

Рассмотрим образование группы, куда попадают грани, симметричные выбранной.

- С помощью пункта главного меню **Вставить > База/Точка > Координатная СК (Insert > Datum/Point > Datum CSYS)** создайте ещё одну локальную систему координат и расположите её начало в центре ребра, как показано на рис. 6.5, ось Z направьте вдоль ребра и ось Y – перпендикулярно ребру.
- Щелчком правой кнопки мыши на созданной системе координат откройте контекстное меню и выберите **Установить PCK по координатной СК (Set WCS to Datum CSYS)**. Этим мы установим рабочую систему координат по вновь созданной локальной системе.

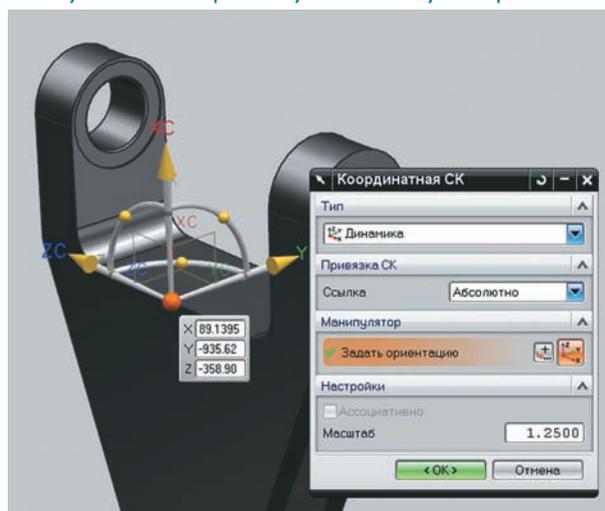


Рисунок 6.5. Задание системы координат

- Вызовите команду **Грань перемещения** и укажите боковую грань с отверстием. Обратите внимание, что в списке **Результаты** есть только группа **Смещение**, позволяющая выбрать ближайшую параллельную грань.
- В диалоге команды переключитесь на вкладку **Ссылка (Reference)**. В выпадающем списке выберите значение **PCK – рабочая деталь (WCS - Work Part)** и переключитесь обратно на вкладку **Результаты**. На этот раз в списке появилась группа **Симметрично**.
- Включите эту группу, и при выборе других граней эта группа будет заново пересчитываться

и предлагать выбрать соответствующие симметричные грани (рис. 6.6).

Группа симметричных граней стала доступна, так как была задана система координат, относительно плоскостей которых и производится поиск симметричных граней. Помимо рабочей системы координат, можно использовать и абсолютную, если модель соответствующим образом расположена. При работе в контексте сборки можно использовать рабочие и абсолютные системы координат рабочей или отображаемой детали. И если никакая из

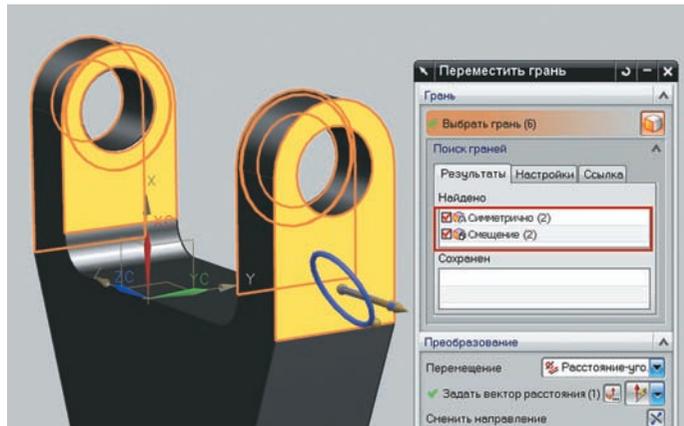


Рисунок 6.6. Поиск симметричных граней

всех существующих систем координат не подходит, выбрав в выпадающем списке значение **Новая СК (New CSYS)**, можно определить дополнительную систему координат из диалога команды.

Как уже стало понятно, выпадающий список **Перемещение** в диалоге команды определяет вид трансформации над выбранными гранями. Мы воспользовались самым простым – перемещением вдоль заданного вектора. Другие возможные трансформации из этого списка:

Угол (Angle) – перемещает выбранные грани вращением вокруг заданной оси.

Расстояние-угол (Distance-Angle) – комбинация трансформаций перемещения и угла поворота. Требуется задания вектора направления перемещения и оси вращения с точкой начала.

Расстояние между точками (Distance between Points) – перемещает выбранные грани вдоль заданного вектора на расстояние, равное расстоянию между проекциями двух выбранных точек на вектор.

От точки к точке (Point to Point) – данная трансформация аналогична предыдущей, но в этом случае вектор перемещения задается вектором, соединяющим точки.

Радиальное расстояние (Radial Distance) – смещает выбранные грани на заданное расстояние по радиальному направлению между центром и выбранной точкой.

Вращать по трем точкам (Rotate by Three Points) – вращает выбранные грани вокруг задаваемого вектора, определяющего направление оси и установленного в первую выбранной точкой, на угол, равный углу между первой точкой и двумя следующими выбранными.

Выровнять ось по вектору (Align Axis to Vector) – перемещает выбранные грани вокруг задаваемой точки относительно разницы их положения между исходным вектором и целевым.

СК в СК (CSYS to CSYS) – трансформирует выбранные грани из одной системы координат в другую.

Динамика (Dynamic) – позволяет перемещать выбранные грани динамически, используя маркеры перемещения и вращения символа системы координат. Этот режим перемещения доступен только в режиме без истории построения.

Дельта XYZ (Delta XYZ) – перемещает выбранные грани на заданные приращения от-

носителю исходного положения в направлении координатных осей выбранной системы координат.

При работе в контексте сборки команда перемещения граней позволяет модифицировать не только геометрию рабочей детали, но и других компонентов сборки. Это дает возможность изменять сопряженные грани соединяющихся элементов только одной операцией трансформации. Необходимым условием для работы в контексте сборки данной команды является режим моделирования без истории для модели сборки и всех её компонентов.

Откройте файл `synс_assy.prt` из папки `ch6`. Сборка состоит из двух компонентов, которые соединены сборочными связями.

- Двойным щелчком в **Навигаторе сборки** сделайте один из компонентов рабочей деталью и убедитесь в том, что активен режим моделирования без истории.
- Вызовите команду **Переместить грань** и выберите грань одного из отверстий, а затем, установив **Вся сборка** в выпадающем списке на панели выбора, выберите грань отверстия другой детали (рис. 6.7).
- Далее определите вектор направления по вертикали и задайте величину перемещения, после чего нажмите **Применить**.

Грани в обоих компонентах будут перемещены на одинаковое расстояние.

Теперь рассмотрим команду **Грань вытягивания**, которая является частным случаем команды **Переместить грань** для трансформаций перемещения и отличается от неё влиянием на смежные грани.

- Откройте файл `synсh02.prt` из папки `ch6`.

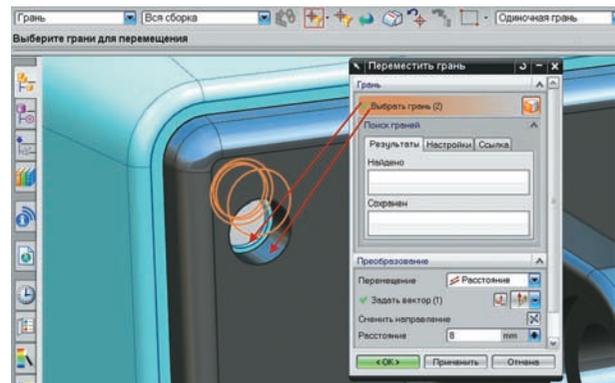


Рисунок 6.7. Перемещение граней в контексте сборки

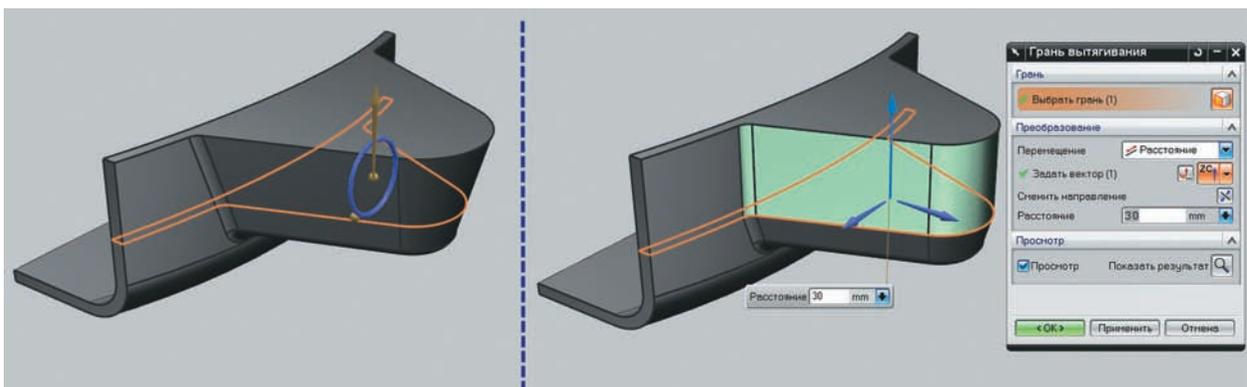


Рисунок 6.8. Разница между командами **Переместить грань** и **Грань вытягивания**

- С помощью команды **Переместить грань** вытяните верхнюю плоскую грань на некоторое расстояние и посмотрите на полученный результат. Помимо перемещения выбранной грани, команда продлила смежные существующие грани с сохранением касательности.
- Отмените модификацию, сделанную командой **Переместить грань**, удалив из дерева построения последний элемент, и вызовите команду **Грань вытягивания**. Укажите ту же самую грань и в выпадающем списке задания вектора перемещения выберите перемещение вдоль оси Z, задайте некоторое расстояние и нажмите **Применить**.
- На этот раз при перемещении грани были созданы новые смежные грани, но исходные остались нетронутыми (рис. 6.8).

Рисунок 6.9. Команда **Грань смещения**

Это основное различие в работе двух первых команд перемещения граней.

Последняя команда, реализующая функцию трансформации набора граней, которую необходимо рассмотреть, – команда **Смещение грани**. Эта команда является расширением команды **Переместить грань**, которая позволяет линейно перемещать несколько граней по направлению их нормалей на заданное расстояние.

- Откройте файл `synch03.prt` из папки `ch6` и на инструментальной панели **СТ** вызовите команду **Грань смещения**.
- Выделите последовательно боковые грани модели и задайте перемещение, после чего нажмите применить (рис. 6.9).

Каждая грань переместится параллельно самой себе, и при этом каждая из них будет адаптирована так, что не образуется разрыва. Данная команда также позволяет пользоваться поиском граней по геометрическому признаку и задавать справочную систему координат для определения плоскостей симметрии.

УДАЛЕНИЕ И СОЗДАНИЕ ГРАНЕЙ

Команда удаления граней является одной из основных при упрощении моделей и при исправлении дефектов конвертации данных из другой CAD системы. Она позволяет удалять единичные грани или группу, а также цилиндрические грани с заданным размером радиуса. Создание новых граней, то есть по сути создание новых элементов геометрии, производится стандартным функционалом моделирования, вне зависимости от режима работы с историей. Но, как уже упоминалось, некоторые элементы построения имеют

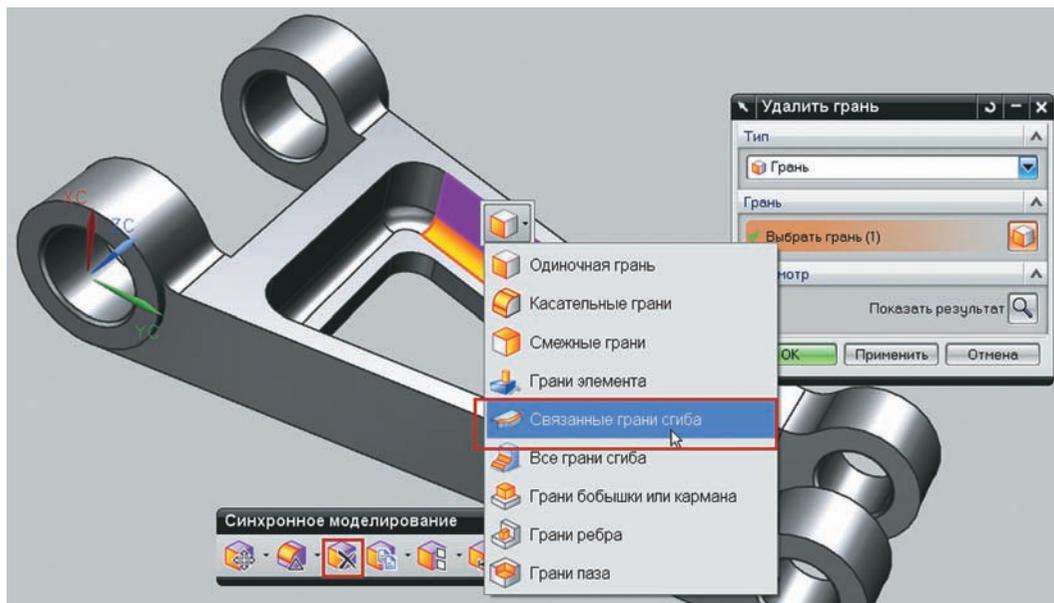


Рисунок 6.10. Удаление граней

свойства переходить между режимами работы с историей. Рассмотрим на примере команду удаления граней, а также создание конструктивных элементов с сохранением истории построения и без неё.

- Откройте файл `synch02.prt` из папки `ch6`. Это деталь без истории построения, где модель представлена одним телом.
- Вызовите из инструментальной панели **СТ** команду **Удалить грань (Delete Face)** и укажите одну из граней скругления внутри кармана, и открыв появившуюся кнопку задания правила выбора, укажите пункт **Связанные грани сгиба (Connected Blend Faces)** (рис. 6.10).

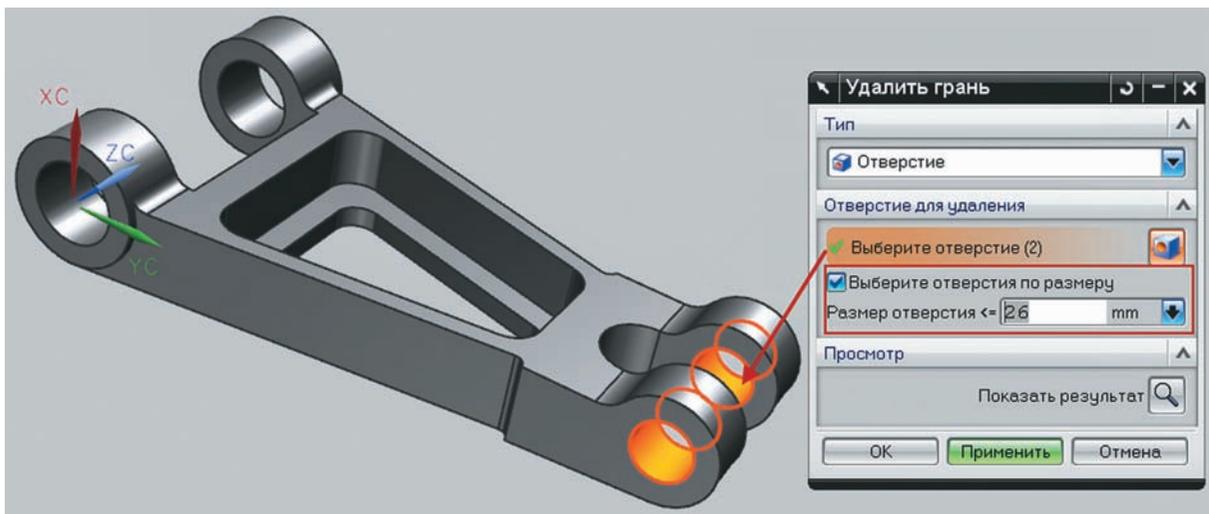


Рисунок 6.11. Удаление отверстий по размеру диаметра

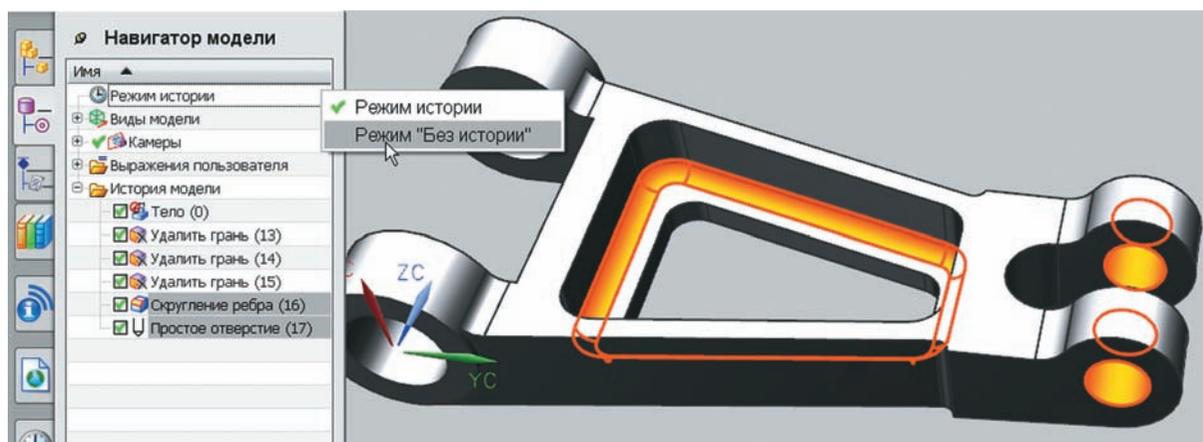


Рисунок 6.12. Добавление элементов в режиме с историей построения

- Будут выбраны все грани скругления по контуру, несмотря на то что конструктивный элемент, создавший это скругление, уже в истории построения явно не присутствует. Нажмите кнопку **Применить** для удаления выбранных граней.
- Выберите и удалите все грани, представляющие фаски на четырёх отверстиях. На этот раз подходящего правила выбора нет, поэтому грани необходимо выбрать вручную.
- В выпадающем списке **Тип (Type)** диалога команды удаления граней выберите значение **Отверстие (Hole)**. В этом режиме команда удаления будет действовать только на цилиндрические замкнутые грани. Вы можете вручную выбрать грани отверстий для удаления или отфильтровать по размеру. В первом случае достаточно выбрать рамкой всё тело, и будут выбраны только отверстия (рис. 6.11).
- Включите опцию **Выберите отверстия по размеру (Select Holes by Size)** и задайте размер отверстия меньшим или равным 26 мм. Затем рамкой выберите все тело модели или укажите одно из меньших отверстий. В результате будут выбраны те отверстия, которые удовлетворяют заданному условию. Нажмите кнопку **Применить** для завершения удаления и закройте диалог.

Если сейчас посмотреть в **Навигатор модели**, то там будут все операции удаления граней, которые были применены к модели. В режиме работы с историей все инструменты синхронной технологии записываются в историю построения.

- С помощью команд **Скругление ребра (Edge Blend)** и **Отверстие (Hole)** модуля **Моделирование** добавьте соответствующие конструктивные элементы, восстановив её исходное состояние (это также можно сделать деактивацией операций удаления граней, но в данном случае необходимо добавить стандартные команды моделирования в историю). А затем переключитесь в режим моделирования без истории построения (рис. 6.12).

Теперь в **Навигаторе модели** другая картина. Операции удаления грани исчезли, так как они имели временную зависимость, но операции создания скругления и отверстия остались.

Однако теперь они представляют собой локальные элементы, которые не имеют какой-либо хронологической зависимости, но тем не менее хранят свои параметры. Таким свойством обладают несколько команд **Моделирования**, которые могут конвертироваться из конструктивных элементов построения модели в локальные. Здесь важно понимать, что эти элементы независимы друг от друга, то есть режим моделирования без истории не исключает наличия самих элементов построения, но исключает временную ассоциативную зависимость между ними.

КОМАНДЫ ЗАДАНИЯ ОТНОШЕНИЙ

Помимо прямых методов трансформации геометрии, инструменты синхронной технологии позволяют модифицировать элементы моделей на основе геометрических условий и заданных размеров. Рассмотрим группу команд, отвечающих за задание относительных условий между гранями.

- Откройте файл `synch04.prt` из папки `ch6`.
- На инструментальной панели **СТ** разверните кнопку-список **Отношение (Relate)**. Здесь представлены следующие команды:

Сделать компланарным (Make Coplanar) – перемещает выбранную грань до уровня выбранной стационарной грани и делает её компланарной. При этом можно задать дополнительные грани, которые получат смещение на ту же величину, что и первая грань.

Сделать коаксиальным (Make Coaxial) – делает выбранную цилиндрическую грань соосной выбранной стационарной цилиндрической грани или какой-либо оси.

Сделать касательным (Make Tangent) – делает грань касательной к выбранной стационарной и опционально перемещает дополнительные грани.

Сделать симметричным (Make Symmetric) – задает симметрию между выбранной гранью и стационарной, используя плоскость симметрии.

Сделать параллельным (Make Parallel) – делает выбранную грань параллельной стационарной.

Сделать перпендикулярным (Make Perpendicular) – делает выбранную грань перпендикулярной стационарной.

Зафиксировать (Make Fixed) – фиксирует грань и блокирует её от всех возможных трансформаций.

Сделать смещение (Make Offset) – смещает выбранную грань на заданное расстояние от стационарной грани.

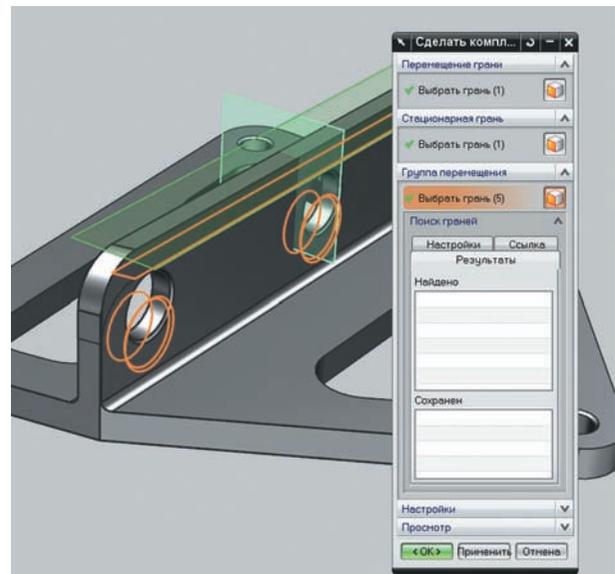


Рисунок 6.13. Условие компланарности

Показать грань отношения (Show Related Faces) – показывает грани с отношениями фиксации и размерными связями.

Все эти команды трансформации, кроме команды фиксации и просмотра отношений, помимо перемещения грани, могут перемещать дополнительную группу граней относительно их исходного положения, в направлении и на величину перемещения исходной грани.

- Вызовите команду **Сделать компланарным** и укажите верхнюю плоскую грань для перемещения, в качестве стационарной укажите горизонтальную плоскость. А в разделе **Группа перемещения (Motion Group)** выберите две цилиндрические грани отверстия и две грани, образующие фаски, и нажмите **Применить**. Исходная грань станет компланарной выбранной плоскости, а грани, заданные в **Группе перемещения**, сместятся на ту же величину расстояния, что и исходная грань (рис. 6.13).

- Вызовите команду **Сделать симметричным** и укажите отверстие в вертикальной стенке, которое ближе к середине. Укажите существующую плоскость для определения симметрии и укажите второе отверстие как стационарную грань, затем нажмите кнопку **Применить** (рис. 6.14).

Обратите внимание, что в **Группе перемещения** выбраны два объекта, хотя указывался только один. Система автоматически добавила грань фаски отверстия, чтобы не нарушить топологию модели перемещения одной цилиндрической грани.

Все остальные команды трансформации этой группы работают аналогичным образом и доступны в обоих режимах моделирования. Исключение из этой группы составляют команды фиксации и просмотра отношений граней, которые работают только в режиме без истории построения.

- Командой **Зафиксировать** пометьте одну из граней отверстия и затем попытайтесь к ней применить команду **Переместить грань**. Будет выдано сообщение о нарушении геометрических условий, и операция не будет применена.

Таким образом вы можете фиксировать отдельные элементы геометрии, чтобы они оставались независимыми от любых изменений смежных граней. Для определения, какие грани в модели зафиксированы, и для снятия этого ограничения воспользуйтесь командой **Показать грань отношения**.

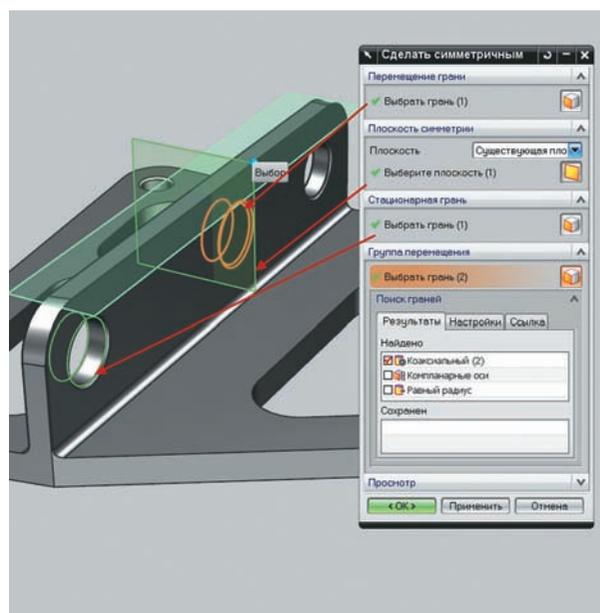


Рисунок 6.14. Условие симметричности

УПРАВЛЯЮЩИЕ РАЗМЕРЫ

Дополнительно к возможности задания геометрических условий вы можете задавать линейные, угловые и радиальные размеры с привязкой к набору граней, которые будут управляться этими размерами. Такого рода зависимости задаются соответственно командами **Линейный размер (Linear Dimension)**, **Угловой размер (Angular Dimension)** и **Радиальный размер (Radial Dimension)** на инструментальной панели СТ.

- Откройте файл `sync05.prt` из папки `ch6`.
- Вызовите команду **Линейный размер** и задайте размер ширины детали по верхней грани. При наведении курсора на края модели в местах скруглений будут подсвечены фиктивные линии пересечения смежных граней. Их можно использовать для привязки размера. Первый указанный объект определяет стационарную часть, а второй – ту часть, которая будет перемещаться (рис. 6.15).
- В разделе **Грань для перемещения** на вкладке **Результаты** выберите группу **Смещение** и расположите размер. После этого с помощью маркера перемещения или числового поля в диалоге произведите изменение размера. Обратите внимание, что этот размер был добавлен в историю построения и его можно редактировать.
- Ещё одним линейным размером задайте расстояние между центрами отверстий двух бобышек и в качестве **Граней перемещения** выберите всю вертикальную стенку с двумя бобышками (рис. 6.16). Альтернативой заданию расстояния перемещения может быть привязка размера к объекту. Для создания привязки необходимо нажать правую кнопку мыши на маркере перемещения размера.
- Вызовите команду **Угловой размер**. Задайте размер между верхней гранью и боковой наклонной. После расположения размера включите группу **Смещение**, чтобы выбрать обратную сторону стенки. Измените размер

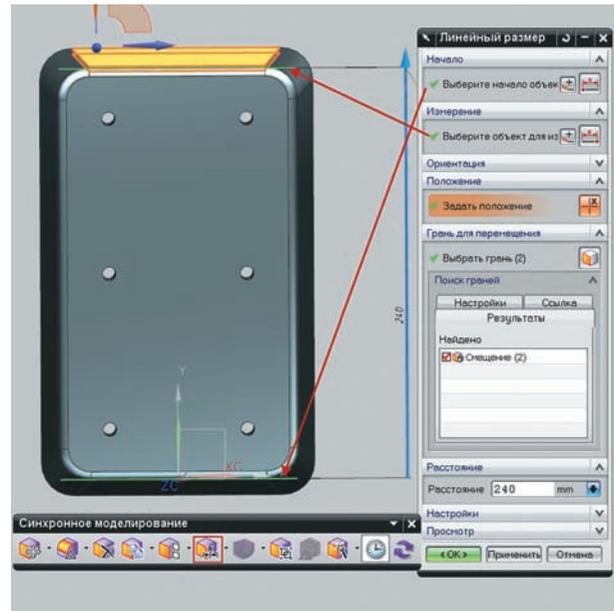


Рисунок 6.15. Линейный размер

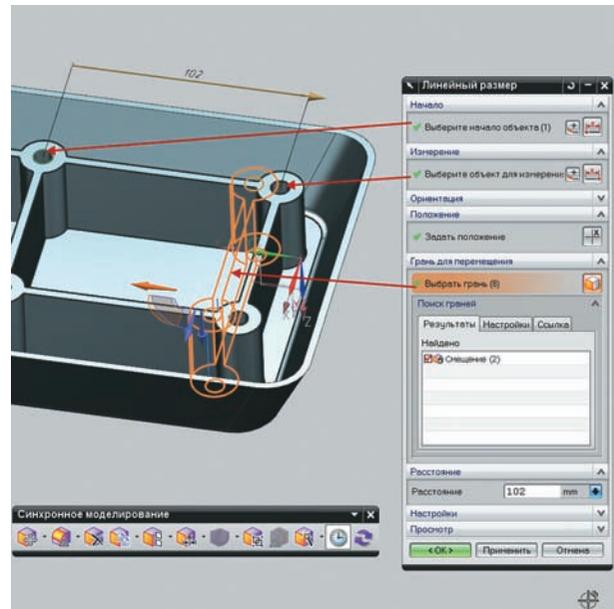


Рисунок 6.16. Линейный размер на группу

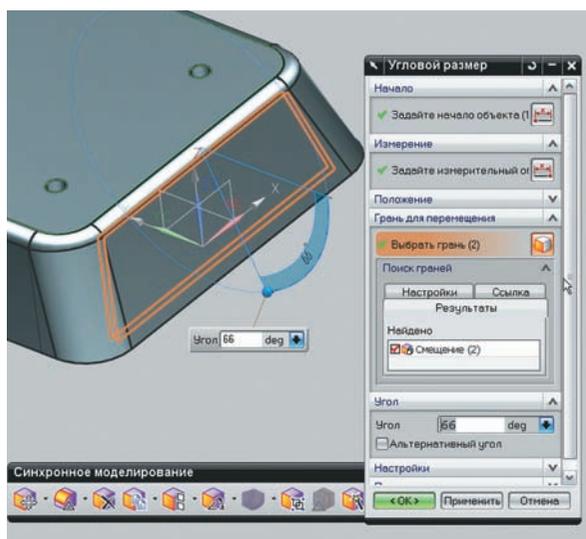


Рисунок 6.17. Угловой размер

и посмотрите, как модель перестроится (рис. 6.17).

Угловые размеры, как и линейные, также можно ставить на ребра, выбирая при этом набор граней для перемещения.

Таким же образом, как и предыдущие типы размеров, попробуйте проставить радиальные размеры на цилиндрические грани и изменять их.

Инструменты управляющих размеров можно использовать не только для прямого управления положением геометрических элементов или их формой. Размеры также можно использовать для накладывания геометрических условий на какую-либо грань тела, чтобы сохранить её форму и размеры при изменении сопряженных граней. Этот подход по смыслу совпадает с наложением размеров в эскизе. Рассмотрим работу линейного размера в режиме геометрического ограничения.

- Откройте файл `sync06.prt` из папки `ch6`.
- Запустите команду **Переместить грань** и выберите верхнюю грань одной из «лапок», включите в разделе **Поиск граней** опцию **Смещение**, чтобы выбрать противоположную грань «лапки».
- Начните перемещать выбранные грани вниз. Обратите внимание, что по мере смещения

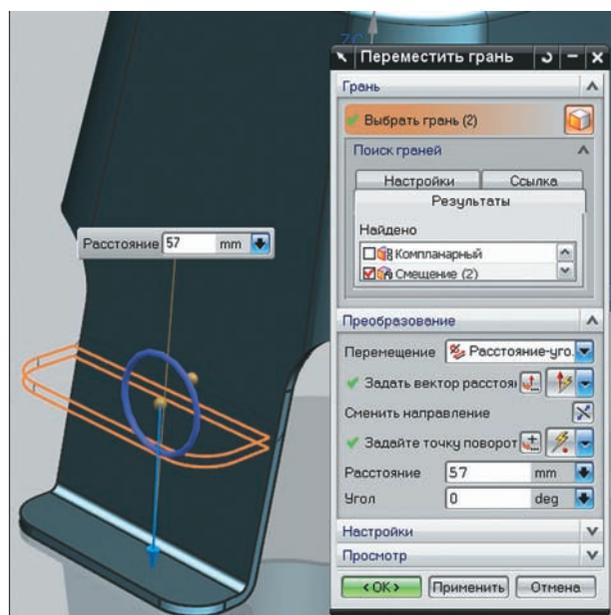


Рисунок 6.18. Вырождение граней

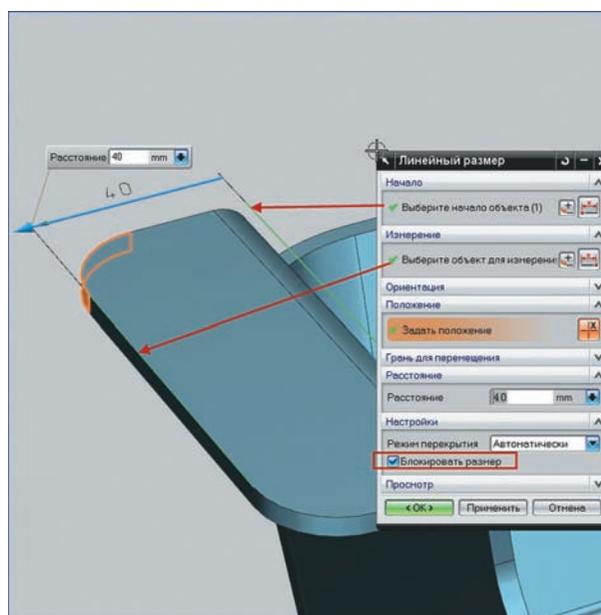


Рисунок 6.19. Фиксация размера

граней от их исходного состояния начинает меняться и высота граней, что не является желательным изменением. Отмените операцию перемещения и вызовите команду **Линейный размер** (рис. 6.18).

- Поставьте размер между фантомной линией пересечения плоскости грани и наклонной стенки (она появится, если навести курсор мыши в эту область) и крайним ребром грани. Получится управляющий размер, которым можно регулировать высоту «лапки». Не меняя значения размера, откройте раздел диалога **Настройки (Settings)** и включите опцию **Блокировать размер (Lock Dimension)**. Эта опция заставит размер сохранять начальное значение при любых изменениях геометрии модели (рис. 6.19).
- Нажмите **ОК** в диалоге создания размера и опять повторите операцию перемещения граней «лапки». На этот раз вне зависимости от перемещения высота будет сохраняться равной заданному размеру.

РЕДАКТИРОВАНИЕ СЕЧЕНИЙ

Ещё один способ редактирования тел без истории построения предлагает команда **Изменение сечения (Cross Section Edit)**. Она позволяет редактировать части тел, полученные вытягиванием или вращением какого-либо плоского профиля, путем редактирования динамического сечения, которое создается при редактировании.

- Откройте файл `sync07.prt` из папки `ch6`.
- С помощью команды главного меню **Вставить > База/Точка > Координатная плоскость (Insert > Datum/Point > Datum)** создайте плоскость, находящуюся строго между двумя боковыми торцами модели. Для этого в диалоге создания воспользуйтесь подтипом **Средняя линия (Bisector)** (рис. 6.20).
- Убедитесь, что модель находится в режиме построения без истории, и на инструментальной панели **СТ** вызовите команду **Изменение сечения**. Укажите созданную плоскость для создания динамического сечения и выберите одно из продольных ребер для указания

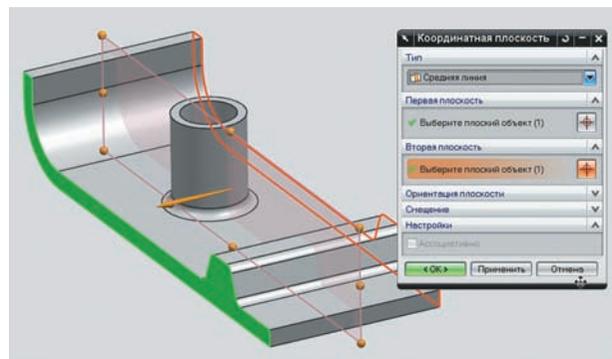


Рисунок 6.20. Создание плоскости

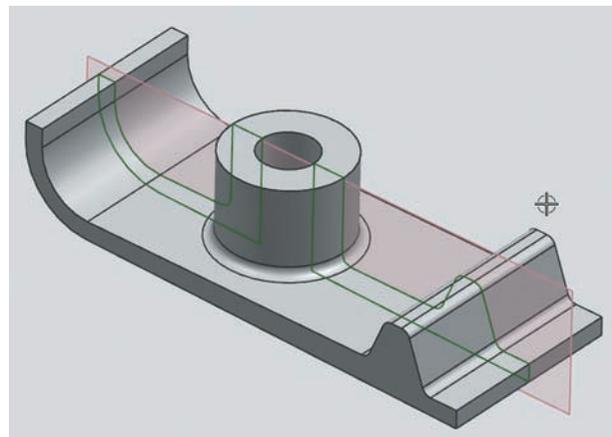


Рисунок 6.21. Редактирование сечения

направления оси X эскиза.

- Будет создано пересечение плоскости и граней, и полученный контур будет загружен в приложение редактирования эскиза. Передвигая составляющие эскиза, измените геометрию модели (рис. 6.21).

Модель будет перестраиваться каждый раз при изменении линий контура, и при выходе из среды эскиза контур будет удален. При редактировании эскиза вы можете использовать размеры и геометрические ограничения, но в некоторых случаях это может вызывать разрыв контура, что приведет к ошибке перестроения тела. Вы не можете удалять существующие кривые контура, а также при создании дополнительных кривых в пределах динамического сечения они не будут учитываться. При создании сечения система автоматически накладывает ряд геометрических ограничений, таких как параллельность и перпендикулярность на основе взаимного расположения исходных граней, которые можно удалять и добавлять.

Глава 7

Работа со сборками

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Общие концепции
- Загрузка и отображение сборок
- Создание сборок
- Расположения сборок
- Анализ зазоров
- Упрощение сборок

ОБЩИЕ КОНЦЕПЦИИ

Моделирование и анализ сборочных единиц является одной из важных составляющих процесса проектирования в системе САПР. На этом этапе все созданные разными участниками модели деталей собираются и увязываются в общий состав изделия. Для решения задач, связанных с созданием сборок и работой с ними, в NX предлагаются два модуля – **Сборки** и **Расширенные сборки**, объединенные под одним приложением.

Модуль **Сборки** содержит основной инструментарий по созданию сборок, позиционированию компонентов и наложению сборочных связей. А модуль **Расширенные сборки**, представленный в виде дополнительных инструментальных панелей, предлагает средства анализа массы, создания последовательностей сборки и разборки и многое другое. В этой главе обзорно будут рассмотрены процесс создания сборок и инструменты по работе с ними.

Сборка в NX представляет собой файл модели, содержащий ссылки на другие модели, которые являются компонентами сборки. В общем случае любая модель технически может выступать сборкой, и также любая модель сборки может хранить в себе не только ссылки на компоненты, но и свою собственную геометрию.

Каждый компонент, входящий в сборку, несет информацию не только о геометрии модели, на которую он ссылается, но и дополнительную информацию, такую как слой расположения компонента, цвет отображения, матрицу позиционирования данного экземпляра компонента и отображаемый ссылочный набор.

Ссылочным набором называется определенный набор геометрических объектов, которые применяются для представления компонента в сборке. Механизм ссылочных наборов используется для фильтрации содержимого модели в целях предоставления только тех геометрических элементов, которые необходимы для той или иной задачи. Это помогает снизить потребность в ресурсах памяти и видеокарты при работе со сборками, так как дает возможность не загружать все содержимое моделей, а только необходимую часть. В общем случае модель может содержать в себе несколько ссылочных наборов – как системных, так и пользовательских. Каждый компонент сборки также содержит ссылку на файл модели, поэтому изменения этой модели отражаются на всех вхождениях компонента сборки. При этом одинаковые компоненты могут иметь свои уникальные атрибуты, отличающие одно вхождение от другого.

Загрузка компонентов сборки – их состояния, используемые версии, а также как они отображаются на экране – определяется опциями загрузки, которые определяются во время открытия сборки или предопределяются для конкретной сборки в виде файла с опциями.

ЗАГРУЗКА И ОТОБРАЖЕНИЕ СБОРОК

Рассмотрим на примере механизм загрузки сборок и управление отображением компонентов.

- Запустите NX7.5 и выберите пункт главного меню **Файл > Открыть (File > Open)**. В папке с примерами перейдите в директорию `ch7/impeller` и выберите файл `impeller_asm.prt`, после чего нажмите кнопку **Опции (Options)** в диалоге выбора файла.

Откроется диалоговое окно задания опций загрузки сборки (рис. 7.1). Первый раздел диалога **Версии детали (Part Versions)** определяет место, откуда будут загружаться компоненты сборок. Возможны три значения:

Как сохранено (As Saved) – компоненты будут искааться в тех местах, где они были при последнем сохранении файла сборки.

Из каталога (From Folder) – компоненты будут браться из каталога, где находится файл сборки.

Из каталогов поиска (From Search Folders) – поиск входящих компонентов будет вестись по заданным каталогам поиска.

Опция Загрузка (Load) в следующем разделе определяет, как будет грузиться сборка, и имеет следующие значения:

Все компоненты (All Components) – будут загружены все компоненты, входящие в сборку, за исключением тех, которые представлены пустым ссылочным набором.

Только структура (Structure Only) – загружается только структура всех уровней сборки без загрузки компонентов. Используется для выборочной ручной загрузки какого-то набора компонентов.

Как сохранено (As Saved) – сборка открывается с тем же состоянием входящих компонентов, которое было на момент сохранения.

Пересчитать последнюю группу компонент (Re-evaluate Last Component Group) – открывает сборку, загружая ту группу компонент, которая использовалась на момент сохранения.

Выбрать группу компонент (Specify Component Group) – позволяет выбрать группу компонент, которую необходимо загрузить.

При загрузке каждого файла компонента NX считывает не весь файл, а только необходимую часть, исходя из текущих настроек. Это регулируется опциями **Использовать частичную загрузку (Use Partial Loading)** и **Загрузка данных о связях между деталями (Load Interpart Data)**. Первая опция включена по умолчанию и определяет, что загружаться будет минимально необходимый объем данных. Вторая опция, будучи включенной, отменяет действие первой для компонентов, в которых есть межмодельные связи. Как уже говорилось в предыдущих главах, для отслеживания состояния и управления изменениями связей между моделями необходимо загружать компонент полностью.

Следующий набор опций расположен в разделе **Режим загрузки (Load Behavior)**:

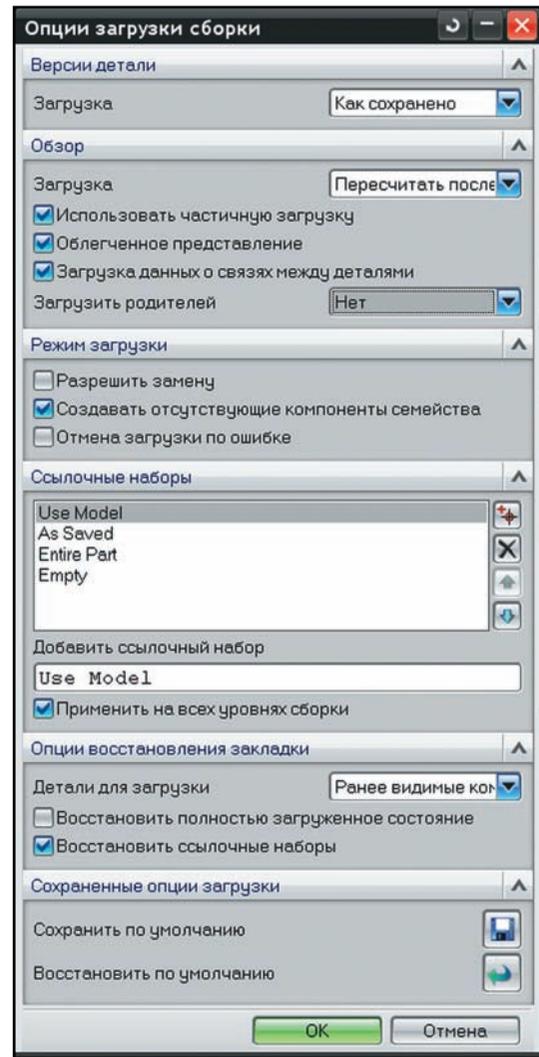


Рисунок 7.1. Опции загрузки сборок

Разрешить замену (Allow Replacement) – включение этой опции будет заставлять сборку загружать первый найденный компонент с правильным именем, даже если он не соответствует исходному компоненту.

Создавать отсутствующие компоненты семейства (Generate Missing Part Family Members) – разрешает создавать члены семейства деталей, если они не были найдены в каталогах загрузки при наличии родительской детали.

Отмена загрузки по ошибке (Cancel Load on Failure) – включает остановку процесса загрузки сборки при ошибке загрузки какого-либо компонента.

Список **Ссылочные наборы (Reference Sets)** определяет приоритет загрузки ссылочных наборов компонентов. Система ищет первый ссылочный набор в списке в компоненте, и если находит, то загружает его, если нет, то ведется поиск следующего, и так далее. Если в компонентах существует пользовательский ссылочный набор, то его тоже можно добавить в список, воспользовавшись текстовым полем **Добавить ссылочный набор (Add Reference Set)**.

Любая создаваемая модель в NX имеет два предопределенных ссылочных набора – **Пустой** и **Вся деталь**. Пустой ссылочный набор не содержит никакой геометрии и представляет собой только вхождение компонента в структуре сборки. Ссылочный набор **Вся деталь**, наоборот, содержит все объекты, созданные в данной модели. Вдобавок к этим ссылочным наборам в настройках по умолчанию задается создание ссылочного набора **MODEL**, куда автоматически добавляются все твердотельные и листовые тела, создаваемые в процессе моделирования. Как правило, именно этот ссылочный набор является основным при работе со сборками, так как он содержит геометрическое представление готовой модели. Данный набор относится к категории наборов, поддерживаемых системой, то есть NX в зависимости от настройки сам управляет содержимым этого набора, что не исключает его редактирование пользователем.

До версии NX7.5 ещё одним автоматически создаваемым ссылочным набором было легковесное представление твердых тел модели, которое сохранялось в ссылочном наборе **FACET**. Это позволяло загружать в сборках не точную геометрию деталей, а облегченное представление в формате JT, что давало существенный выигрыш в потребляемой памяти. При этом большая часть инструментария по работе со сборками могла работать именно с таким представлением модели, а когда была необходима точная геометрия, то пользователь переключал отображаемый ссылочный набор.

В версии NX7.5 был представлен новый механизм работы с легковесным представлением. Теперь при сохранении модели система автоматически проверяет все системные и пользовательские ссылочные наборы и при наличии в них твердых или листовых тел создает облегченное представление для каждого ссылочного набора. И это представление не отображается явно среди ссылочных наборов, а вместо этого была добавлена возможность переключения режима отображения текущего ссылочного набора между точным и облегченным. При открытии файлов старых версий NX7.5 удаляет ссылочный набор **FACET** и генерирует неявное облегченное представление для модели.

Также изменился механизм работы с облегченным представлением. Раньше пользователю приходилось переключаться между фасетным и точным представлениями геометрии, так как

не все команды работают с фасетным представлением. В текущей версии при использовании легковесного представления компонентов система сама определяет в зависимости от используемой команды, надо ли загружать точное представление. Если это необходимо, то производится загрузка точной геометрии, выполняется операция и затем обратно загружается легковесное представление.

Раздел **Опции восстановления закладок (Bookmark Restore Option)** отвечает за параметры загрузки сборок, если пользователь использовал закладки. Закладка позволяет сохранить заданное состояние компонентов сборки и открыть в следующий раз сборку в этом состоянии. Это особенно удобно при работе с большими сборками, когда требуется некоторое время для настройки рабочей зоны. Опция **Детали для загрузки (Parts To Load)** выбирает, какие компоненты будут загружены, а опции **Восстановить полностью загруженное состояние (Restore Fully Loaded State)** и **Восстановить ссылочные наборы (Restore Reference Sets)** определяют, будут ли загружаться компоненты соответственно в том состоянии и с тем ссылочным набором, которые были актуальны в момент создания закладки.

Текущие выставленные опции загрузки можно сделать опциями по умолчанию, или можно восстановить предыдущие опции, заданные как значения по умолчанию, при помощи соответствующих кнопок в разделе **Сохраненные опции загрузки (Saved Load Options)**.

- В диалоге задания опций разверните раздел **Ссылочные наборы**. Здесь, помимо стандартных наборов **Пустой (Empty)** и **Вся деталь (Entire Part)**, присутствуют **Использовать Model (Use Model)** и **Как сохранено (As Saved)**. Последняя опция загрузит те ссылочные наборы компонентов, которые были активны в момент сохранения сборки. А значение **Использовать Model** означает, что система будет искать ссылочный набор **MODEL**, который упоминался ранее, или его аналог.

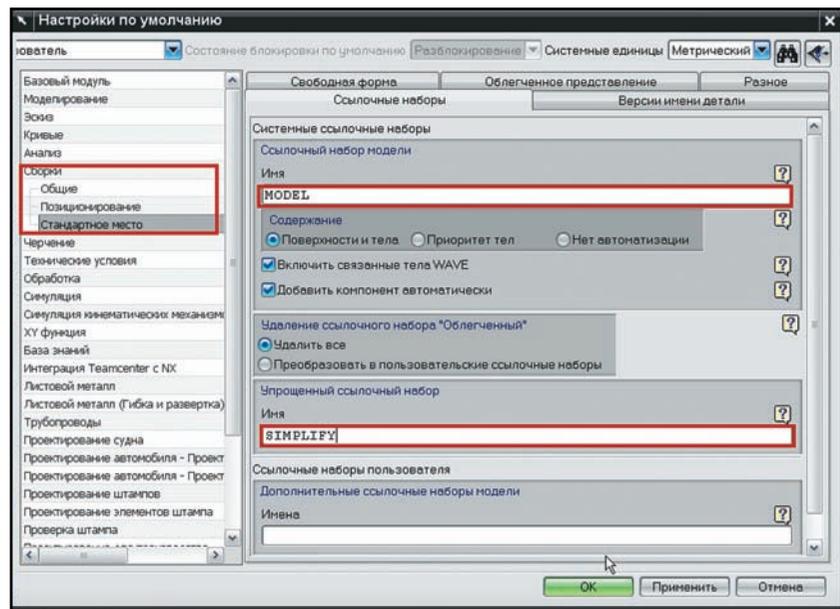


Рисунок 7.2. Настройки ссылочных наборов

Дело в том, что имя этого ссылочного набора является настраиваемым, поэтому однозначно задать в этом списке имя не всегда возможно. Вы можете переопределить имя ссылочного набора, открыв **Настройки по умолчанию** и зайдя в раздел **Сборки > Стандартное место > Ссылочные наборы (Assemblies > Site Standards > Reference Sets)** (рис. 7.2). Здесь

же вы можете определить, какие объекты попадают в данный ссылочный набор, выбрав соответствующую опцию в разделе **Содержание (Contents)**. Ещё один набор из категории поддерживаемых системой может быть активирован путем задания какого-нибудь имени в поле **Упрощенный ссылочный набор (Simplified Reference Set)**. В него будет помещаться геометрия, созданная командой **Обертка сборки** для упрощенного представления подсборок. Также здесь в поле **Дополнительные ссылочные наборы модели (Additional Model Reference Sets)** можно через пробел ввести имена наборов, которые будут создаваться для моделей. Эти наборы будут уже поддерживаемыми пользователем.

- Сделайте значение **Использовать MODEL (Use Model)** первым в списке загружаемых наборов, включите опцию **Облегченное представление** и закройте диалог опций загрузки, а затем нажмите **ОК** в диалоге выбора файла. Будет загружена сборка со всеми входящими в неё компонентами. Структура сборки и атрибуты компонентов отобра-

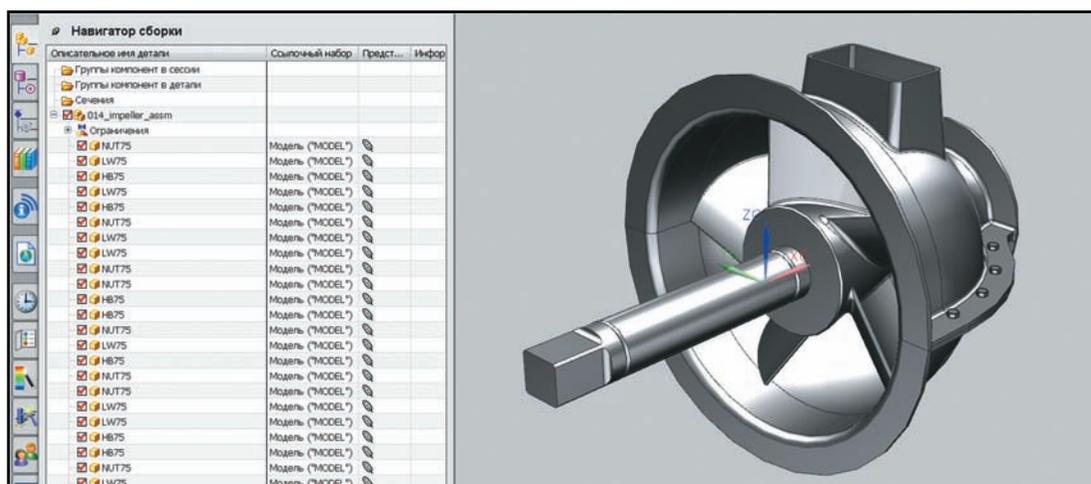


Рисунок 7.3. Отображение сборки

жаются в **Навигаторе сборки** (рис. 7.3).

- Нажмите правую кнопку мыши на пустом месте **Навигатора сборки** и в контекстном меню выберите пункт **Столбцы > Конфигурация (Columns > Configure)**. В этом диалоге задаются отображаемые параметры компонентов и их порядок. Выберите параметры **Представление (Representation)**, **Ссылочный набор (Reference Set)** и **Положение (Position)** и с помощью стрелок сдвиньте их наверх, чтобы соответствующие столбцы сместились влево.
- В данном диалоге также можно вывести пользовательский атрибут, присвоенный компонентам, задав его имя в поле **Атрибут** и нажав кнопку **Создать**. Тогда в появившемся столбце будут отображаться значения атрибута с таким именем для каждого компонента. Нажмите кнопку **Применить** и закройте диалог.

Обратите внимание, что, как и было указано в опциях загрузки, для всех компонентов был загружен ссылочный набор **MODEL** или его эквивалент, так как не во всех моделях этот на-

бор имел данное имя. Так же как и было указано, было загружено легковесное представление компонентов, о чем говорит пиктограмма в виде пера в колонке **Представление**. Колонка **Положение** показывает статус позиционирования компонента, который зависит от наложенных сборочных связей, ограничивающих степени свободы компонента.

Переключение между представлениями и ссылочными наборами производится через контекстное меню компонента в **Навигаторе сборки** или в графической области. В последнем случае для получения контекстного меню компонента необходимо выбрать значения фильтра выбора «Компонент», иначе будет выбираться геометрия компонента.

- Выделите один из компонентов в **Навигаторе сборки** и нажмите правую кнопку мыши. В разделе **Ссылочный набор** переключите текущий ссылочный набор на **Пустой**, а потом на **Вся деталь**. Обратите внимание, как изменяется представление компонента в графической области. Так же выбирая пункты контекстного меню **Показать точное представление (Show Exact)** и **Показать облегченное представление (Show Lightweight)**, поменяйте состояние загрузки для компонентов (рис. 7.4).

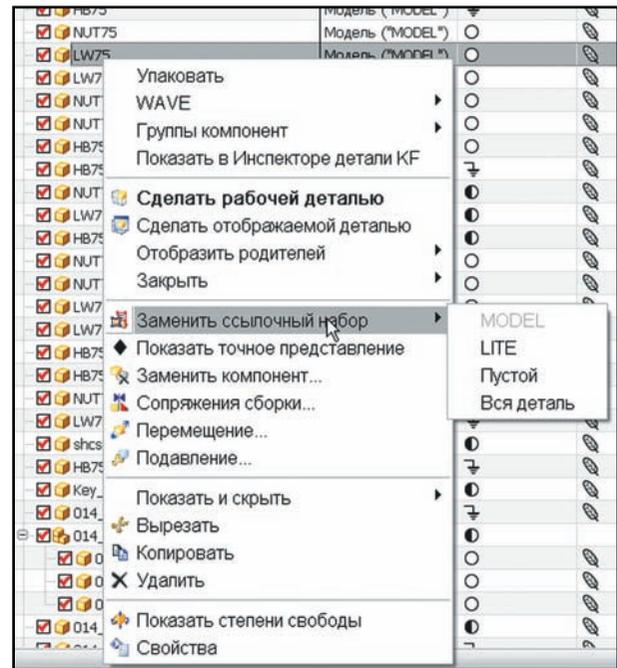


Рисунок 7.4. Смена ссылочных наборов

Рассмотрим подробнее задание ссылочных наборов.

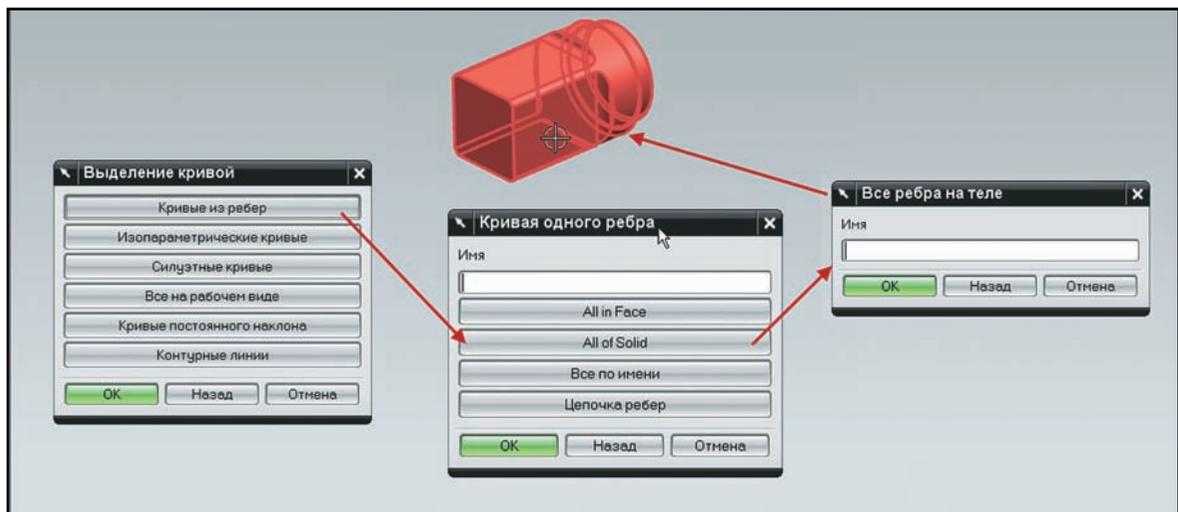


Рисунок 7.5. Выделение геометрии

- Выберите компонент 014_shaft_load и, открыв контекстное меню, выберите пункт **Сделать отображаемой деталью (Make Displayed Part)**. Деталь откроется отдельно от всей сборки в новом окне.
- С помощью команды главного меню **Вставить > Кривые из тел > Выделение (Insert > Curve From Bodies > Extract)** вызовите диалог команды выделения кривых из тел. В диалоге нажмите кнопку **Кривые из ребер (Edge Curves)** и в следующем диалоге нажмите кнопку **Все в теле (All of Solids)**. После этого укажите твердое тело и нажмите **OK** два раза и закройте диалог (рис. 7.5).

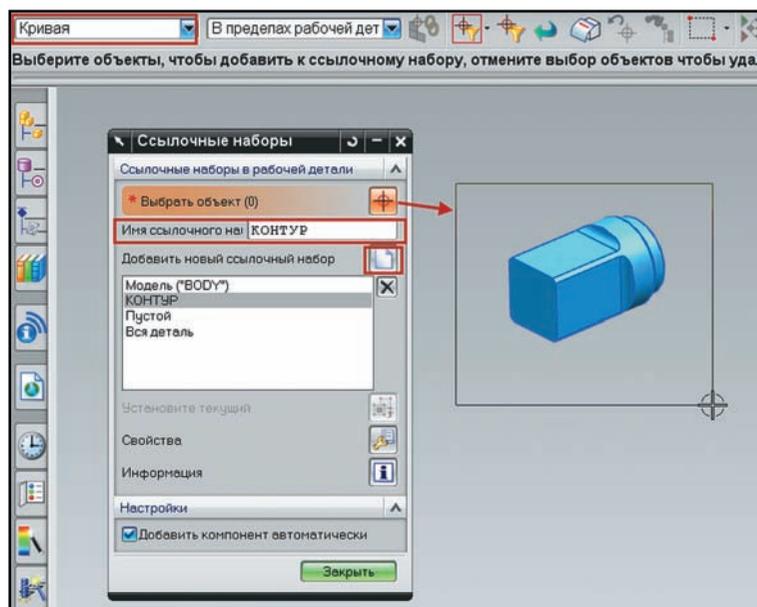


Рисунок 7.6. Создание ссылочного набора

- Откройте диалог задания ссылочных наборов, выбрав пункт главного меню **Формат > Ссылочные наборы (Format > Reference Set)**. В модели определены три ссылочных набора. Добавим ещё один, который будет содержать только контур модели.
- В поле **Имя ссылочного набора** введите КОНТУР (или любое другое), затем, установив фильтр выбора по типу в значение «Кривая», нажмите кнопку **Выбрать объект** и рамкой выделите твердое тело и выделенные кривые (рис. 7.6).

- В результате в созданный ссылочный набор будут добавлены все кривые. Закройте диалог и сохраните модель.

- В **Навигаторе сборки** выберите имя компонента и, открыв контекстное меню по правой кнопке, выберите пункт **Отобразить родителей (Display Parents)**,



Рисунок 7.7. Применение нового ссылочного набора

- а затем выберите файл головной сборки. После того как отобразится вся структура сборки, двойным щелчком на верхнем узле сделайте сборку рабочей деталью.
- Выделите в структуре сборки модифицированный компонент 014_shaft_load и поменяйте ему текущий ссылочный набор на **Контур**. Будет отображена группа кривых, заданных для этого ссылочного набора (рис. 7.7).

Таким образом можно создавать ссылочные наборы для представления компонент в сборке.

Как уже было сказано, **Навигатор модели** является основным средством для работы со структурой сборки. Работа осуществляется с помощью контекстного меню и инструментальной панели **Сборки (Assemblies)**, а также пункта главного меню в разделе **Сборки**.

Рассмотрим часто используемые пункты контекстного меню в **Навигаторе сборки** (рис. 7.8):

Упаковать (Pack) – команда позволяет сократить отображаемую структуру сборки путем свертывания нескольких вхождений одного компонента в одну строчку. Для упаковки выберите одно из вхождений повторяющегося компонента и воспользуйтесь этой командой. Обратная команда **Распаковать (Unpack)** возвращает структуру в исходное состояние.

WAVE – раздел, содержащий команды управления межмодельными связями.

Группы компонент (Component Group) – позволяет создавать именованные группы компонент. Группы могут создаваться по списку или по близости к выбранному компоненту. Этот функционал используется для формирования контекста работы над определенным участком сборки и для разбиения состава сборки по какому-либо признаку. Сформированные группы потом можно использовать в опциях загрузки, для открытия только тех компонентов, которые входят в выбранную группу.

Сделать рабочей деталью (Make Work Part) – делает компонент рабочей деталью, оставляя отображение остальной сборки.

Сделать отображаемой деталью (Make Displayed Part) – делает выбранный компонент одновременно рабочей и отображаемой деталью.

Отобразить родителей (Display Parent) – отображает выбранный родительский узел.

Заккрыть (Close) – закрывает выбранный компонент, выгружая его из памяти.

Заменить компонент (Replace Component) – открывает диалог замены выбранного компонента на другой компонент.

Сопряжения сборки (Assembly Constraints) – открывает диалог задания сборочных связей компонента.

Перемещение (Move) – открывает диалог перемещения компонента с помощью динамических осей или с использованием точного метода.

Подавления (Suppression) – управляет режимом подавления компонента в контексте данной сборки.

Свойства (Properties) – отображает диалоговое окно задания свойств компонентов, в

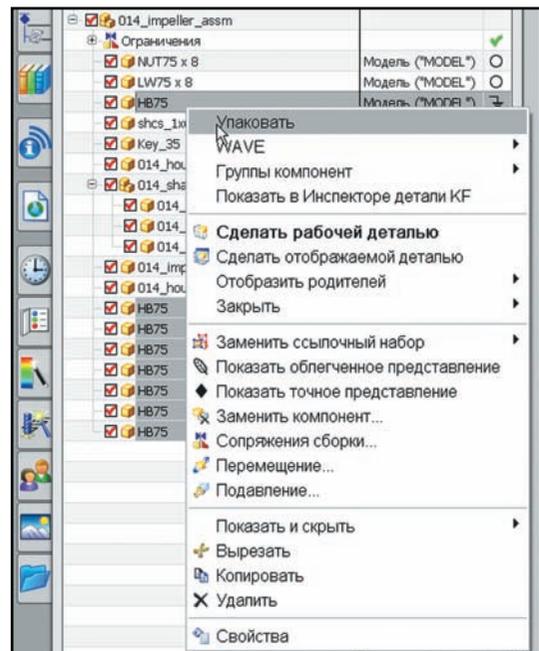


Рисунок 7.8. Контекстное меню компонента

частности веса компонента и атрибутов.

Отобразить степени свободы (Show Degree of Freedom) – отображает на компоненте графический символ, показывающий оставшиеся степени свободы компонента. Для выключения отображения этого символа воспользуйтесь пунктом главного меню **Вид > Операция > Регенерировать рабочий (View > Operation > Regenerate Work)**.

СОЗДАНИЕ СБОРКИ

Создание сборок сводится к добавлению компонентов на какой-либо уровень сборки с последующим его позиционированием и заданием относительных сборочных связей. Как уже говорилось, по умолчанию любая модель может содержать ссылки на другие модели, то есть являться сборкой. Для изменения этого поведения конкретной модели необходимо пометить её как деталь – то есть модель, которая не может содержать ссылки на другие компоненты. Для этого следует воспользоваться пунктом главного меню **Файл > Утилиты > Режим детали (File > Utilities > Enforced Piece Part)**.

Добавление компонентов в сборку производится при помощи команды **Добавить компонент (Add Component)**, расположенной на инструментальной панели **Сборки**, или с помощью пункта главного меню **Сборки > Компоненты > Добавить компонент (Assemblies > Components > Add Component)**. В диалоге команды необходимо выбрать компонент из чис-

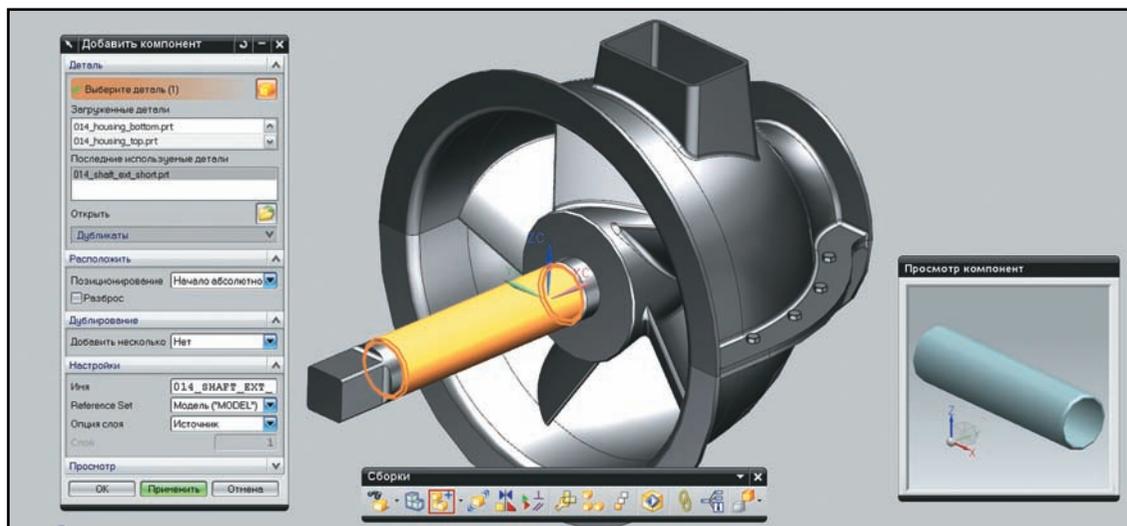


Рисунок 7.9. Вставка компонента в сборку

ла загруженных или открыть существующую модель с диска (рис. 7.9). Далее следует выбрать способ позиционирования:

Начало абсолютной системы координат – компонент будет помещен в ноль абсолютной системы координат.

Выберите начало – будет предложено задать положение вставляемого компонента.

По связям – позиционирование компонента будет вестись согласно накладываемым сбо-

рочным связям, для чего будет открыт диалог их определения (которые можно задать и после вставки компонента).

Перемещение – компонент будет вставлен в указанную первоначальную точку, а затем будет открыт диалог задания перемещения.

При вставке и позиционировании компонентов надо иметь в виду, что за точку вставки компонента принимается ноль абсолютной системы координат модели, а ориентация компонента определяется направлением осей этой системы координат.

После вставки компонента его необходимо связать геометрическими связями с другими компонентами или зафиксировать как стационарный. Для этого используется команда **Сопряжения сборки (Assembly Constraints)**, вызываемая на инструментальной панели **Сборки** или из контекстного меню компонента в **Навигаторе сборки**. Задание геометрических условий или сопряжений заключается в выборе типа сопряжения и последующем выборе геометрических элементов компонентов. Помимо этого, диалог задания сопряжений содержит несколько важных опций (рис. 7.10):

Расположения (Arrangement) – позволяет применить задаваемое сопряжение в рамках определенного расположения сборки.

Динамическое позиционирование (Dynamic Positioning) – опция определяет, будет ли компонент перемещаться сразу же при применении сопряжения. Если опция деактивирована, то сопряжение становится отложенным, и его необходимо активировать вручную.

Ассоциативно (Associative) – данная опция определяет, будут ли сопряжения сохраняться в сборке. Если опция включена, то все созданные сопряжения будут добавляться в соответствующий узел в **Навигаторе сборки**, а если нет, то компонент будет перемещаться, так как этого требует условие сопряжения, но оно само не будет запоминаться. То есть, другими словами, в этом случае механизм задания сопряжений используется для «умного» перемещения компонентов.

Обычно задание сопряжений сборки начинается с выбора стационарного компонента, а затем последовательно к этому компоненту присоединяются другие составляющие сборки. Несмотря на то что существует много вариантов создания сопряжений между двумя компонентами,

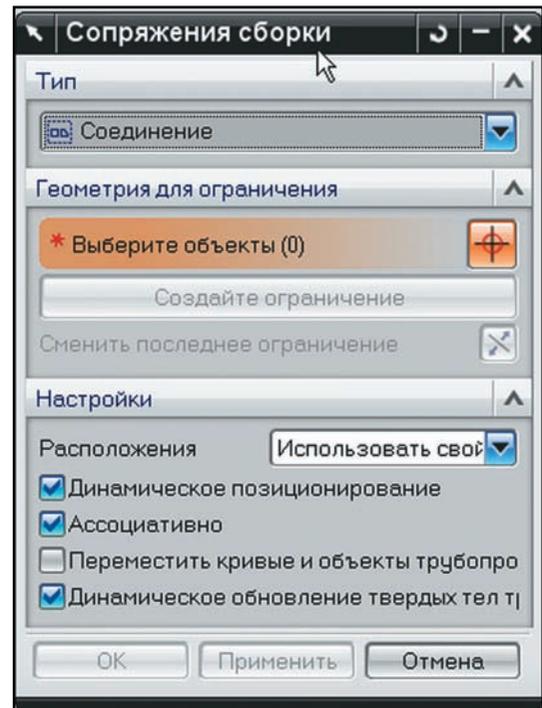


Рисунок 7.10. Сопряжения сборки

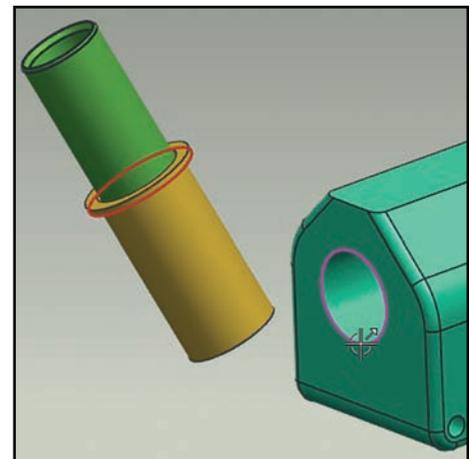


Рисунок 7.11. Концентричность

рекомендуется использовать те типы сопряжений и ту последовательность, которые свойственны реальному физическому объекту. В диалоге создания сопряжений доступны следующие типы связей:

Концентричность (Concentric) – накладывает ограничение концентричности на две цилиндрические или эллиптические ребра граней (рис. 7.11). В результате применения данного типа связей центры выбранных граней будут совмещены, а сами грани расположены в одной плоскости. На работу этого типа связи влияет опция **Считать кривые окружности в пределах допуска (Accept Tolerant Curves)** в настройках по умолчанию, расположенная в разделе **Сборки > Позиционирование > Решатель (Assemblies > Positioning > Solver)**. Если эта опция включена, то все грани с кривизной в пределах линейного допуска считаются окружностями. Для заданий ограничения концентричности необходимо выбрать

Выравнивание по касанию (Touch Align) – позиционирует два компонента относительно друг друга, выравнивая выбранные объекты. Существуют несколько подтипов данного ограничения:

Касание (Touch) – выравнивает компоненты так, что нормали выбранных поверхностей (граней) будут направлены в противоположные стороны.

Выравнивание (Align) – выравнивание производится на основе одинакового направления нормали выбранных поверхностей.

Предпочтительное касание (Prefer Touch) – если возможно применить и **Касание**, и **Выравнивание**, то будет выбираться первое.

Вывод центра/оси (Infer Center/Axis) – при выборе цилиндрических граней или круглых граней будут учитываться соответственно их оси и центры.

Расстояние (Distance) – позиционирует два компонента на величину указанного минимального расстояния (рис. 7.12).

Угол (Angle) – задает угол между двумя объектами, которые могут быть гранью или ребром тела (рис. 7.13). Эта связь имеет два подтипа, выбираемых в диалоговом окне:

3D Угол (3D Angle) – определяет угол между двумя объектами без вспомогательной оси. В этом случае необходи-

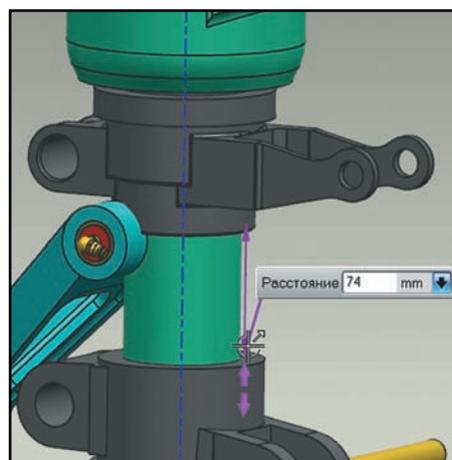


Рисунок 7.12. Расстояние

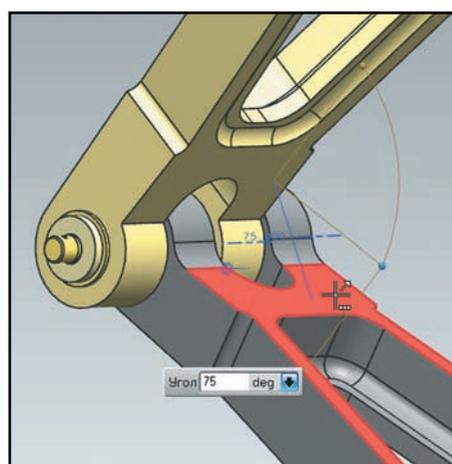


Рисунок 7.13. Угол

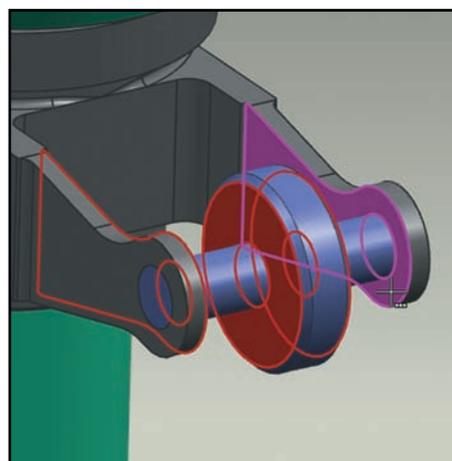


Рисунок 7.14. Центр

мо выбрать только два объекта и задать угол между ними.

Угол ориентации (Orient Angle) – определяет угол между двумя объектами с использованием вспомогательной оси. При использовании этого подтипа необходимо сначала указать ось, а затем два объекта для задания угла между ними.

Фиксация (Fix) – фиксирует компонент по всем степеням свободы.

Параллельность (Parallel) – задает условие параллельности между двумя выбранными объектами, которые могут быть гранями и ребрами.

Перпендикулярный (Perpendicular) – задает условие перпендикулярности между двумя выбранными объектами, которые могут быть гранями и ребрами.

Совмещение (Fit) – совмещает две цилиндрические грани одного радиуса. Если радиус какого-либо из совмещенных компонентов впоследствии изменится, то ограничение автоматически станет неработоспособным. Этот тип ограничения используется в основном для расстановки крепежа в отверстиях.

Соединение (Bonds) – создает жесткое соединение между выбранными компонентами. Любое перемещение одного из соединенных компонентов приводит к перемещению других, если нет иных ограничений. Соединение может быть создано между компонентами сборки или между компонентами и геометрическими телами на уровне сборки.

Центр (Center) – задает условие центровки одного из двух объектов между двумя другими объектами или двух объектов относительно одного (рис. 7.14). Условие сопряжения имеет несколько подтипов:

1 в 2 – центрирует первый выбранный объект между двумя следующими выбранными объектами;

2 в 1 – центрирует два первых выбранных объекта относительно третьего выбранного объекта;

2 в 2 – центрирует два первых выбранных объекта относительно двух следующих выбранных объектов.

В случае выбора первых двух подтипов с помощью опции **Осевая геометрия (Axial Geometry)** можно задавать, что будет являться определяющим при выборе цилиндрических граней – сами грани или их оси.

РАСПОЛОЖЕНИЯ СБОРКИ

Часто бывает необходимо показать сборку в нескольких вариантах положения компонентов, её составляющих. Особенно это актуально для различного рода механизмов. Для этих целей в модуле работы со сборками используется механизм запомненных расположений компонент. Задание нового расположения компоненты делается следующими шагами:

- В **Навигаторе сборки** в контекстном меню на узле сборки выбрать пункт **Расположения > Изменить (Arrangements > Edit)**. Также можно воспользоваться пунктом главного меню **Сборки > Расположения (Assemblies > Arrangements)**.
- **Изначально существует только одно расположение – текущее положение компонентов**

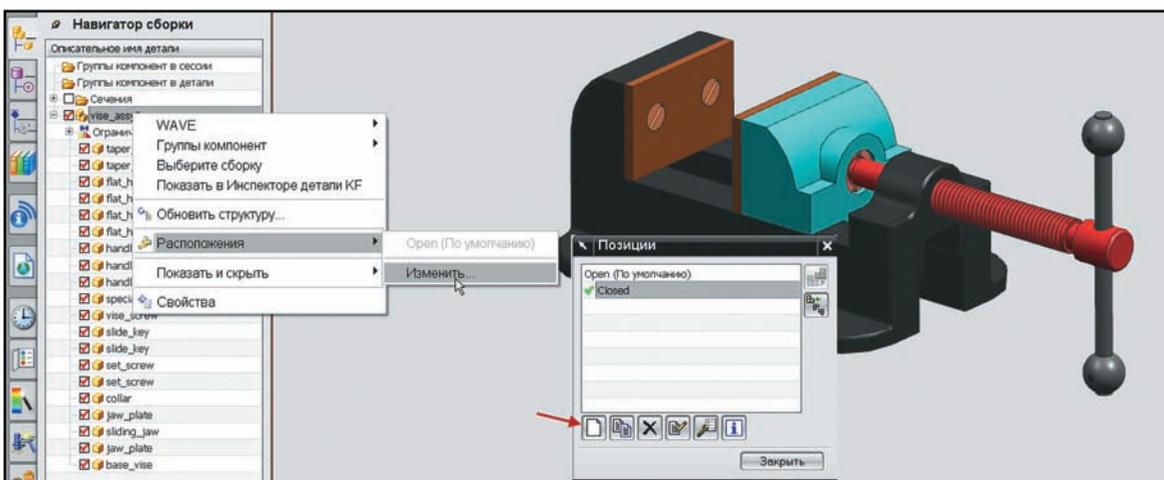


Рисунок 7.15. Задание нового расположения

сборки относительно друг друга. Для задания ещё одного варианта конфигурации сборки необходимо нажать кнопку **Новое расположение (New Arrangement)** и задать имя для новой конфигурации.

- Сделав активным созданное расположение двойным щелчком левой кнопки мыши или кнопкой **Использовать (Use)**, затем закрыть диалог (рис. 7.15).
- С помощью команды **Перемещение** расставить компоненты в новые положения. При этом в диалоге команды перемещения опция **Расположения** должна иметь значение **Применить к расположению** – это будет означать, что операции перемещения будут запомнены в текущем активном расположении (рис. 7.16).
- Сохранить сборку.

Теперь в контекстном меню сборки в разделе **Расположения** будут доступны оба вариан-

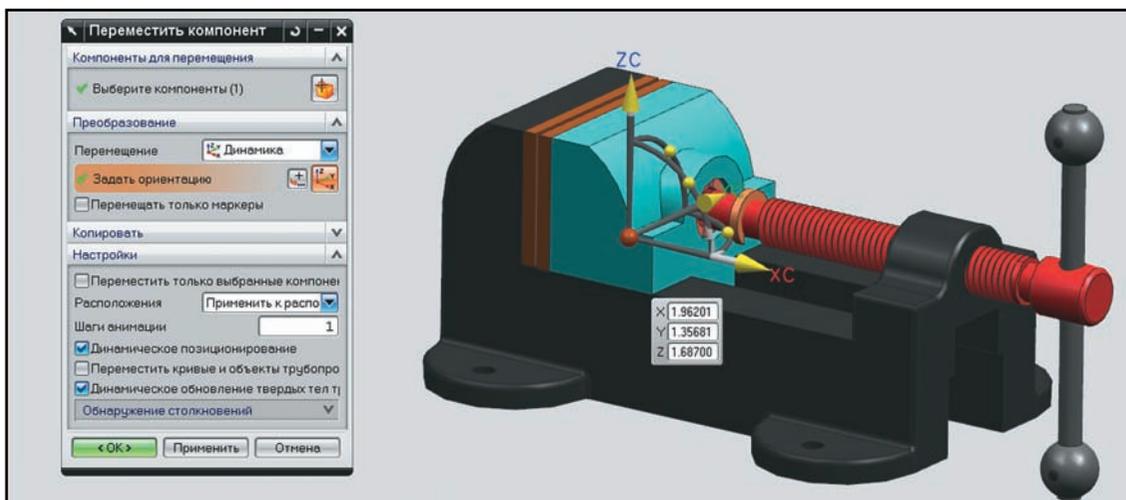


Рисунок 7.16. Позиционирование компонентов

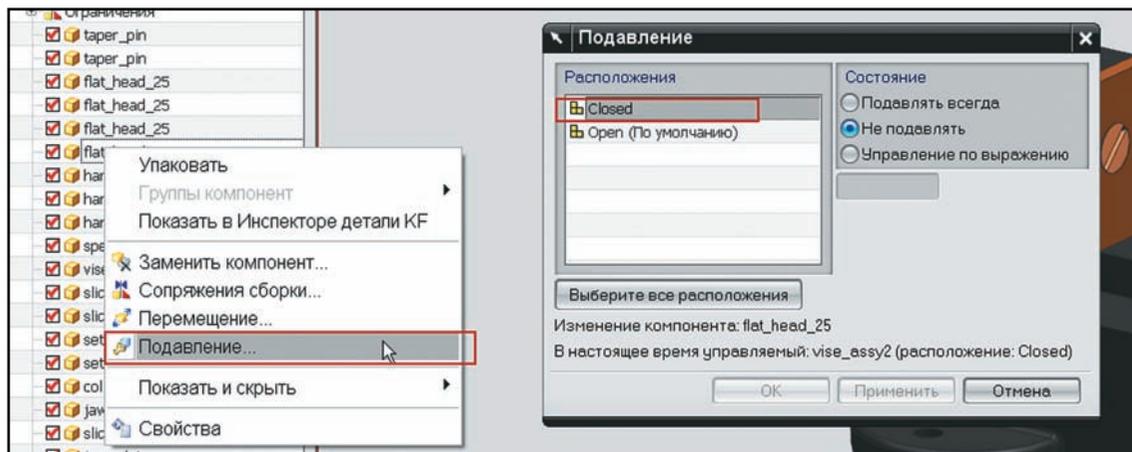


Рисунок 7.17. Подавление компонентов

та положений компонентов, и, выбирая один из них, можно получать соответствующую конфигурацию. Одно из расположений помечено в диалоге меткой «По умолчанию», будет определять позиции компонентов при загрузке сборки. При необходимости можно его заменить, нажав кнопку **Установить по умолчанию**.

Запомненные расположения можно использовать при создании чертежей – если сборка содержит два и более расположений, то в диалоге создания чертежных видов будет отображена опция выбора расположения, которое будет отображено на виде.

Помимо этого, с помощью расположений можно управлять не только положением компонентов, но и их состоянием в сборке. Для этого необходимо выделить компонент в **Навигаторе сборки** и в контекстном меню выбрать команду **Подавление**. Данная команда может подавлять, то есть выгружать, компонент из состава сборки при применении какого-то расположения или по выражению (рис. 7.17). В диалоге команды необходимо для существующих расположений выбрать значение опции **Состояние**.

Здесь надо уточнить, что механизм расположений и возможности подавления компонентов сборки в привязке к расположениям не является альтернативой опциям и вариантам в системе PDM, используемой для управления составом изделия. Вышеописанные средства управляют именно геометрической конфигурацией конкретной сборки, но не подходят для управления её составом.

АНАЛИЗ ЗАЗОРОВ

Анализ зазоров и пересечений сборки является одним из ключевых этапов при проектировании. Такого рода анализ проверяет наличие пересечений между компонентами, которые в реальном изделии могут вызвать проблемы с собираемостью. Анализ пересечений и зазоров в NX может проводиться как в интерактивном, так и в фоновом режимах. Фоновый режим особенно полезен, когда необходимо проверять большие сборки. Его можно запускать по ночам, проверяя сборку всего разрабатываемого изделия на периодической основе, чтобы возникающие пересечения как можно раньше обнаруживались и исправлялись.

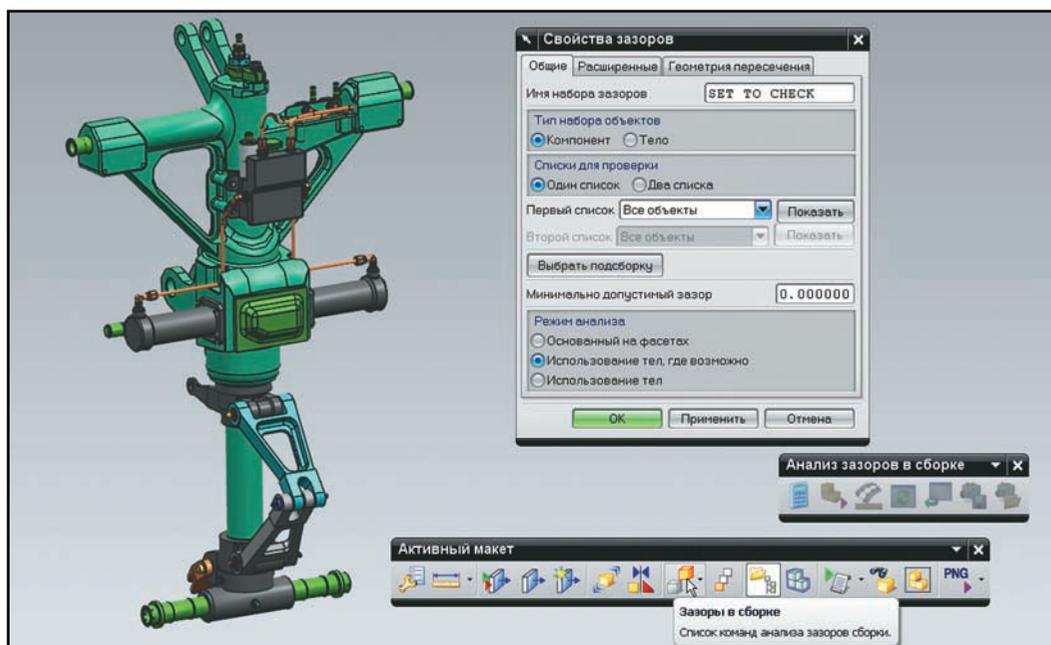


Рисунок 7.18. Задание набора компонентов для анализа

Интерактивный режим больше подходит для анализа сравнительно небольших сборок, который занимает непродолжительное время. Результаты анализа делятся на четыре категории:

Условное пересечение (Soft Interference) – факт такого пересечения означает, что минимальное расстояние между компонентами меньше или равно заданному зазору.

Касание (Touching Interference) – компоненты касаются, но не пересекают друг друга. Как правило, это не является критичным пересечением.

Настоящее пересечение (Hard Interference) – имеется явное столкновение компонентов с пересечением геометрии.

Пересечение содержания (Containment Interference) – пересечение, вызванное тем, что один компонент полностью находится внутри другого.

Для проведения анализа необходимо задать набор компонентов, для которых будет проведен анализ. Задание набора производится с помощью команды главного меню **Анализ > Анализ зазоров в сборке > Набор компонентов > Набор (Analysis > Assembly Clearance > Clearance Set > New)** или с помощью кнопки **Зазоры в сборке (Assembly Clearance)** инструментальной панели **Активный макет (Active Mockup)**.

В окне задания свойств нового набора необходимо задать имя – под этим именем в детали будут храниться и исходные данные для анализа, и результаты (рис. 7.18).

Далее необходимо в одном или двух списках задать проверяемые объекты. Для простых сборок достаточно будет одного списка в выпадающем меню. Первый список – надо выбрать одно из значений, определяющих область анализа. Самый простой способ задания списка – это выбрать значение **Все видимые объекты (All visible objects)**, но на практике лучше стараться разбивать сборку на зоны и проверять их последовательно. Ещё один ключевой параметр набора – это тип анализа. Возможны три типа проведения анализа:

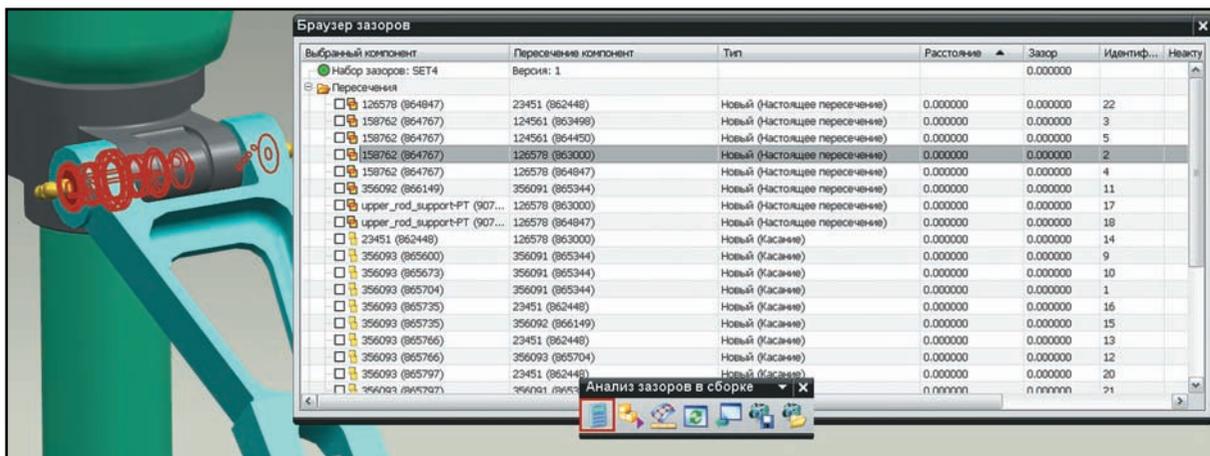


Рисунок 7.19. Результаты анализа

Основанный на фасетах (Facet Based) – самый простой и быстрый тип анализа, но наименее точный из всех. Перед началом анализа все тела компонентов аппроксимируются фасетами, которые потом и используются для анализа. После окончания анализа соответствующие фасетные тела удаляются. В силу того что аппроксимация делается с небольшой точностью (для более быстрого анализа), этот тип служит для определения явных врезаний компонентов друг в друга и не очень подходит для анализа касаний и небольших зазоров.

Использование тел где возможно (Use Solids Where Available) – для анализа используется геометрия твердых тел, но только в тех случаях, когда два проверяемых смежных компонента имеют текущий ссылочный набор, содержащий твердые тела. Если один из них загружен в фасетном представлении, то для второго создается фасет, и выполняется анализ на основе фасетов. Использование тел по возможности является самым оптимальным по соотношению времени и точности результатов, если сборка загружена так, что все компоненты, подлежащие анализу, имеют текущий ссылочный набор с точной геометрией.

Использование тел (Use solids) – самый точный вид анализа на базе точной геометрии твердых тел. В то же время это самый медленный способ поиска пересечений, требующий значительного количества оперативной памяти. Во время анализа все компоненты, загруженные в фасетном представлении, по возможности подгружают точную геометрию. Если у компонента нет точной геометрии, что используется фасетное представление с предупреждением.

Если общего задания области недостаточно, то необходимо переключиться на вкладку **Расширенные** диалога задания набора для анализа. С помощью расширенных средств определения набора компонентов на этой вкладке можно задать игнорируемые компоненты, указать конкретные пары для анализа, а также обнулить результаты предыдущего анализа.

Дополнительно можно включить режим создания геометрии пересечения (не рекомендуется для больших сборок), включив соответствующую опцию на вкладке **Геометрия пересечения (Interference Geometry)**. Все объемы, получаемые пересечением твердых тел компонентов, будут выделены и помещены на заданный слой. Эта опция чаще всего используется при применении анализа на базе фасетного представления, так как при просмотре получен-

ных тел пересечения можно оценить примерно среднюю погрешность анализа и исследовать только те объемы, которые из неё выбиваются.

После определения набора компонентов или тел можно запустить анализ с помощью кнопки **Выполнить анализ (Run Analysis)** на вспомогательной инструментальной панели, с помощью команды главного меню **Анализ > Анализ зазоров в сборке > Выполнить анализ**. Как только расчет интерференция и зазоров будет окончен, появится окно с результатами, где будут представлены найденные нарушения, сгруппированные по типу (рис. 7.19). Выбирая строчку в списке результатов с помощью контекстного меню, можно детально исследовать каждый найденный случай интерференции или нарушение минимального зазора.

УПРОЩЕНИЕ СБОРКИ

При работе с большими сборками часто бывает необходимо минимизировать количество отображаемых компонентов и снизить объем потребляемой оперативной памяти. NX, используя частичную загрузку файлов моделей и механизм работы с легковесным представлением, существенно увеличивает объем данных, с которым пользователь может работать. Но иногда этого бывает недостаточно, и в таких случаях возникает необходимость временно упрощать отдельные элементы сборки. Это позволяет, с одной стороны, уменьшить детализацию и снизить потребление ресурсов, а с другой – помогает не терять понимание о габаритах сборки и отдельных её узлов. Для таких задач в модуле **Сборки** есть несколько средств.

Первое из них – это команда **Обертка сборки (Warp Assembly)**, вызываемая из раздела главного меню **Сборки > Дополнительные (Assemblies > Advanced)**. Данная команда на основе выбранных компонентов создает твердое тело, представляющее собой набор плоских граней, ограничивающих внешний контур выбранных объектов. Тело создается в текущей рабочей детали, поэтому, как правило, эта команда применяется для подборок, в которых создается от-

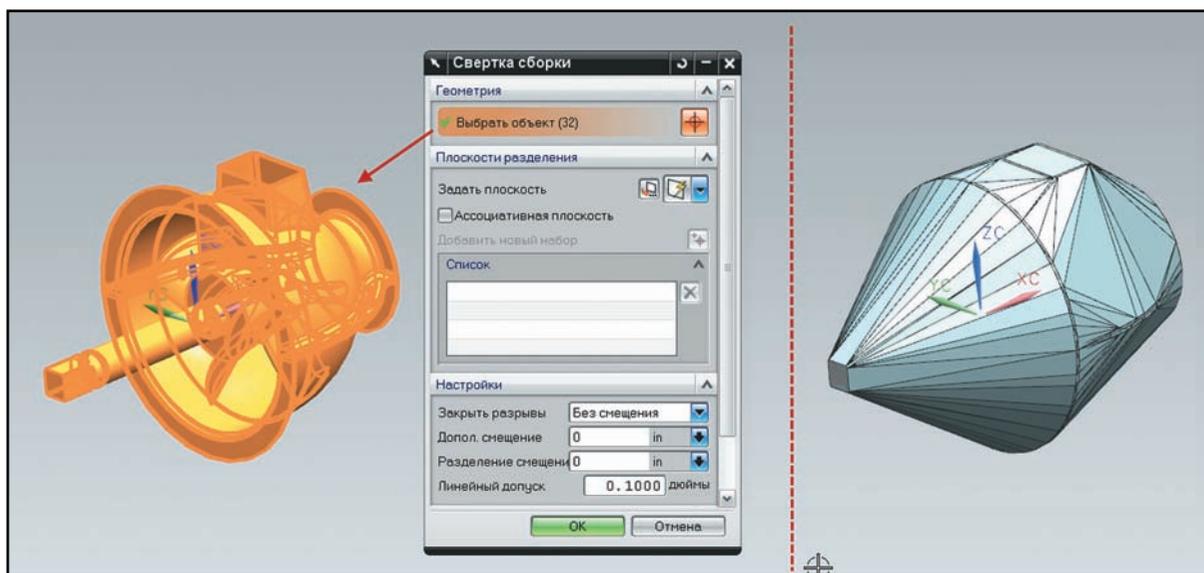


Рисунок 7.20. Обертка сборки

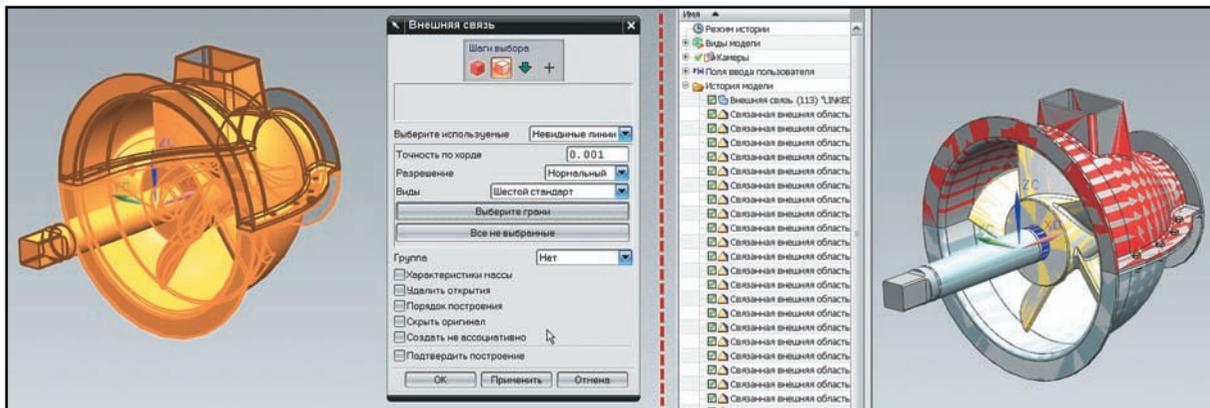


Рисунок 7.21. Внешняя связь

дельный ссылочный набор, содержащий твердое тело обертки компонентов подборок (рис. 7.20).

Таким образом, у пользователя появляется возможность переключения между габаритным телом узла и его детальным представлением из всех составляющих компонентов. При создании тела обертки в диалоге команды имеется возможность управления точностью получаемого габаритного объема путем задания плоскостей, определяющих места изломов аппроксимирующих граней.

Следующее средство упрощения представления компонентов сборок – это команда **Внешняя связь**, которую можно найти в том же разделе. Данная команда создает связанное точное представление из граней, представляющих внешний контур компонентов. То есть результатом является точная геометрическая форма выбранных узлов, которая ассоциативна с исходными компонентами. В качестве исходных данных необходимо указать твердые тела компонентов и грани, которые считаются внешними. Грани можно указывать вручную или воспользоваться одним из двух автоматических методов определения, задав соответствующие параметры. После этого в дерево построения текущей рабочей детали будет помещен набор связанных граней, которые могут представлять исходные компоненты в рамках вышестоящей сборки (рис. 7.21).

Ещё один инструмент, используемый для создания облегченных представлений, представляет собой пошаговый мастер, вызываемый командной главного меню **Сборки > Дополнительные > Упрощение сборки**. Данный мастер из выбранных компонентов создает одно легковесное тело с возможностью сохранения или удаления внутренних граней. Из всех способов упрощения сборок этот является самым точным с точки зрения точности получаемого представления.

Глава 8

Введение в NX Advanced Simulation

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Конечно-элементное моделирование
- Возможности NX Расширенная симуляция
- Структура и этапы создания расчетной модели
- Преимущества структурированной расчетной модели
- Обзор основных меню и команд
- Идеализация геометрии
- Создание расчетной сетки
- Подготовка к решению
- Просмотр результатов
- Пример. Статический расчет модели пропеллера, анализ свободных колебаний

Данная глава посвящена обзору модуля **NX Расширенная симуляция (NX Advanced Simulation)** для проведения инженерного анализа в рамках работы с единой средой проектирования NX. Использование численных методов при проектировании различных конструкций и машин продиктовано необходимостью постоянного повышения надежности и качества изделий, а также возможностью использовать новые современные материалы, учитывать сложные условия работы современных конструкций при необходимости повышения их конкурентоспособности и надежности. Максимальный эффект от использования технологий численного инженерного анализа достигается при их использовании начиная с самых ранних стадий проектирования. При этом снижаются стоимость изделия, вероятность возникновения рисков и срок выпуска изделия на рынок. Исследования механического поведения трехмерных конструкций можно проводить с помощью экспериментального подхода. Этот способ позволяет оценивать поведение конструкции при воздействии на нее различных внешних факторов. Однако он является довольно дорогостоящим, требует больших временных затрат, а иногда не может быть применим. В настоящее время в процессе разработки высокотехнологичной конкурентоспособной продукции ведущие фирмы мира используют конечно-элементное (КЭ) моделирование, пытаясь заменить дорогостоящий натуральный эксперимент более дешевым вычислительным экспериментом. КЭ-моделирование позволяет оценить поведение трехмерных конструкций под воздействием различных внешних факторов. Современный уровень компьютерной техники дает возможность решать сложные задачи на мощных рабочих станциях в течение нескольких часов. Следует также отметить, что при проведении реальных экспериментов, как правило, информацию можно получать лишь в десятках или сотнях точек, при численном моделировании таких точек может быть несколько сотен тысяч, а при необходимости их число может достигать и миллиона.

Эта глава содержит описание возможностей системы **NX Расширенная симуляция**, основные принципы и этапы выполнения численного инженерного анализа. Основная аудитория, к которой обращена данная глава, – это конструкторы и начинающие инженеры, которые впервые открывают для себя систему численного инженерного анализа на базе метода конечных элементов (МКЭ). Для первого знакомства с **NX Расширенная симуляция** вам будет достаточно данной главы, но уже с первых шагов рекомендуем обращаться к литературе, посвященной МКЭ, а также к документации NX.

Большинство функций и операций, о которых пойдет речь в данной главе, доступны в **NX Расширенная симуляция** версии 5 и выше. Однако главу можно также использовать и при работе с NX 4, учитывая тот факт, что функционал предыдущих версий может быть менее обширным, а интерфейс – отличаться на уровне иконок, меню и т.д. Данная глава позволит получить ответы на первые практические вопросы, которые возникают при работе с приложением для численного анализа.

Обычно инженер-конструктор для предварительной оценки прочности/работоспособности конструкции применяет инженерные подходы, которые в основном состоят из представления конструкции в виде простых узлов и элементов, для которых существуют аналитические оценки поиска напряженно-деформированного состояния. К таким оценкам можно отнести использование простейших формул для поиска напряжений в балках при их растяжении, из-

гибе или кручении, поиска относительного удлинения, моментов инерции, сил реакции и т.д. Инженер-конструктор вынужден работать с большим количеством специализированной литературы для поиска необходимых выражений и законов. С началом использования систем численного анализа всё меняется. Инженер обретает возможность моделировать конструкции и машины любой сложности с любой степенью детализации. У него появляется инструмент для анализа реального распределения напряжений и деформаций в конструкции. Многие в данный момент подумали о том, что использование таких систем конструкторами практически не реализуемо из-за необходимости дополнительно повышать квалификацию для использования специализированного программного обеспечения. Теперь это не так. С появлением приложения **NX Расширенная симуляция** на базе промышленного решателя **NX Nastran** (и других решателей компании Siemens PLM Software) всё меняется. Инженер получает возможность работать с различными приложениями, оставаясь в единой привычной для себя среде проектирования **NX**. Причем масштабируемость модуля **NX Расширенная симуляция** позволит решать как самые простые, так и сложнейшие задачи из различных областей механики.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

По своему характеру метод конечных элементов относится к вариационно-разностным методам и имеет в своей основе представление исходной области со сложной формой границ совокупностью достаточно простых подобластей (конечных элементов). Представление исследуемой области совокупностью подобластей имеет смысл дискретизации континуальной задачи с заменой реальной области тела с бесконечно большим числом степеней свободы приближенно-эквивалентным телом с большим, но конечным числом степеней свободы. Последующий вывод разрешающих уравнений для совокупности конечных элементов из вариационных принципов механики определяет вариационный характер метода. Именно указанными двумя факторами определяется эффективность метода при решении сложных задач механики.

Выделим основные шаги выполнения инженерного анализа с помощью метода конечных элементов (рис. 8.1):

- создание идеализированной модели, этот этап соответствует переходу от реальной физической модели к измененной (упрощенной) математической модели. Однако математические модели имеют бесконечное число степеней свободы, что влечет за собой практическую нереализуемость решения задачи на сложной модели;
- создание дискретной модели, что соответствует ограничению числа степеней свободы, то есть происходит дискретизация идеализированной модели;
- решение системы разрешающих уравнений, которые соответствуют выбранному типу анализа.

Необходимо учитывать, что каждый этап численного моделирования вносит ту или иную погрешность в результат расчета. Особое внимание вы должны уделять двум этапам: идеализации – на этом этапе осуществляется переход к математической модели, что может внести существенную погрешность или даже кардинальную ошибку в результат; дискретизации –

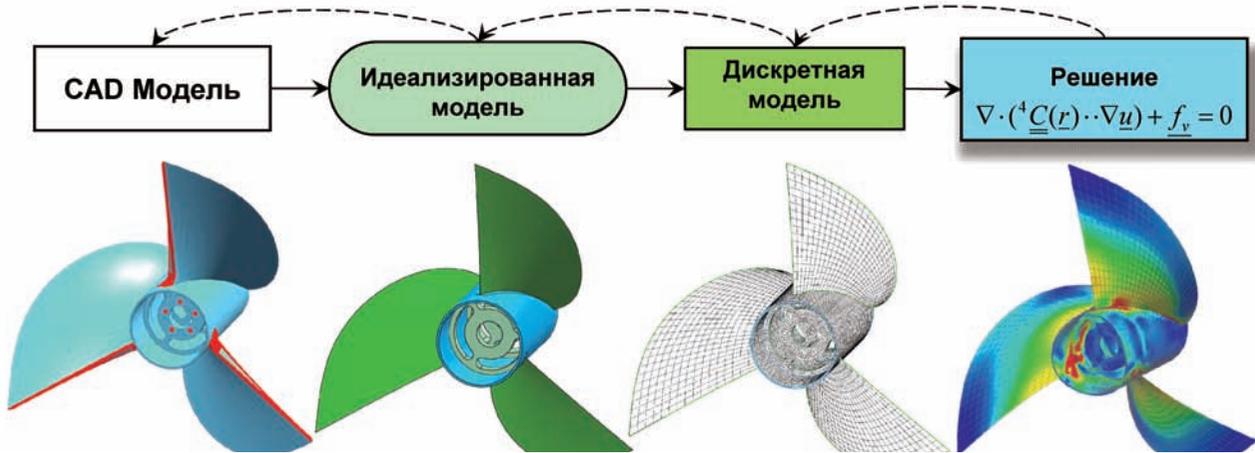


Рисунок 8.1. Схема выполнения инженерного анализа

на этом этапе необходимо проверять сходимость численного решения к верному, причем при увеличении числа степеней свободы до бесконечного ошибка дискретизации стремится к нулю.

Всегда следует помнить, что КЭ анализ – это компромисс (или баланс) опыта самого инженера, требуемой точности результата, мощности вычислительной техники, времени расчета, времени разработки КЭ расчетной модели и прочее.

ВОЗМОЖНОСТИ NX РАСШИРЕННАЯ СИМУЛЯЦИЯ

NX Расширенная симуляция – это многофункциональный модуль конечно-элементного моделирования с широкими возможностями визуализации результатов моделирования поведения конструкций, он содержит все возможности, которые необходимы любому CAE специалисту, и поддерживает широкий диапазон инженерных анализов. Данный модуль имеет все необходимые инструменты пре- и постпроцессинга для создания, изменения сложной геометрии и расчетной модели. **NX Расширенная симуляция** обеспечивает полную ассоциативность расчетных моделей с CAD моделями, что позволяет специалисту быстро вносить изменения в конструкцию и соответственно в расчетную модель.

Отличительной особенностью **NX Расширенная симуляция** является возможность, оставаясь в одной и той же среде моделирования NX, использовать для решения различные ведущие промышленные решатели, такие как NX Nastran, MSC Nastran, ANSYS, LS-Dyna и ABAQUS. При этом необходимо задать только тип используемого решателя, а система, в свою очередь, автоматически представляет все модели, типы элементов, свойства, параметры, условия сопряжения и опции решения, используя терминологию или «язык» выбранного решателя и типа анализа (рис. 8.3).

NX Расширенная симуляция, являясь одной из ведущих систем численного инженерного анализа, предлагает набор инструментов и функций для выполнения численного анализа лю-

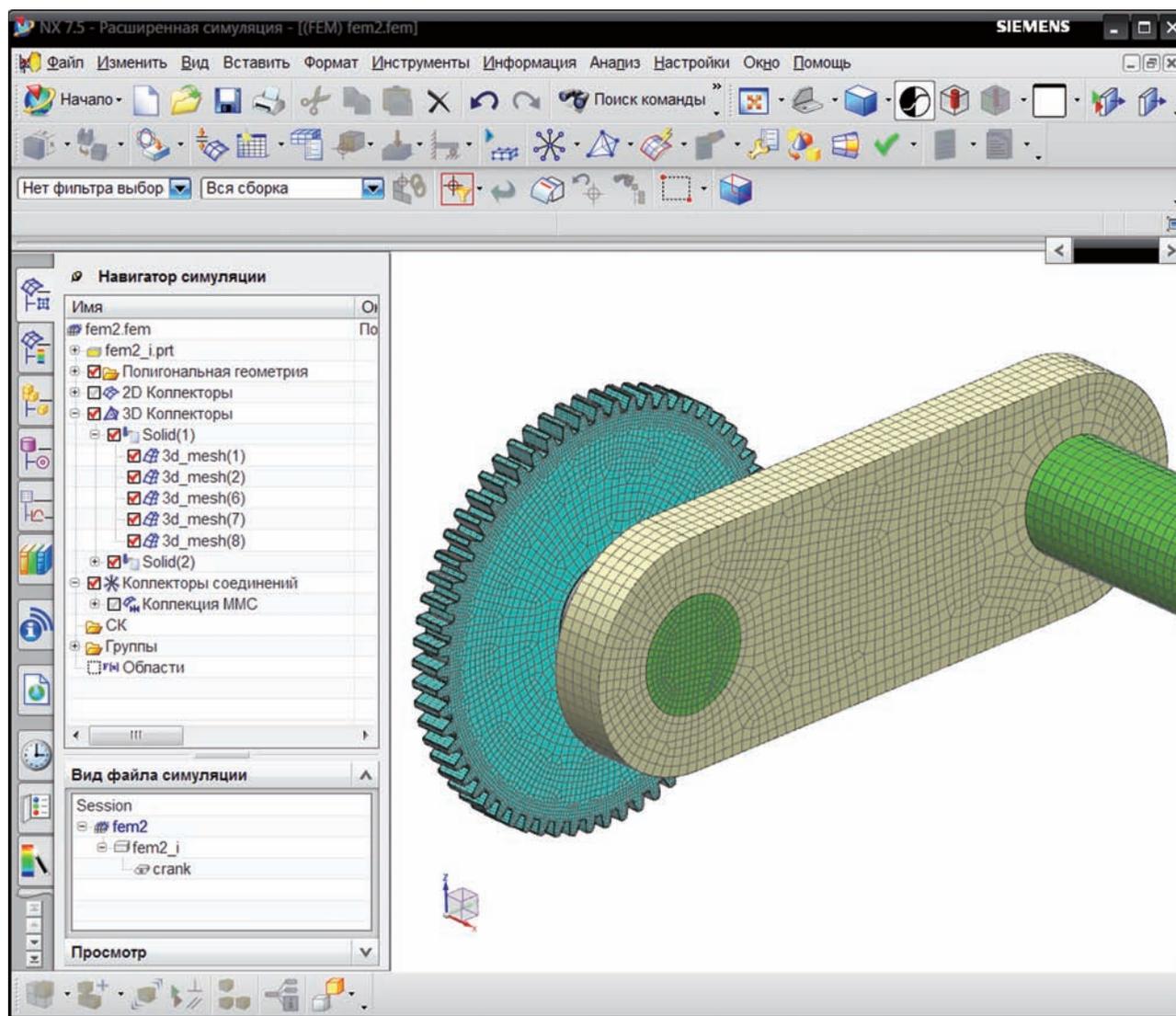


Рисунок 8.2. Общий вид **NX Расширенная симуляция**

бой степени сложности – начиная от простейших оценочных расчетов до выполнения анализа сложных процессов (таких как краш-тесты, технологические задачи, задачи связанного тепломассопереноса и т.д.). Интуитивная структура данных и параметров расчетной модели в виде нехронологического дерева с возможностью доступа ко всем параметрам как из основного меню и из дерева модели, так и через графическую область экрана позволяет овладеть системой пользователю с любым уровнем предварительной подготовки в кратчайшие сроки.

На этапе перехода от физической модели к математической **NX Расширенная симуляция**, обладая набором специализированных инструментов, позволяет адаптировать конструкторскую CAD геометрию для выполнения КЭ анализа. Например, специалисты-расчетчики без

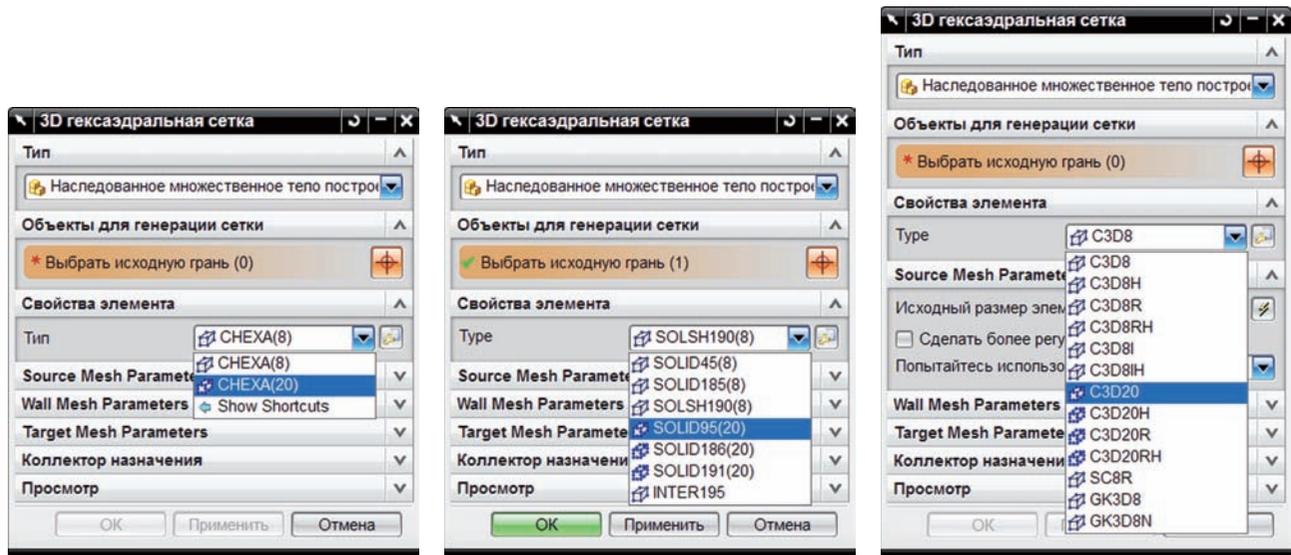


Рисунок 8.3. «Язык» выбранных решателей

обращения к конструктору могут упростить модель, удалив мелкие геометрические элементы, погасив отверстия, скругления, создав срединные поверхности, осуществив булевы операции и операции деления тел для улучшения качества расчетной сетки.

Одной из особенностей работы в **NX Расширенная симуляция** с математической расчетной моделью является разделение расчетной и КЭ модели, поэтому всегда активна только одна модель, что существенно экономит компьютерные ресурсы. Такой принцип легко позволяет для одной КЭ модели выполнять несколько анализов разных типов.

При моделировании в **NX Расширенная симуляция** происходит автоматическая организация расчетной модели по логическим признакам, например элементы КЭ модели разделяются по типам, и образуются так называемые коллекторы в дереве КЭ модели.

NX Расширенная симуляция создает КЭ модели высокого класса с экономией количества элементов и дает возможность использовать полный набор существующих типов конечных элементов (0D, 1D, 2D и 3D) при больших возможностях контроля КЭ разбиения. Для повышения качества КЭ модели с учетом особенностей топологии геометрии используются специализированные инструменты для исправления проблемных зон геометрии. Одним из основных достоинств **NX Расширенная симуляция** является автоматическое отслеживание внесенных в геометрию и КЭ модель изменений с автоматическим обновлением расчетной модели до актуального состояния.

NX Расширенная симуляция позволяет проводить большой круг типов численного анализа. Это и линейный/нелинейный анализ прочности, анализ динамического поведения конструкции, анализ состояния изделия в условиях действия нелинейных быстро протекающих процессов, тепловой анализ, анализ течения жидкости и газа и т.д. При переходе в **NX Расширенная симуляция** и создании расчетной модели первое, что необходимо задать, – это решатель и тип анализа (рис. 8.4), который будет выполнен для текущей модели

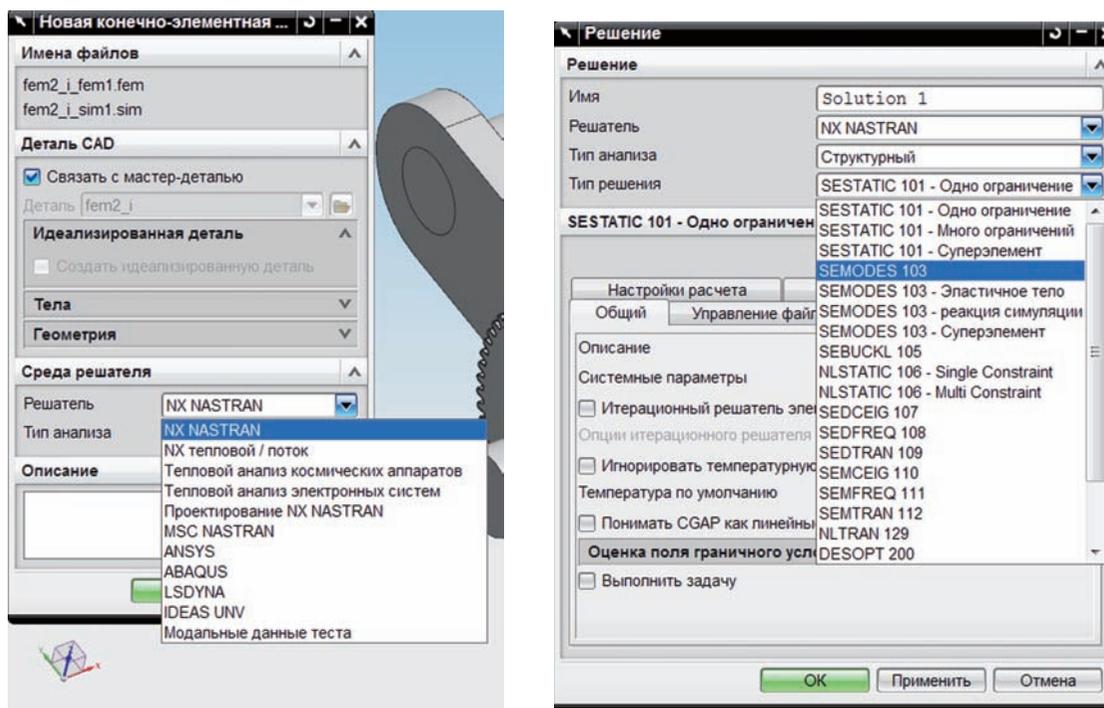


Рисунок 8.4. Типы решателей и анализов решателя NX Nastran

(и в соответствии с которой система автоматически настроит интерфейс и «язык» команд и функций).

Основные типы анализа, доступные в решателе NX Nastran: линейный статический анализ (SOL 101), анализ собственных частот и форм свободных колебаний (SOL 103), анализ отклика на воздействия, зависящие от времени или частоты (SOL 103), анализ потери устойчивости конструкций (SOL 105), базовый нелинейный анализ (SOL 106), анализ переходных процессов (SOL 129), анализ теплопереноса (SOL 153), нелинейный анализ на базе неявных схем интегрирования (SOL 601), нелинейный динамический анализ на базе явных схем интегрирования (SOL 701), оптимизационный анализ (SOL 200). Кроме этого, при выборе типа решателя доступны дополнительные варианты:

- **NX тепловой/поток (NX Thermal/Flow)** – эти решатели позволяют выполнить анализ теплопередачи и анализ динамики жидкости и газов (CFD). Вы можете использовать эти два решателя независимо или совместно для получения результатов как теплового анализа, гидро/газодинамического анализа, так и результатов связанного анализа тепломассопереноса.
- **Тепловой анализ космических аппаратов (NX Space Systems Thermal)** – это промышленно ориентированный решатель для теплового анализа космических аппаратов и орбитальных/межорбитальных систем.
- **Тепловой анализ электронных систем (NX Electronic Systems Cooling)** – это промышленно ориентированный решатель для анализа систем охлаждения. Он включает в себя анализ

теплопереноса и вычислительную гидро/газодинамику (CFD) для комплексного исследования систем отвода тепла.

- **LS-Dyna** – возможность записать расчетную модель в виде входного файла для системы численного анализа LS-Dyna.

СТРУКТУРА И ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

Для решения той или иной задачи с помощью **NX Расширенная симуляция** необходима геометрическая модель, которую обычно предоставляет конструктор. Для решения задач деформируемого твердого тела в **NX Расширенная симуляция** используется метод конечных элементов, для этого геометрическая модель предварительно разбивается на дискретные области, так называемые конечные элементы, таким образом создается конечно-элементная модель. При этом для выполнения любого КЭ анализа конструкции необходимо четко понимать физику рассматриваемого процесса, программный продукт использует только данные, введенные пользователем, и внутренние решатели. В случае некорректно поставленной пользователем задачи полученное решение будет неточным, а то и неправильным.

Процедуру выполнения инженерного расчета конструкций методом конечных элементов в **NX Расширенная симуляция** условно можно разбить на несколько этапов, (рис. 8.5), ниже приведем их краткое описание. При этом создаются файлы, которые содержат определенные типы данных расчетной модели. Для эффективной работы в **NX Расширенная симуляция** вам необходимо различать, какие данные хранятся в определенном файле и какой файл должен быть активным при создании и работе с расчетной моделью.

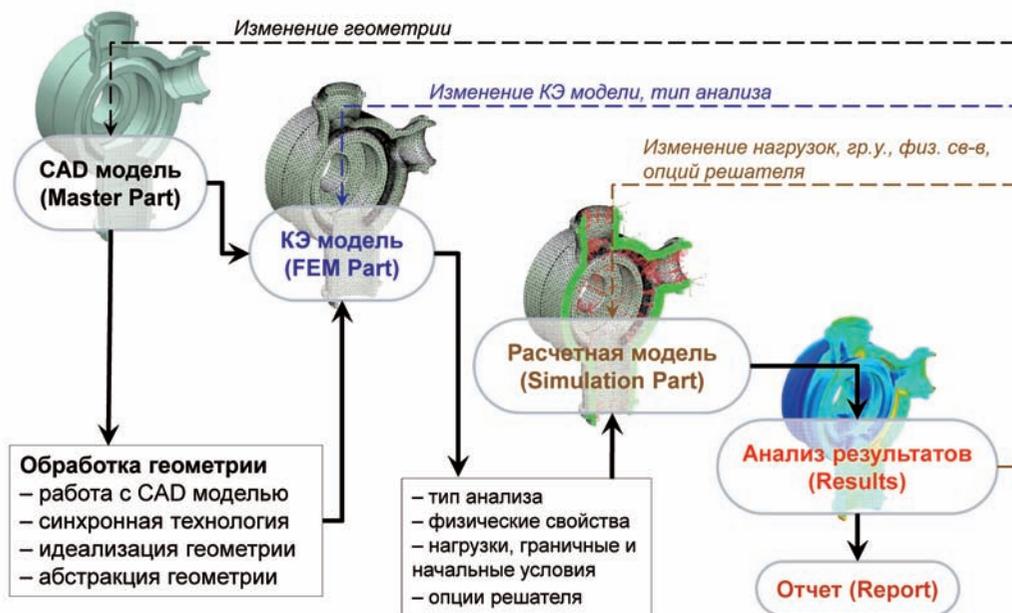


Рисунок 8.5. Этапы создания расчетной модели

1. Создание идеализированной геометрической модели (Master Part/Idealize Part)

Для эффективного применения КЭ метода должна быть построена корректная максимально простая геометрическая модель, для этого необходимо провести идеализацию исходной геометрии (Master Part – мастер-модели). Рекомендуется исключить все элементы, которые приводят к усложнению модели (технологические отверстия, скругления, фаски), но не оказывают влияния на ожидаемые результаты выполняемого расчета. Если в исходной геометрии присутствуют видимые поверхностные дефекты, то следует перестроить соответствующие геометрические элементы, для этого в **NX Расширенная симуляция** предназначены разнообразные инструменты.

Выполнение идеализации геометрии (то есть изменение или упрощение) реализуется без изменения мастер-модели. Система автоматически создает идеализированную модель, которой соответствует файл «имя_fem_i.prt», когда вы создаете файл FEM или файл симуляции SIM.

2. Создание КЭ модели (FEM Part)

Большое значение имеет качество КЭ модели (сетки). Если сетка будет низкого качества (большие элементы, вырожденная форма элементов), то можно не получить сходимости при решении либо не получить верный результат. Но при этом высокая степень дискретизации модели должна быть оправдана целью. Помимо построения непосредственно КЭ модели, задаются физические свойства модели, такие как свойства материалов и параметры оболочечных и стержневых элементов. Для КЭ модели создается файл «имя_fem.fem».

Вся геометрия в созданном файле FEM является полигональной. Когда вы создаете КЭ сетку, пользуясь указанием специализированных правил для генератора сетки, любое действие производится на полигональной геометрии, а не на идеализированной модели, при этом файл FEM ассоциативен с идеализированной геометрией.

NX Расширенная симуляция дает возможность проводить численное моделирование не только для отдельных конструкций, но и для нескольких деталей, объединенных в единую сборку. В этом случае структура расчетной модели немного отличается от расчетной. Для создания конечно-элементной модели сборки создаются КЭ модели каждой из деталей, затем создается КЭ модель сборки «Assembly FEM Part», где все КЭ модели деталей объединяются в сборку. Для дальнейшего использования в расчете КЭ модели сборки необходимо наложить условия связи между конечными элементами сборочных компонент. Стоит отметить, что позиционирование КЭ моделей деталей относительно друг друга в сборке происходит автоматически в соответствии с исходной CAD сборкой, в случае же отсутствия исходной сборки существуют специальные инструменты в рамках «Assembly FEM Part» для позиционирования деталей вручную.

3. Создание расчетной модели (Simulation Part)

Для разработанной КЭ модели определяются условия нагружения, граничные и начальные условия, условия возможного контактного взаимодействия, один или несколько типов анализа и опции решателя. Данный этап является самым важным, поскольку он непосредственно влияет на полученные результаты.

Созданный файл симуляции «имя_sim.sim» содержит все параметры и свойства поведения конструкции, расчетных случаев, настройки решателя, такие как тип решения, шаг решения,

объекты симуляции (контактные граничные условия и т.д.), нагрузки, ограничения, физические свойства, созданные при перезаписи физических свойств. Вы можете создать несколько файлов симуляции SIM, ассоциированных с одним файлом FEM.

4. Численное решение задачи (Solution)

Во время процесса расчета обычно происходит так называемый мониторинг хода решения, для выявления проблем с решением на раннем этапе необходимо следить за сходимостью решателя, за сходимостью контактного алгоритма, за нелинейной или нестационарной историей решения.

5. Анализ полученных результатов (Results)

В случае получения корректных и удовлетворяющих критериям пользователя результатов они анализируются, строятся необходимые графики и распределения, составляется отчет. В другом случае возможен возврат к одному из предыдущих этапов для корректировки результатов путем изменения либо опций решения, либо КЭ модели, либо геометрической геометрии. При этом система автоматически реализует ассоциативную связь между геометрической и расчетной моделями и корректно изменяет расчетную сетку, переносит нагрузки и т.д. Это позволяет значительно сократить время на повторное построение расчетной модели после проведения изменений в исходной модели.

Приведем общую структуру типичной расчетной модели в **NX Расширенная симуляция** (рис. 8.6).

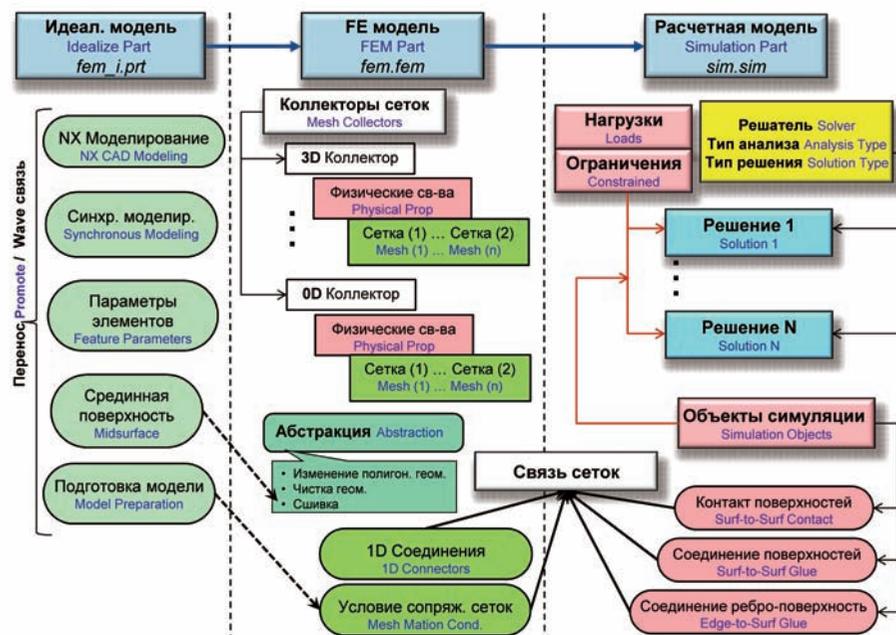


Рисунок 8.6. Структура и управление расчетной моделью

ПРЕИМУЩЕСТВА СТРУКТУРИРОВАННОЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

Существует несколько преимуществ от управления САЕ данными в структуре расчетной модели **NX Расширенная симуляция**. Расширение *.sim* и *.fem* файлов может использоваться PLM-системой управления данными и процессами моделирования. NX поддерживает двойной щелчок мышью и перетаскивание *.sim* и *.fem* файлов при работе в системе Windows.

Открытие мастер-геометрии является опциональным, что приводит к использованию меньшего объема оперативной памяти и позволяет системе работать быстрее. Наглядная логическая структура позволяет легче ориентироваться при работе со сложными моделями. Повторное использование файла расчетной сетки FEM может значительно повысить эффективность использования ресурсов дискового пространства. Однако перед структурированием расчетной модели, как уже упоминалось, конструктор должен четко представлять описываемую задачу, тип анализа, условия работы конструкции.

Модуль **NX Расширенная симуляция** является гибкой настраиваемой средой численного моделирования и допускает различные последовательности операций для достижения той или иной цели. В зависимости от стоящей перед инженером задачи и персональных настроек пользователь может самостоятельно определить удобную для себя последовательность действий для достижения конечного результата. Две основные последовательности, однако, дают возможность выполнить большую часть расчетных случаев.

В рекомендуемой для большинства моделей последовательности действий необходимо явно задать материал, физические свойства и свойства сетки в коллекторах КЭ сетки до генерации самой сетки. Коллектор КЭ сетки – это элемент дерева расчетной модели, содержащий информацию о типе, свойствах и параметрах расчетной КЭ сетки. Эта явная последовательность действий полезна для построения сложных моделей, которые содержат несколько тел, материалов и КЭ сеток. Такая последовательность действий обеспечивает прозрачность свойств модели и снижает риск возникновения ошибки моделирования или расчета.

Для простых конструкций с одним твердым или поверхностным телом из одного материала можно использовать автоматизированную последовательность действий. Эта последовательность позволяет быстро создать файлы расчетной сетки и КЭ модели FEM и SIM со всеми необходимыми коллекторами в автоматическом режиме. Также в этом случае происходит наследование свойств объектов из геометрической CAD-модели или используются значения свойств и параметров по умолчанию.

Множественность моделей и решений

NX Расширенная симуляция позволяет создавать множественные файлы FEM для одной детали. Например, можно создать крупную («грубую») сетку и более мелкую сетку с высокой степенью детализации конструкции одновременно.

Чтобы связать новый файл FEM с существующей идеализированной деталью, в меню **Новый FEM (New FEM)** необходимо выбрать флажок **Ассоциативно с деталью (Associate to Master Part)** и выбрать идеализированную деталь из списка открытых деталей, или нажать **Открыть (Open Part)** и открыть идеализированную деталь. Чтобы связать новый файл FEM

с новой идеализированной деталью, в меню **Новый FEM (New FEM)** необходимо выбрать флажок **Ассоциативно с деталью (Associate to Master Part)** и выбрать мастер-деталь из списка открытых деталей. Для создания новой идеализированной геометрии установите флажок **Создать идеализированную деталь (Create Idealized Part)**. После нажатия клавиши **ОК** программа создает новую идеализированную деталь, основанную на мастер-модели.

Модуль **NX Расширенная симуляция** позволяет создавать несколько решений в одном файле симуляции. В этом случае NX допускает повторное использование заданных граничных условий путем простого перетаскивания мышью во вновь созданный расчетный случай.

При использовании такой методики все расчетные случаи будут использовать одни и те же свойства материалов и физические свойства объектов. Работая с множественными файлами симуляции, вы можете создать набор файлов симуляции для одного файла расчетной сетки FEM. Это эффективный способ проведения различных видов численного анализа в рамках работы с одним проектом. Повторное использование файла FEM может значительно сократить использование компьютерных ресурсов. Кроме того, повторное использование FEM-файла возможно при анализе различных условий нагружения детали.

При создании файла симуляции вы можете перезаписать физико-механические свойства элементов конструкции. Перезаписывание свойств в файле SIM позволит вам изменить значения выбранных материалов, физических свойств или атрибутов элементов без внесения соответствующих изменений в расчетную сетку (в файл FEM). Когда вы рассчитываете модель, которая содержит перезаписанные физико-механические характеристики конструкции, система использует значения, которые заданы на уровне файла SIM, вместо исходных значений. К примеру, это позволяет за меньшее время исследовать применение различных материалов в одной FEM-модели без создания дублирующихся на дисковом пространстве файлов. Также можно использовать перезаписывание свойств для быстрого анализа применимости различных толщин элементов при работе с поверхностными моделями.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ МЕНЮ И КОМАНД

В **NX Расширенная симуляция** использование всех доступных команд возможно разными способами:

- через главное меню;
- через основную панель инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**;
- через дерево модели (нажатие правой клавиши мыши) в окне **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)**;
- через графическое окно (нажатие правой клавиши мыши);
- через ту или иную панель инструментов, команды которых разделены по смысловому значению.

Поскольку панель инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)** содержит почти все команды для работы в модуле **NX Расширенная симуляция**, то дальнейшее описание меню команд проводится лишь для этой панели. В зависимости от активной части модели: идеализированной или конечно-элементной или модели симуляции – вид панели

инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)** меняется. При дальнейшем описании некоторых команд используется решатель **NX Nastran**.

ИДЕАЛИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ

Идеализация геометрии является процессом удаления или подавления элементов в модели, предшествующим созданию расчетной сетки. В целом вы можете также использовать команды идеализации геометрии для создания дополнительных элементов и модификации существующих. Система выполняет все операции идеализации на ассоциативной копии мастер-модели (идеализированной геометрии).

В **NX Расширенная симуляция** существуют два основных способа и соответствующие наборы инструментов для обработки геометрии.

1. Использование синхронной технологии

NX имеет специальные инструменты «синхронного моделирования», в том числе и в модуле **NX Расширенная симуляция** для быстрого внесения изменений в любую исходную геометрическую модель конструкции независимо от ее формата. Данная технология разработана на основе геометрического ядра Parasolid и набора интегрированных модулей D-Cubed. Синхронная технология позволяет реализовывать поэлементное создание и редактирование модели без истории построения. Происходит синхронизация существующих геометрических элементов, взаимосвязей между элементами с историей построения, характера изменений и параметров связей. Таким образом, данный подход позволяет использовать геометрию не только общепринятых CAD систем, но и нейтрального формата. Весь инструментарий синхронного моделирования может в равной степени применяться к моделям с историей создания или импортированным из других CAD систем и форматов. На рис. 8.7 представлена соответствующая панель **Синхронное моделирование (Synchronous Modeling)**, поскольку инструменты синхронного моделирования подробно описаны в другой главе данной книги, то опустим описание команд.

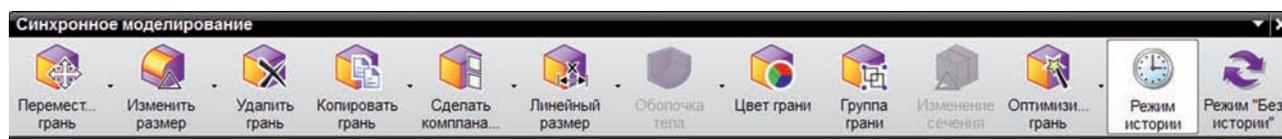


Рисунок 8.7. Команды панели **Синхронное моделирование (Synchronous Modeling)**

2. Идеализация геометрии

В рамках модуля **NX Расширенная симуляция** для быстрого упрощения и изменения расчетной области (геометрии) существует набор инструментов (рис. 8.8), который позволяет:

- напрямую удалять геометрические элементы, созданные в **NX CAD** модели;
- удалять скругления, фаски и отверстия вручную для любой геометрии с заданным признаком (например, радиус);

- добавлять, изменять или удалять геометрические объекты (например, грани, ребра) по заданным правилам;
- различными способами создавать и сшивать срединные поверхности тел для моделирования тонкостенных элементов, при этом значения толщин могут определяться автоматически на основе исходных твердых тел;
- делить на части геометрическую модель конструкции различными способами с использованием удобных и эффективных средств, что помогает создавать структурированные КЭ сетки.

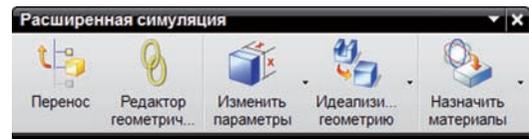


Рисунок 8.8. Команды панели **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**, идеализация

СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ

Построение КЭ расчетной сетки является этапом, на котором производится дискретизация математической модели, то есть разбиение непрерывной геометрической структуры на конечные элементы. Каждый элемент является математическим представлением дискретной части описываемой структуры и имеет заданную функцию интерполяции.

Создание конечно-элементной сетки – один из наиболее важных и критичных этапов в процессе численного инженерного анализа, и точность результатов напрямую зависит от качества создаваемой сетки.

Возможности по созданию КЭ сетки в модуле **NX Расширенная симуляция** позволяют пользователю автоматически создавать:

- 0D-элементы в выбранных точках;
- 1D-стержневые элементы на ребрах, линиях;
- 2D-оболочечные элементы на гранях и поверхностях;
- 3D-твердотельные элементы в объемах.

Система хранит все части расчетной КЭ сетки и их параметры, такие как материал, толщины, сечения (атрибуты элементов), в файле FEM. Для построения КЭ сетки может использоваться геометрия, созданная в других модулях NX, а также импортированная из других CAD-приложений.

На рис. 8.9 представлена соответствующая панель **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**, она состоит из команд для работы с материалами, коллекторами, с сетками, для исправления полигональной геометрии и прочего.

Остановимся на основных командах.

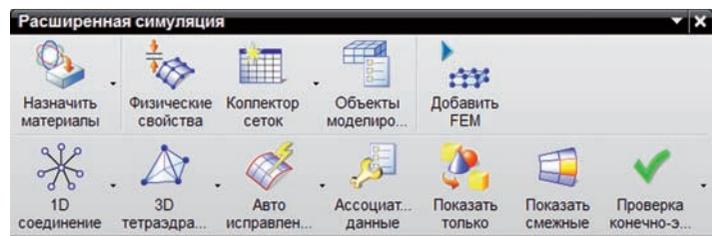
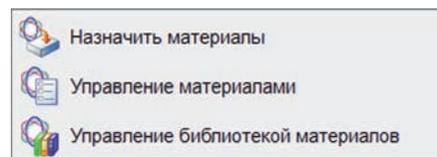


Рисунок 8.9. Команды панели **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**, КЭ модель

1. Материалы

Назначить материалы (Assign Materials) позволяет назначать материалы телам из списка материалов, которые находятся либо во встроенной библиотеке NX, которая содержит свойства стандартных материалов (в том числе и температурно-зависимые), либо в созданной пользователем.

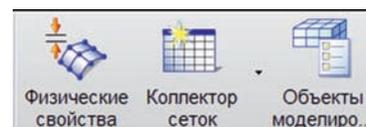


Управление материалами (Manage Materials) дает возможность редактировать существующие материалы или создавать новые изотропные, ортотропные, анизотропные, жидкостные, гиперупругие и т.п. материалы.

Управление библиотекой материалов (Manage Library Materials) позволяет редактировать существующую библиотеку материалов или создавать новую.

2. Физические свойства и коллекторы

Физические свойства (Physical Properties) – создание, изменение и удаление таблиц физических свойств, которые используются при создании конечных элементов.

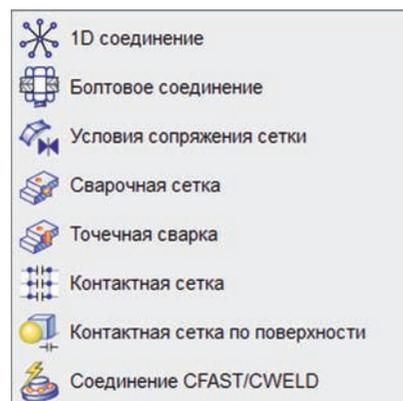


Коллектор сеток (Mesh Collector) – создание коллектора сеток в зависимости от размерности элементов, типов и определение физических свойств.

Объекты моделирования (Modeling Objects) – создание различных параметров моделирования в зависимости от выполняемого типа анализа.

3. 1D соединения

1D соединение (1D Connection) – создание одномерных конечных элементов, таких как: стержневой элемент (CROD, CONROD), балочный элемент (CBAR, CBEAM), упруго-демпферная связь (CBUSH), демпфер узел–узел (CDAMP), элемент вязкого демпфирования (CVISC), пружина узел–узел (CELAS), элемент зазора (CGAP), элемент связи (RBE3), абсолютно жесткий стержень (RBAR), абсолютно жесткая связь (RBE2), технический элемент (PLOTTL) и др. Создание возможно как через узлы/элементы, так и через геометрические объекты.



Болтовое соединение (Bolt Connection) – создание набора одномерных элементов для корректного моделирования болтового соединения, при этом тело болта обычно моделируется стержневым элементом, а взаимодействие шляпки/гайки с конструкцией – элементами связи (RBE2, RBE3).

Условия сопряжения сетки (Mesh Mating Condition) – задание условий для создания: непрерывной сетки на границе разделения тел, разрывной сетки на границе разделения тел с одинаковым местоположением узлов и разрывной сетки между телами с условиями связи на перемещения.

Точечная сварка (Spot Weld) – создание одномерных элементов, которые соединяют один набор точек с другим набором, например для создания заклепочных соединений.

Контактная сетка (Contact Mesh) и **Контактная сетка по поверхности (Surface Contact)** – автоматизированное создание контактных элементов зазора (CGAP) между геометрическими объектами.

Соединение CFAST/CWELD (CFAST/CWELD Connection) – моделирование точечной сварки конечными элементами CFAST или CWELD.

4. Создание конечно-элементных сеток

3D тетраэдральная сетка (3D Tetrahedral) – создание сетки с помощью тетраэдральных CTETRA4, CTETRA10 и пирамидальных конечных элементов от 5 до 13 узлов (CPYRAM).

3D сетка из поверхностной (Solid From Shell Mesh) – создание 3D тетраэдральной сетки в замкнутой области, границы которой разбиты на 2D треугольные конечные элементы.

3D гексаэдральная сетка (3D Swept Mesh) – создание структурированной 3D гексаэдральной сетки с помощью элементов CHEXA8 и CHEXA20.

2D сетка (2D Mesh) – создание сетки с помощью 2D элементов: четырехугольные поверхностные элементы (CQUAD4, CQUAD8, CQUADR), треугольные поверхностные элементы (CTRIA3, CTRIA6, CTRIAR), осесимметричные элементы (CQUADX4, CQUADX8, CTRAX3, CTRAX6), элементы для моделирования 2D-трещин (CRAC2D) и др.

2D регулярная сетка (2D Mapped Mesh) – создание полностью регулярной поверхностной сетки с помощью 2D элементов.

2D зависимая сетка (2D Dependent) – создание мастер-сетки на одной грани с привязкой к ней сетки другой грани, при этом если мастер-сетка меняется, то автоматически меняется зависимая сетка.

Локальное пересоздание сетки 2D (2D Local Remesh) – измельчение с заданным размером элемента поверхностной сетки вокруг выбранного объекта.

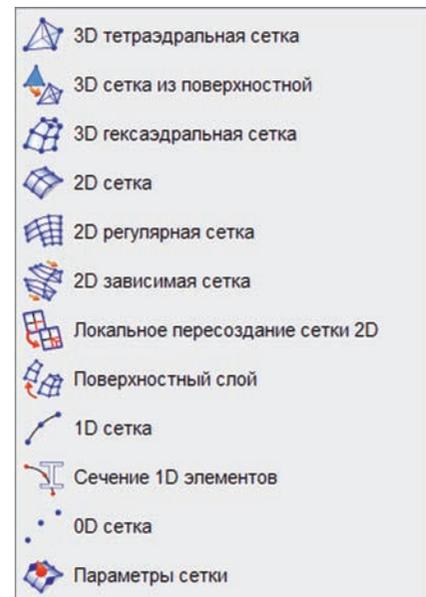
Поверхностный слой (Surface Coat) – создание оболочечных элементов на основе граней 3D элементов.

1D сетка (1D Mesh) – создание одномерных конечных элементов на основе кривых и ребер.

Сечение 1D элементов (1D Element Section) – создание поперечных сечений в **Менеджере сечений** для стержневых элементов.

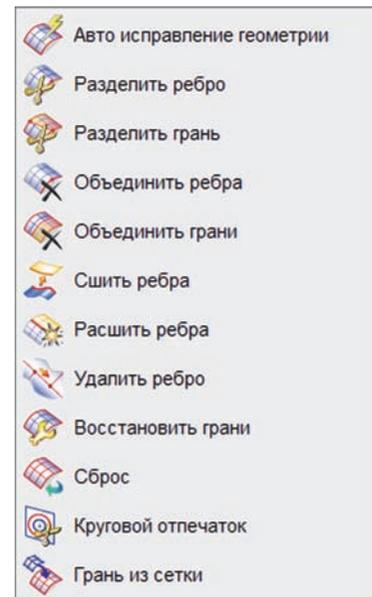
0D сетка (0D Mesh) – создание 0D элементов: упруго-демпферная связь узел–основание (CBUSH), пружина узел–основание (CELAS), демпфер узел–основание (CDAMP), элемент сосредоточенной массы (CMASS, CONM) и др.

Параметры сетки (Mesh Control) – локальное управление размером или количеством элементов на выбранных гранях или ребрах.



5. Инструменты абстракции геометрии

Иногда CAD геометрия содержит излишнюю детализацию, в которой нет необходимости при моделировании. При работе с КЭ моделью можно подправлять полигональную геометрию, не переходя в идеализированную модель, для улучшения и контроля КЭ сетки. Специальные инструменты позволяют удалять вырожденные грани и экстремальные поверхности (так называемое лечение геометрии), делить и объединять грани и ребра, сшивать ребра и заполнять зазоры, восстанавливать недостающие грани. Результат данных команд не вносит изменений в идеализированную геометрическую модель. Важнейшим фактором при работе с инструментами редактирования геометрии является способность препроцессора **NX Расширенная симуляция** автоматически обнаруживать все внесенные изменения и обновлять конечно-элементную модель. При этом нагрузки, граничные условия и другие опции моделирования сохраняются.



Автоисправление геометрии (Auto Heal Geometry) – автоматическое обнаружение и исправление проблемных зон полигональной геометрии.

Разделить ребро (Split Edge) и **Разделить грань (Split Face)** – деление ребер и граней на части.

Объединить ребра (Merge Edge) и **Объединить грани (Merge Face)** – объединение ребер относительно выбранной точки и граней относительно общего ребра.

Сшить ребра (Stitch Edge) – сшивка ребро–ребро, ребро–грань с удалением возможных зазоров. Команда эффективна при работе со срединными поверхностями.

Расшить ребра (Unstitch Edge) – обратная операция **Сшить ребра (Stitch Edge)**, но без восстановления зазора.

Удалить ребро (Collapse Edge) – удаляет небольшие ребра, заменяя их точкой.

Восстановить грани (Face Repair) – восстанавливает недостающие грани или удаляет проблемные.

Сброс (Reset) – удаляет все выполненные команды абстракции для выбранных объектов.

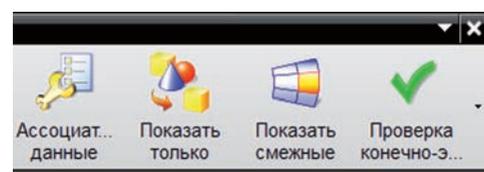
Круговой отпечаток (Circular Imprint) – создание круговой области вокруг выбранного кругового ребра или точки.

Грань из сетки (Face from Mesh) – создание полигональной геометрии на основе выбранных граней конечных элементов.

6. Другие инструменты

Ассоциативные данные сетки (Mesh Associated) – задание различных свойств для 0D, 1D и 2D сеток.

Показать только (Show Only) – отображение только выбранной геометрии и связанных с ней объектов моделирования.



Показать смежные (Show Adjacent) – отображение смежных граней относительно выбранных граней или ребер.

Проверка конечно-элементной модели (Finite Element Model Check) – проверка созданной конечно-элементной модели на форму элементов и на наличие двойных узлов, проверка нормалей оболочечных элементов, проверка ориентации материалов элементов и прочего.

Следует упомянуть, что для работы с конечно-элементной сеткой существуют дополнительные инструменты, которые позволяют непосредственно создавать новые узлы и элементы, менять существующие узлы и элементы, удалять узлы и элементы, разбивать на части элементы, менять физические свойства отдельных элементов, смотреть соответствующую информацию и многое другое. На рис. 8.10 и 8.11 представлены соответствующие панели для работы с объектами конечно-элементной модели.

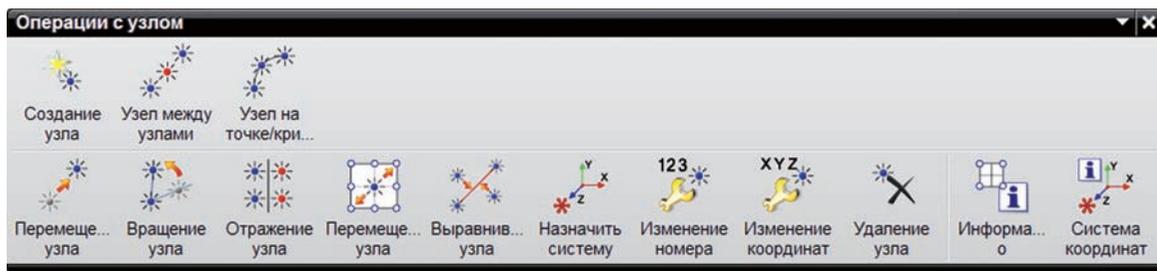


Рисунок 8.10 Команды панели **Операции с узлом (Node Operations)**

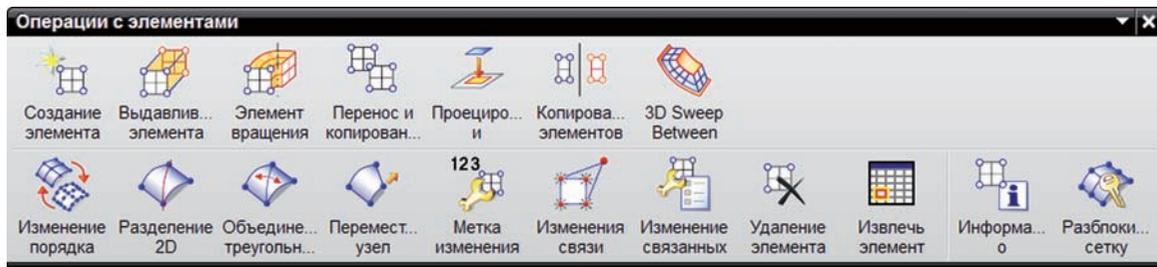


Рисунок 8.11. Команды панели **Операции с элементами (Element Operations)**

ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ

Для окончательного создания расчетной модели **Навигатор симуляции** предоставляет инструменты, которые позволяют создавать, изменять и отображать граничные условия и условия сопряжения объектов численной модели. Также для задания граничных условий и нагрузок вы можете воспользоваться панелью инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**. В данной главе ограничимся командами, которые соответствуют задачам механики деформируемого твердого тела.

Все параметры и опции при задании граничных условий интерактивны и активируются в соответствии с выбранным решателем и типом решения. Создавать граничные условия можно как до, так и после создания решения. Если вы создаете сначала решение, то нагрузки, граничные условия и т.д. сохраняются в **Навигаторе симуляции (Simulation Navigator)** в соответствующих контейнерах: **Контейнер нагрузки (Load Container)**, **Контейнер ограничений (Constraint Container)** и **Контейнер объектов симуляции (Simulation Object Container)**. Создаваемые объекты также сохраняются в соответствующих контейнерах активного решения. Если вы создаете сначала нагрузки, ограничения и т.д., они сохраняются в контейнерах в **Навигаторе симуляции**. Затем их можно перетащить с помощью мышки в созданные расчетные случаи.

Граничные условия могут быть приложены к геометрическим объектам (ребрам, граням, вершинам, точкам) и объектам КЭ модели (узлам, элементам, граням и ребрам элементов). В частности, граничные условия, приложенные к элементам КЭ модели, незаменимы в случае работы с импортированными сетками без основной геометрии. Для задания значения граничного условия вы можете использовать постоянные величины, выражения NX или поля. Поля позволяют определить, как значение меняется в зависимости от времени, температуры, частоты или в пространстве.

После подготовки КЭ расчетной модели в препроцессоре **NX Расширенная симуляция (NX Advanced Simulation)** выполняется расчет задачи в решателе NX Nastran или другой системе численного анализа. При запуске расчета из препроцессора программа создает входной файл NX Nastran для выбранного типа решения и затем обрабатывает его в решателе (проводит численное решение системы дифференциальных уравнений). Для запуска расчета необходимо в **Навигаторе симуляции (Simulation Navigator)** нажать правой клавишей мыши на решении и выбрать **Решение... (Solve...)** или на панели **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)** выбрать команду **Решение (Solve)**.

На рис. 8.12 представлена соответствующая панель **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**, она состоит из команд для работы с нагрузками, ограничениями, объектами моделирования и симуляции.

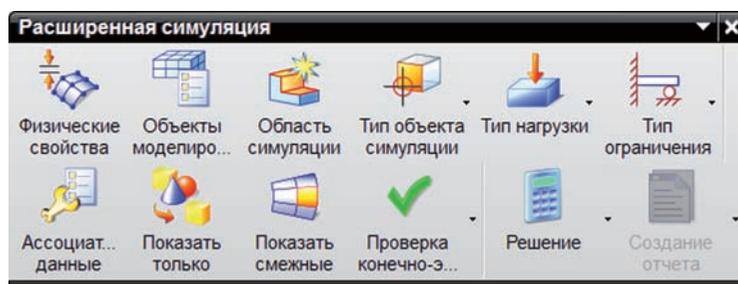


Рисунок 8.12. Команды панели **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**, файл симуляции

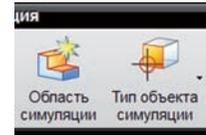
Команды **Физические свойства (Physical Properties)**, **Объекты моделирования (Modeling Objects)**, **Ассоциативные данные сетки (Mesh Associated)**, **Показать только**

(Show Only), Показать смежные (Show Adjacent), Проверка конечно-элементной модели (Finite Element Model Check) такие же, как и для КЭ модели.

Остановимся на командах, которые относятся непосредственно к файлу симуляции.

1. Объекты симуляции

Область симуляции (Simulation Region) – создание регионов из граней или ребер с дополнительными контактными опциями для использования их при создании объектов симуляции.



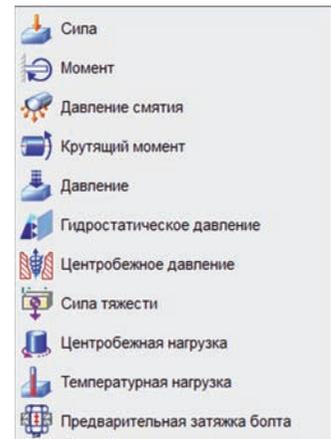
Тип объекта симуляции (Simulation Object Type) – создание таких объектов, как контактное взаимодействие типа поверхность–поверхность, условия склеивания типа поверхность–поверхность и ребро–поверхность; задание условий для использования «смерть/рождение» элементов, задание начального распределения температур для нестационарной задачи теплопроводности.

2. Тип нагрузки

Сила (Force), Момент (Moment), Давление (Pressure), Сила тяжести (Gravity) – создание соответствующих условий нагружения для геометрических и конечно-элементных объектов. Обычно задаются тип приложения, объект, величина нагрузки, вектор направления действия и метод распределения.

Давление смятия (Bearing) – задание давления на цилиндрическую грань или круговое ребро, причем оно меняется по гармоническому или параболическому закону в зависимости от угла раствора.

Крутящий момент (Torque) – моделирование крутящего момента путем приложения касательных усилий на выбранную цилиндрическую грань, при этом нагрузка эквивалентна заданному значению крутящего момента.



Гидростатическое давление (Hydrostatic Pressure) – задание переменного по высоте давления от жидкости при указанных гравитационной константе и плотности жидкости.

Центробежное давление (Centrifugal Pressure) – задание центробежного давления, возникающего при вращении тела с учетом жидкости.

Центробежная нагрузка (Centrifugal) – приложение центробежной нагрузки, которая возникает от вращения тела, задаются угловая скорость и ускорение.

Температурная нагрузка (Temperature Load) – задание известного распределения температуры в объекте для дальнейшего учета температурных деформаций.

Предварительная затяжка болта (Bolt Pre-Load) – задание усилия затяга болтовых соединений, применяется только к CBAR или CBEAM стержневым конечным элементам.

3. Тип ограничения

Ограничение, задаваемое пользователем (User Defined Constraint) – обобщенное задание условий на степени свободы: выбирается объект, для каждой из шести степеней свободы ставится условие в соответствии с выбранной системой координат.

Вынуждающее перемещение (Enforced Displacement Constraint) – задание значения перемещения для выбранных степеней свободы указанного объекта.

Заделка (Fixed Constraint), Пространственный шарнир (Fixed Translation Constraint), Ограничение вращения (Fixed Rotation Constraint) – соответственно закрепляются все шесть степеней свободы, закрепляются только три трансляционные, закрепляются только три поворотные для выбранных объектов.

Простое опирание (Simply Supported Constraint) – задание условия простого опирания, определяется вектор для закрепления, степени свободы по остальным направлениям свободны.

Ограничение закрепления (Pinned Constraint) – для выбранной цилиндрической грани закрепляются все степени свободы, кроме окружных перемещений.

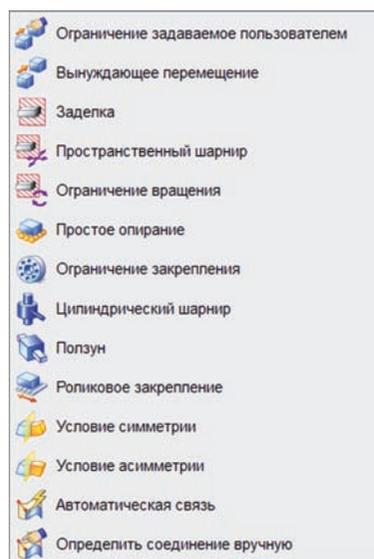
Цилиндрический шарнир (Cylindrical Constraint) – для выбранной цилиндрической грани создается локальная цилиндрическая система координат, относительно которой выбираются условия закрепления.

Ползун (Slider Constraint) – определяется вектор, вдоль которого степень свободы свободна, остальные степени свободы закреплены.

Роликовое закрепление (Roller Constraint) – выбирается вектор, относительно которого трансляционная и поворотные степени свободы свободны, остальные закреплены.

Условие симметрии (Symmetric Constraint), Условие асимметрии (Anti-Symmetric Constraint) – постановка условий симметрии, асимметрии соответственно.

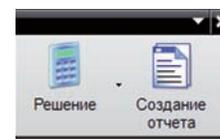
Автоматическая связь (Automatic Coupling), Определить соединение вручную (Manual Coupling) – задание условий связи на степени свободы между узлами в автоматическом и ручном режимах соответственно.



4. Запуск на решение задачи и создание отчета

Решение (Solve) – запуск активного решения для разработанной расчетной модели на расчет в соответствии с выбранным решателем и типом анализа.

Создание отчета (Create Report) – генерация отчета, содержащего основную информацию о расчетной модели, при этом в дереве модели появляется соответствующая вкладка.



ПРОСМОТР РЕЗУЛЬТАТОВ

После выполнения решения в выбранном решателе необходимо провести анализ полученных результатов и дать оценку конструкции. Для перехода в режим постпроцессора **NX Расширенная симуляция (NX Advanced Simulation)** необходимо на панели ресурсов выбрать **Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator)** или в окне **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)** дважды нажать на закладку **Результаты (Results)**. Используя **Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator)**, вы можете просматривать и управлять разными наборами результатов:

- выводить анимации, динамическую плоскость сечения, динамические изоповерхности;
- осуществлять контроль над выходными данными с гибким выбором результатов для вывода в файл;
- одновременно просматривать результаты в разных графических окнах;
- создавать аннотации в графическом окне;
- экспортировать в файлы разных форматов (JT, PNG, JPEG, GIF, TIFF, BMP, анимированный GIF);
- строить графики и выводить данные результатов в текстовые таблицы для дальнейших манипуляций с ними;
- генерировать отчет в HTML формате.

Кроме этого, можно переходить между несколькими наборами данных, включая импортированные результаты из различных систем КЭ анализа (Nastran, Abaqus, Ansys, I-deas).

Каждый открытый файл симуляции представлен узлом верхнего уровня в **Навигаторе постпроцессора (Post Processing Navigator)**. Этот узел выступает в роли контейнера для решений. Управляя моделями, которые содержат несколько результатов, вы можете быстро определить, какие результаты какому решению принадлежат. С помощью нажатия правой клавиши мыши на узле решения вы можете загрузить и выгрузить результаты, а также создать определенный по умолчанию вид постпроцессора загруженных результатов. Для отображения любого из полученных результатов необходимо в **Навигаторе постпроцессора (Post Processing Navigator)** раскрыть узел решения и двойным щелчком мыши вывести результаты в графическую область NX (рис. 8.13). Отображение созданных путей и графиков

Name	Description
Propeller_CAE_sim1	
Static	NX NASTRAN, Structural, SESTATIC 101...
Перемещение - По узлам	
X	
Y	
Z	
Magnitude	
Вращение - По узлам	
Напряжение - По элементам	
Напряжение - По элементам/узлам	
Деформация - По элементам	
Деформация - По элементам/узлам	
Сила реакции - По узлам	
Момент реакции - По узлам	
Modal	NX NASTRAN, Structural, SEMODES 103
Imported Results	
Viewports	
Fringe Plots	
Post View 1	(MASTER) Напряжение - По элементам...
Templates	

Рисунок 8.13. Общий вид **Навигатора постпроцессора (Post Processing Navigator)**

также доступно в узле решения. Импортированные наборы результатов доступны под узлом **Импортированные результаты (Imported Results)** в Навигаторе постпроцессора (**Post Processing Navigator**).

Основные операции и команды меню **Постпроцессор (Post Processing)** для управления видом отображаемых результатов, видом модели в режиме постпроцессинга, а также для количественной оценки полученных данных представлены ниже.

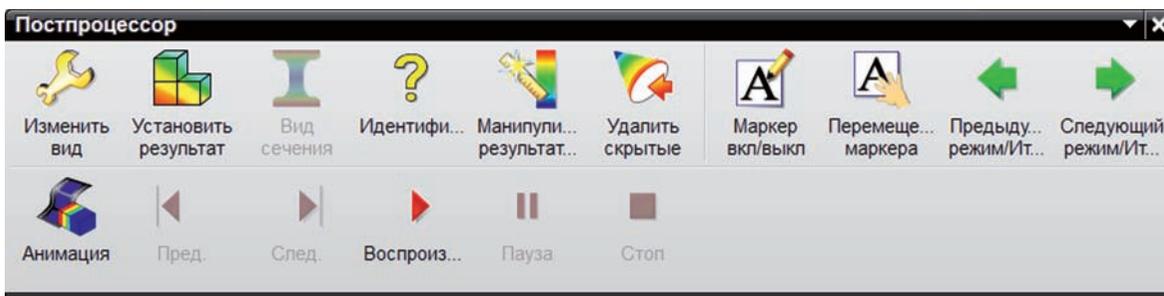


Рисунок 8.14. Панель инструментов **Постпроцессор (Post Processing)**

Изменить вид (Edit Post View) – команда, отвечающая за вызов диалогового окна **Вид постпроцессора (Post View)** (рис. 8.15). Данное окно имеет все доступные в постпроцессоре инструменты для отображения и визуализации результатов в графическом окне. Диалоговое окно имеет четыре вкладки:

- **Отобразить (Display)** – настройки отображения результатов для модели, такие как вид отображения (непрерывный, маркеры, сечения, изоповерхности и т.д.), настройка деформированного состояния, выбор результатов для отображения.
- **Легенда (Legend)** – настройки отображения в графическом окне цветовой палитры и заголовка.
- **Ребра & грани (Edges & Faces)** – настройки отображения свободных границ модели и границ элементов.
- **Аннотация (Annotation)** – настройки отображения для маркеров минимального и максимального значений.

Установить результат (Set Result) – команда, отвечающая за вид отображения резуль-

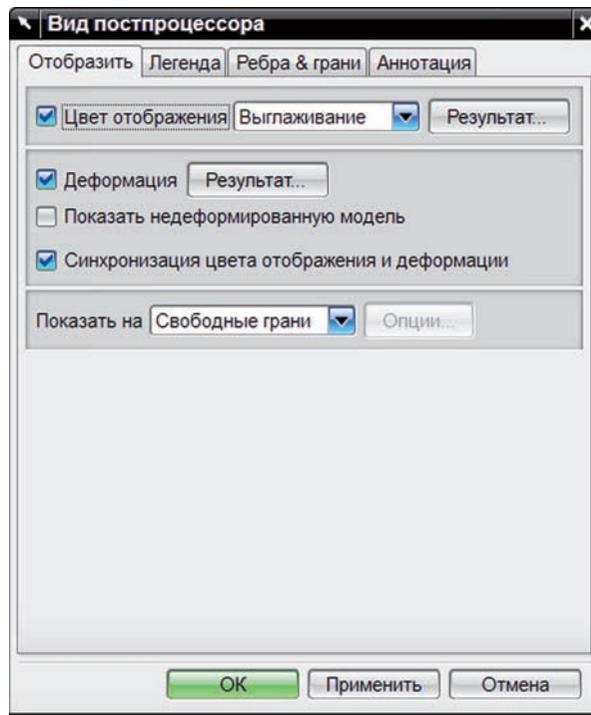


Рисунок 8.15. Диалоговое окно **Вид постпроцессора (Post View)**

тата (рис. 8.16), данную команду можно вызвать и через команду **Изменить вид (Edit Post View)** (вкладка **Отобразить (Display)**, кнопка **Результат... (Result...)**). Она позволяет выбрать вид результата, определить параметры осреднения результатов по узлам, систему координат, единицы измерения и т.д.

Вид сечения (Cross-Section View) – вызов диалогового окна для настройки вывода результатов для 1D стержневых элементов, а именно результатов в сечениях.

Идентификация (Identify) – снятие числовых значений результатов в выбранных узлах и элементах, их просмотр в текстовом виде или табличном, экспортирование в отдельный файл.

Манипулирование результатами (Results Manipulation) – выполнение операций с разными результатами и создание новых на основе существующих.

Удалить скрытые грани (Backface Culling) – команда для улучшения визуального вывода результатов для оболочечных элементов.

Маркер вкл./выкл. (Marker On/Off) – включение и выключение маркера в графическом окне, указывающего на наибольшее и наименьшее значение текущего результата.

Перемещение маркера (Marker Drag) – включение режима динамического перемещения маркеров с помощью мыши.

Предыдущий режим/Итерация (Previous Mode/Iteration), Следующий режим/Итерация (Next Mode/Iteration) – переключение между режимами или итерациями для отображения выбранного результата конкретной итерации.

Анимация (Animation) и кнопки управления анимацией – создание и настройка анимированного состояния для текущего результата, сохранение анимированного файла.

Для построения графиков и работы с ними существуют отдельные инструменты и команды.

Более подробную информацию по работе с модулем **NX Расширенная симуляция (NX Advanced Simulation)** смотрите в справочной информации к NX.

Ниже приведем пример линейного статического анализа и анализа свободных колебаний пропеллера.

ПРИМЕР. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МОДЕЛИ ПРОПЕЛЛЕРА, АНАЛИЗ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

В данном примере рассмотрим модель пропеллера, на лопасти которого действует давление от окружающей среды, составляющее 6000 Па, также учтем центробежные усилия, возникающие от вращения пропеллера со скоростью 1200 об/мин. Будут выполнены ста-

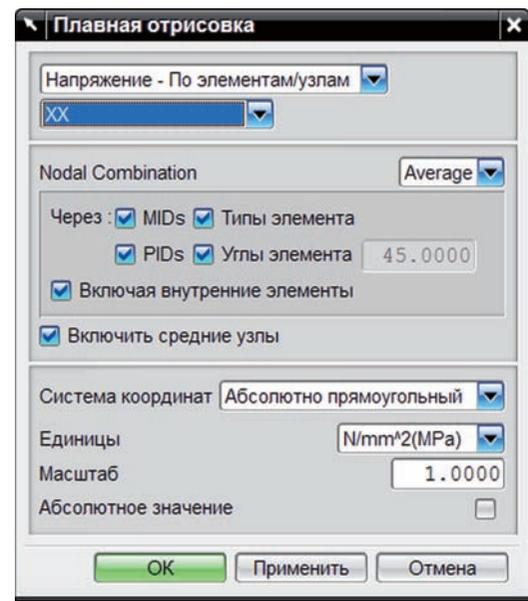


Рисунок 8.16. Диалоговое окно **Установить результат (Set Result)**

тический и модальный анализы. Для демонстрации возможностей NX CAE разработаем КЭ модель, состоящую из гексаэдральных и тетраэдральных 3D конечных элементов.

Проведение инженерного анализа будет состоять из нескольких этапов:

1. Открытие и создание новых файлов модели.
2. Идеализация модели.
3. Создание конечно-элементной модели.
4. Задание нагрузок и граничных условий.
5. Выполнение статического анализа.
6. Просмотр результатов статического анализа.
7. Выполнение модального анализа.
8. Просмотр модального анализа.

В предложенном примере для вызова почти всех команд используются панели инструментов, команды которых разделены по смысловому значению. Для вызова указанной панели (если она не отображена) следует в любом месте, кроме графического окна, нажать правой кнопкой мыши, затем в появившемся списке доступных панелей выбрать наименование необходимой панели для ее отображения. Все панели инструментов, которые необходимы для работы с NX Расширенная симуляция, находятся в нижней части списка панелей.

1. Открытие CAD модели и создание новых файлов модели

1.1. Запустите NX 7.5 и откройте файл *Propeller_CAE.prt*, перейдите в модуль **NX Расширенная симуляция/NX Advanced Simulation** (**Начало > Расширенная симуляция, Start > Advanced Simulation**).

Сделайте все настройки диалоговых окон «по умолчанию», выберите через главное меню: **Настройки > Интерфейс пользователя > Общий > Сбросить настройки меню (Preferences > User Interface > General > Reset Dialog Box Settings)**, нажмите **OK**, как показано на рис. 8.17.

1.2. Нажмите правую клавишу мыши на модели в **Навигаторе симуляции (Simulation Navigator)** или окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** (рис. 8.18). Выберите **Новая конечно-элементная модель и симуляция (New FEM and Simulation)** для создания КЭ и расчетной моделей. Появилось диалоговое окно создания FEM файла, убедитесь, что в качестве **Решателя (Solver)** у вас выбран **NX Nastran**, нажмите **OK**. Появилось новое диалоговое окно создания SIM файла, убедитесь, что в окне **Решение (Solution)** выбран **Тип решения (Solution Type) «SESTATIC 101 – Одно ограничение»**, нажмите **OK**.

Таким образом, мы на основе исходной CAD модели создали идеализированную модель, FE модель и

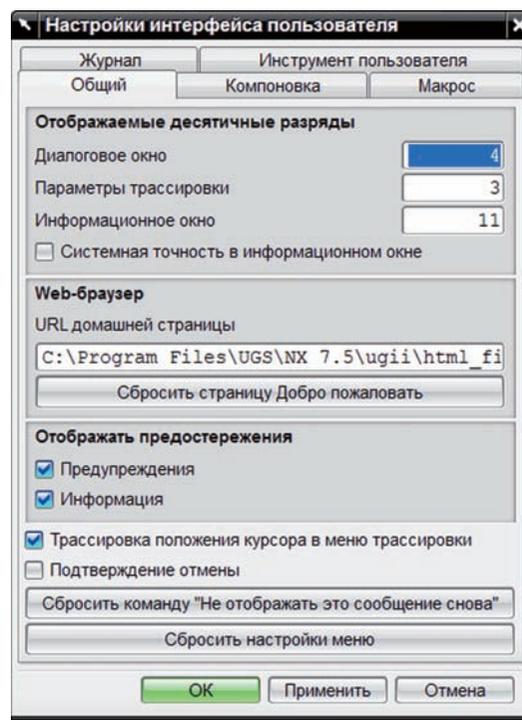


Рисунок 8.17

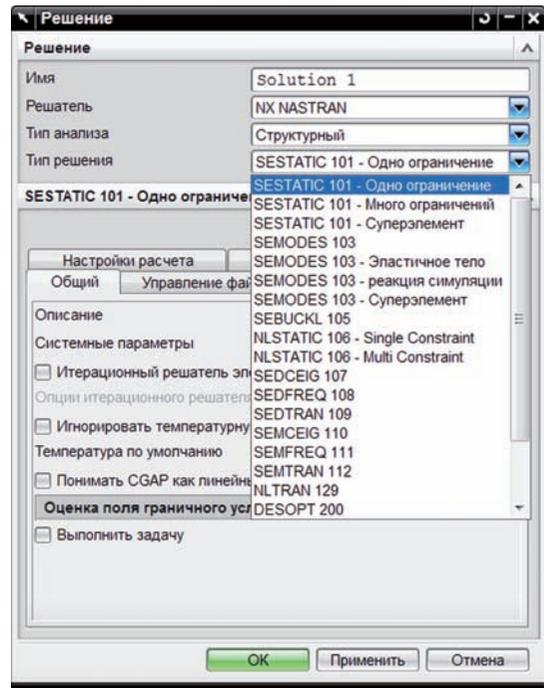
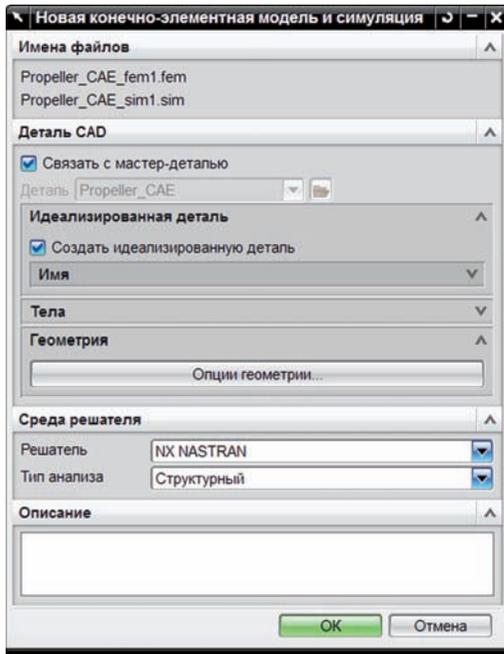
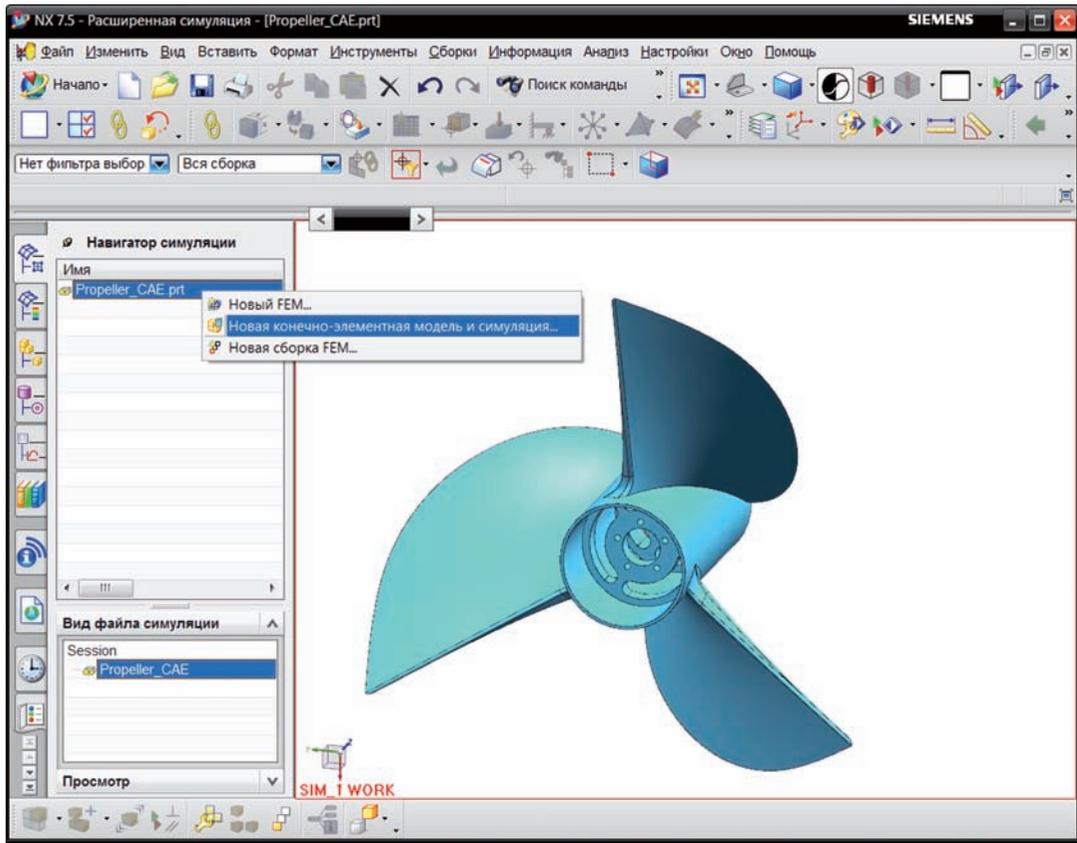


Рисунок 8.18

модель симуляции с соответствующими файлами. В окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** отображены названия четырех файлов модели, а поскольку на данный момент активен файл симуляции, то именно он выделен синим цветом (рис. 8.19). Обратите внимание, что дерево модели файла симуляции наполнилось пустыми контейнерами, которые мы заполним при создании полноценной расчетной модели.

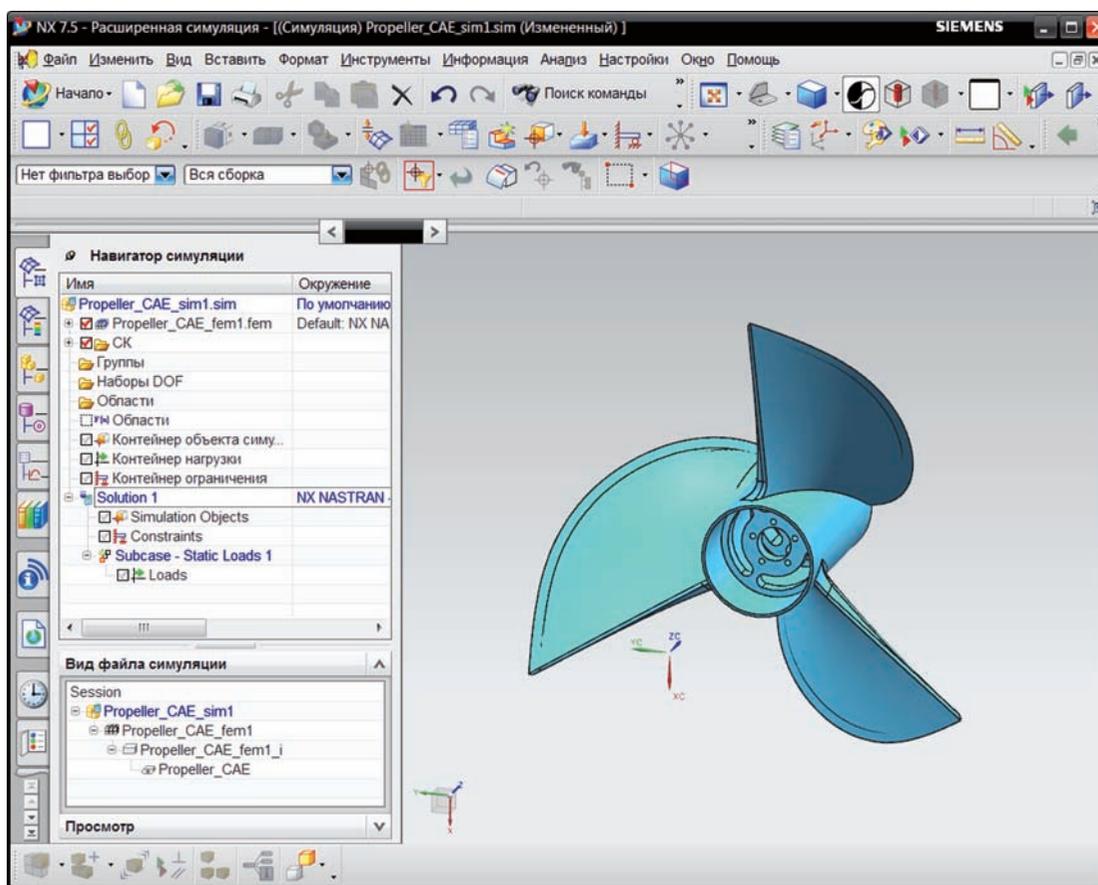


Рисунок 8.19

2. Идеализация модели

Для упрощения геометрической модели мы проведем ее идеализацию, удалив небольшие отверстия. Для создания гексаэдральной сетки части конструкции выполним операции по разделению тела.

2.1. Двойным нажатием левой клавиши мыши на файл *Propeller_CAE_fem1_i* в окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** переходим к идеализированной модели, при этом появляется окно предупреждения о том, что если необходимо выполнять какие-либо операции с геометрией, то следует сделать ассоциативную копию геометрической модели. Нажимаем **ОК**.

Для рассматриваемого тела выполните команду **Перенос (Promote)** (панель инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**) для создания ассоциативной копии.

2.2. Для удаления отверстий выполните команду **Идеализировать модель (Idealize Geometry)** (панель инструментов **Подготовка модели (Model Preparation)**), выберите тело, в диалоговом окне включите опцию **Отверстия (Holes)**. В выбранном теле подсветились все отверстия, диаметр которых меньше заданного (рис. 8.20). Нажмите **ОК**.

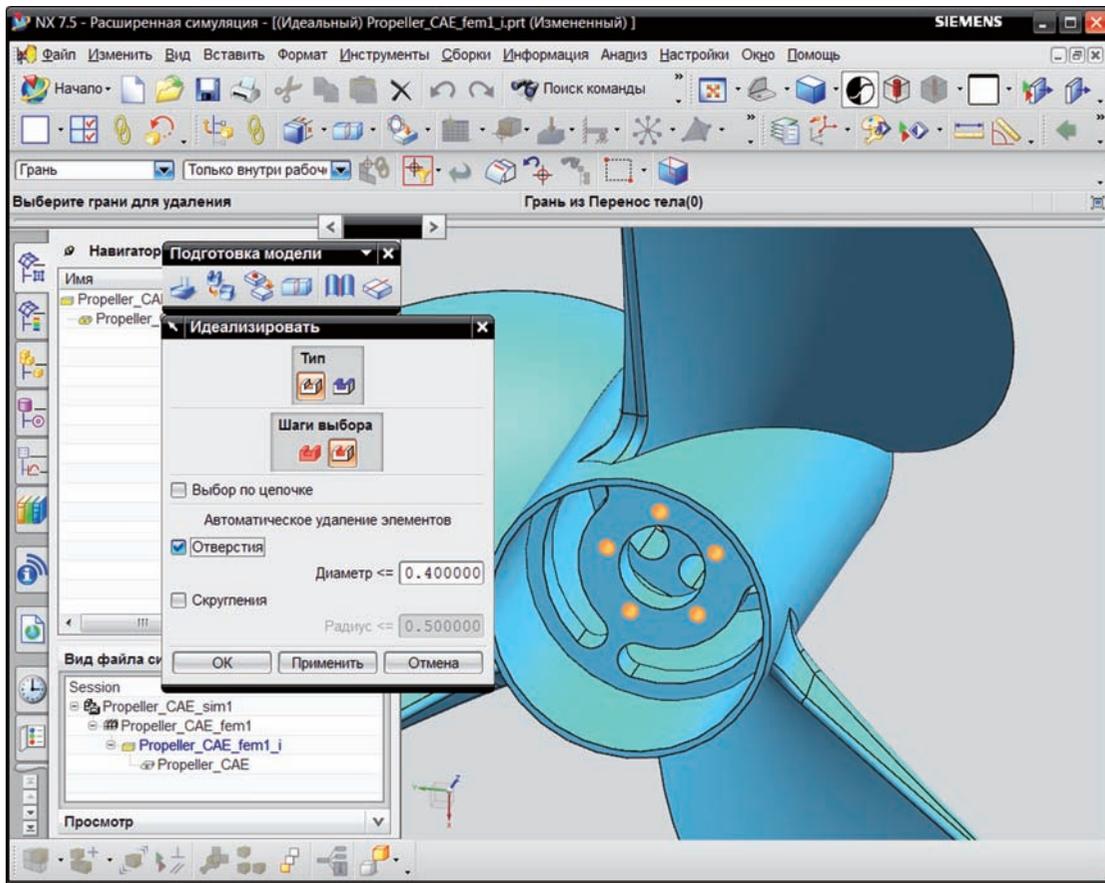


Рисунок 8.20

2.3. Для разделения тела на несколько тел выполните команду **Разрезать тело (Split Body)** (панель инструментов **Подготовка модели (Model Preparation)**), выберите тело, в диалоговом окне выберите **Опции инструмента (Tool option)** – **Вытягивание (Extrude)**, в секции диалогового окна **Инструмент (Tool)** в качестве **сечения (Section)** выберите кривую (круговое ребро), как показано на рис. 8.21. В качестве вектора, вдоль которого происходит вытягивание выбранной кривой, автоматически выбрана осевая линия ребра. В секции диалогового окна **Настройки симуляции (Simulation Settings)** включите опцию **Создать условия сопряжения сетки (Create Mesh Mating Conditions)**, это означает, что при создании КЭ сетки на границе разделения тел она будет непрерывна (общие узлы). Нажмите **ОК**.

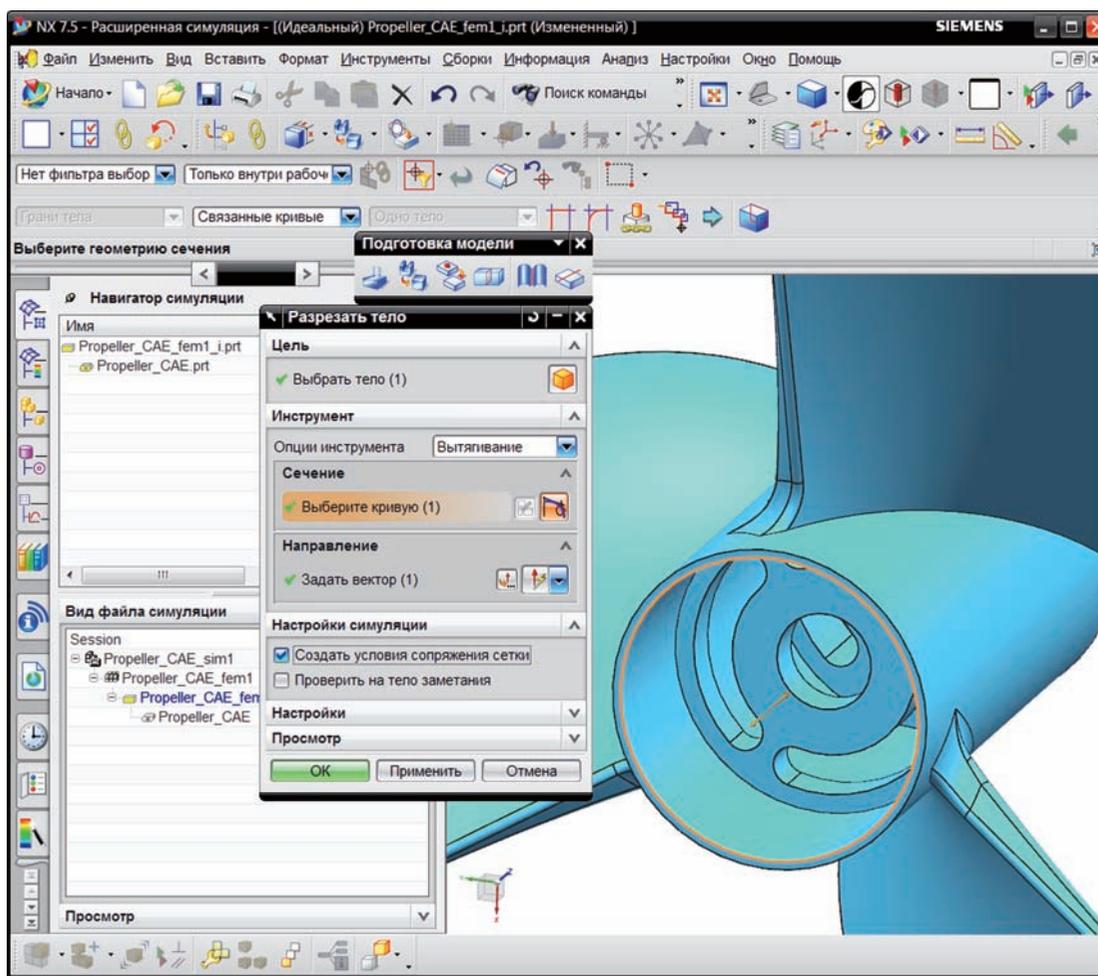


Рисунок 8.21

На этом этапе мы завершили идеализацию геометрии и переходим к созданию конечно-элементной модели.

3. Создание конечно-элементной модели

На данном шаге необходимо получить конечно-элементную модель. Перед созданием КЭ сетки объединим некоторые грани полигональной геометрии для генерации качественной сетки. Для этого воспользуемся инструментами абстракции.

3.1. Двойным нажатием левой клавиши мыши на файл *Propeller_CAE_fem1* в окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** откройте КЭ модель.

3.2. Для объединения граней выполните команду **Объединить грани (Merge Face)** (панель инструментов **Очистка модели (Model Cleanup)**), для объединения граней выбирайте общие ребра. В результате вы должны «удалить» по одному ребру (оранжевый цвет) каждой лопасти (рис. 8.22), после объединения обязательно нажмите **ОК**.

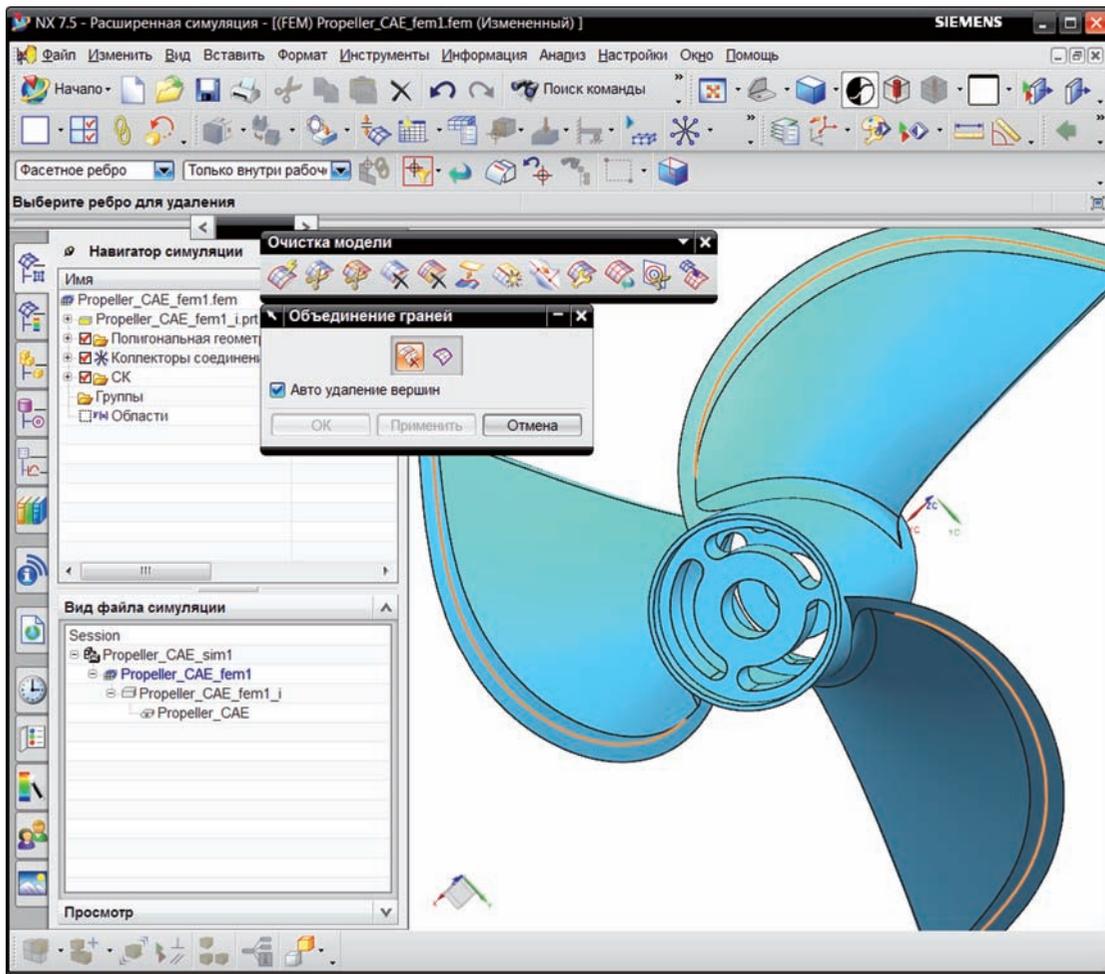


Рисунок 8.22

Теперь модель готова к построению КЭ сетки, причем для внутренних тел будут использоваться гексаэдральные элементы, а для остальной части конструкции – тетраэдральные конечные элементы.

3.3. Выполните команду **3D гексаэдральная сетка (3D Swept Mesh)** (панель инструментов **Конечно-элементная модель (Finite Element Model)**), укажите (рис. 8.23):

- **Тип (Type) – Наследованное множество тел построения (Multi Body-Infer Target);**
- **Выбрать исходную грань (Select Source Face) –** выберите по одной торцевой грани каждого внутреннего тела;
- **Тип/Type (Свойства элемента/Element Properties) – CHEXA(20);**
- **Исходный размер элемента (Source Element Size) – 3 мм.**

Нажмите **ОК**.

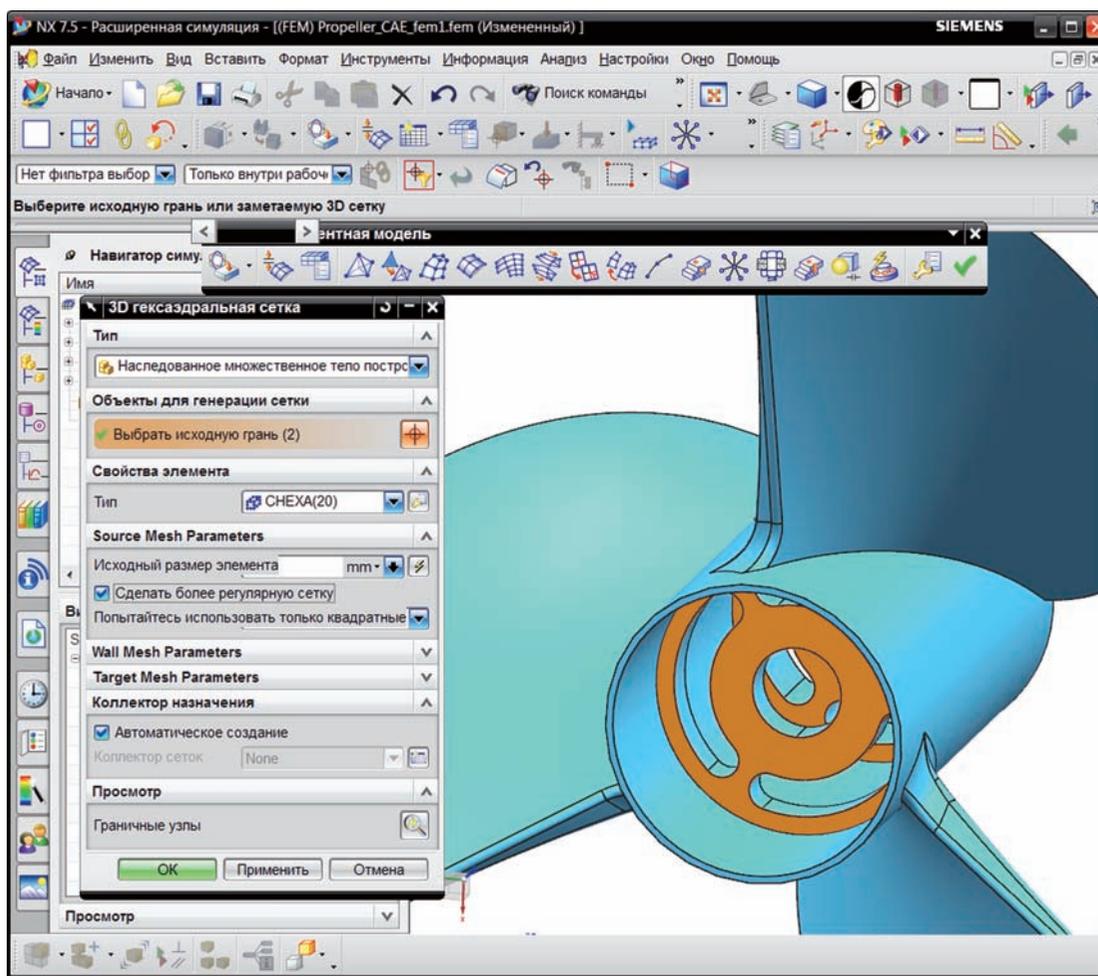


Рисунок 8.23

3.3. Для создания сетки для остальных частей конструкции выполните команду **3D тетраэдральная сетка (3D Tetrahedral)** (панель инструментов **Конечно-элементная модель (Finite Element Model)**), укажите (рис. 8.24):

- **Выберите тела (Select Bodies)** – выберите не разбитое на элементы тело;
- **Тип/Type (Свойства элемента/Element Properties)** – **CTETRA(10)**;
- **Размер элемента (Element Size)** – 3 мм (в случае маломощного компьютера допускается задать 5 мм);
- опция **Переход с элементами пирамиды (Transition with Pyramid Elements)** должна быть включена для создания пирамидальных элементов, чтобы осуществлялся корректный переход от гексаэдральных к тетраэдраэдральным элементам;
- **Автоматическое создание/Automatic creation (Коллектор назначения/Destination Collector)** – убедитесь, что опция выключена.

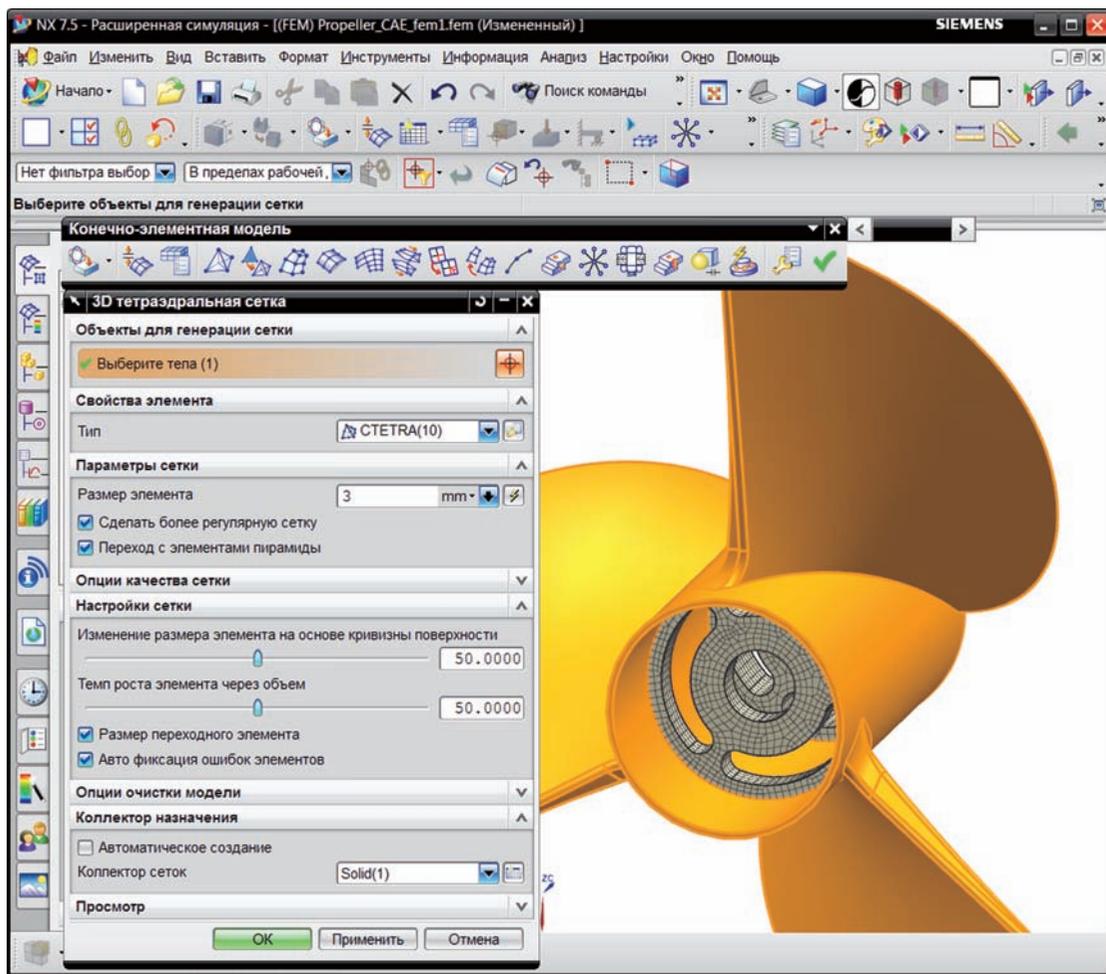


Рисунок 8.24

Нажмите **ОК**.

Заметим, что на границе разделения тел созданная сетка является связанной, так как во время разделения тела в рамках идеализированной модели мы поставили условие сопряжения тел. Это же условие мы могли поставить и в рамках конечно-элементной модели (панель инструментов **Подготовка модели (Model Preparation) – Условия сопряжения сетки (Mesh Mating Conditions)**).

3.4. Обратите внимание, что в окне **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)** в дереве модели (раскройте все контейнеры), помимо указаний на используемые тела (контейнер **Полигональная геометрия/Polygon Geometry**), появился 3D коллектор *Solid (1)*, который является таблицей физических свойств. В свою очередь, он имеет два набора гексаэдральных элементов (*3d_mesh(1)* и *3d_mesh(2)*), набор тетраэдральных элементов (*3d_mesh(3)*) и набор переходных пирамидальных элементов (*3d_Pyramid_transition(1)*). Также модель содержит коллектор соединений **Коллекция MMC (MMC Collector)**, что соответствует условиям сопряжения сетки (рис. 8.25).

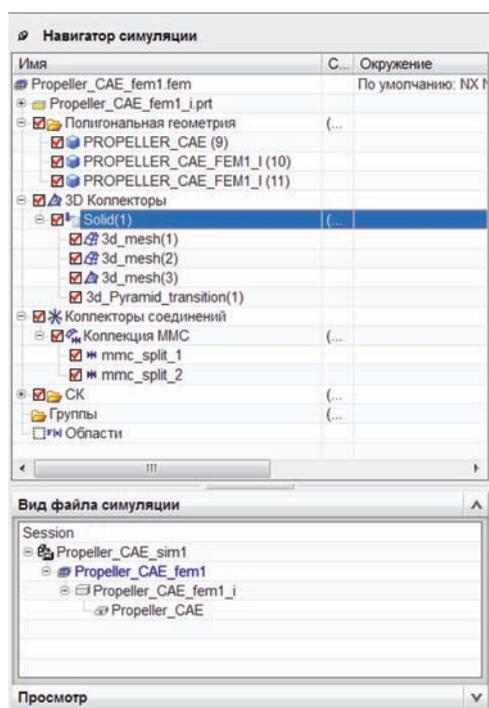


Рисунок 8.25

Для завершения создания конечно-элементной модели зададим материал – сталь. В окне **Навигатор симуляции** нажмите правой клавишей мыши на коллекторе *Solid(1)* и выберите **Изменить (Edit)**. В диалоговом окне **Коллектор сеток (Mesh Collector)** измените имя коллектора на *Сталь* (рис. 8.26), после чего нажмите на **Изменить выбранные (Modify Selected)** (напротив **Свойства тела (Solid Property)**). В новом окне изменения физических свойств **PSOLID** (рис. 8.27) нажмите на **Выберите материал (Choose Material)** (напротив **Материал (Material)**).

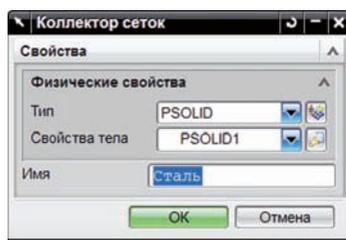


Рисунок 8.26

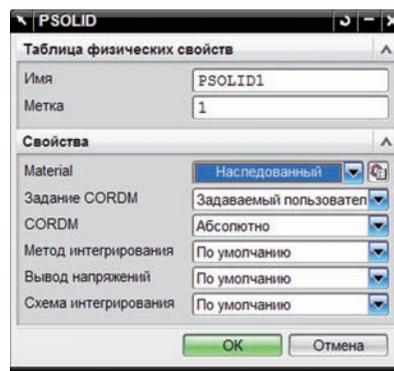


Рисунок 8.27

В появившемся окне **Список материалов (Material List)** выберите материал **Steel** (рис. 8.28). Нажмите **ОК** во всех диалоговых окнах.

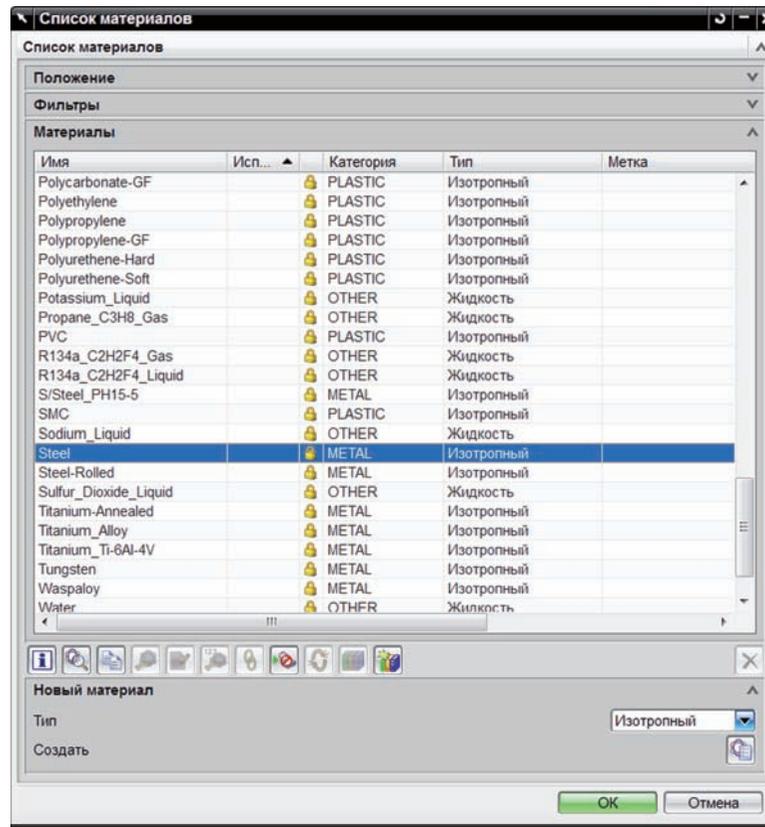


Рисунок 8.28

3.5. Конечно-элементная модель готова для задания нагрузок, ограничений и запуска на расчет. На данном этапе стоит сохранить модель, для этого в окне **Навигаторе симуляции (Simulation Navigator)** нажмите правой клавиши мыши на *Propeller_CAE_fem1* в окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** и выберите **Сохранить (Save)**.

4. Задание нагрузок и граничных условий

На данном шаге необходимо задать граничные условия и нагрузки, в качестве опций решателя NX Nastran включить итеративный решатель и запустить на расчет.

4.1. Двойным нажатием левой клавиши мыши на файл симуляции *Propeller_CAE_sim1* в окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** откройте расчетную модель.

4.2. Для создания условия ограничения на степени свободы конструкции выполните команду **Цилиндрический шарнир (Cylindrical Constraint)** (панель инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**, инструменты **Тип ограничения (Constraint Type)**). В диалоговом окне укажите (рис. 8.29):

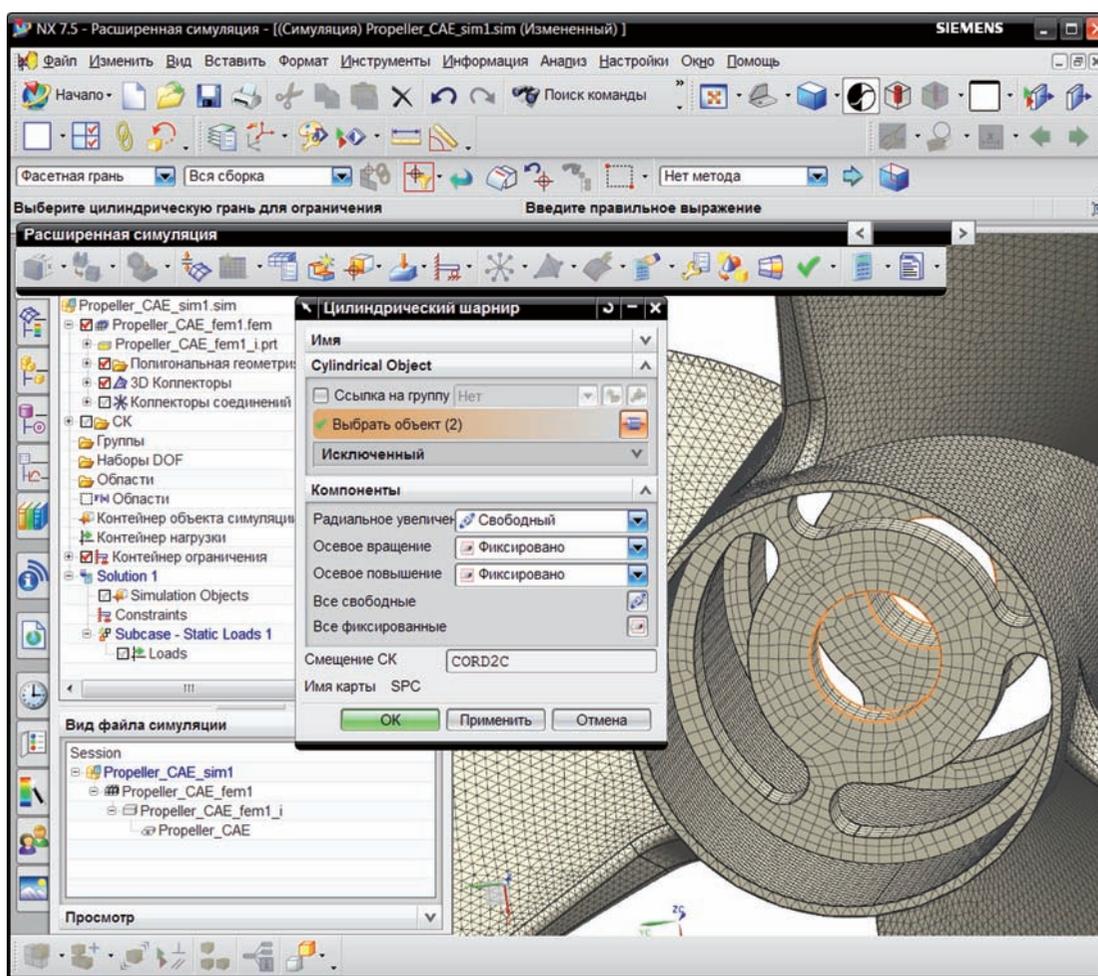


Рисунок 8.29

- **Выбрать объект (Select Object)** – две внутренние цилиндрические грани;
- в качестве **Компонент (Components)** – **Осевое вращение (Axial Rotation)** и **Осевое повышение (Axial Growth)** фиксированы, а **Радиальное увеличение (Radial Growth)** – свободное.

Нажмите **ОК**.

Это означает, что для всех узлов, лежащих на выбранных гранях, свободны только радиальные степени свободы (перемещения) в цилиндрической системе координат граней.

4.3. Приложите давление от окружающей среды на лопасти, для этого из выпадающего меню **Тип нагрузки (Load Type)** (панель инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**) выберите команду **Давление (Pressure)**. В диалоговом окне укажите (рис. 8.30):

- **Выбрать объект (Select Object)** – три грани лопастей, как показано на рис. 8.30;
- **Давление (Pressure)** – 60 000 Па (убедитесь в правильности задания единицы измерения).

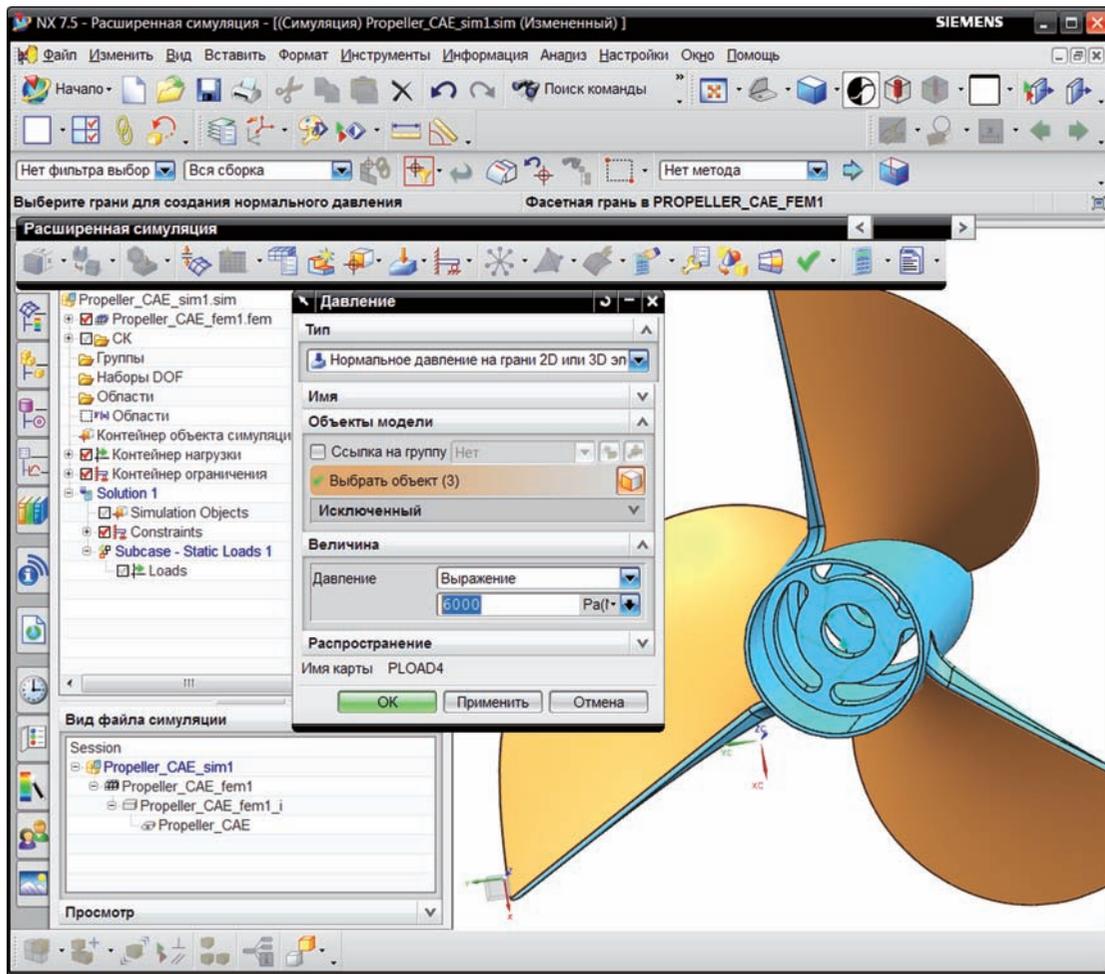


Рисунок 8.30

Нажмите **ОК**.

4.4. Приложите центробежную нагрузку, для этого из выпадающего меню **Тип нагрузки (Load Type)** (панель инструментов **Расширенная симуляция (Advanced Simulation)**) выберите команду **Центробежная нагрузка (Centrifugal)**. В диалоговом окне укажите (рис. 8.31):

- **Задать вектор (Specify Vector)** – из выпадающего меню укажите вектор вдоль **ZC**;
- **Задать точку (Specify Point)** – выберите на модели центральную точку указанного кругового ребра;
- **Угловая скорость (Angular Velocity)** – 12 000 об/мин (убедитесь в правильности задания единицы измерения).

Нажмите **ОК**.

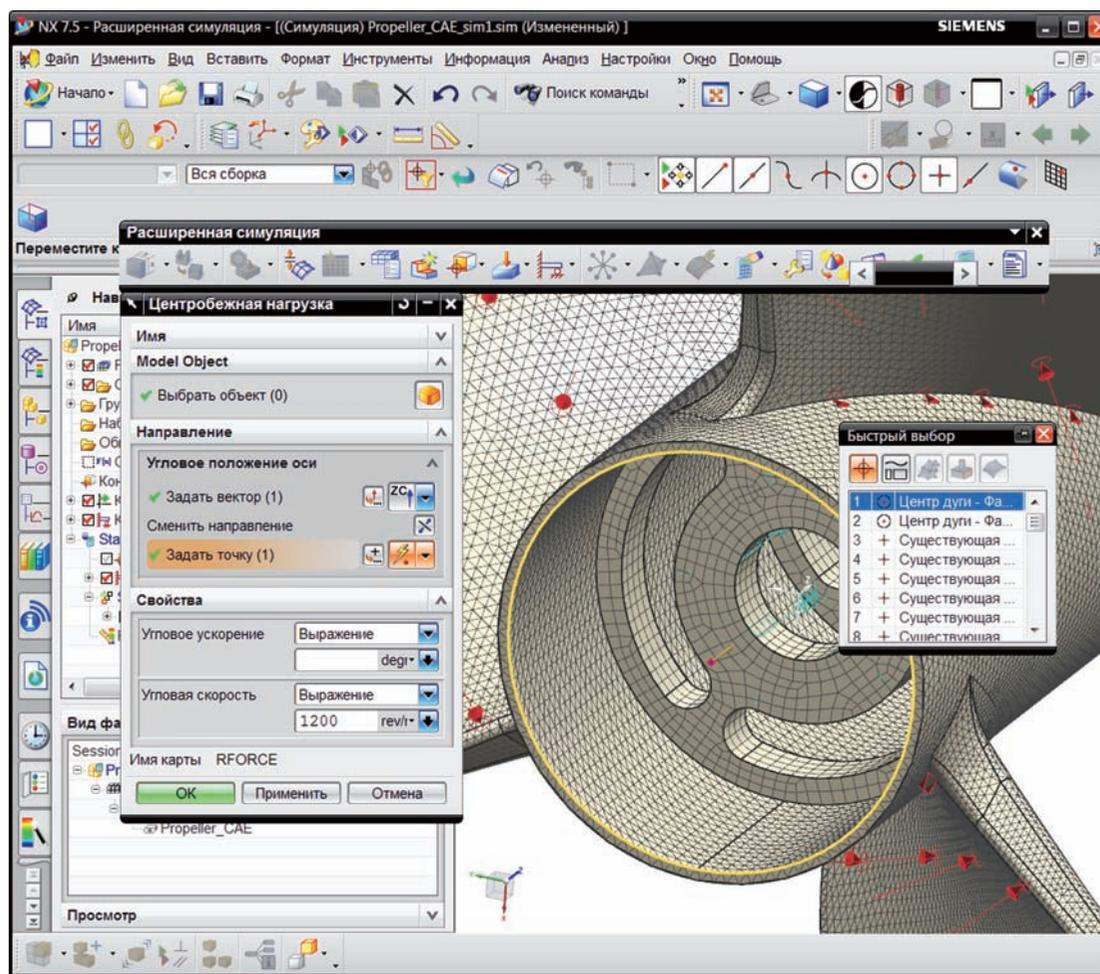


Рисунок 8.31

5. Выполнение статического анализа

5.1. В дереве модели окна **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)** отображены контейнеры нагрузок и ограничений, если вы их раскроете, то увидите заданные вами объекты. Также в дереве модели вкладка **Solution 1** соответствует выбранному анализу. Для того чтобы установить опции и параметры решения задачи, нажмите правой клавишей мыши на **Solution 1**, выберите **Изменить (Edit)**. Появится диалоговое окно **Решение (Solution)**, измените имя решения на **Static**, на вкладке **Общий (General)** установите опцию **Итерационный решатель (Element Iterative Solver)** (рис. 8.32). Нажмите **OK**.

5.2. Расчетная модель готова для запуска на расчет. Сохраните модель, для этого в окне **Навигаторе симуляции (Simulation Navigator)** нажмите правой клавиши мыши на *Propeller_CAE_sim1* в окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** и выберите **Сохранить (Save)**.

5.3. Для запуска созданной расчетной модели на решение нажмите правой клавишей мыши на **Static** и выберите **Решить... (Solve...)**. Нажмите **OK**.

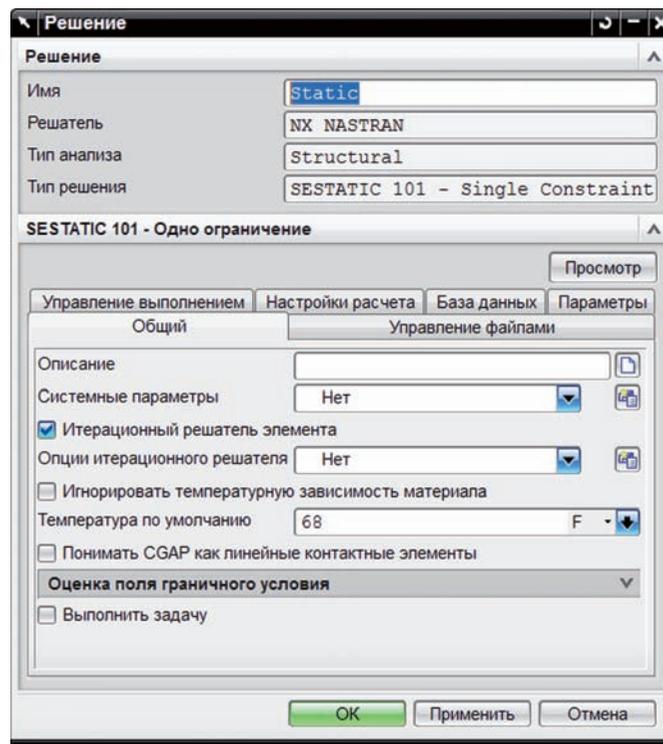


Рисунок 8.32

5.4. После завершения работы решателя NX Nastran (решение может занять до 15 мин) закройте все новые окна.

6. Просмотр результатов статического анализа

6.1. В дереве модели окна **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)** нажмите двойным щелчком левой клавиши мыши на **Results**, и вы автоматически перейдете на вкладку **Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator)** с закруженными результатами. Для просмотра результатов раскройте вкладку **Static**, выберите интересующую вас величину, например эквивалентное напряжение по Мизесу (**Напряжение – По элементам/узлам, Von-Mises, Stress – Element-Nodal, Von-Mises**) и нажмите двойным щелчком левой клавиши мыши.

6.2. Для редактирования вида отображения результатов выберите команду **Установить результат (Set Result)** (панель инструментов **Постпроцессор (PostProcessing)**). В диалоговом окне укажите (рис. 8.33):

- **Nodal Combination** – установите **Average** для плавного отображения усредненных по узлам результатов;
- **Единицы (Units)** – выберите **МПа**.

Нажмите **ОК**.

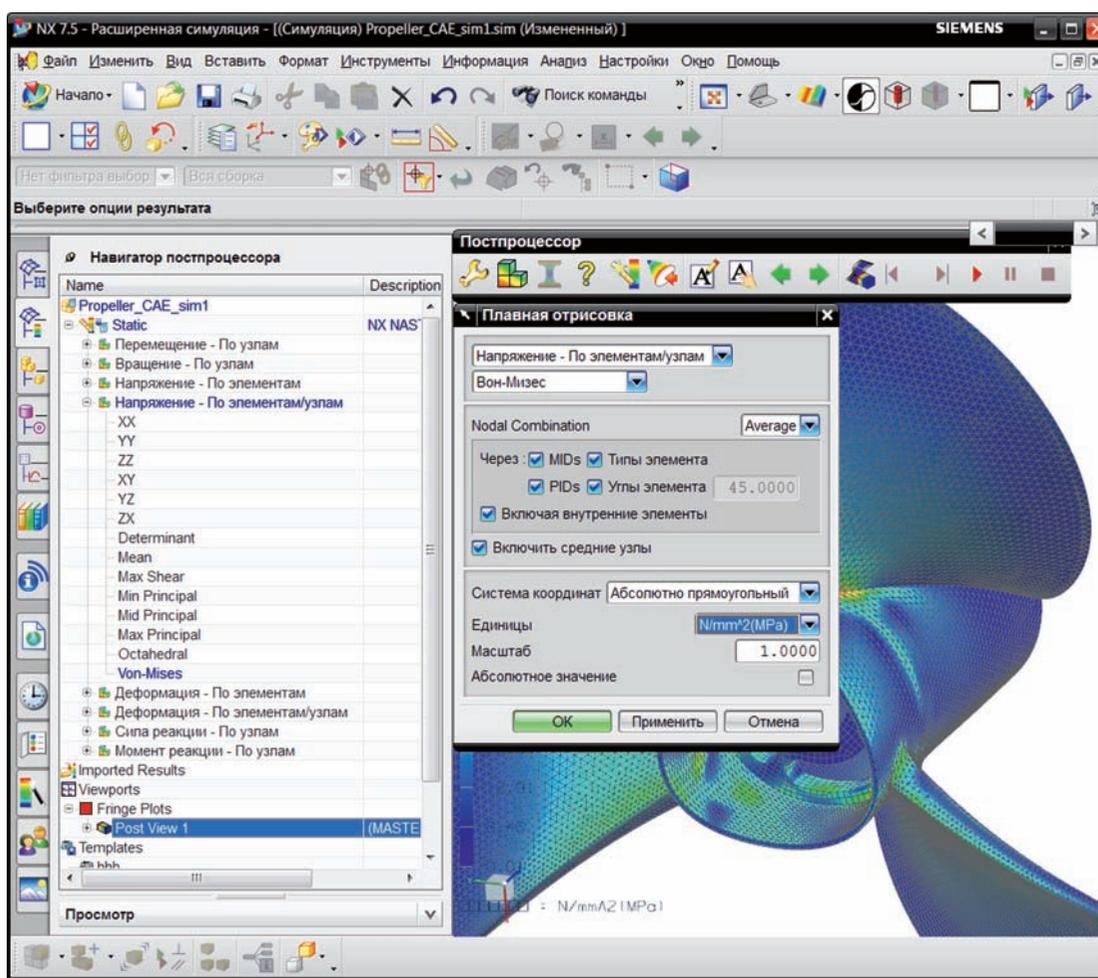


Рисунок 8.33

6.3. Для того чтобы скрыть границы конечных элементов, выберите команду **Изменить вид постпроцессора (Edit Post View)** (панель инструментов **Постпроцессор (Post Processing)**). В диалоговом окне **Вид постпроцессора (Post View)** выберите вкладку **Ребра & грани (Edges & Faces)** и для **Первичное отображение отображения (Primary Display) – Ребра (Edges)** укажите **Нет (None)** (рис. 8.34). Нажмите **OK**.

6.4. Для быстрого отображения минимального и максимального значений выбранной величины в панели инструментов **Постпроцессор (Post Processing)** нажмите на команду **Маркер вкл/выкл (Marker On/Off)** (рис. 8.35).

6.5. Для того чтобы вернуться к модели, в панели инструментов **Управление компоновкой (Layout Manager)** нажмите на **Возврат к модели (Return to Model)**.

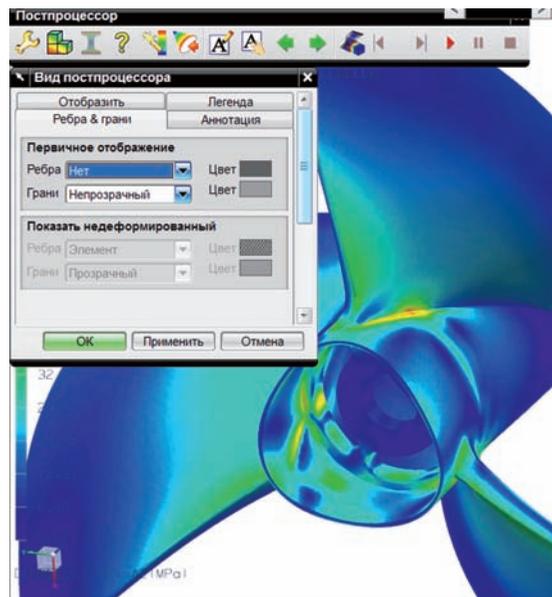


Рисунок 8.34

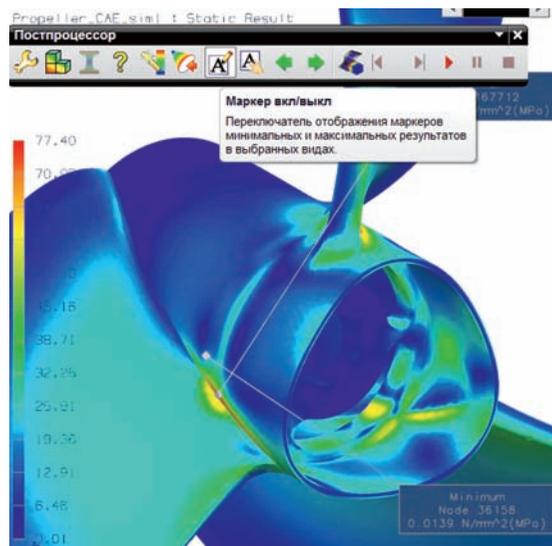


Рисунок 8.35

7. Выполнение модального анализа

7.1. Чтобы выполнить модальный анализ для вычисления собственных частот и форм свободных колебаний созданной расчетной модели, необходимо создать новое решение. Для этого в окне **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)** нажмите правой клавишей мыши на *Propeller_CAE_sim1.sim* (первая строчка в дереве модели) и выберите **Новое решение (New Solution)**. В появившемся диалоговом окне (рис. 8.36) в качестве **Типа решения (Solution Type)** из выпадающего списка укажите **SEMODES 103**. Измените имя решения на **Modal**. Нажмите **OK**.

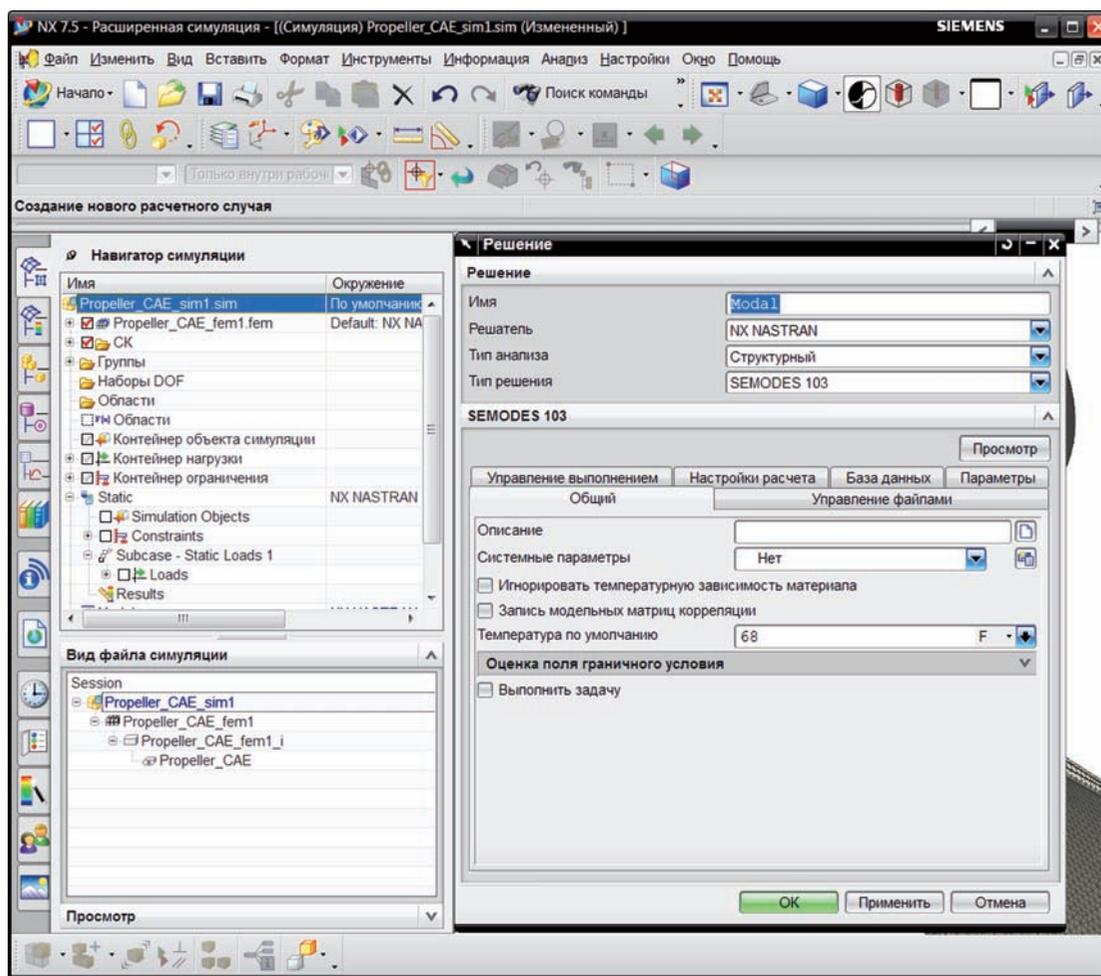


Рисунок 8.36

В появившемся диалоговом окне **Шаг решения (Solution Step)** убедитесь, что выбран метод Lanczos (метод «Блок Ланцоша» для извлечения собственных значений спектральной задачи). При желании вы можете изменить опции решения задачи, им соответствует набор параметров **Real Eigenvalue – Lanczos1** (рис. 8.37), который включает в себя диапазон значений собственных частот, количество форм и способ их нормировки. В данном случае оставляем все параметры без изменений, по умолчанию будут найдены первые 10 форм свободных колебаний. Нажмите **OK**.

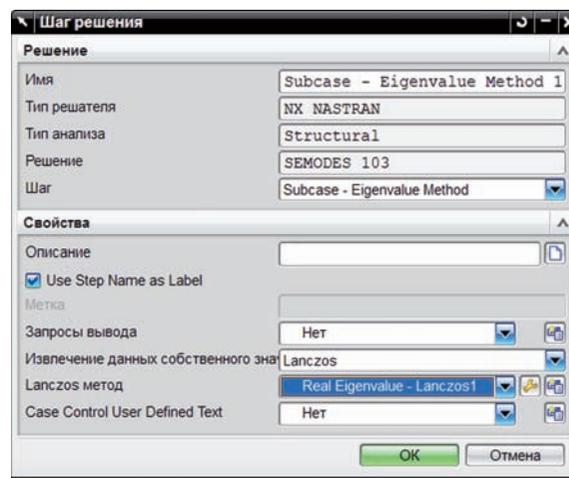


Рисунок 8.37

7.2. В дереве модели окна **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)** появилась вкладка **Modal**, которая соответствует только что созданному решению. Для задания граничных условий задачи о нахождении частот и форм колебаний раскройте **Контейнер ограничения (Constraint Container)** в дереве модели и перетащите **Cylindrical(1)** удерживанием левой клавиши мыши на вкладку **Constraints** созданного решения **Modal** (рис. 8.38).

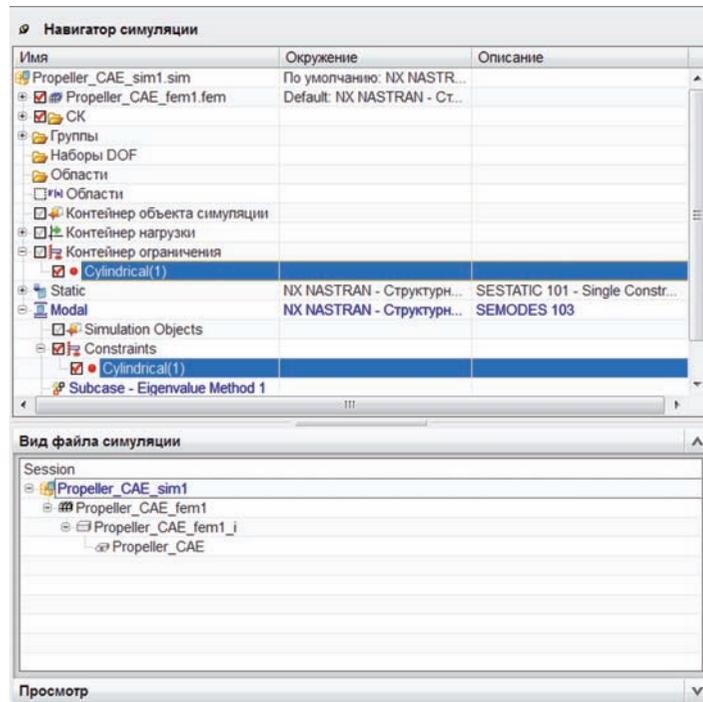


Рисунок 8.38

7.3. Расчетная модель готова для запуска на расчет. Сохраните модель, для этого в окне **Навигаторе симуляции (Simulation Navigator)** нажмите правой клавишей мыши на *Propeller_CAE_sim1* в окне **Вид файла симуляции (Simulation File View)** и выберите **Сохранить (Save)**.

7.4. Для запуска на решение нажмите правой клавишей мыши на **Modal** и выберите **Решить...(Solve...)**. Нажмите **ОК**.

7.5. После завершения работы решателя NX Nastran (решение может занять до 20 мин) закройте все новые окна.

8. Просмотр результатов модального анализа

8.1. В дереве модели окна **Навигатор симуляции (Simulation Navigator)** нажмите двойным щелчком левой клавиши мыши на **Results**, и вы автоматически перейдете на вкладку **Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator)** с загруженными результатами. Для просмотра результатов частотного анализа раскройте вкладку **Modal**, выберите интересую-

щую вас частоту, например первую (**Режим 1/Mode 1**), раскройте вкладку и нажмите двойным щелчком левой клавиши мыши на **Перемещение – По узлам (Displacement – Nodal)**, в графическом окне отобразится деформированное состояние, соответствующее первой форме свободных колебаний. Следует помнить, что выведенное на экран распределение суммарных перемещений определено с точностью до множителя.

8.2. Для того чтобы скрыть границы конечных элементов, выберите команду **Изменить вид постпроцессора (Edit Post View)** (панель инструментов **Постпроцессор (Post Processing)**). В диалоговом окне **Вид постпроцессора (Post View)** выберите вкладку **Ребра & грани (Edges & Faces)** и для **Первичное отображение/отображения (Primary Display) – Ребра (Edges)** укажите **Нет (None)**. Нажмите **ОК**.

8.3. Обычно для наглядного просмотра собственных форм на определенных частотах выводят анимированное состояние. Для этого в панели инструментов **Постпроцессор (Post Processing)** выберите команду **Анимация (Animation)**. В диалоговом окне (рис. 8.39) установите следующие настройки:

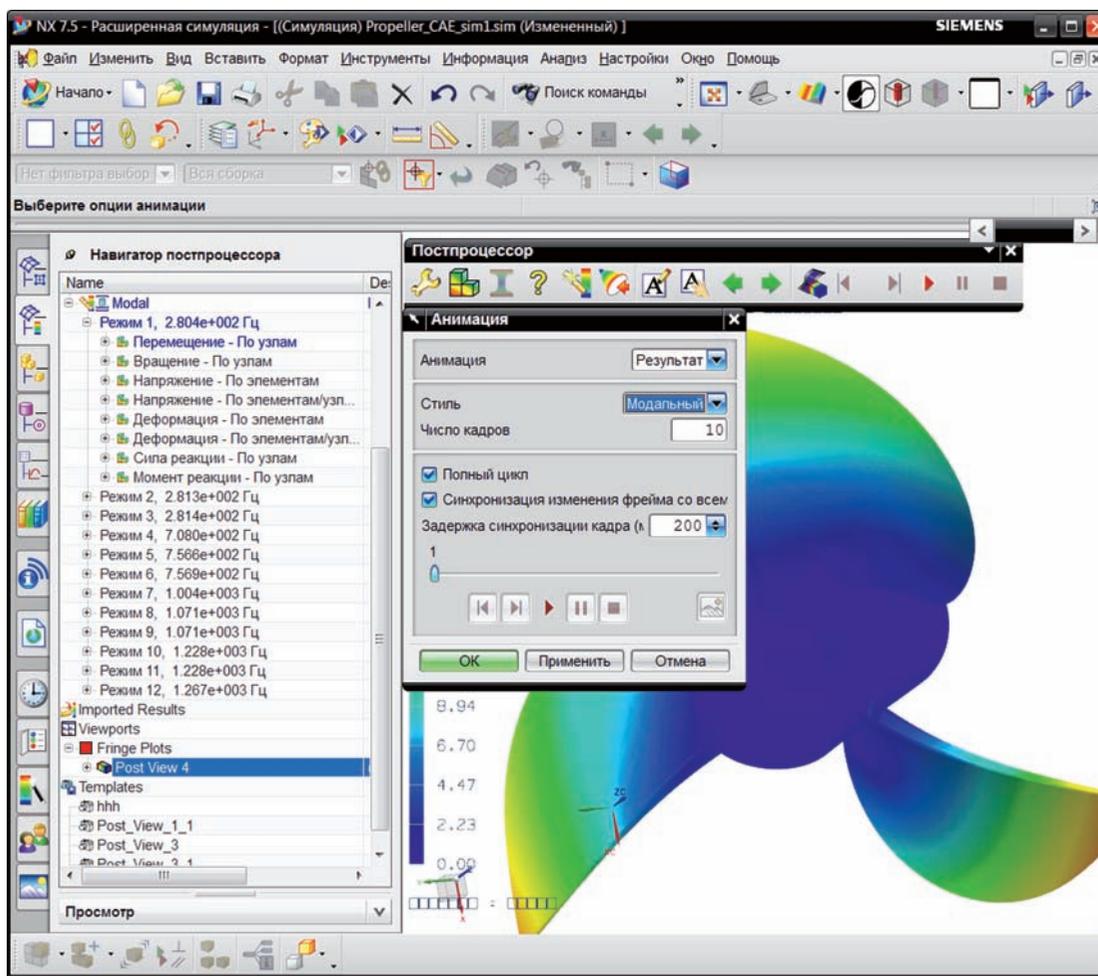


Рисунок 8.39

- **Анимация (Animate) – Результат (Result);**
- **Стиль (Style) – Модальный (Modal);**
- **Число кадров (Number of Frames) – 10;**
- выберите опцию **Полный цикл (Full-cycle).**

Нажмите **ОК**.

8.4. Когда вы закончите обрабатывать результаты, для закрытия расчетной модели выберите через главное меню: **Файл > Закрывать > Все детали (File > Close > All Parts)**.

Глава 9

Чертежи и работа с PMI

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Чертежи
- Чертежные виды
- Свойства видов
- Размеры и аннотации
- Аннотирование 3D моделей
- Размеры и аннотации в 3D
- Аннотирование сечений моделей
- Наследование на чертежах
- Поиск по ТУ

ЧЕРТЕЖИ

Чертежи являются классическим документом, описывающим разрабатываемое изделие, будь то детали или сборка. Современные системы САПР, помимо модулей создания трехмерного представления изделия, предлагают и инструментарий по созданию чертежей на основе созданных моделей деталей и узлов. В системе NX этот инструментарий реализован в виде модуля **Черчение (Drafting)**, который закрывает задачи формирования ассоциативных двухмерных чертежей на основе трехмерных представлений деталей и сборок.

В версии NX7.5 было представлено дополнительное приложение **NX Быстрое черчение (NX Power Drafting)**, которое запускается отдельным ярлыком и представляет собой базовый модуль NX в сочетании с модулем **Черчение** и добавочным модулем расширения функционала работы с чертежами (рис. 9.1). Это приложение решает только задачи создания чертежей, как на основе 3D моделей, сделанных в основной системе NX7.5, так и без них. Использование отдельного приложения для работы с чертежами позволяет разделить рабочие места на те, которые используются для проектирования, и те, которые служат для выпуска конструкторской документации. Это помогает снизить стоимость владения системой САПР, так как использование полного рабочего места NX только для выпуска чертежей не всегда оправдано.

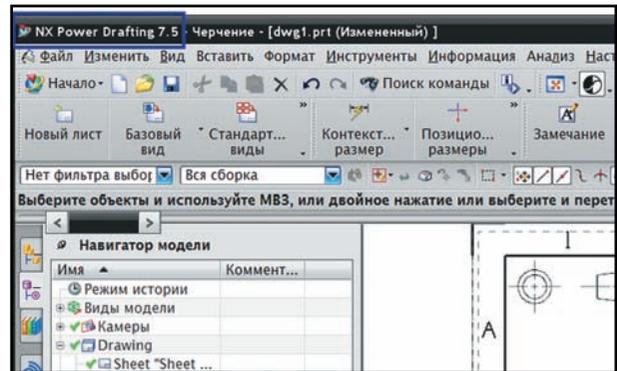


Рисунок 9.1. NX Power Drafting

Одно из преимуществ систем САПР высшего уровня заключается в возможности построения сквозной цепочки проектирования, часть из которой состоит из ассоциативно связанных 3D моделей и двухмерных чертежей. Важным условием для создания сквозной цепочки является первичность трехмерной модели изделия перед чертежом. То есть первоисточником информации о геометрии и опционально о требованиях к изготовлению и размерах должна быть модель, а чертеж должен являться вторичным и представлять собой отчет по модели с необходимой дополняющей информацией. Это подразумевает в первую очередь то, что любые, даже самые незначительные изменения размеров должны в первую очередь производиться на модели и потом обновляться на чертеже. Любое изменение представления чертежного вида или исправление размера, сделанного в рамках чертежа, автоматически делает модель неактуальной, что разрывает цепочку. Изменение чертежа без соответствующих изменений в модели приводит к тому, что изготовленная деталь не будет соответствовать той модели, которая была использована в сборках, что чревато проблемами с собираемостью, а также к тому, что при последующих изменениях придется оперировать с моделью, которая не соответствует изготовленной детали.

Чертеж модели может существовать в двух видах – в файле самой модели, содержащей исходную геометрию, с которой делается чертеж, или же в виде отдельного файла с ссылкой на исходную 3D модель (концепция мастер-модели). Несмотря на то что первый вариант кажется удобней, второй способ является более предпочтительным с точки зрения процесса

разработки. Когда 3D модели и чертеж хранятся в рамках одного файла, достаточно трудно обеспечить независимый выпуск этих двух объектов, а также независимое проведение изменений. Ведь далеко не все изменения на чертеже, в частности изменения в технических требованиях на поле чертежа, требуют изменений в геометрии модели. Дополнительное ограничение, возникающее при использовании одного файла для модели и чертежа, проявляется в невозможности разделить работы между несколькими участниками по созданию 3D модели и формированию чертежей с них.

Для создания чертежа в файле модели достаточно просто с помощью меню **Начало > Все приложения > Черчение (Start > All Applications > Drafting)** активировать чертежный модуль при текущей открытой 3D модели детали или сборки. В файл модели будет добавлен лист чертежа, и будет предложено создать базовый вид из текущей модели.

Для создания чертежа в отдельном файле необходимо создать новый файл с помощью команды главного меню **Файл > Новый (File > New)** или соответствующей кнопки инструментальной панели и в появившемся диалоге выбрать вкладку с шаблонами (форматками) чертежей. Затем выбрать подходящий размер и, убедившись, что в поле **Деталь для создания чертежа (Part to create a drawing of)** выбрана именно та модель, для которой должен быть сделан чертеж, нажать **ОК** (рис. 9.2). В этом случае будет создан новый файл, ссылающийся на исходную модель, в котором на базе выбранного шаблона будет подготовлен первый лист, и запустится команда создания нового вида. При использовании мастер-модели для создания чертежа создается псевдосборка, в которой родителем является компонент чертежа, а компонентами – модели, с которых делается чертеж.

Рассмотрим обзорно создание основных типов чертежных видов и их свойства.

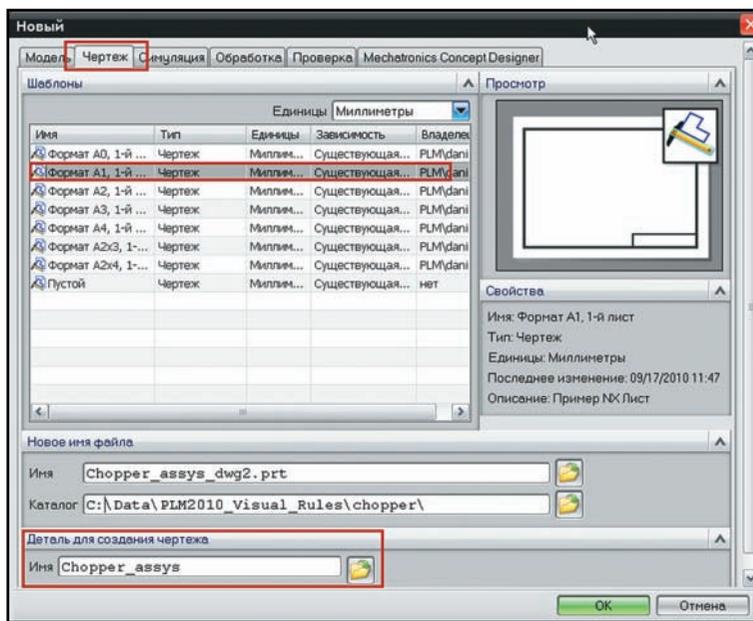


Рисунок 9.2. Создание нового файла чертежа

ЧЕРТЕЖНЫЕ ВИДЫ

Создание чертежа начинается с получения одного или нескольких базовых видов, которые служат основой для создания других типов чертежных видов. Команда запуска создания базового вида запускается автоматически при создании нового чертежа. Это регулируется опцией **Автоматически начать создание вида (Automatically Start View Creation)** на

вкладке **Чертеж (Drawing)** раздела **Черчение > Общие (Drafting > General)** в настройках по умолчанию. Если команда не запускается автоматически или необходимо создать ещё один базовый вид, воспользуйтесь кнопкой **Базовый вид (Base View)** на инструментальной панели Чертеж или пунктом главного меню **Вставить > Вид > Базовый (Insert > View > Base)**.

Базовый вид создается на основе какого-либо вида модели, который необходимо выбрать в диалоге создания базового вида в выпадающем списке **Использовать вид модели (Model View to Use)**. В большинстве случаев этого будет достаточно, чтобы получить желаемый проекционный вид (рис. 9.3). Если необходимо создать вид, отличный с точки зрения ориентации от всех видов модели, то можно воспользоваться кнопкой **Инструмент ориентации вида (Orient View Tool)**. С его помощью можно динамически позиционировать модель для создания необходимого ракурса или воспользоваться возможностью точного позиционирования, выбрав нормаль и вектор оси X.

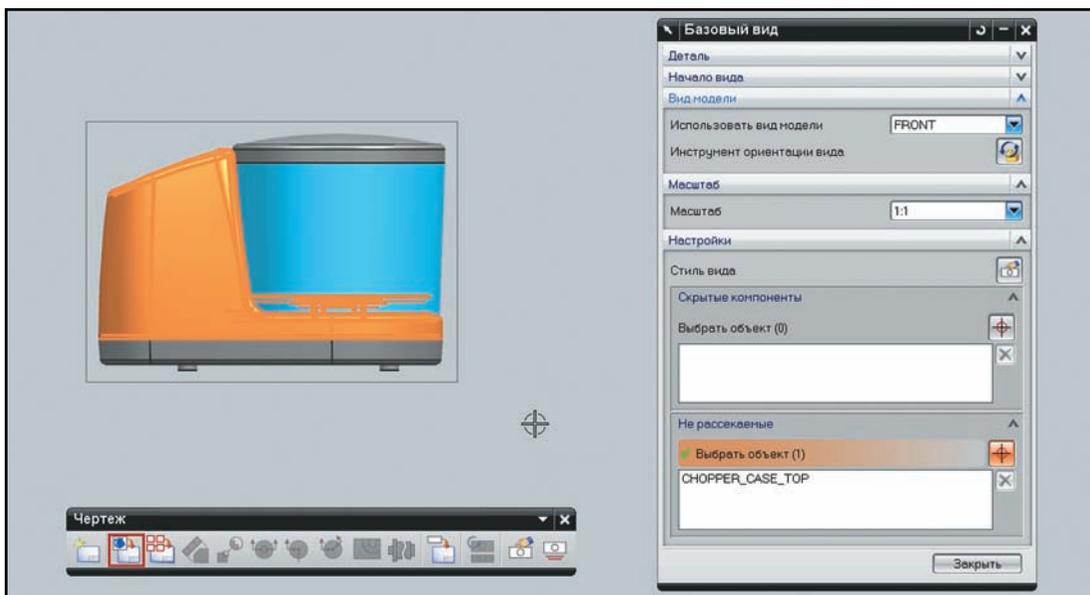


Рисунок 9.3. Создание базового вида

Как уже говорилось, по умолчанию чертеж создается на базе текущей активной модели, но при создании базового вида в разделе диалога **Деталь (Part)** можно выбрать другую модель из числа загруженных или открыть другую. Так как базовых видов в пределах одного чертежа может быть несколько, это даёт возможность показывать несколько разных моделей (или представлений модели) на одном листе чертежа.

Если чертеж создается для сборки, то при создании проекции по умолчанию будут учитываться все компоненты сборки. Этим можно управлять с помощью раздела **Настройки (Settings)** диалога создания вида. В данном разделе предлагаются два списка для создания **Скрытых компонентов (Hidden Components)** и **Нерассекаемых (Non-Sectioned)**. С помощью соответствующих кнопок **Выбрать объект (Select object)** можно добавить определённый компонент сборки в тот или иной список. Компоненты, попавшие в первый список, не будут отображены на создаваемом виде, а компоненты, попавшие во второй список, будут

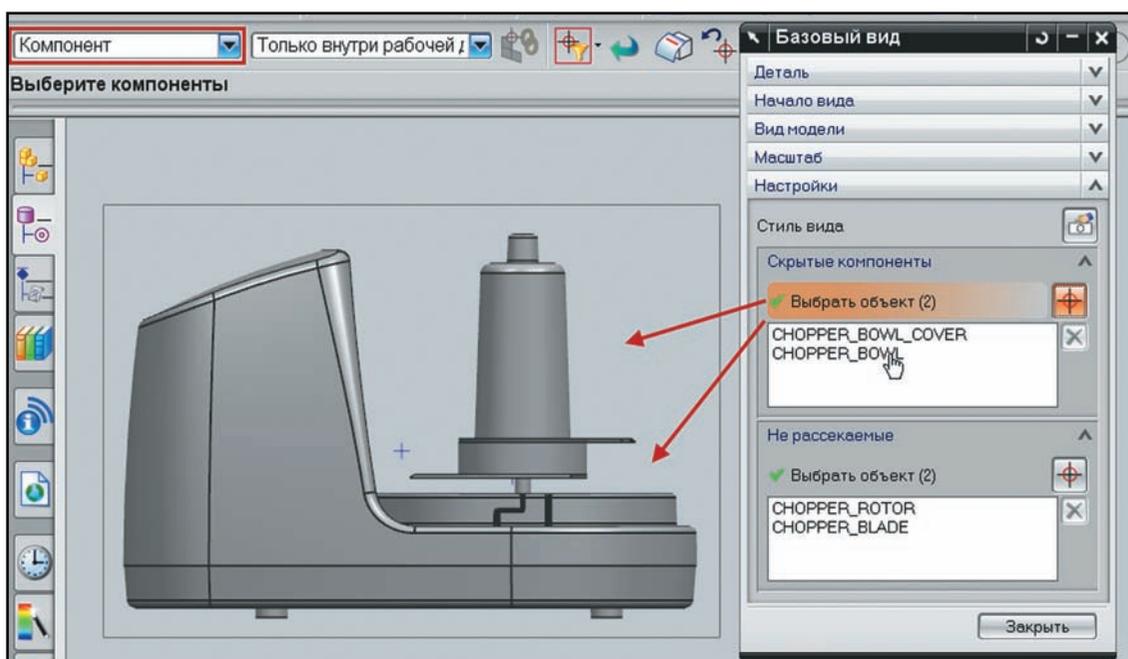


Рисунок 9.4. Изменение свойств компонент.

отображены, но не будут рассекаются на всех видах сечения, созданных на основе текущего базового вида. Для корректной работы данных списков рекомендуется при выборе объектов ставить значение **Компонент** в фильтре выбора по типу (рис. 9.4).

В этом же разделе диалога находится кнопка **Стиль вида (View Style)**, которая открывает диалог настроек изображения вида. Завершается построение базового вида выбором масштаба в разделе **Масштаб (Scale)** и позиционированием его на плоскости листа. Для более точного позиционирования можно воспользоваться опциями настройки в разделе **Начало вида (View Origin)**.

После создания базового вида становятся активными команды создания других видов и автоматически запускается команда создания проекционного вида. Это поведение также регулируется опцией в настройках по умолчанию, и в случае с большими сборками это бывает не всегда удобно, так как предварительный просмотр проекции может занять достаточно долгое время. Для того чтобы деактивировать автоматическое создание проекционного вида без перезагрузки системы (что необходимо в случае изменения настроек по умолчанию), откройте диалог настройки модуля **Черчение** с помощью пункта главного меню **Настройки > Черчение (Preferences > Drafting)** и на вкладке **Общий (General)** выключите опцию **Автозапуск команды «Вид проекции» (Automatically Start Projected View Command)**.

Также это можно сделать при создании первого базового вида, когда создаётся новый чертёж. При позиционировании базового вида, нажав правую кнопку мыши, необходимо в открывшемся меню выключить опцию **Автозапуск вида проекции (Automatically Start Projected View)**.

Для создания проекционного вида воспользуйтесь командой **Вид проекции (Projected View)** на инструментальной панели **Черчение** или командой главного меню **Вставить > Вид**

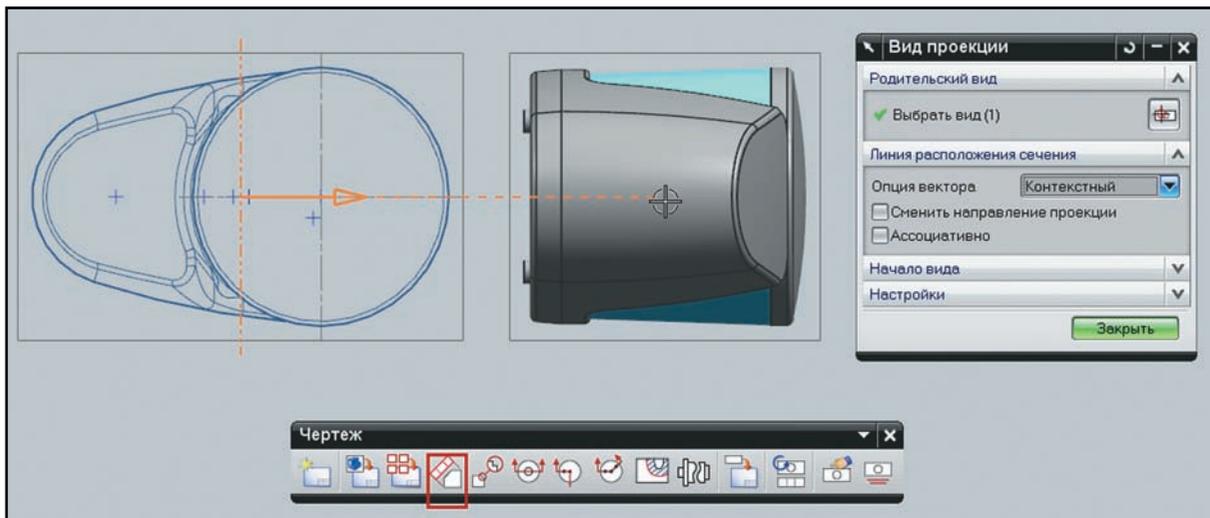


Рисунок 9.5. Создание проекционного вида.

> **Проекция (Insert > View > Projected)**. Также команда создания этого и других типов видов доступна в контекстном меню базового вида, отображаемого по щелчку правой кнопкой мыши на границе вида.

Проекционный вид создается на базе существующего базового, и если на листе несколько базовых видов, то необходимо указать, с какого вида следует создавать проекцию в разделе **Родительский вид (Parent View)** диалога команды. Далее нужно выбрать направление проецирования – за это отвечает раздел диалога **Линия расположения сечения (Hinge Line)**. Изначально стоит режим контекстного определения вектора проецирования, поэтому в зависимости от расположения курсора мыши по отношению к главному виду будет определяться вектор проецирования. Чтобы задать вручную направление проецирования, выберите в выпадающем списке **Опция вектора (Vector Option)** значение **Заданный (Defined)** и укажите на листе вектор проецирования. Для инверсии направления проецирования активируйте опцию **Сменить направление проекции (Reverse Projected Direction)**. Оставшаяся опция **Ассоциативно (Associative)** связывает направление проецирования с ближайшей параллельной плоской гранью модели. Другие разделы диалога полностью идентичны диалогу команды создания базового вида (рис. 9.5).

Следующий тип видов, которые необходимо рассмотреть, – это виды с разрезами. В модуле **Черчение** входят несколько вариаций этой команды, которые отличаются конфигурацией линии разреза и способом её задания. Рассмотрим базовую команду создания простых и ступенчатых разрезов. Разрез (или сечение) можно создать, выделив границу родительского вида и вызвав контекстное меню, в котором необходимо выбрать пункт **Добавить вид сечения (Add Section View)**. Альтернативой будет вызов команды **Вид сечения (Section View)** на инструментальной панели **Черчение** или выбор пункта главного меню **Вставить > Вид > Сечение (Insert > View > Section)**. При использовании последних двух способов в качестве первого шага следует указать родительский вид, с которого надо делать вид с разрезом, по-

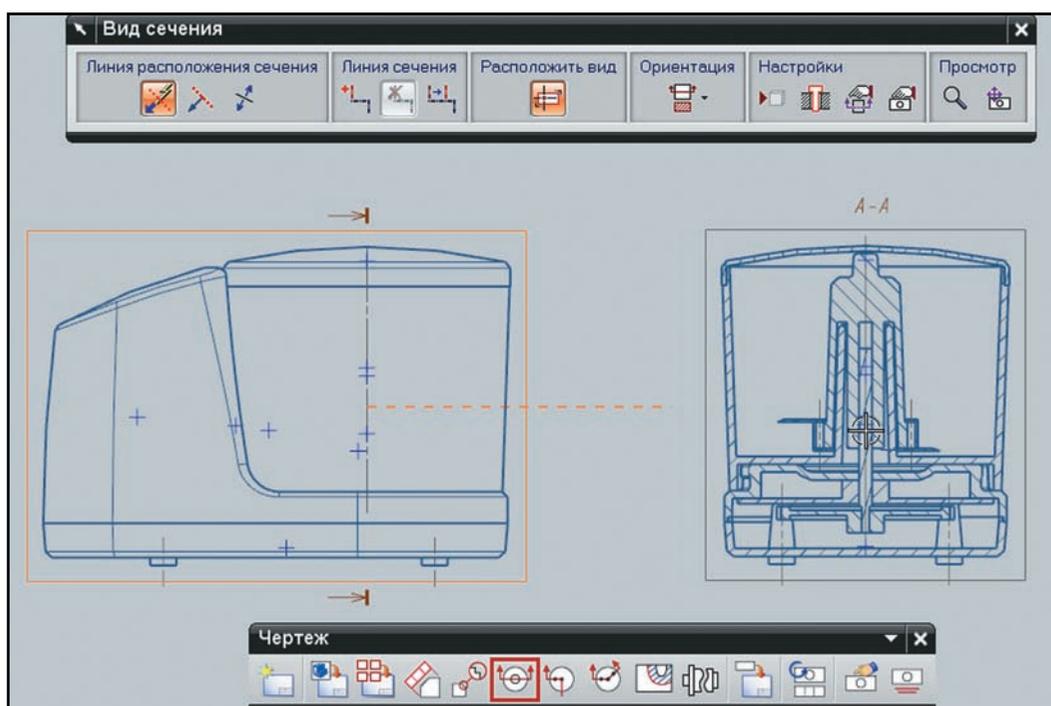


Рисунок 9.6. Вид с разрезом.

этому использование контекстных команд более оптимально.

После указания родительского вида будет открыта панель команды создания вида, и следующим шагом необходимо указать расположение линии разреза на родительском виде, для этого можно пользоваться геометрическими привязками на панели выбора. Расположение указывается в два этапа, сначала задается точка – центр вращения линии, а затем выбирается ориентация линии вокруг выбранной точки. За этот этап отвечает раздел панели команды **Линия расположения сечения (Hinge Line)**. По умолчанию выбирается контекстное определение ориентаций, поэтому она определяется положением курсора мыши относительно точки вращения. Для точного задания ориентации необходимо нажать среднюю кнопку **Задать ось разворота (Define Hinge Line)** и, выбрав один из вариантов в появившемся выпадающем списке, определить ориентацию (рис. 9.7). При контекстном определении позиционирования, чтобы зафиксировать ориентацию, необходимо нажать правую кнопку мыши и в контекстном меню выбрать **Фиксация выравнивания (Lock Alignment)**.

Далее следует щелчком правой кнопкой мыши расположить вид с разрезом в выбранном месте (рис. 9.6). Перед этим можно с помощью команды **Инструмент сечения вида (Section View Tool)** в разделе **Просмотр (Preview)** отобразить плоскость разреза на модели.

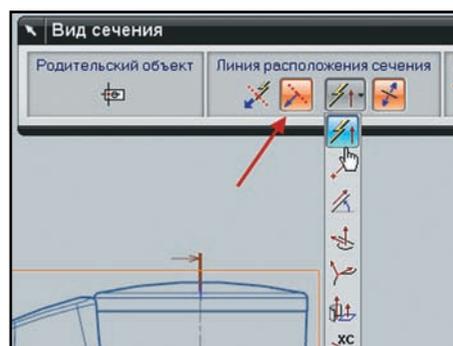


Рисунок 9.7. Ориентация линии разреза

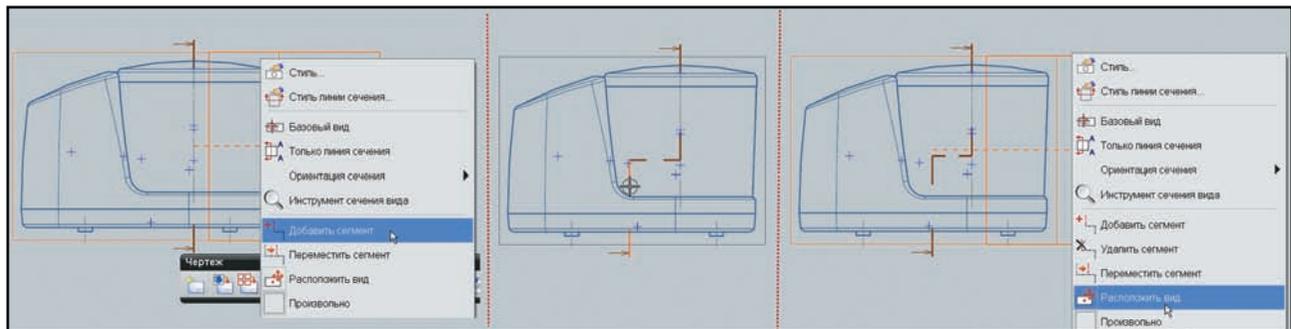


Рисунок 9.8. Создание ступенчатого разреза

В случае создания ломаного разреза последовательность действий должна быть следующей. После выбора родительского вида и задания точки вращения необходимо с помощью команды контекстного меню **Фиксация выравнивания** зафиксировать желаемую ориентацию и затем, заново вызвав контекстное меню, выбрать пункт **Добавить сегмент (Add Segment)**, после чего спозиционировать новый сегмент линии на исходном виде. После окончания добавления и позиционирования сегментов нужно в контекстном меню выбрать пункт **Расположить вид (Place View)** и далее действовать аналогично созданию прямой линии разреза (рис. 9.8). Вместо пользования контекстным меню можно воспользоваться аналогичными командами в разделах **Линия сечения** и **Расположить вид** в той же последовательности.

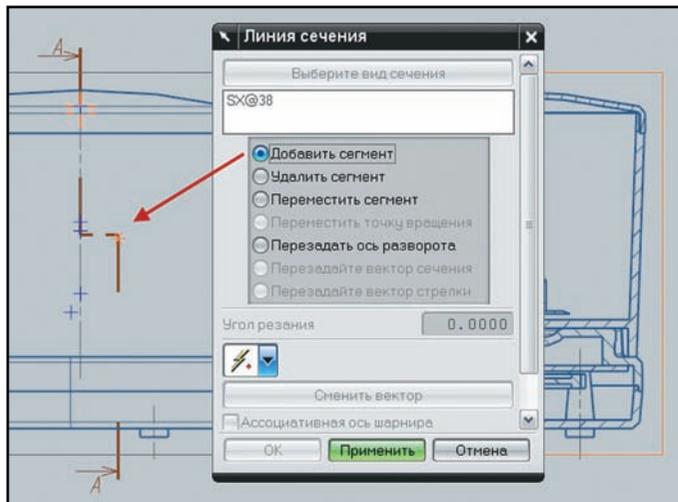


Рисунок 9.9. Модификация линии разреза

После создания вида с разрезом модификация линии разреза и её ориентации осуществляется по двойному щелчку левой кнопки мыши на линии сечения. В появившемся диалоге необходимо выбрать желаемый вид модификации и в графической области переопределить линию разреза (рис. 9.9).

Команды **Вид половинчатого сечения (Half Section View)** и **Вид ломаного сечения (Revolved Section View)** совпадают с базовой командой **Вид сечения (Section View)**, за исключением этапа задания расположения линии сечения. В первом случае после задания точки вращения необходимо задать ширину разреза, а затем

определить ориентацию. В случае с ломаным сечением после задания точки вращения необходимо указать ориентацию каждой из двух половин линии разреза.

Ещё один часто используемый тип видов – это выносной вид, показывающий часть основного вида в более крупном масштабе. Для построения этого вида нажмите кнопку **Выносной**

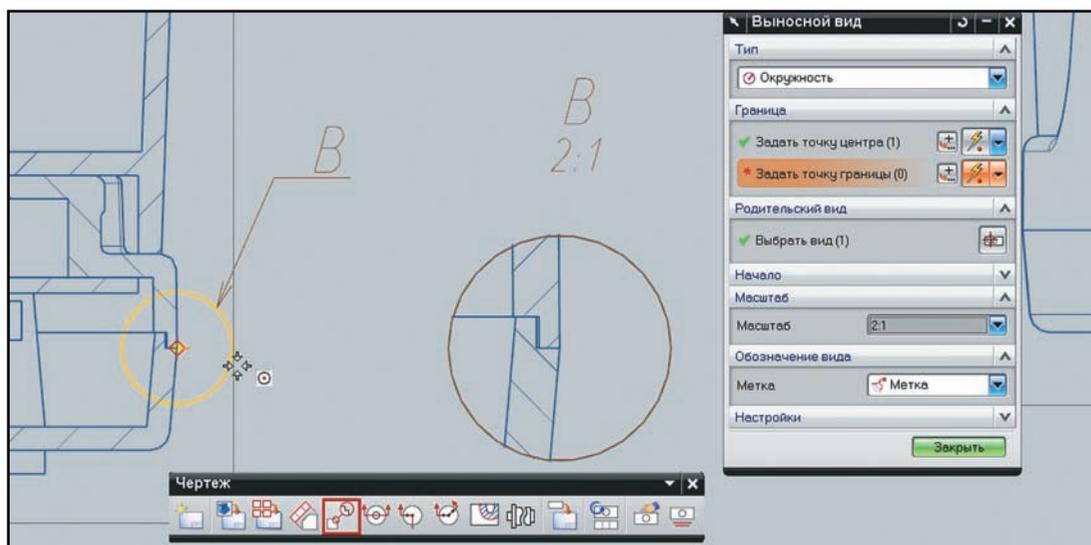


Рисунок 9.10. Выносной вид

вид (Detail View) на панели инструментов **Черчение** или воспользуйтесь контекстным меню по щелчке правой кнопкой мыши на границе исходного вида, выбрав пункт **Добавить выносной вид (Add Detail View)**. Далее в выпадающем списке **Тип (Type)** следует выбрать форму области, на основе которой будет создан вид. Чаще всего это окружность. Затем необходимо на исходном виде указать положение и размер этой области. В частности, для окружности нужно указать центр и радиус (рис. 9.10). Родительский вид будет назначен автоматически в зависимости от того, где будет нарисована область. Остальные параметры создаваемого вида являются аналогичными другим типам видов, кроме опции **Метка (Label)** в разделе **Обозначения вида (Label on Parent)**, которая определяет тип метки на обозначении выносного вида.

Полученный вид можно настроить с помощью пунктов контекстного меню **Стиль (Style)** и **Изменить обозначения вида (Edit View Label)**, появляющегося при нажатии правой кнопки мыши на метке или выносной линии области. Первый пункт меню открывает диалог настройки выносной линии и текстовой метки, обозначающих область на исходном виде, а второй отвечает за настройку метки выносного вида.

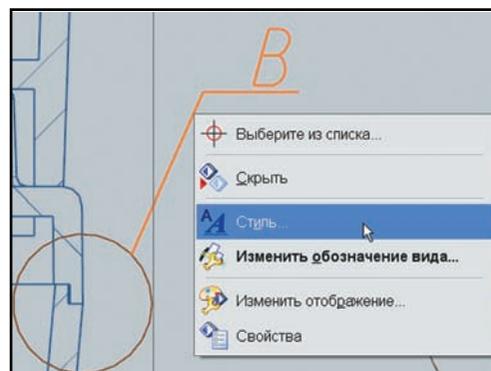


Рисунок 9.11. Настройка стиля выносного вида

Выносной вид является полностью ассоциативным с исходным видом, причем не только в контексте изменения геометрии на исходном виде, но и в случае, когда на исходном виде производятся изменения в рамках чертежа. То есть любые геометрические объекты, появившиеся в области выноски на исходном виде, будут переноситься на сам выносной вид. При создании выносного вида он становится дочерним по отношению к исходному виду, что отражается в **Навигаторе модели**. Если это необходимо, то выносной вид можно сделать независимым видом. Для этого надо в контекстном меню по нажатии правой

кнопки мыши на границе вида или на его имени в **Навигаторе модели** выбрать пункт **Преобразовать в независимый местный вид (Convert to Independent Detail)**.

Последний тип чертежных видов, который необходимо рассмотреть, – это вид с разрывом, предназначенный для уменьшения размера вида в том случае, когда он делается на основе длинномерного объекта. Для создания такого вида нажмите кнопку **Вид с разрывом (Broken View)** на инструментальной панели **Черчение** или воспользуйтесь пунктом меню **Вставить > Вид > Разрыв (Insert > View > Broken)**. После этого будет предложено выбрать вид (если их несколько на листе), и будет включен режим редактирования вида.

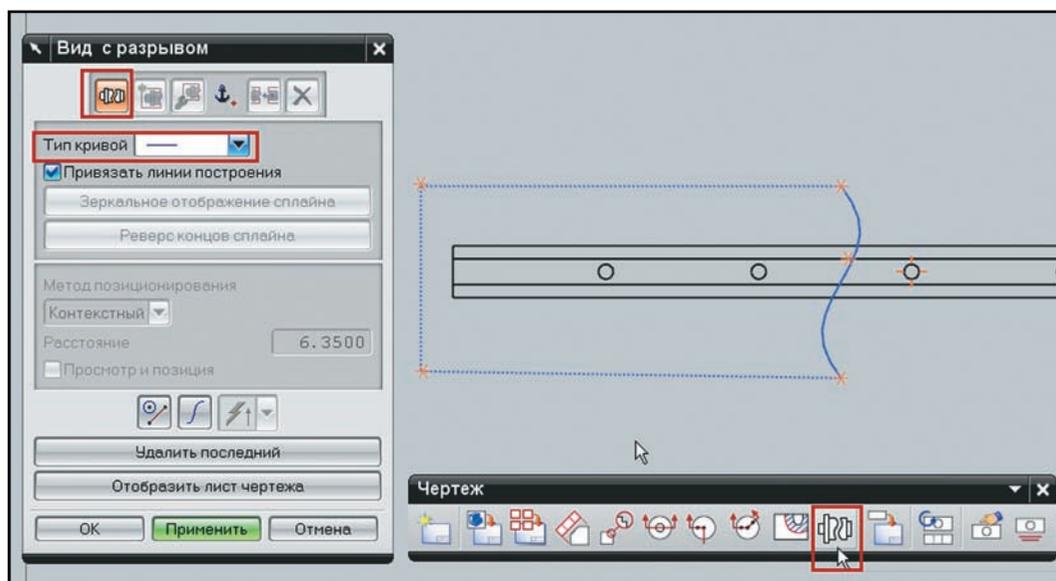


Рисунок 9.12. Разорванный вид

Для задания разрыва необходимо определить части вида, которые останутся на экране. Для определения новой части нажмите в диалоговом окне определения вида кнопку **Добавить область разрыва (Add Break Region)** и, выбрав в выпадающем списке **Тип кривой (Curve Type)** вид линии разрыва, нарисуйте замкнутый контур, ограничивающий область вида, которая останется видимой (рис. 9.12). После того как будет построена последняя линия, замыкающая контур, необходимо указать точку привязки области и нажать кнопку **Применить** в диалоге. Область будет создана и запомнена.

Аналогичным образом следует создать вторую область на противоположном конце вида и после окончания построения закрыть диалог. Вид будет урезан, и на чертеже останутся только две области, ограниченные нарисованным контуром. В общем случае таких областей может быть несколько. При необходимости добавить или отредактировать имеющиеся области в виде с разрывом необходимо заново нажать кнопку создания данного типа вида и выбрать существующий вид с разрывом или, выделив вид в **Навигаторе модели**, в контекстном меню по правой кнопке мыши выбрать пункт меню **Расширить (Expand)**.

Каждый созданный вид является ассоциативно связанным с исходной геометрией модели, на основе которой он создавался. Это касается обоих подходов к созданию чертежей, как для мастер-модели, так и для случая, когда один файл несет в себе и чертеж, и модель. При изменении геометрии модели соответствующие виды перестают быть актуальными, о чем сигнализирует значок в виде часов возле имени вида в **Навигаторе модели**. В этом случае необходимо провести обновление всего листа или выборочного вида, выделив объект, требующий обновления, в **Навигаторе модели** и нажав в контекстном меню пункт **Обновить (Update)**.

Также можно включить режим автоматического обновления чертежных видов при изменении исходной геометрии модели. Для этого необходимо открыть диалог настроек чертежа, выбрав пункт меню **Настройки > Черчение (Preferences > Drafting)**, на вкладке **Вид (View)** выключить опцию **Задержка обновления вида (Delay View Update)** (рис. 9.13). Надо учитывать, что при работе со сложными моделями и большими сборками обновление видов может занимать достаточно продолжительное время, и в этом случае режим автоматического обновления будет неудачным выбором, так как виды будут обновляться при любом изменении исходной геометрии. В таких случаях намного эффективнее обновлять виды вручную, после того как все модификации геометрии будут закончены.

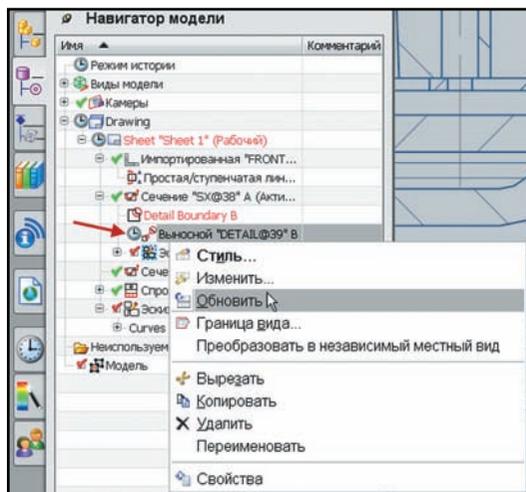


Рисунок 9.13. Обновление видов

СВОЙСТВА ВИДОВ

Во всех диалогах команд создания разных типов видов встречаются настройки стиля отображения вида. Их можно модифицировать во время создания видов, но в большинстве случаев удобнее работать с ними после того, как виды уже созданы. Давайте на примере рассмотрим некоторые наиболее часто используемые настройки.

- Запустите NX7.5 и откройте файл сборки `chopper.prt` из папки `ch9/Chopper`.
- Создайте новый чертеж на базе шаблона формата A1. Выберите в главном меню пункт **Файл > Новый**, переключитесь на вкладку **Чертеж** и выберите соответствующий шаблон.
- После открытия модуля **Черчение** запустится команда создания главного вида, в диалоге команды выберите вид модели **FRONT** для создания вида, оставив все остальные опции команды по умолчанию, расположите вид на листе щелчком мыши.

Отредактируйте границу построенного вида. Если граница вида не отображается явно, а только подсвечивается при наведении на неё курсора мыши, необходимо включить отображение границ видов. Для этого в главном меню, выбрав пункт **Настройки > Черчение**, выберите вкладку **Вид** и включите опцию **Отобразить границы (Display Borders)**.

- Выделите прямоугольную границу вида и, нажав на ней правой кнопкой мыши, откройте контекстное меню вида. Выберите пункт **Вид активного эскиза (Active Sketch View)**. Этим мы переведем вид в режим редактирования, при котором все нарисованные элементы эскиза будут ассоциативно связаны с этим видом. С помощью команд на панели **Инструменты эскиза** нарисуйте незамкнутую кривую, которая будет определять новые границы вида (рис. 9.14).

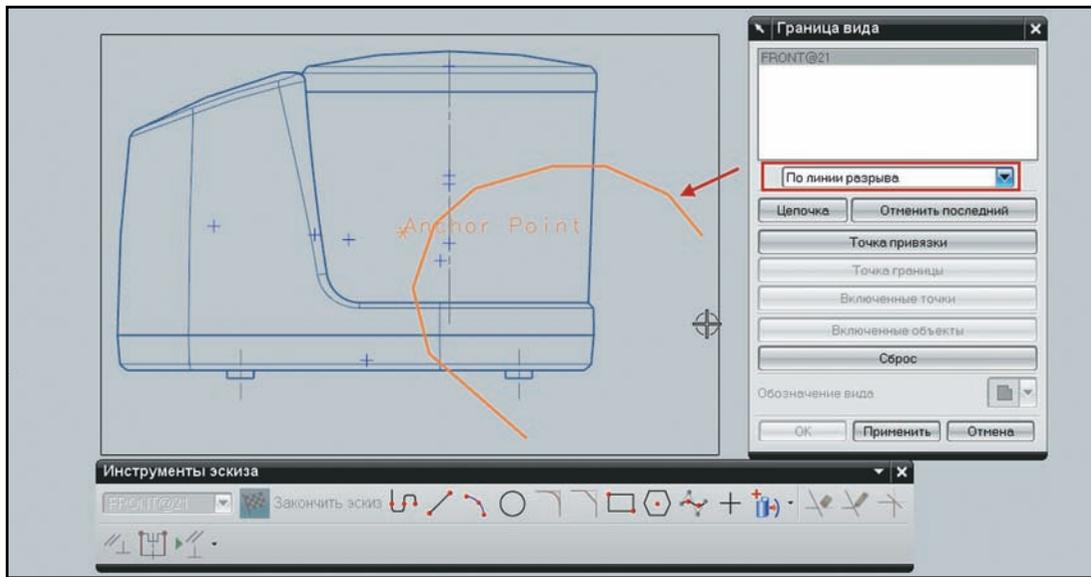


Рисунок 9.14. Изменение границ вида

- Нажмите кнопку **Закончить эскиз (Finish Sketch)** и, заново открыв контекстное меню вида, выберите пункт **Граница вида (View Boundary)**, откройте диалог переопределения границ. В выпадающем списке выберите значение **По линии разрыва (Break Line/Detail)** и последовательно выберите нарисованные кривые, после чего нажмите кнопку **Применить** и закройте диалог. Граница будет переопределена в соответствии с новым контуром. Таким образом вы можете управлять границами видов с помощью произвольных объектов.
- Ещё раз вызовите диалог определения границ вида и, выбрав в выпадающем списке значение **Автоматически прямоугольником (Automatic Rectangle)**, восстановите исходные границы.
- Вызовите контекстное меню вида и выберите пункт меню **Стиль (Style)**.

Настроим отображение видимых и невидимых линий, которые управляются параметрами, расположенными на вкладках **Видимые линии (Visible Lines)** и **Невидимые линии (Hidden Lines)** соответственно.

- На вкладке **Видимые линии** задайте цвет, тип и толщину отображаемых линий контура модели и переключитесь на вкладку невидимых линий.

На этой вкладке опции имеют следующее значение (рис. 9.15):

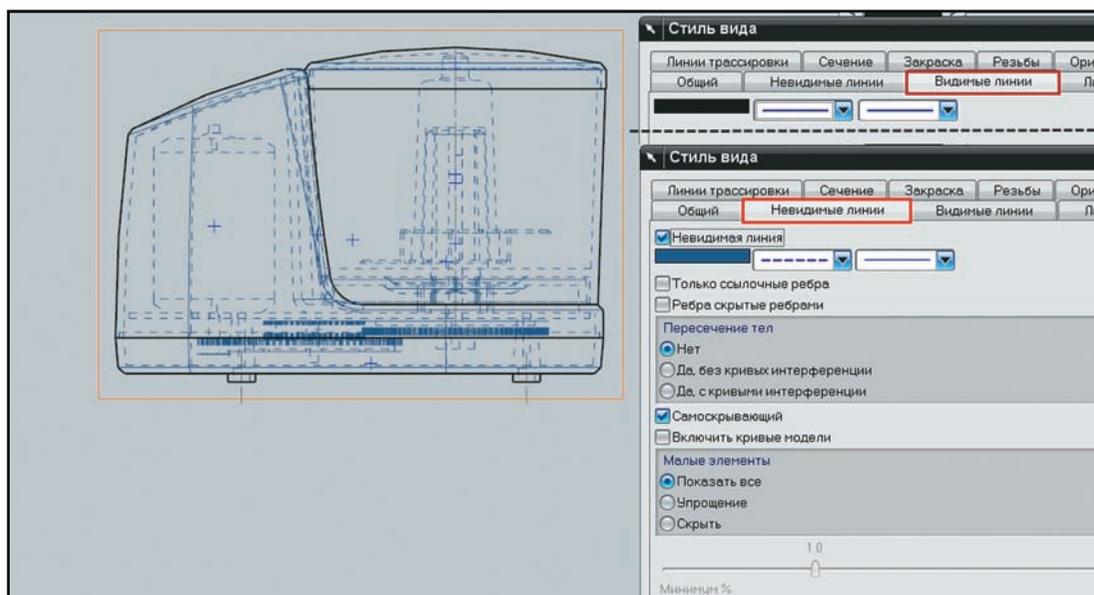


Рисунок 9.15. Настройки стиля вида

Невидимая линия (Hidden Line) – включает режим независимой настройки отображения невидимых линий. Будучи выключенной, эта опция заставит вид отображать невидимые линии также, как и видимые. Когда эта опция включена, то аналогично видимым линиям можно управлять цветом, типом и толщиной отображаемых невидимых линий с помощью трех выпадающих списков, расположенных ниже. Для того чтобы невидимые линии были отображены, необходимо во втором выпадающем списке, определяющем тип, изменить значение по умолчанию.

Только ссылочные ребра (Referenced Edges Only) – включение этой опции будет определять отображение тех невидимых линий, на которые ссылаются размерные линии и аннотации.

Ребра, скрытые ребрами (Edges Hidden by Edges) – данная опция определяет, будут ли отображаться ребра, изображение которых наложилось на другие ребра.

Пересечение тел (Interfering Solids) – опция включает режим отображения линий пересечения тел как невидимых.

Самоскрывающийся (Self-Hidden) – определяет, будут ли отображаться невидимые линии, скрытые самим телом детали. Иначе невидимыми считаются линии, скрытые другим телом.

Включить кривые модели (Include Model Curves) – включает отображение пространственных кривых и кривых эскиза как невидимых.

Малые элементы (Small Features) – данная опция регулирует отображение мелких элементов чертежного вида. По умолчанию эта опция выключена и отображаются все геометрические объекты вида. Если опция имеет значение **Упрощение (Simplify)** или **Скрыть (Hide)**, то все элементы с размером меньше заданного будут соответственно упрощаться или скрываться.

- Включите отображение невидимых линий и нажмите кнопку **Применить** в диалоге. Затем переключитесь на вкладку **Закраска (Shading)**.

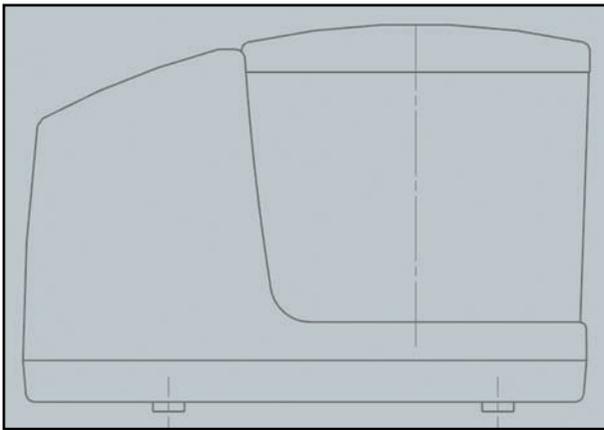


Рисунок 9.16. Вид модели без линий перехода

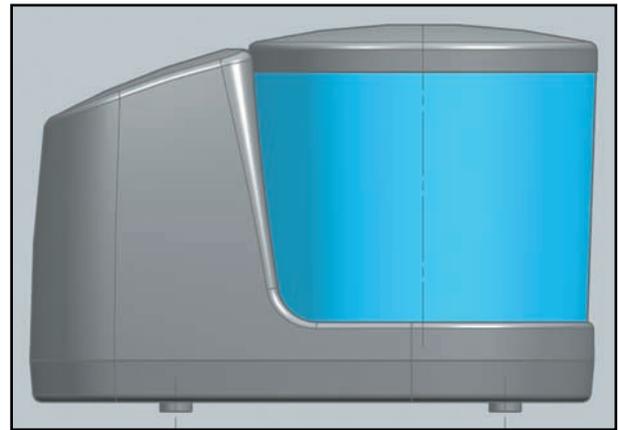


Рисунок 9.17. Режим закрашки

Вкладка **Закраска** управляет режимом наложения цвета на изображение видов. По умолчанию опция **Стиль закрашки (Rendering Style)** имеет значение **Каркасная модель**. При таком значении закрашки не происходит.

- Поменяйте значение опции на **Полная закрашка (Fully Shaded)** и нажмите **Применить**. Компоненты, отображенные на виде, будут закрашены согласно цветам исходных компонентов (рис. 9.17).
- Верните обратно значение опции на **Каркасная модель** и переключитесь на вкладку **Линии плавного перехода (Smooth Edges)**. Опции этой вкладки отвечают за отображение на видах линий плавного перехода граней с явными ребрами. Выключите опцию **Линии плавного перехода** и нажмите кнопку **Применить** для отображения результата (рис. 9.16).

Похожая опция расположена на вкладке **Виртуальные пересечения (Virtual Intersections)**. Она регулирует отображение виртуальных линий пересечения граней, которых нет в модели.

- Закройте окно настроек стиля и с помощью команды **Вид проекции** создайте проекционный вид справа от базового с настройками по умолчанию.
- Откройте диалог настроек стиля для созданного вида и перейдите на вкладку **Общий (General)**. Рассмотрим опции этой вкладки:

Силуэтные линии (Silhouettes) – включает отображение силуэтных линий на виде. Если эта опция выключена, то проецируются только линии ребер на модели.

Автоматическое обновление (Automatic Update) – определяет, будет ли вид автоматически обновляться при изменении исходной модели. Ранее была рассмотрена настройка задержки обновления видов при изменении модели. Эта настройка действует глобально на все виды чертежа. Данная же опция позволяет индивидуально управлять режимом обновления для каждого вида.

Метка масштаба (Scale Label) – выводит обозначение масштаба над видом.

Ссылка (Reference) – делает текущий вид ссылочным. Это означает, что над этим видом нельзя будет производить какие-либо операции и геометрия проекций не будет отображаться. Но при этом изображение этого вида будет выводиться при печати. Данная опция используется при работе с чертежами больших сборок, когда надо минимизировать потребляемые ресурсы при работе с чертежом. В таком случае эта опция позволяет отключать часть видов, над которыми не ведется работа в данный момент времени.

Точка привязки (Anchor Point) – создает точку привязки, используемую при перемещении и позиционировании вида.

Проверить состояние границы (Check Boundary Status) – включает отслеживание изменений на границах вида.

Сетка UV (UV Grid) – включает отображение изопараметрических кривых на виде, если они были отображены на исходных объектах.

Название вида (View Label) – включает отображение имени вида.

Угол (Angle) – задает угол наклона вида относительно горизонтали листа.

Масштаб (Scale) – определяет масштаб изображения вида.

Задание наборов отображения в виде (Define Render Sets in View) – это кнопка открывает диалог задания наборов визуализации для данного вида. Используется, когда необходимо назначить индивидуальные свойства отображения отдельным компонентам сборки или телам в модели.

Выражение (Expression) – позволяет связать величину масштаба вида с параметром, заданным в выражениях модели.

Выделение ребра (Extracted Edges) – включает альтернативный механизм отображения геометрии видов. По умолчанию эта опция выключена и изображается напрямую геометрия модели. Если эта опция имеет значение **Ассоциативно**, то на виде изображаются видимые ребра, которые ассоциативно связаны с исходной моделью. Это позволяет работать с чертежными видами без загрузки исходной модели, а также сокращает время, необходимое для отображения чертежных видов для больших сборок.

Исходный цвет каркасного вида (Wireframe Color Source) – данная опция определяет, откуда наследуется цвет спроецированных на вид линий.

Идентификатор изображения (Display Identifier) – управляет отображением идентификатора вида.

- Выключите на вкладке опцию отображения силуэтных линий и нажмите **Применить**. Посмотрите, как изменилось изображение проекционного вида. Также поэкспериментируйте с изменением значений других опций и отследите, как это отражается на виде. После этого нажмите кнопку **Загрузить по умолчанию (Load Defaults)**, которая вернет исходные значения опций для данной вкладки, и нажмите **Применить**.
- С помощью команды **Вид сечения** создайте новый вид на основе базового вида, расположив линию разреза ближе к правому краю исходного вида. И затем двойным щелчком по границе нового вида откройте диалоговое окно настройки стиля. Виды с разрезами также управляются параметрами на вкладках, которые были рассмотрены ранее, но есть некото-

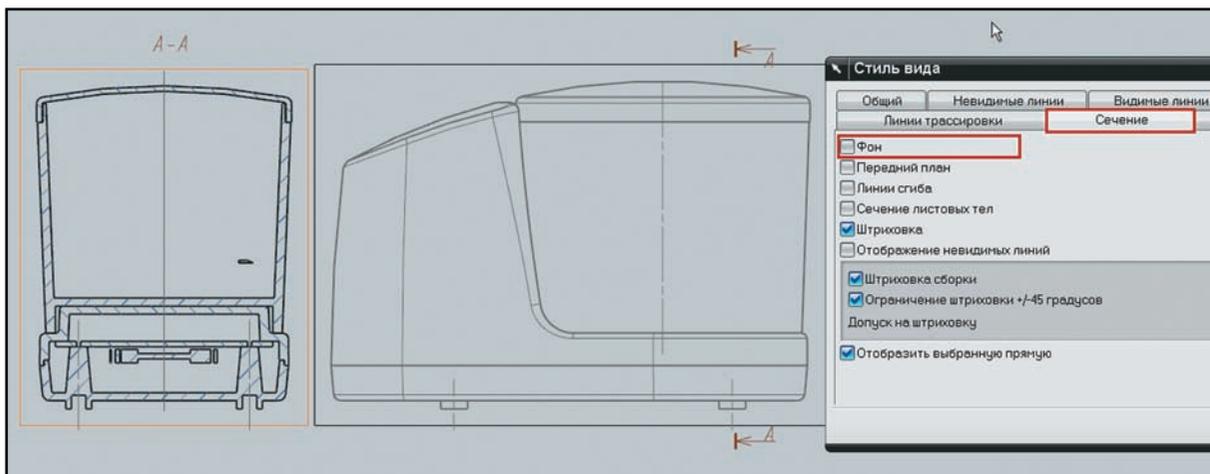


Рисунок 9.18. Настройки стиля вида с разрезом

рые параметры применимы только для них. Откройте вкладку **Сечение (Section)**.

На ней представлены следующие параметры (рис. 9.18):

Фон (Background) – опция управляет отображением элементов модели, находящихся за плоскостью сечения вида.

Передний план (Foreground) – управляет отображением элементов модели, находящихся перед плоскостью сечения вида.

Линии сгиба (Bend Lines) – данная опция включает отображение изломов линии разреза в случае сложного ступенчатого разреза.

Сечение листовых тел (Section Sheet Bodies) – включает создание сечений для поверхностей, если они есть в модели. По умолчанию эта опция выключена, поэтому сечение формируется только на базе твердых тел.

Штриховка (Crosshatch) – включает отображение штриховки на рассечённых компонентах сборки или телах модели.

Отображение невидимых линий (Hidden Line Hatching) – определяет, будут ли учитываться невидимые линии при отрисовке штриховки.

Штриховка сборки (Assembly Crosshatching) – опция меняет режим отрисовки штриховки так, что смежные компоненты сборки штрихуются в противоположных направлениях.

Ограничение штриховки +/- 45 градусов (Restrict Crosshatch to +/- 45 degrees) – данная опция фиксирует углы наклона линий штриховки.

Допуск на штриховку (Crosshatch Adjacency Tolerance) – эта опция работает при включенной опции **Штриховки сборки** и определяет допуск на расстояние между смежными компонентами, когда угол наклона линий штриховки меняется на обратный.

Отобразить выбранную прямую (Display Section Line) – опция управляет отображением линии сечения на исходном виде.

- Изменяя вышеописанные опции для вида сечения и нажимая кнопку **Применить**, просмотрите, как они влияют на его отображение. Затем закройте окно стиля.

Изменение параметров на вкладках диалога **Стиль** влияет на отображение вида в целом,

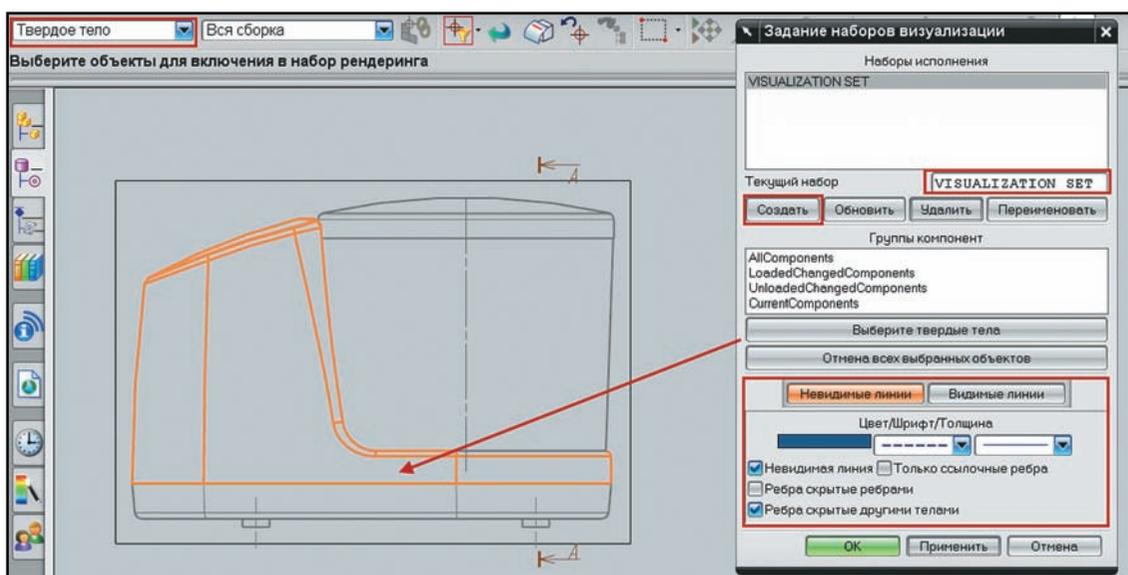


Рисунок 9.19. Создание набора визуализации

но иногда необходимо управлять отображением какого-либо компонента в пределах вида, при этом не влияя на другие компоненты. Для этих целей предлагается использовать функционал наборов визуализаций, который дает возможность определить индивидуальные характеристики отображения для тел и применять их к заданным видам.

- Вызовите диалог настроек чертежа, выбрав пункт главного меню **Настройки > Черчение**, и, переключившись на вкладку **Вид**, нажмите кнопку **Задние наборы визуализации (Define Render Sets)**. Откроется окно задания наборов визуализации, в котором необходимо задать параметры отображения для выбранных тел (рис. 9.19).
- Нажмите кнопку **Выберите твердые тела (Select Solids)** и, установив фильтр выбора в значение **Твердое тело**, укажите один из компонентов сборки на основном виде, после чего нажмите **ОК** в диалоге выбора. Затем в текстовом поле **Текущий набор (Current Set)** задайте имя набора визуализации и нажмите кнопку **Создать**.
- В нижней части диалога, используя кнопки **Невидимые линии** и **Видимые линии**, установите параметры отображения для этих типов линий. После чего нажмите кнопку **Применить**. Таким образом мы сформируем именованный набор визуализации, который состоит из выбранных тел и связанных параметров отображения. Закройте диалог и двойным щелчком на границе

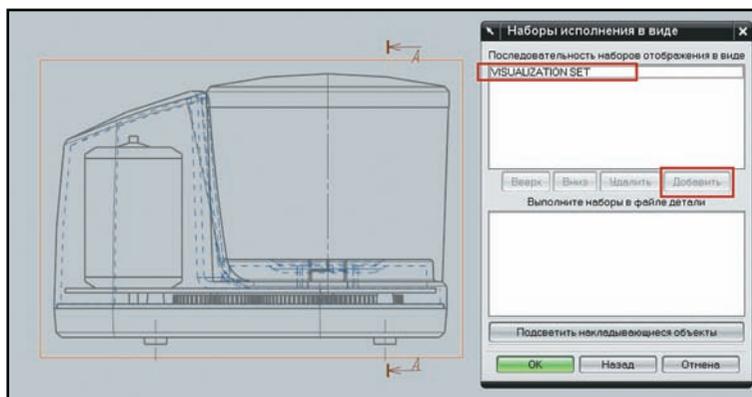


Рисунок 9.20. Применение набора визуализации к виду

главного вида (или любого другого) откройте диалог настройки стиля вида.

- На вкладке **Общий** нажмите кнопку **Задание наборов отображения в виде (Define Render Sets in View)**. Откроется диалог задания активных наборов визуализации для выбранного вида. В нижнем списке диалога отображаются все созданные наборы визуализации для текущего чертежа, а верхний список отображает те из них, которые были применены к текущему виду.
- Выберите созданный набор визуализации и нажмите кнопку **Добавить**. При наличии нескольких наборов визуализации можно управлять их наложением друг на друга, меняя порядок следования в верхнем списке с помощью кнопок **Вверх (Move Up)** и **Вниз (Move Down)**. Нажмите **ОК** и в диалоге настройки стиля вида нажмите кнопку **Применить** (рис. 9.20).

Настройки отображения, заданные для выбранного компонента, применяются к текущему виду, и при этом остальные компоненты будут отображаться согласно общим настройкам вида.

РАЗМЕРЫ И АННОТАЦИИ

Для завершения оформления чертежа, помимо создания проекционных видов, разрезов и сечений, необходимо нанести размеры, допуски и другие аннотации в соответствии с чертежным стандартом, описывающим требования к изготовлению и контролю детали. Модуль **Черчение** предлагает набор инструментов для решения этой задачи, которые позволяют обмеривать и аннотировать виды, полученные проекциями трехмерных моделей. В дистрибутиве NX поставляется шесть преднастроенных стандартов оформления чертежей, которые определяют характеристики отображения получаемых размеров и аннотаций. Рассмотрим механизм управления настройками чертежа с точки зрения соответствия стандартам.

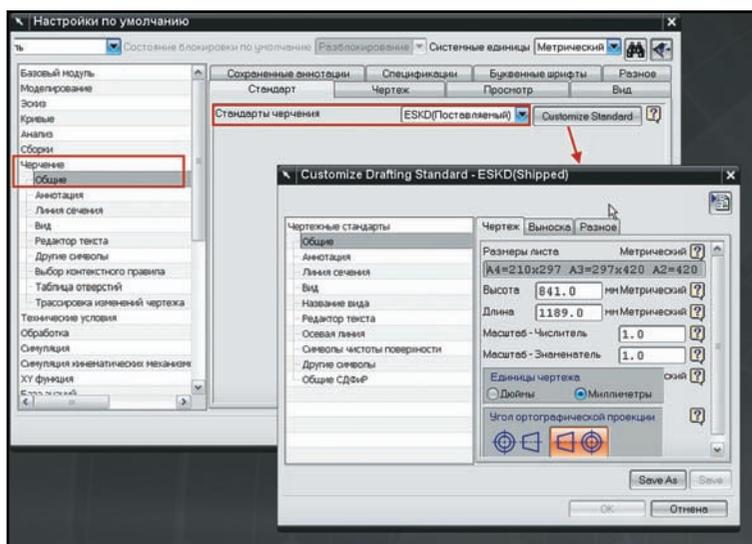


Рисунок 9.21. Чертежный стандарт.

Чертежный стандарт представляет собой набор настроек отображения различных типов чертежных объектов, которые регламентируются стандартом. Текущий стандарт, используемый для оформления чертежа, определяется значением опции **Стандарты чертежа (Drafting Standard)** на вкладке **Стандарт (Standard)** в разделе **Черчение > Общие (Drafting > General)** настроек по умолчанию. Выбрав соответствующий стандарт, вы можете использовать его (после перезагрузки системы) или изменить под свои требования (рис. 9.21).

Чертежные стандарты, поставляе-

мые с системой, не могут быть изменены. Поэтому любой пользовательский стандарт, созданный на базе одного из существующих, должен быть пересохранен под другим именем и выбран текущим для использования.

Часть параметров, определяющих отображение размеров и аннотаций, также может определяться настройками шаблона чертежа, выбираемого в диалоге создания нового файла. Это регулируется опцией **Настройки чертежа (Drawing Settings)** на вкладке **Чертеж (Drawing)** в том же разделе настроек по умолчанию. Опция имеет два значения:

Использовать настройки из шаблона чертежа (Use Settings from Drawing Template) – настройки чертежного стандарта будут браться из файла шаблона нового чертежа.

Использовать настройки по умолчанию (Use Settings from Standard) – в этом случае настройки, сохраненные в шаблоне нового чертежа, будут игнорироваться, и вместо них будут применяться настройки выбранного текущего чертежного стандарта.

Здесь следует отметить, что выбор текущего чертежного стандарта начинает действовать только после перезагрузки системы и только для новых чертежей, в том случае, если вышеописанная опция регламентирует использование настроек чертежного стандарта. Но при этом уже созданные чертежи будут использовать настройки шаблона или предыдущего стандарта, которые были приоритетны на момент их создания. То есть опция задания текущего стандарта и опция, определяющая источник настроек стандарта, не повлияет на ранее созданные чертежи.

Если возникает необходимость изменить настройки чертежного стандарта для существующего чертежа, то следует воспользоваться командой главного меню **Инструменты > Стандарт чертежа (Tools > Drafting Standard)** и выбрать нужный стандарт. После этого настройки оформления размеров и аннотаций будут перезаписаны для текущего чертежа и все новые размеры и аннотации, создаваемые в этом чертеже, будут базироваться на новых настройках. Рассмотрим процесс простановки основных типов размеров и аннотаций и управление их параметрами.

- Откройте чертеж `DimensionsDrw.prt` из папки `ch9`. На чертеже создано несколько видов, на которые необходимо нанести размеры и аннотации.

Для простановки размеров используются команды на инструментальной панели **Размеры (Dimensions)**. Вы можете выбрать режим автоматического определения типа размера, нажав кнопку **Контекстный размер (Inferred Dimension)**, или воспользоваться командой простановки размера заданного типа. При использовании контекстного определения типа размера система сама будет определять, какой тип подходит больше, исходя из выбранных геометрических объектов. Не будем разбирать простановку каждого типа размера, а рассмотрим общие параметры управления размерами.

- Выберите на панели инструментов команду **Контекстный размер** и проставьте горизонтальный линейный размер, как показано на рисунке, выбрав две прямые на проекции.

Во время простановки размера активируется панель настройки параметров размера, которая состоит из опций (рис. 9.22):

Значение (Value) – определяет форму отображения значения размера и количество зна-

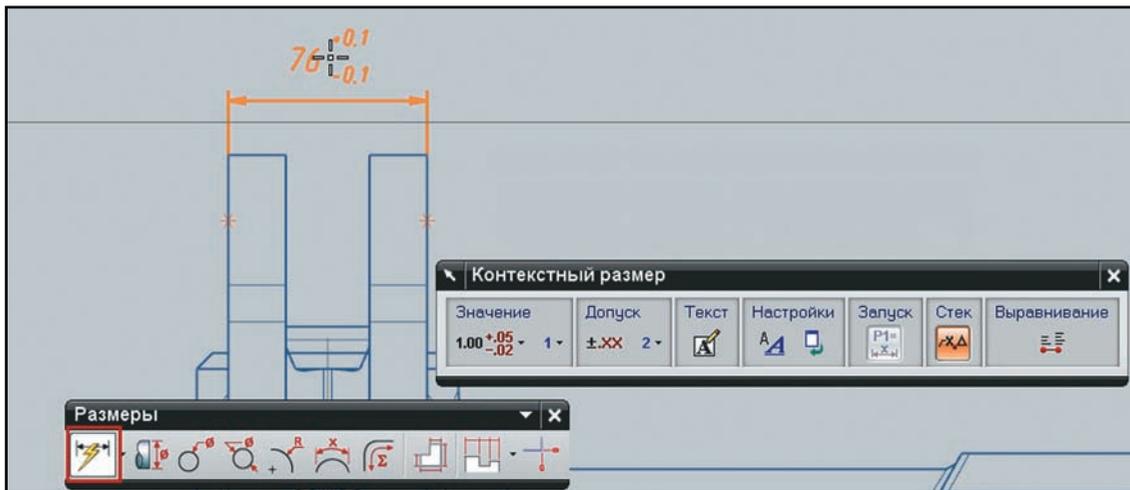


Рисунок 9.22. Простановка размера

ков после запятой.

Допуск (Tolerance) – задает величины допусков и их разрядность.

Текст (Text) – открывает редактор текста для добавления текстовых надписей к значению размера. Эта опция не позволяет вручную изменять значение самого размера.

Настройки (Settings) – открывает окно настройки стиля отображения размеров. Настройки стиля определяют, как отображаются элементы размерных линий, а также параметры текста, используемого для отображения значения, допуска и добавленного текста.

Запуск (Driving) – делает размер управляющим для геометрии, которую он образмеривает. Этот режим работает только для геометрии, нарисованной в контексте чертёжного вида посредством инструментов эскиза.

Стек (Stacking) – включает режим стыковки размера с существующими размерами.

Выравнивание (Alignment) – включает режим выравнивания размерной линии.

Практически все эти опции присутствуют при простановке всех типов размеров, а отличающиеся параметры, как правило, находятся в диалоговом окне настройке стиля (рис. 9.23). При простановке размеров панель управления с вышеперечисленными опциями дублируется в контекстном меню, вызываемом правой кнопкой мыши во время позиционирования размерной линии. В большинстве случаев такой способ задания параметров получаемого размера более удобен, чем панель.

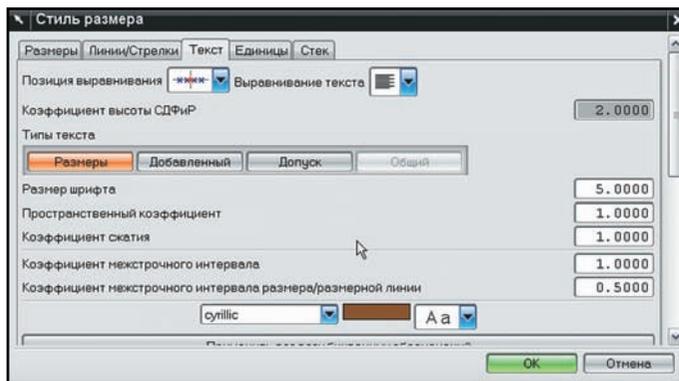


Рисунок 9.23. Настройки стиля размера

- Расположите горизонтальный размер щелчком мыши, нажмите на инструментальной панели кнопку команды **Размер радиуса (Radius Dimension)** и нанесите размер на одну из дуг или окружностей, а затем закройте панель команды. Чтобы получить доступ к параметрам отображения нанесенного размера, выделите его и,

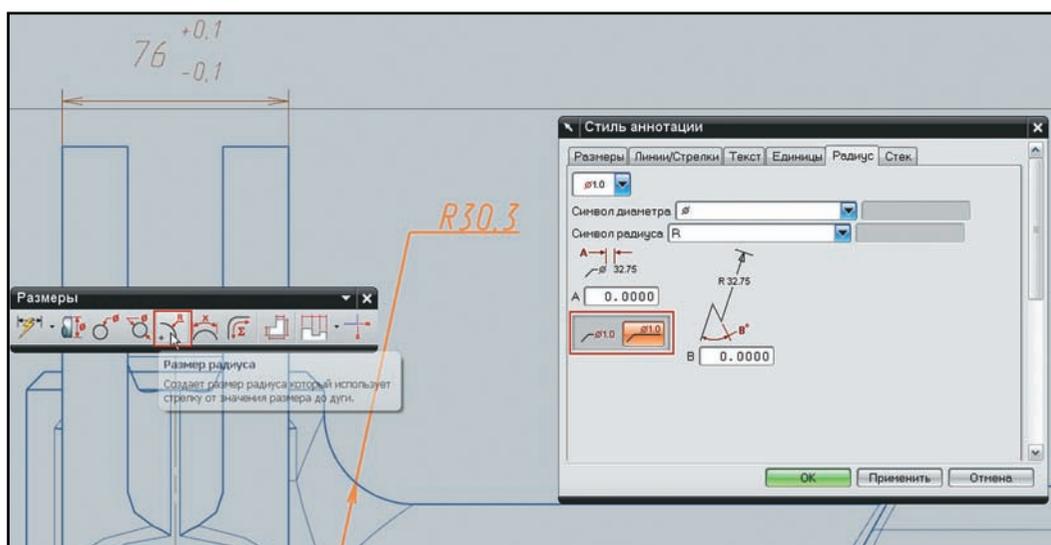


Рисунок 9.24. Стиль размера радиуса

нажав правую кнопку, в контекстном меню выберите пункт **Стиль**. Обратите внимание, что в открывшемся диалоге, помимо стандартных вкладок с общими для всех размеров параметрами, появилась вкладка **Радиус (Radius)**. На ней собраны параметры, которые специфичны только для данного типа размерных линий (рис. 9.24).

Аналогичным образом наносятся и аннотации разных типов, такие как символы базы и допуски формы и расположения (рис. 9.25). Так же как и в случае с размерами, параметры их отображения управляются диалоговым окном **Стиль** контекстного меню или соответствующей кнопкой в диалоге построения. Рассмотрим простановку этих типов аннотаций в следующем разделе.

Перейдите на вид сечения и нанесите размер диаметра на одну из окружностей, так чтобы значение было расположено в зоне штриховки. Для редактирования параметров штриховки двойным щелчком на линиях штриховки откройте диалог параметров. В этом диалоге вы мо-

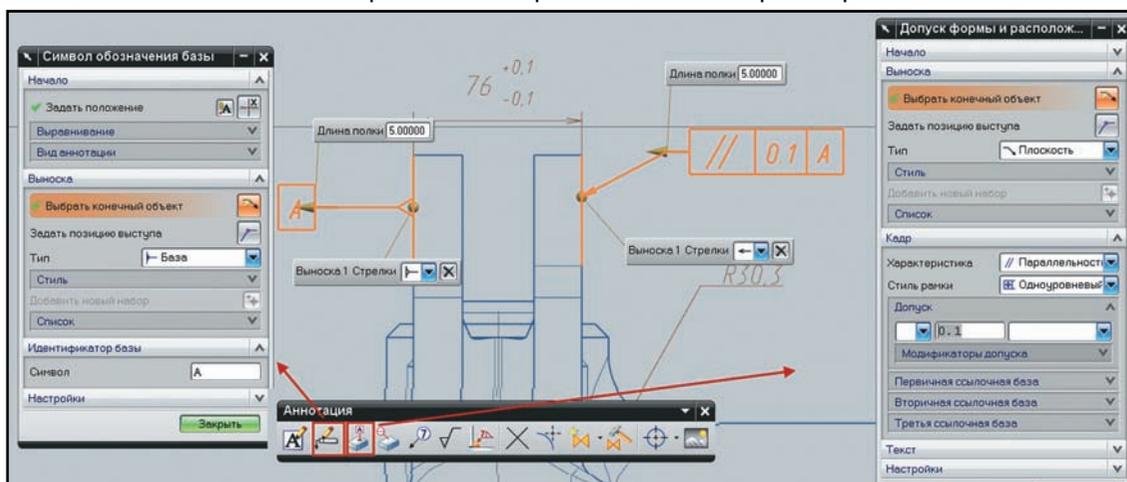


Рисунок 9.25. Простановка аннотаций

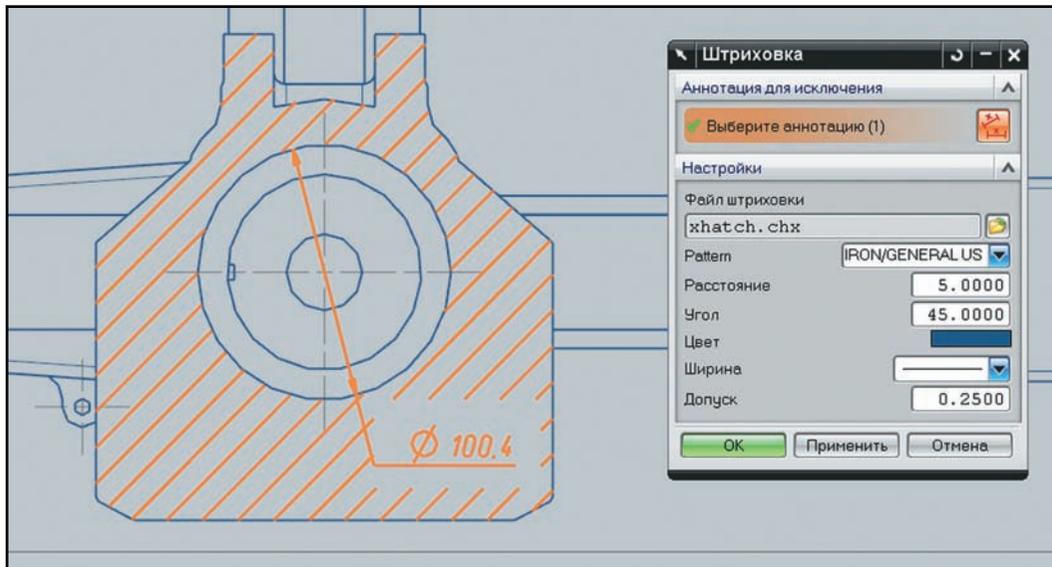


Рисунок 9.26. Редактирование параметров штриховки

жете задать тип штриховых линий и соответствующие параметры, а также определить зоны, свободные от штриховки в тех местах, где расположены размеры. Для этого в разделе диалогового окна **Аннотация для исключения (Annotation to Exclude)** нажмите кнопку **Выберите аннотацию (Choose Annotation)** и укажите размер, расположенный в зоне штриховки, после чего нажмите **ОК** (рис. 9.26).

В данном случае штриховка была создана автоматически при формировании вида с разрезом. Если вам необходимо вручную заштриховать какие-то области, то воспользуйтесь командой **Штриховка (Crosshatch)** на инструментальной панели **Аннотация**. Но в общем случае не рекомендуется создавать искусственные зоны штриховки, которые не соответствуют реальному положению разрезанных тел.

АННОТИРОВАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ (PMI)

Модуль **Черчение** предлагает инструментарий для классического способа создания конструкторской документации, когда на основе готовой 3D модели создаются чертежные виды, которые затем образмериваются и аннотируются. Альтернативой данному способу является нанесение размеров, допусков и других аннотаций непосредственно на геометрию 3D модели, реализованное в модуле **NX Технические условия (Product Manufacturing Information)** (рис. 9.27). Этот способ находит все большее применение в промышленности, так как является более наглядным и удобным, и современная редакция ЕСКД допускает использование 3D модели как документа, описывающего изделие при наличии в ней требований для изготовления и контроля.

При этом надо отметить, что аннотирование моделей в 3D не отрицает наличия чертежа,

так как при необходимости выпустить классический чертеж на основе аннотированной 3D модели все размеры и аннотации наследуются на чертежные виды. Аннотированная 3D модель может заменить чертеж, при готовности всех остальных этапов проектирования и производства работать с такими моделями, но даже при наличии чертежа как документа использование аннотированных 3D моделей даёт значительные преимущества с точки зрения сокращения сроков подготовки к производству. Модель может содержать в себе всю информацию, которую несет чертеж и дополнительно предоставляет ряд средств по работе с размерами аннотаций, которые не доступны при работе с чертежами.

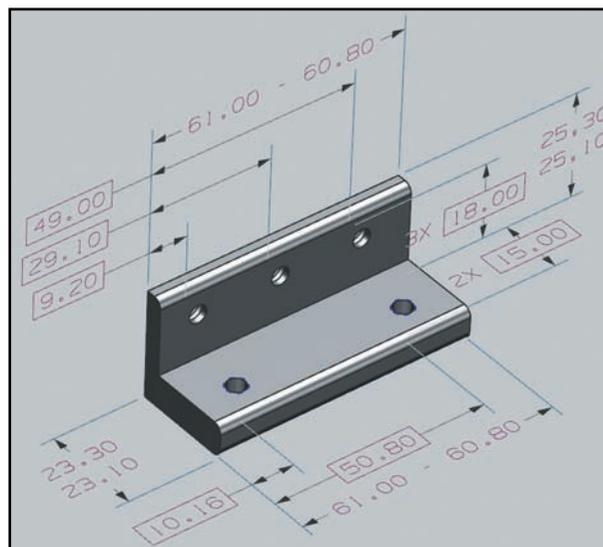


Рисунок 9.27. 3D модель с PMI

Это позволяет отправлять модель в технологические подразделения на согласование намного раньше, чем будет выпущен чертеж, и при этом отправлять не только геометрию модели, но и размеры с допусками и аннотации с требованиями. Помимо этого, размеры и аннотации, созданные в модуле ТУ, могут быть использованы для подготовки к производству, в частности для написания программ ЧПУ и анализа размерных цепочек.

В следующих разделах на примерах будут рассмотрены основы работы в модуле ТУ по образмериванию и управлению трехмерными моделями.

РАЗМЕРЫ АННОТАЦИИ В 3D

Аннотирование 3D моделей производится как с помощью инструментов модуля ТУ, так и с помощью инструментов модуля **Моделирование**, который содержит ряд функций, позволяющих конвертировать размеры эскизов и конструктивных элементов в размеры ТУ. Рассмотрим простановку размеров и нанесение некоторых типов аннотаций на 3D модель.

- Откройте модель `pmi1.prt` из папки `ch9`.
- Нанесем несколько PMI размеров на геометрию модели. В главном меню выберите пункт меню **Начало > Технические условия (ТУ) (Start > PMI)**. Убедитесь в том, что инструментальная панель ТУ активна. Если её нет среди отображенных панелей, то включите ее, нажав правую кнопку мыши на любой другой инструментальной панели и выбрав пункт **ТУ (PMI)**.

Основное отличие между нанесением размеров в пространстве модели от образмеривания чертежных видов заключается в необходимости указывать плоскости расположения размеров.

- На инструментальной панели **ТУ** нажмите кнопку создания **Контекстного размера**

(Inferred Dimension). Контекстный размер представляет собой режим создания размера, при котором система в зависимости от выбираемой геометрии будет подбирать наиболее подходящий тип размера из числа доступных. При необходимости выбора конкретного типа размерной линии выберите его из выпадающего списка кнопки **Контекстный размер** или воспользовавшись разделом главного меню **Тех. условия > Размер (PMI > Dimensions)**.

- Включив режим привязки к центру окружности, выберите два круглых ребра на модели и расположите размер (рис. 9.28).

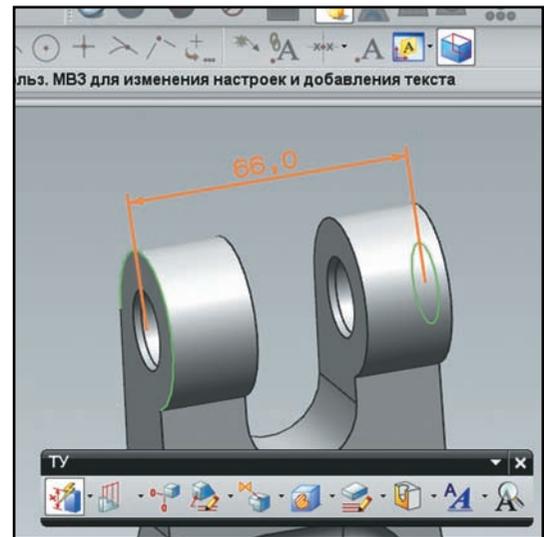


Рисунок 9.28. Простановка размера.

Обратите внимание, что размер был расположен на плоскости, выбираемой по умолчанию, – параллельно плоскости XY текущего вида. Это не всегда является оптимальным, особенно если измеривание производится при активном виде модели **Изометрия (Isometric)** или **Трёхмерный (Trimetric)**. Плоскость расположения можно как задавать во время создания нового размера, так и редактируя существующий размер.

- Двойным щелчком на размерной линии войдите в режим редактирования и на панели выбора разверните выпадающий список кнопки **Плоскость аннотации (Annotation Plane)** (рис. 9.29).

Данный список предлагает следующие варианты плоскости расположения размеров и аннотаций:

Плоскости XY/XZ/YZ – будут использоваться соответствующие плоскости рабочей системы координат. Поэтому при необходимости нанесения размеров, лежащих в плоскостях, отличных от текущей рабочей системы координат, необходимо её переориентировать или создать дополнительную.

Вид модели по плоскости аннотации (Model View Based Annotation Plane) – будет использоваться плоскость XY текущего активного вида.

Последняя заданная пользователем плоскость (Last User Defined Plane) – используется плоскость, которую определил пользователь для предыдущего проставления размера.

Плоскость аннотация, задаваемая пользователем (User Defined Annotation Plane) – позволяет задать плоскость на основе выбранных направлений осей или на основе существующих плоских объектов.

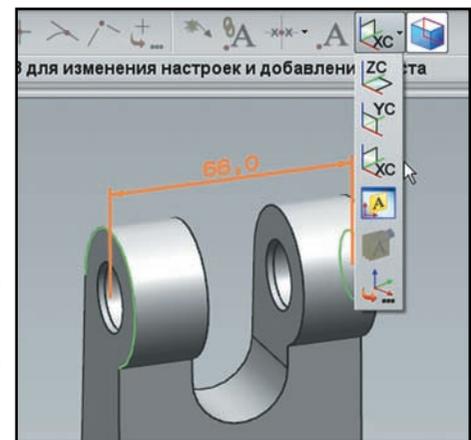


Рисунок 9.29. Задание плоскости расположения

- В выпадающем списке выберите расположение на плоскости YZ рабочей системы координат. Размер будет перемещен на выбранную плоскость.

Привязка размеров к плоскостям важна не только с точки зрения читаемости, но и с точки зрения создания чертежных видов. При проецировании на чертежные виды размеры также будут переноситься, поэтому важно, чтобы они лежали на плоскостях, параллельных плоскости чертежного вида, иначе будет происходить искажение. Наиболее оптимально располагать размеры и аннотации, выбрав режим **Вид модели по плоскости аннотации** и активировав один из стандартных или пользовательских видов.

Помимо плоскости расположения, размеры имеют ряд настроек, которые доступны в диалоговом окне определения размера во время создания или редактирования. Оно содержит следующие параметры для настройки:

Значение (Values) – задает вид отображения значения размера и допусков, а также количество отображаемых знаков после запятой.

Текст (Text) – позволяет задать дополнительный текст до или после размера (а также над и под значения размера).

Ссылки (References) – задает связанные ассоциированные геометрические объекты. Это позволяет наглядно отображать те элементы модели, к которым относится данный размер или аннотация. Все связанные объекты будут автоматом подсвечиваться при выборе соответствующего размера или аннотации.

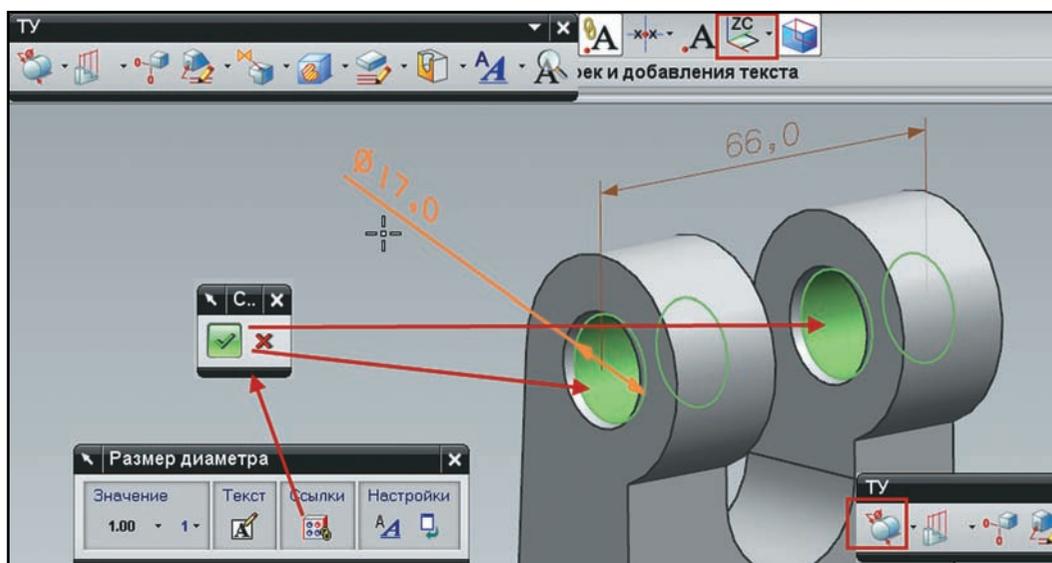


Рисунок 9.30. Задание ассоциированной геометрии.

Настройки (Settings) – открывает окно настройки стиля отображения размерной линии и значения размера.

Направление (Direction) – задает направление измерения.

Большинство этих параметров совпадает с параметрами аналогичных типов размеров в модуле **Черчение**. Исключением является параметр **Ссылки**.

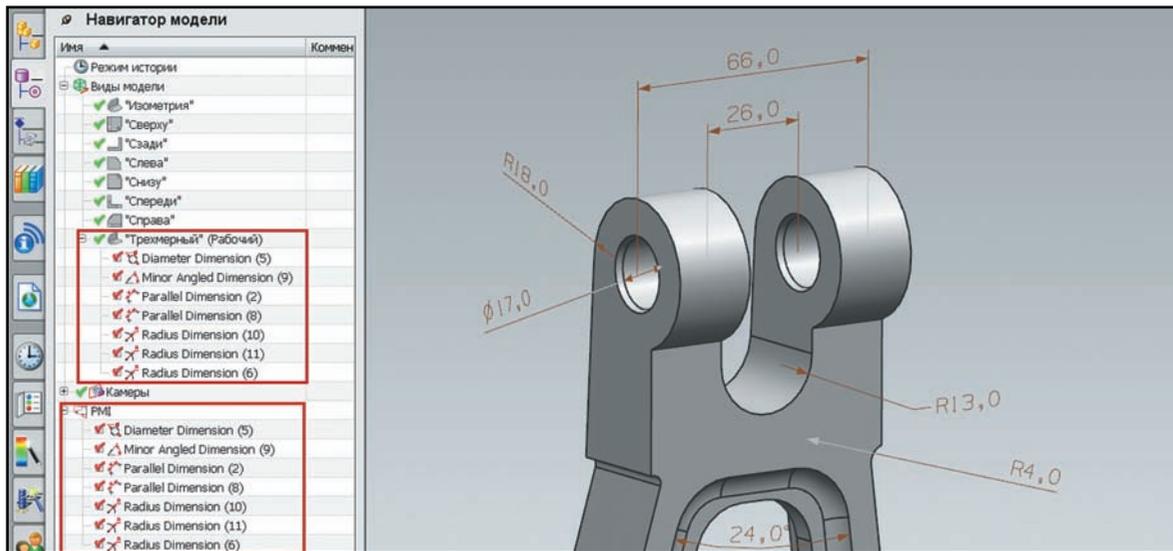


Рисунок 9.31. Привязка объектов ТУ к видам

- На инструментальной панели ТУ раскройте выпадающий список типов размеров и выберите **Размер диаметра (Diameter Dimension)**. Выбрав в качестве плоскости расположения размера плоскость XY рабочей системы координат, укажите грань одного из отверстий. Затем нажмите на панели создания размера кнопку ссылки, укажите грань второго отверстия и нажмите кнопку **ОК** (в виде зеленой галочки). Этим действием мы создали ассоциацию между размерной линией и второй гранью (рис. 9.30).
- Завершите построение размера, поместив его возле модели, и закройте окно. Теперь при выборе данного размера будут подсвечиваться связанные ассоциированные грани. Это даёт возможность сократить количество проставляемых размеров на одинаковые элементы – достаточно будет образмерить один из них, а остальные сделать ассоциативно связанными геометрическими элементами.

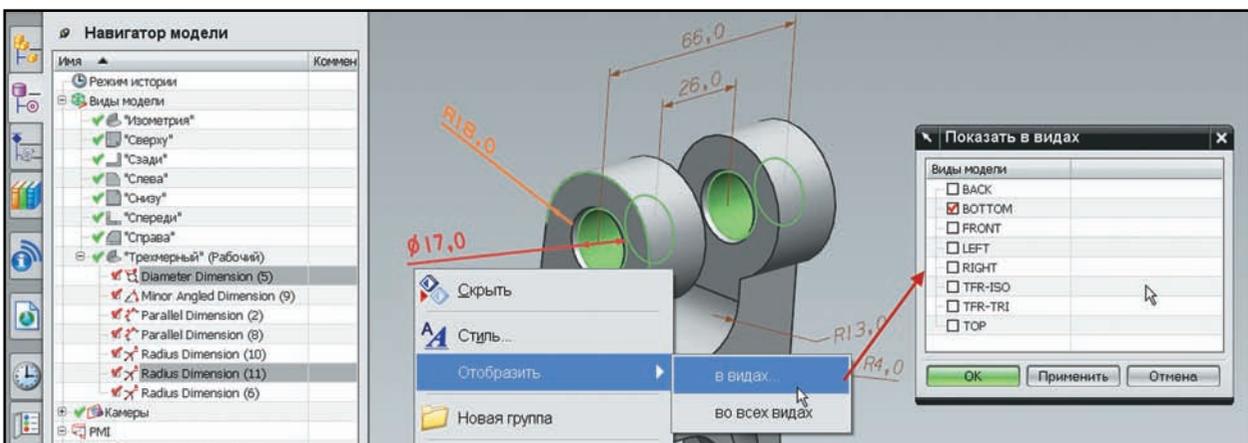


Рисунок 9.32. Изменение привязки

- Используя разные типы размеров, проставьте ещё несколько размерных линий на разных плоскостях расположения. Затем в **Навигаторе модели** разверните узел **Виды модели (Model Views)**.

Обратите внимание, что тот вид модели, который был текущим в момент создания размеров, сейчас содержит в себе проставленные размеры. В нашем случае это **Трёхмерный (Trimetric) вид**. Таким образом, размеры и аннотации привязываются к видам, то есть они являются видозависимыми (рис. 9.31).

- Двойным щелчком на любом другом виде сделайте его рабочим, и все нанесённые размеры исчезнут из графической области. Сделайте опять рабочим **Трёхмерный вид**.

В **Навигаторе модели** есть также узел PMI, который содержит все проставленные размеры и аннотации без привязки к видам. Вы можете управлять привязкой размеров и аннотаций к видам.

- Выберите размеры диаметра и радиуса отверстий и нажмите правую кнопку мыши для отображения контекстного меню (также можно выбрать эти размеры в **Навигаторе модели** и отобразить контекстное меню там).
- В контекстном меню выберите пункт **Отобразить > в видах (Display > in Views)**. Откроется диалоговое окно с именами видов модели, где необходимо выбрать, на каких видах должны отображаться выбранные размеры (рис. 9.32).
- Выключите отображение размеров на виде **Трёхмерный (TRF-TRI)** и включите отображение на виде **Снизу (БОТТОМ)**, поставив галочки у соответствующих имен видов, после чего нажмите **ОК**. Выбранные размеры будут погашены в текущем виде и перенесены в другой вид.
- Сделайте вид **СНИЗУ** рабочим и убедитесь, что размеры были перенесены. Вторая команда

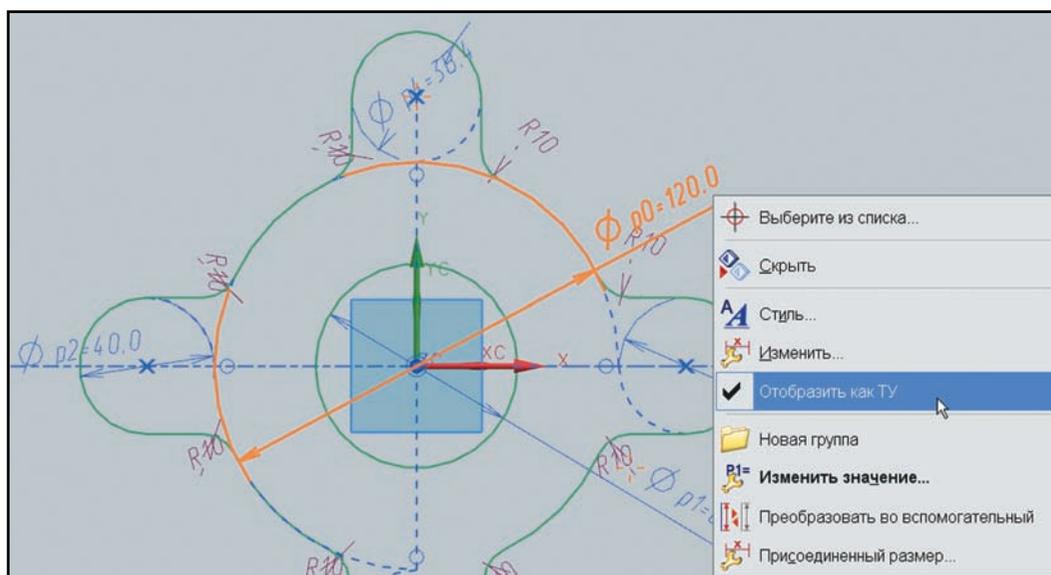


Рисунок 9.33. Конвертация размеров эскиза

контекстного меню **Отобразить > Во всех видах (Display > in all Views)** продублирует выбранные размеры во всех видах модели.

Видозависимость размеров и аннотаций позволяет сделать модель более читаемой и разделить предоставляемые объекты на группы по какому-либо признаку.

Помимо инструментария прямой простановки размеров на модель, можно воспользоваться функцией конвертации размеров эскизов и размеров конструктивных элементов. В режиме редактирования эскиза нажатием правой кнопки меню на проставленном размере в контекстном меню выберите пункт **Отобразить как ТУ (Display as PMI)**. Размеры, маркированные данным способом, будут отображены в модельном пространстве, и с ними можно будет работать как с размерами ТУ (рис. 9.33).

Конвертация размеров конструктивных элементов производится в два этапа. Сначала необходимо выбрать исходный элемент модели, воспользовавшись фильтром по типу со значением **Элемент (Feature)**, и затем, нажав правую кнопку мыши, выбрать пункт **Показать размеры (Show Dimensions)** (рис. 9.34). Будут отображены размеры, которые задавались в диалоге создания данного конструктивного элемента. И следующим этапом необходимо выбрать нужные размеры и в контекстном меню правой кнопки мыши выбрать пункт **Отобразить как ТУ**.

Рассмотрим другие типы аннотирующих объектов, которые можно проставить на 3D модель:

- Выберите грань тела, указанную на рисунке, используя соответствующий фильтр выбора или нажав **Shift+G** для изменения приоритетности выбора в пользу граней, и нажмите **F8** для ориентации вида параллельно выбранной грани.
- В **Навигаторе модели** выберите узел **Виды модели (Model Views)** и, нажав правую кнопку мыши, выберите пункт меню **Добавить вид (Add View)**. Введите имя вида и нажмите **Enter**. Созданный вид станет текущим, и создаваемые элементы аннотаций будут привязываться к нему (рис. 9.35).
- На инструментальной панели **ТУ** вызовите команду **Символ обозначения базы (Datum Feature Symbol)**. Нажмите левую кнопку мыши на верхней

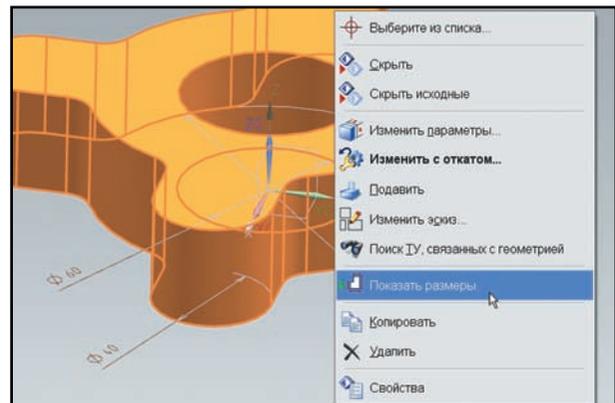


Рисунок 9.34. Конвертация размеров элемента

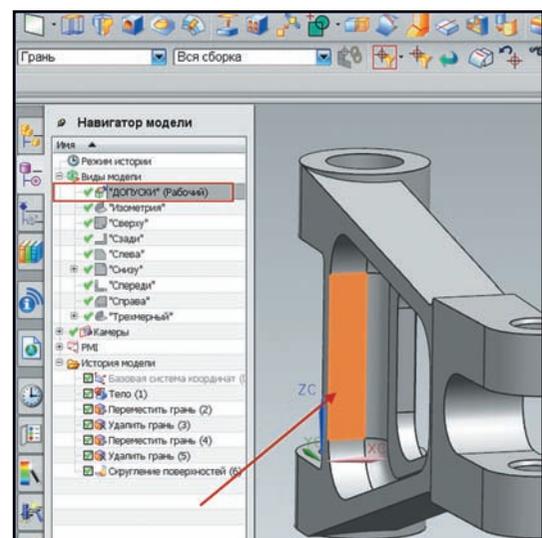


Рисунок 9.35. Создание нового вида

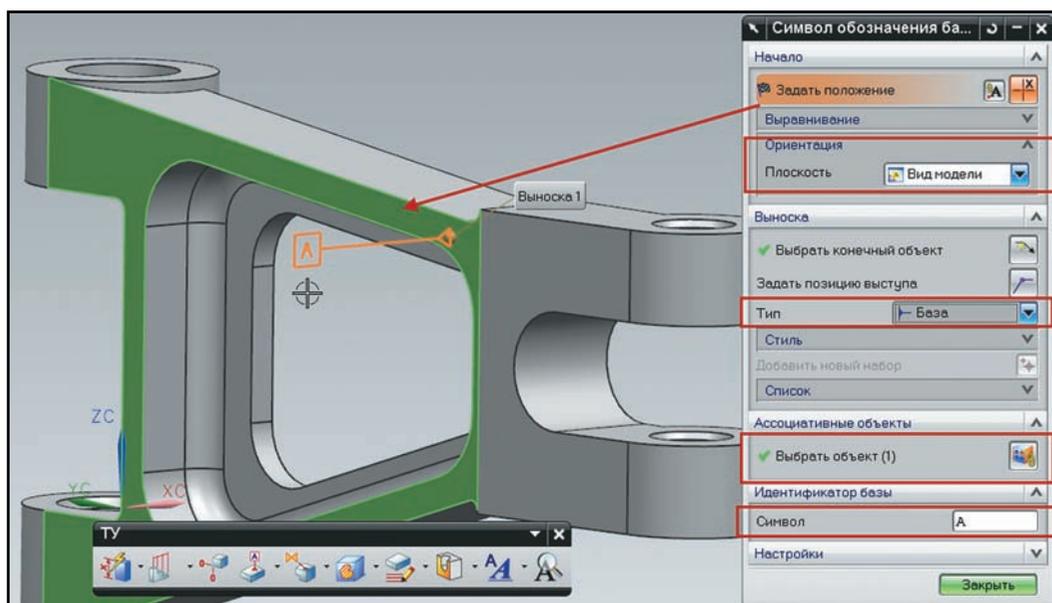


Рисунок 9.36. Создание символа базы

границы модели, показанной на рис. 9.36, и протащите курсор мыши влево и затем отпустите кнопку мыши.

Пока позиционирование символа базы ещё не закончено, необходимо щелчком мыши указать расположение буквы базы, но до этого следует задать параметры символа в диалоге. Обратите внимание, что, в отличие от простановки размерных линий, на панели выбора нет кнопки определения плоскости расположения символа. Вместо неё в диалоге создания символа базы есть опция **Плоскость (Plane)** в разделе **Ориентация (Orientation)**. Это характерно и для некоторых других объектов аннотирования. Так как мы создали отдельный вид, плоскость XY которого подходит для

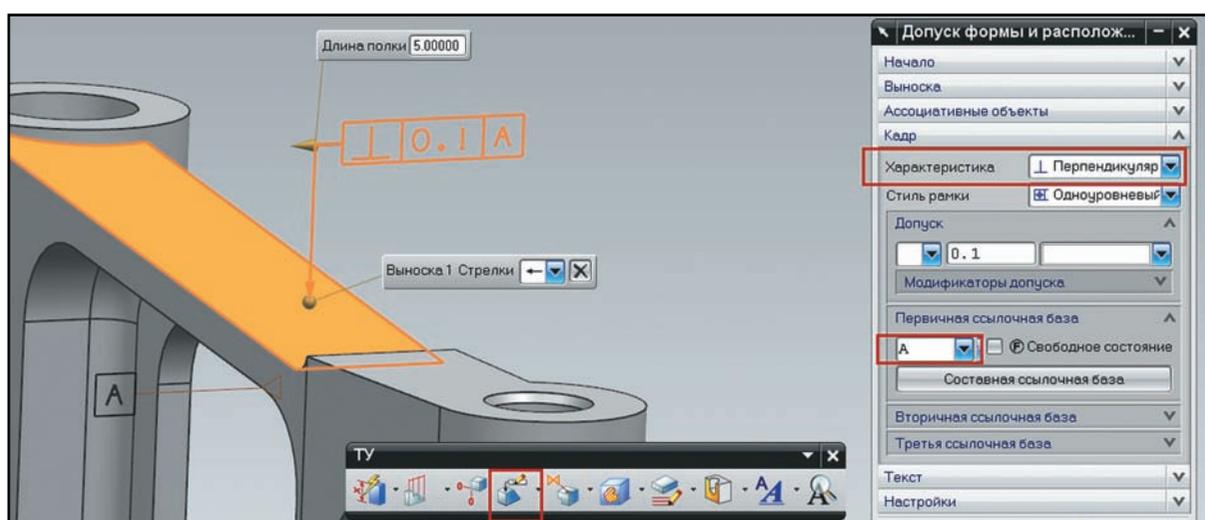


Рисунок 9.37. Создание символа допуска формы

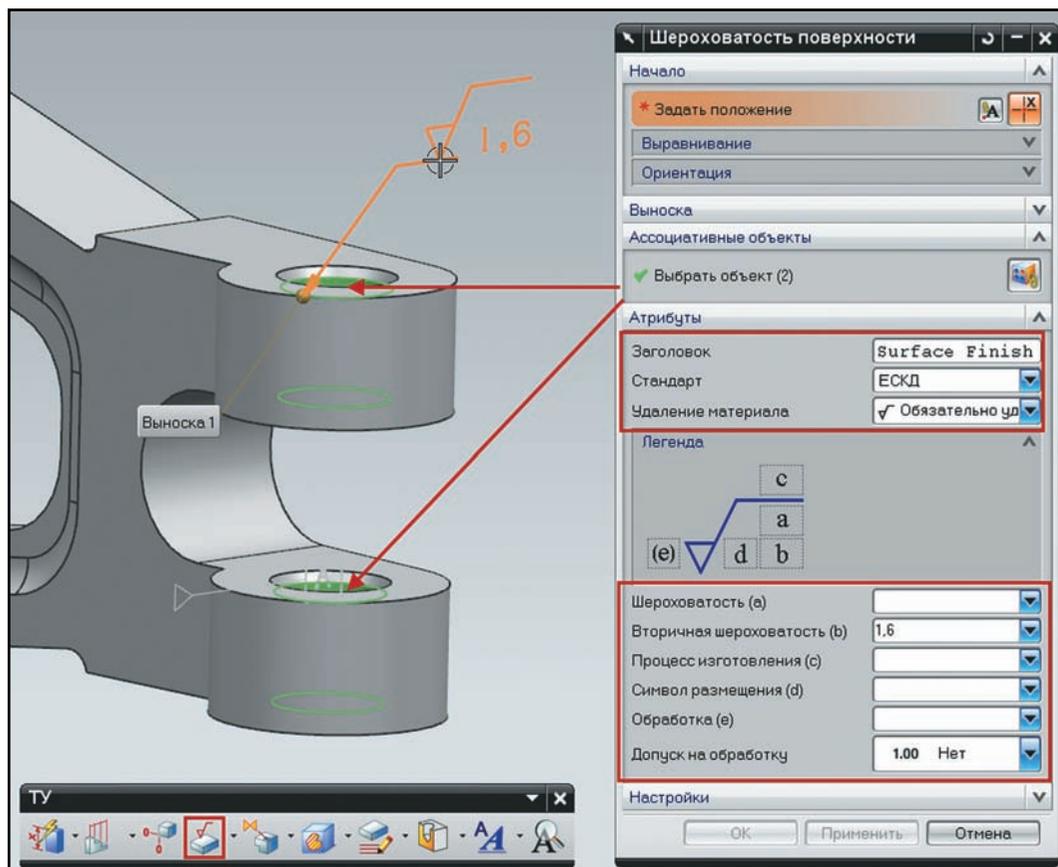


Рисунок 9.38. Создание символа шероховатости

расположения символа, то выберите значение **Вид модели (Model View)**. В разделе **Выноска (Leader)** выбором значения опции **Тип (Type)** можно определить вид создаваемого символа. Так же как и в случае с простановкой размера, вы можете указать ассоциированную геометрию в соответствующем разделе диалога. И в разделе **Идентификатор базы (Datum Identifier)** можно изменить букву базы, предложенную по умолчанию. Буквы увеличиваются инкрементально в зависимости от проставленных баз на модели. При необходимости настроить типы линий и шрифтов воспользуйтесь кнопкой **Стиль (Style)** в разделе диалога **Настройки (Settings)**.

- После задания необходимых параметров щелчком мыши разместите символ базы.
- Далее на той же инструментальной панели вызовите команду **Допуски формы и расположения (Feature Control Symbol)**. Простановка такого типа символа аналогична простановке символа базы. Нажмите кнопку мыши на грани и, не отпуская её, протащите вверх (рис 9.37). Обратите внимание на маркер, который загорается на выносной линии символа, когда эта линия становится перпендикулярной выбранной грани.
- В диалоговом окне все основные параметры, отвечающие за вид и расположение символа, полностью аналогичны диалогу символа базы. При необходимости измените их, а в выпадающем списке **Характеристика (Characteristic)** выберите нужный тип допуска.

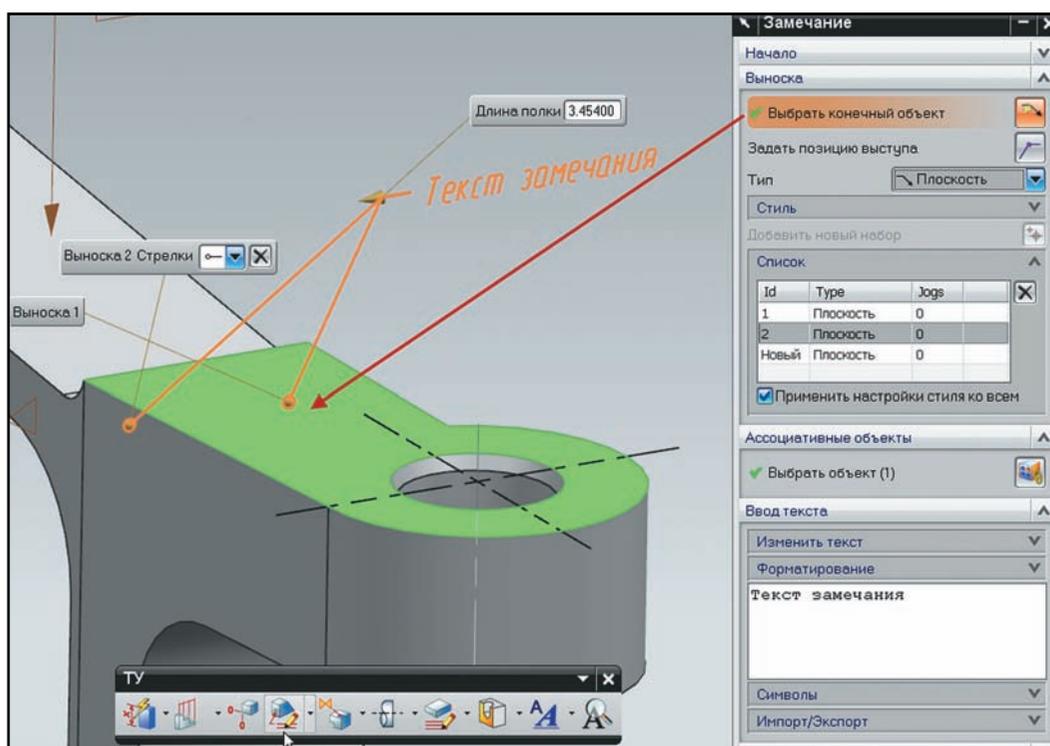


Рисунок 9.39. Создание текстовой аннотации

- Впишите значение в соответствующее поле раздела **Допуск (Tolerance)**, в разделе **Первичная ссылочная база (Primary Datum Reference)** выберите букву базы. Таким образом вы формируете вид и содержание символа допуска формы. После этого щелчком мыши в графической области разместите полученный символ.
- Попробуйте создать ещё один аналогичный символ, но в этот раз не выбирайте геометрию, а подведите предварительное изображение символа к существующему. Перемещение курсора мыши вдоль краев существующего символа активирует режим связывания символов. Если сейчас щелкнуть правой кнопкой мыши, то два символа будут связаны.

Такой режим связывания или стыковки характерен для большинства типов размеров и объектов аннотаций. Поставим ещё один часто применяемый символ – символ шероховатости поверхности.

- На инструментальной панели **TU** нажмите кнопку **Шероховатость поверхности (Surface Finish)** и, так же как и с предыдущими символами, нажав кнопку на целевой грани, проведите курсор мыши в сторону до образования выносной стрелки. Далее в диалоге команды определите ассоциированные геометрические объекты и в разделе **Атрибуты (Attributes)** укажите основные параметры создаваемого символа. А именно **Стандарт (Standard)** и **Удаление материала (Material Removal)**. После этого в поле **Легенда (Legend)** появится изображение выбранного символа. Забейте необходимые значения параметров шероховатости, после чего щелчком мыши разместите символ в пространстве (рис. 9.38).

Таким образом с помощью инструментов нанесения размеров, шероховатостей и допусков формы можно аннотировать любую 3D модель, аналогично тому, как это делается на чертежных видах.

Есть ряд команд построения вспомогательной геометрии для тех случаев, когда необходимо привязывать размер или указывать допуск, используя негеометрические объекты, в частности оси отверстий. Для таких случаев воспользуйтесь командами **Осевая линия (Centermark)** и **3D осевая линия (3D Centerline)** для нанесения вспомогательных линий на модель. Ещё одна команда **ТУ область (PMI Region)** также служит для построения вспомогательной геометрии в тех случаях, когда надо разбить одну сплошную грань на несколько частей. Это бывает необходимо, в частности, для указания разных зон обработки на одной части детали (рис. 9.40).

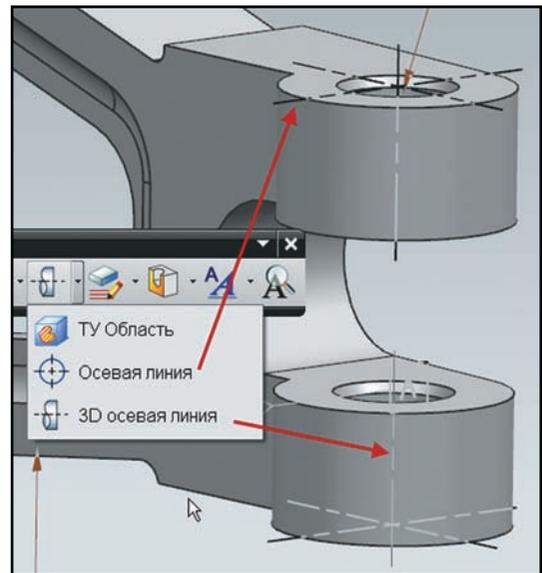


Рисунок 9.40. Вспомогательные элементы ТУ.

Ещё один тип аннотаций, который необходимо рассмотреть, – это аннотации для нанесения различного рода надписей и замечаний. В функционале модуля ТУ есть несколько общих и специализированных команд для создания замечаний. Все специализированные замечания собраны в разделе главного меню **Тех.условия > Специальные (PMI > Specialized)** и являются вариациями аннотации типа **Замечание (Note)**.

- Нажмите кнопку команды **Замечание** на инструментальной панели **ТУ** и, нажав левую кнопку мыши на грани, к которой должно быть привязано замечание, проведите курсор мыши в сторону от геометрии модели и отпустите кнопку. Далее в разделе **Ввод текста (Text Input)** введите необходимый текст. При вводе текста вы можете использовать инструменты форматирования и вставлять специальные символы, открыв одноименные подразделы диалога. Также вы можете импортировать текст из файла, воспользовавшись командой **Вставить текст из файла (Inset Text from File)**.
- Разверните раздел диалога **Выноска (Leader)**. Этот раздел отвечает за задание параметров стрелок и выносных линий. Данный тип аннотаций позволяет создать несколько выносных линий со стрелками в рамках одного замечания. Для этого выберите в списке строчку со значением **Новый (New)** в колонке **Id** и укажите щелчком мыши в графической области точку, куда надо поместить ещё одну выносную линию. Альтернативно вы можете нажать в графической области левую кнопку мыши и выбрать в контекстном меню пункт **Добавить новую выноску (Add New Leader)**, затем укажите точку привязки новой выноски (рис. 9.39).
- Разместите аннотацию в пространстве и завершите построение.

Возможность назначать ассоциированную геометрию для текстовых аннотаций позволяет при написании технических требований ссылаться на целевую геометрию. Например, при указании в технических требованиях особых условий обработки какой-то части детали можно привязывать текст данного требования к граням, формирующим эту часть детали. Тогда другие участники разработки, в частности специалисты технологических служб, при работе с 3D моделью, выбирая текст требования, могут сразу видеть на модели, к каким геометрическим объектам оно относится.

При использовании аннотации типа **Замечание** для написания технических требований рекомендуется создавать её без выносной линии и на отдельном виде. Это даёт возможность быстро наследовать текст аннотации на чертеже.

АННОТИРОВАНИЕ СЕЧЕНИЙ МОДЕЛЕЙ

Для полного описания геометрического представления детали часто необходимо ставить размеры и допуски формы на элементы, расположенные внутри внешнего контура модели. В случае с чертежами для этих целей используют разрезы и сечения. Модуль TV предлагает инструменты для создания аналогов чертежных разрезов и сечений в пространстве модели. В версии NX7.5 предлагаются две команды, которые создают вид сечения модели без изменения геометрии самой модели. Рассмотрим обе команды:

- Откройте модель `pm12.prt` из папки `ch9`. Данная модель представляет собой сборку из нескольких компонентов. Создадим сечение одной из моделей в контексте сборки и проставим размеры на сечении.
- Нажмите кнопку команды **Вид сечения (Section View)** на инструментальной панели **TV**.

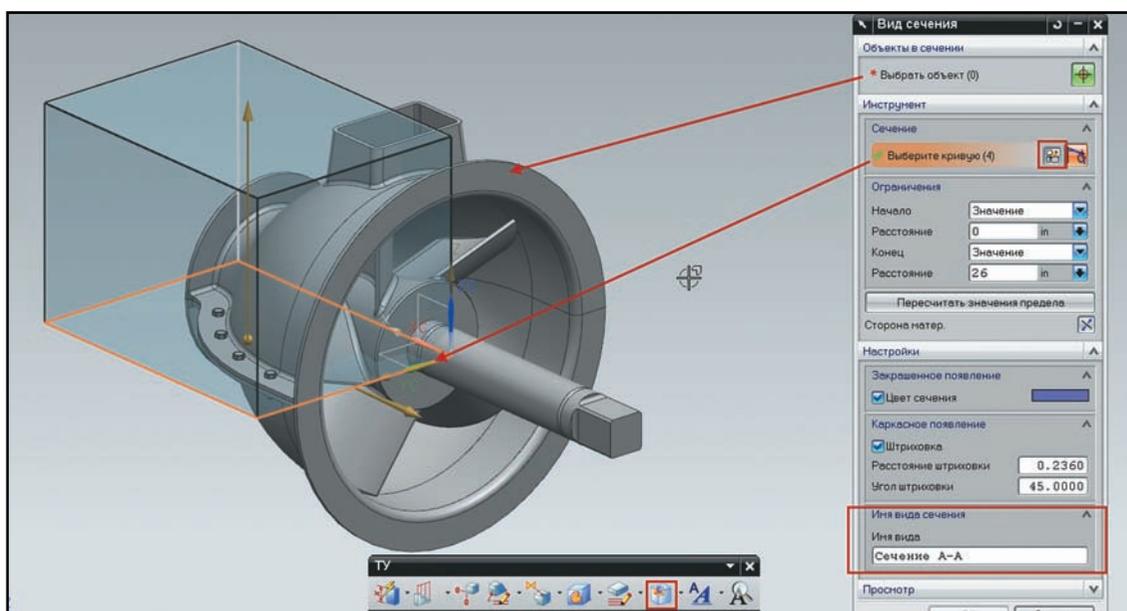


Рисунок 9.41. Создание выреза в виде

Логика работы этой команды очень похожа на команду **Вытягивание (Extrude)** в модуле **Моделирование** с опцией логического вычитания из существующих тел. В качестве исходных данных укажите компонент, который должен быть рассечен, в разделе **Объекты в сечении (Objects to Section)**. В общем случае это может быть не один компонент. Далее в разделе **Инструмент (Cutter)** необходимо задать кривую или эскиз, которые будут формировать тело вытягивания. Это тело будет использоваться для фиктивного вычитания из геометрии выбранных компонентов. То есть вычитание производится только в контексте создаваемого вида, но сама геометрия компонентов при этом сохраняется.

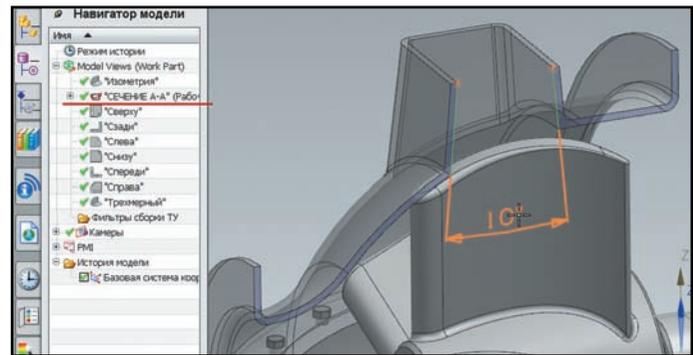


Рисунок 9.42. Привязка к линиям пересечения

- Нажмите кнопку создания эскиза и, расположив его на плоскости XY рабочей системы координат, нарисуйте прямоугольник, выходящий за границы выбранного тела. Затем нажмите кнопку **Завершить эскиз (Finish Sketch)** (рис. 9.41).
- Далее в разделе **Ограничения (Limits)** задайте размеры тела вытягивания так, чтобы оно начиналось от плоскости эскиза и с запасом выходило из рассекаемого компонента.
- Кнопкой **Сторона матер. (Material side)** вы можете управлять, какая из частей рассекаемого компонента будет оставлена, а какая будет обрезана.

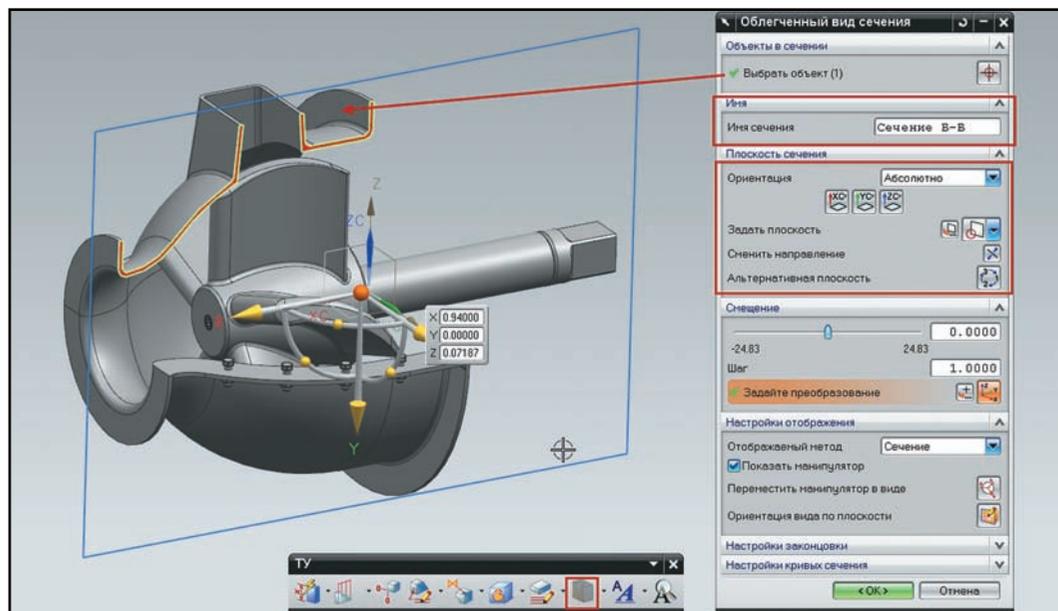


Рисунок 9.43. Создание сечения вида

- В разделе **Настройки (Settings)** задайте цвет линий сечения и при необходимости включите опцию **Штриховка (Crosshatch)**, задав её параметры.
- В поле **Имя вида (View Name)** поменяйте имя создаваемого вида на более подходящее, после этого завершите построение сечения, нажав **ОК** в диалоге.

Построенное тело будет «вычтено» из выбранного компонента, и результат будет помещен в новый вид модели с названием, заданным в диалоге, который станет рабочим.

- Двойным щелчком на имени другого вида сделайте его рабочим и убедитесь, что сечение активно только на одном виде.
- На инструментальной панели **TU** вызовите команду создания контекстного размера и создайте любой размер, например угловой между линиями сечения модели, выбрав подходящую плоскость расположения.
- Для углового размера на (рис. 9.42) плоскостью расположения является плоскость XZ рабочей системы координат. Несмотря на то что сечение является фиктивным, все размеры и аннотации могут оперировать линиями сечения.
- Двойным щелчком на виде **Трехмерный** сделайте его рабочим и запустите вторую команду создания сечения **Облегченный вид сечения (Lightweight Section View)** на инструментальной панели **TU** (рис. 9.43).

Эта команда, в отличие от первой, строит сечение на основе плоскости, а не тела вытягивания. Выберите рассекаемое тело, задайте имя сечения в разделе диалога **Имя** и спозиционируйте плоскость сечения. Это можно делать как с помощью маркеров в графической области, вращая и перемещая маркеры манипулятора, так и с помощью элементов управления в разделах **Плоскость сечения (Section Plane)** и **Смещение (Offset)**.

- После позиционирования плоскости задайте в оставшихся разделах диалога настройки отображения линий пересечения и штриховки и завершите построение, нажав кнопку **ОК** в диалоге.

Аналогично предыдущей команде, выбранный компонент будет рассечен, и результат будет отображен в новом виде. Попробуйте нанести размеры и аннотации, используя составляющие линии пересечения. Так же как и после работы команды **Вид сечения**, линия пересечения состоит из выбираемых кривых, которые можно использовать для привязки.

Вы всегда можете переопределить тело или плоскость сечения, а также набор компонентов, подлежащих рассечению. Для этого необходимо сделать вид сечения рабочим, а потом нажать на нем левую кнопку мыши и выбрать пункт меню **Изменить сечение (Edit Section View)** или **Изменить облегченный вид сечения (Edit Lightweight Section View)**.

При выборе между использованием команды **Вид сечения** или **Облегченный вид сечения** предпочтение стоит отдавать второй команде. Это обусловлено тем, что первая команда позволяет строить более сложные сечения, задаваемые эскизом, что существенно повышает размер модели. Поэтому если желаемое сечение можно построить при помощи плоско-

сти, рассекая один или несколько компонент, то следует использовать команду **Облегченный вид сечения**.

Все виды сечения, созданные в пространстве модели при проецировании на чертеж, будут создавать виды с разрезами. На практике такие «наследованные» сечения оказываются более удобными, по сравнению с теми, что создаются непосредственно в модуле **Черчение**. Они позволяют намного более гибко управлять тем, какие компоненты подлежат рассечению, а какие должны оставаться неизменными. Дополнительно использование команды **Вид сечения** дает возможность наглядно задавать произвольные линии сечения, чем это возможно на проекционных видах. Но следует иметь в виду, что при использовании на чертежах сечений, наследованных из модели, вся работа по наименованию видов и расположению изображения линии сечения остается за пользователем.

НАСЛЕДОВАНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ

Как уже говорилось, все объекты аннотаций, размеры и сечения могут быть перенесены на чертежные виды, что позволяет избежать дополнительной работы, связанной с повторным оформлением модели.

- Откройте файл `pmi03.prt` из папки `ch9`.
- Модель содержит несколько модельных видов с размерами и аннотациями разных типов, а также несколько видов сечения. Двойным щелчком на виде «Сечение 2» сделайте его рабочим и просмотрите сделанное сечение модели с нанесенными размерами и аннотациями (рис. 9.44).
- Создайте новый чертеж. Выберите в главном меню **Файл > Новый (File > New)**, в открывшемся диалоге перейдите на вкладку **Чертеж (Drawing)** и выберите шаблон чертежа размера А1 или А0. Задайте имя чертежа и убедитесь в том, что в разделе **Деталь для создания чертежа (Part to create a drawing of)** введено имя открытой модели, после чего нажмите **ОК**.

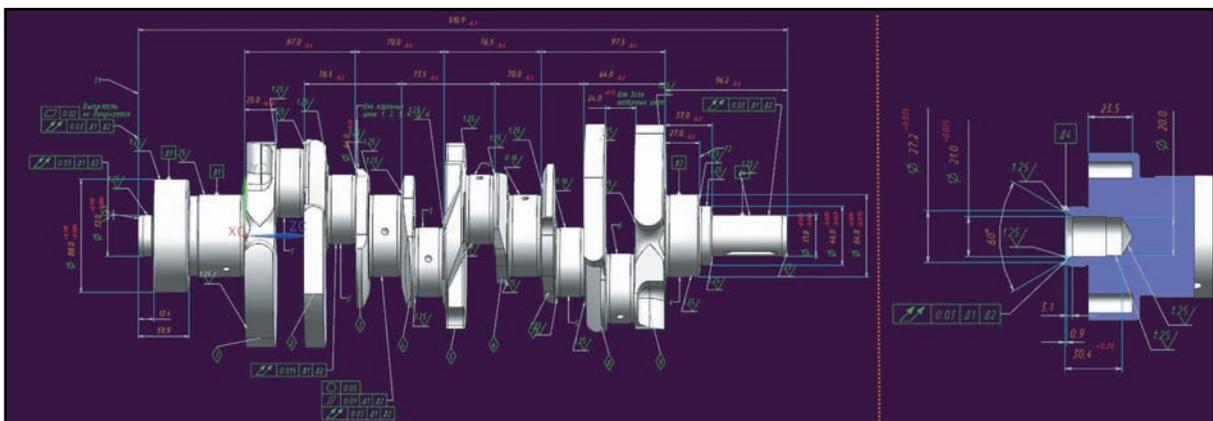


Рисунок 9.44. Модель с аннотированными видами и сечениями

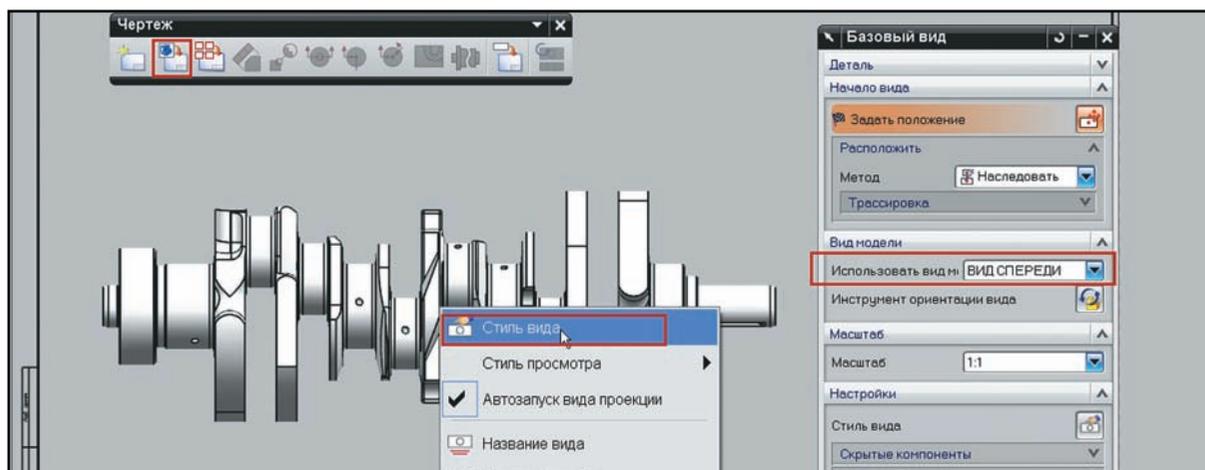


Рисунок 9.45. Создание чертежного вида

- Запустится приложение **Черчение**, и активируется команда создания базового вида. Если этого не произошло (это управляется опцией в **Настройках по умолчанию**), то нажмите кнопку **Базовый вид (Base View)** на инструментальной панели **Чертеж (Drawing)**.
- В диалоге создания вида выберите **ВИД СПЕРЕДИ** в выпадающем списке **Использовать вид модели (Model View to Use)**. Затем, не размещая вид на листе, нажмите правую кнопку мыши и в контекстном меню выберите пункт **Стиль вида (View Style)** (рис. 9.45).
- В открывшемся диалоговом окне перейдите на вкладку **Наследовать ТУ (Inherit PMI)**.

Раздел вкладки **Наследовать ТУ** содержит следующие опции для переноса объектов аннотаций и размеров из модели на чертежные виды (рис. 9.46):

Нет (None) – это значение опции по умолчанию, при котором никакого наследования не производится. Если выбрать это значение опции для уже созданного вида, то вид перестанет быть актуальным и после обновления все наследованные объекты будут убраны с вида.

Из вида модели (From Model View) – при выборе этого значения на чертежный вид будут перенесены объекты ТУ, привязанные к виду модели, с которого создается вид.

Выровнять по чертежу – Только вид (Aligned to Drawing – View Only) – при этом значении наследоваться будут только те объекты ТУ, которые принадлежат виду модели, с которого создается чертежный вид и плоскости расположения которых параллельны листу чертежа.

Выровнять по чертежу – Вся деталь (Aligned to Drawing – Entire Part) – эта опция аналогична предыдущей, но учитываются все объекты ТУ в модели, а не только привязанные к виду модели.

Опция **Наследовать ТУ на чертеж (Inherit**

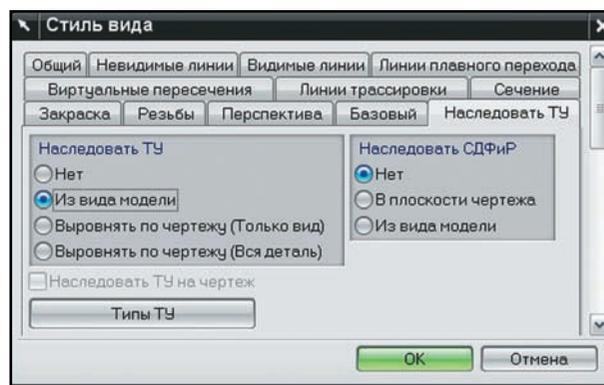


Рисунок 9.46. Режимы наследования размеров

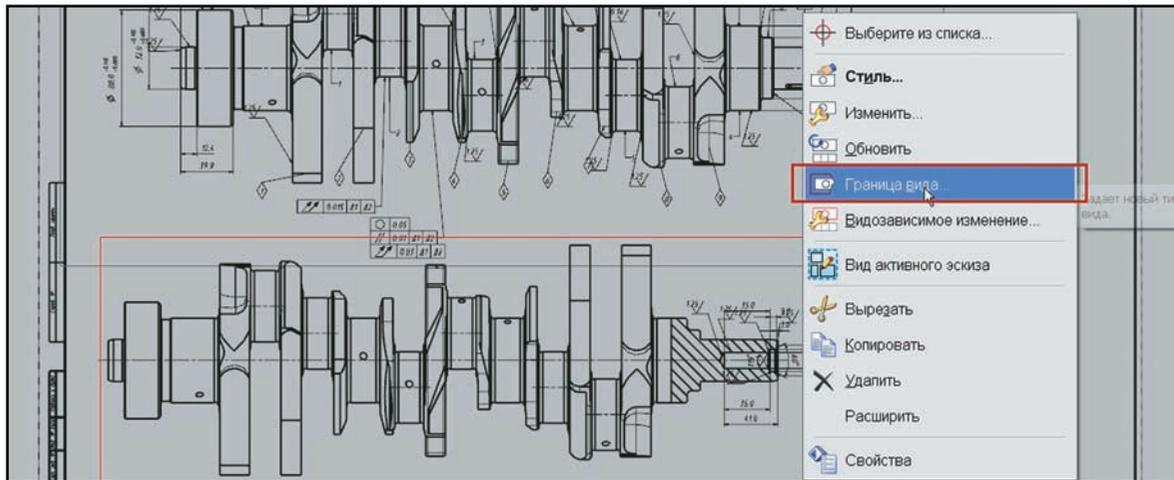


Рисунок 9.47. Изменение границ вида

PMI onto Drawing), которая становится активной при выборе одной из последних двух опций, наследует объекты ТУ на чертежный лист, а не в чертежный вид.

Кнопка **Типы ТУ (PMI Types)** позволяет задать фильтрацию по типам объектов ТУ, определяющую, какие типы могут быть наследованы, а какие – нет.

- Для нашего примера подходит опция **Из вида модели**. Включите её и закройте диалог стиля вида, нажав кнопку **ОК**. Расположите вид на листе и щелчком левой кнопки мыши завершите команду. Будут спроецированы вид модели и все объекты ТУ, связанные с ним.
- Отмените создание проекционного вида и заново нажмите кнопку создания **Базового вида**.
- В диалоге выберите модельный вид «Сечение 2» и аналогично процессу создания первого вида зайдите в стиль вида и включите наследование объектов ТУ с модельного вида. Затем расположите вид и завершите команду.

Будет спроецирована геометрия модели, и будет создан разрез на том месте, где было создано сечение модели. Однако на вид было спроецировано полное представление модели, хотя необходимо отобразить только ту часть, на которой изображен разрез (рис. 9.47).

- Для создания завершеного вида с разрезом нажмите правую кнопку мыши на границе вида и выберите пункт контекстного меню **Граница**

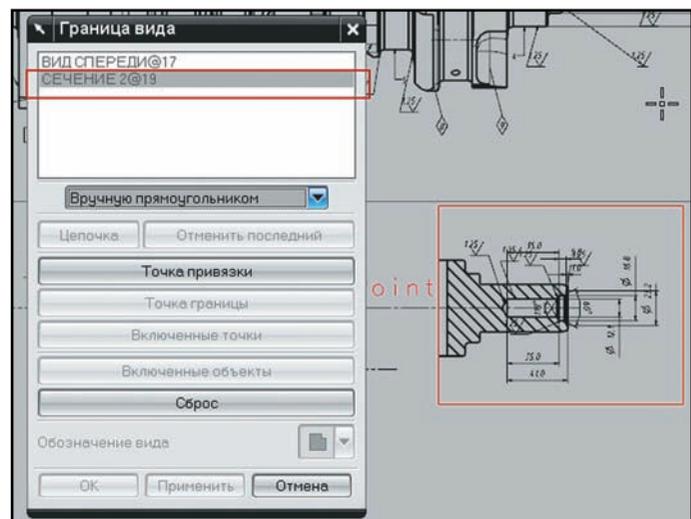


Рисунок 9.48. Задание новых границ вида

вида (View Boundary), в открывшемся диалоге выберите имя вида, границу которого необходимо изменить, а в выпадающем списке выберите режим задания границы **Вручную прямоугольником (Manual Rectangle)**. После этого на листе чертежа прямоугольником выделите область, на которой изображен разрез, после чего закройте диалог (рис. 9.48).

- Двойным щелчком на главной осевой линии войдите в режим редактирования и, раскрыв в диалоге раздел **Настройки (Settings)**, включите опцию **Набор отдельных расширений (Set Extension Individually)** и измените длину оси, используя появившийся маркер.

ПОИСК ПО ТУ

Поиск по объектам ТУ, помимо своей прямой функции, служит для группировки и упорядочивания множества размеров и аннотаций, нанесенных на модель. Большое количество объектов ТУ, нанесенных на сложную модель, будет сложно читать, если они не будут упорядочены и сгруппированы. Одно из средств для упорядочивания, которое было рассмотрено выше, – это видозависимость объектов ТУ, которая позволяет разбить множество аннотирующих объектов на группы по какому-либо признаку. Инструмент поиска по объектам ТУ позволяет формировать группы по заданному критерию.

- Откройте заново файл `pmi04.prt` из предыдущего примера и на инструментальной панели **ТУ** запустите команду **ТУ Поиск (PMI Search)**.
- В открывшемся диалоге выберите тип объекта **ТУ для поиска**, выбрав значение **Размеры (Dimension)** в выпадающем списке **ТУ Тип (PMI Type)**, и для детализации поиска нажмите кнопку **Детали размера (Dimension Details)**. В диалоге **Подробности размера (Dimension Details)** задайте граничные условия, для поиска выбрав критерии, которым должны удовлетворять ТУ выбранного типа (рис. 9.49). В нашем примере поиск будет вестись

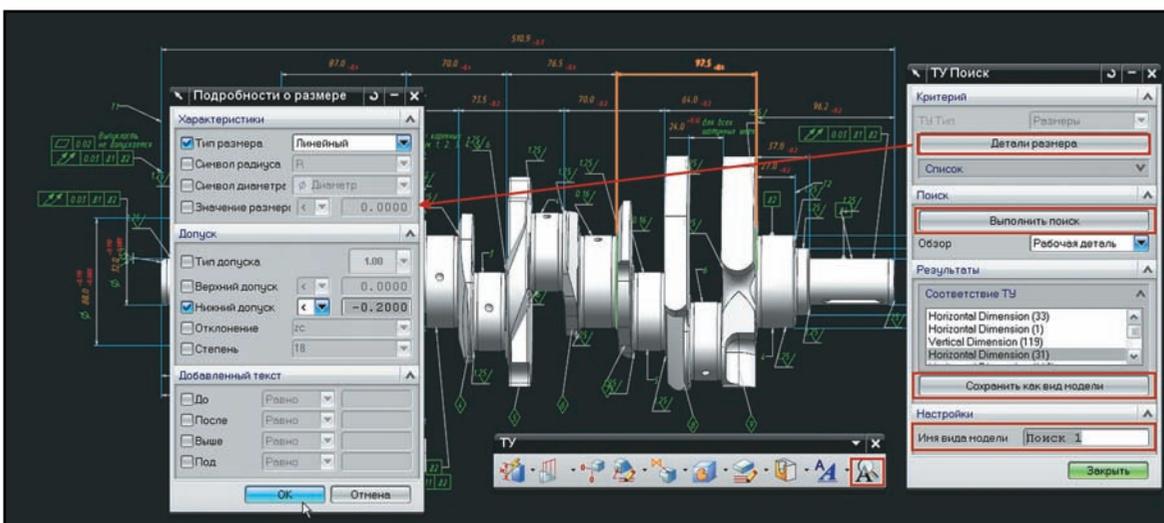
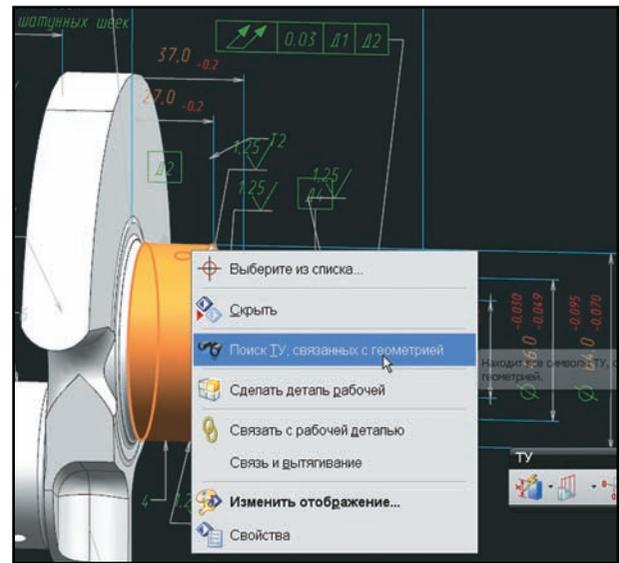


Рисунок 9.49. Поиск по параметрам объекта ТУ

по всем линейным размерам, нижний допуск которого меньше величины -0.2 .

- Закройте окно задания критериев и в диалоге поиска ТУ нажмите кнопку **Выполнить поиск (Execute Search)**. В список **Соответствие ТУ (Matching PMI)** будут выведены результаты поиска.
- В разделе **Настройки (Settings)** введите имя вида, нажмите кнопку **Сохранить как вид модели (Save as Model View)**. В результате будет создан вид, на который будут вынесены все найденные объекты ТУ.



Таким образом с помощью инструмента поиска можно отсортировать объекты ТУ и разнести их по типам, избежав ручной выборки.

Еще один инструмент поиска объектов ТУ основывается на ассоциированных связях размеров и аннотаций. Во время простановки объектов ТУ, как это было показано в первом примере, имеется возможность задавать ассоциированную геометрию, которая потом подсвечивается при выборе соответствующего ТУ. На самом деле эта связь двусторонняя, и можно совершать обратную операцию – опрашивать геометрический объект на предмет ассоциированных с ним объектов ТУ.

- Двойным щелчком на виде **СПЕРЕДИ** сделайте его рабочим.
- Включите режим выбора граней, выбрав соответствующий пункт в выпадающем списке фильтра по типу на панели выбора, и выберите одну из цилиндрических граней.
- Нажмите на выбранной грани левую кнопку мыши и в контекстном меню выберите пункт **Поиск ТУ, связанных с геометрией (Find PMI Associated to Geometry)** (рис. 9.50).
- Появится диалог, в котором можно задать дополнительную геометрию для поиска, или нажать **ОК**.

Результат поиска будет отображен в новом виде, который станет рабочим. Обратите внимание, что этот вид является перезаписываемым, то есть новый поиск перезапишет результаты предыдущего. Поэтому для сохранения результатов поиска вид необходимо переименовать.

Глава 10

Работа с шаблонами

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Работа с шаблонами
- Приложение PTS
- Создание простого шаблона
- Управление параметрами
- Работа с эскизами
- Контроль шаблона
- Шаблон чертежа и расчётной модели
- Управление элементами модели
- Управление состоянием интерфейса
- Визуальные правила

РАБОТА С ШАБЛОНАМИ

Тема шаблонов достаточно популярна при работе с САПР высшего уровня. Шаблоны помогают гармонизировать знания и опыт, оформить их в виде определенной части конструкции изделия и повторно использовать в различных проектах. Понятие шаблона пользовательского элемента, или элемента, определяемого пользователем (Used Defined Feature), уже давно прижилось среди пользователей САПР. В общем случае элемент, определяемый пользователем, представляет собой сгруппированный последовательный набор команд системы, выполняющих определенные действия над задаваемыми входными данными. Такие объекты позволяют создать типовые элементы геометрии детали, которые могут при вставке в дерево построения адаптироваться в зависимости от задаваемых контекстных параметров.

Обычно шаблоны элементов работают в пределах дерева построения одной детали, то есть представляют собой часть этого дерева. Когда речь идет о шаблоне всей детали или шаблоне сборок, то тут уже элемент, задаваемый пользователем, не позволяет полноценно реализовать такие объекты. Конечно, всегда можно взять существующую модель, пересохранить её под другим именем и, изменяя контекстные геометрические ссылки и значения числовых переменных, пытаться перестроить эту модель. Как правило, это достаточно трудоёмкий процесс, тем более если модель создавалась другим пользователем – приходится разбираться в дереве построения, зависимостях и логике. Было бы намного удобней, если бы у моделей был понятный интерфейс, где были бы вынесены все необходимые параметры, что избавило бы от необходимости разбираться в дереве построения модели.

Для этих целей в NX5 была представлена **Студия разработки шаблонов (Product Template Studio - PTS)**. Назначение PTS - создавать шаблоны деталей и сборок на базе существующих параметрических моделей. При создании PTS ставилась цель создать простой и надежный инструмент, который обеспечит функционал создания шаблонов для опытных пользователей системы NX. Не секрет, что часто когда на предприятиях ставится вопрос о создании «умных» шаблонов или заготовок для типовых узлов конструкции, то, как правило, помимо опытных пользователей системы САПР, привлекают ещё и программистов, которые с помощью программного кода реализуют более сложную логику работы шаблонов, чем это доступно стандартными командами системы. В случае с PTS упор делался именно на исключение необходимости прибегать к написанию какого-либо программного кода и на реализацию логики шаблона средствами PTS.

Для создания шаблона с помощью PTS необходима только законченная параметризованная модель детали или сборки и понимание того, как эта модель должна работать. Естественно, для того что шаблон был рабочим в пределах предполагаемой области его применения, необходимо удостовериться, что дерево построения модели отрабатывает заложенную в него логику на всех допустимых значениях ключевых параметров – как геометрических, так и числовых. PTS на основе дерева построения модели и заданных ключевых параметров создает диалоговый интерфейс, с помощью которого пользователи взаимодействуют с шаблоном. Данная глава на примерах показывает подходы к созданию шаблонов в приложении PTS.

ПРИЛОЖЕНИЕ PTS

PTS реализована в виде отдельного приложения, которое устанавливается вместе с NX. Для запуска PTS в меню **Пуск (Start)** зайдите в программную группу **UGS NX 7.5** и в разделе **Инструменты NX** выберите **Студия создания шаблонов**. После инициализации необходимых библиотек будет открыто основное окно приложения. Окно состоит из главного меню, двух инструментальных панелей и нескольких функциональных окон (рис. 10.1).

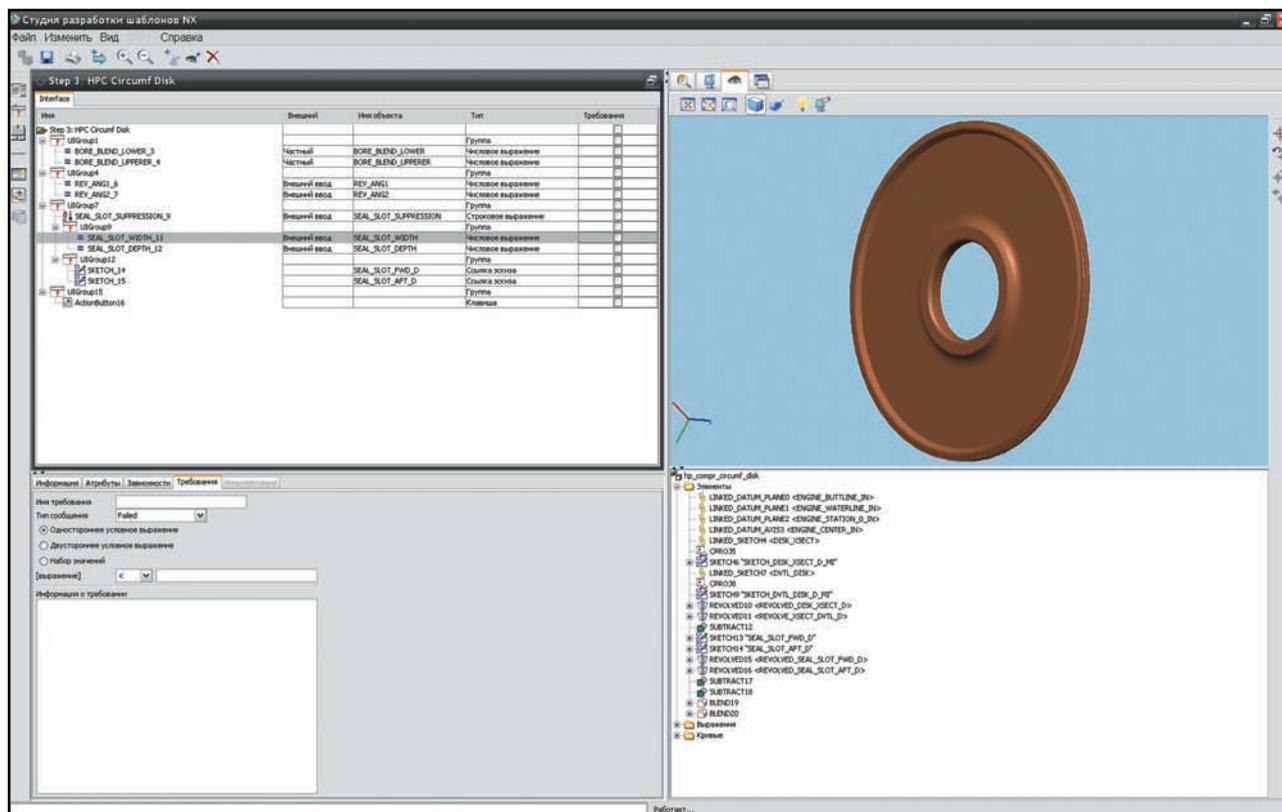


Рисунок 10.1 Вид главного окна приложения PTS

Вертикальная инструментальная панель содержит графические блоки пользовательского интерфейса, с помощью которых строится диалог работы с шаблоном.

Горизонтальная панель содержит набор команд общего назначения, которые активизируются в зависимости от текущего контекста.

Верхнее левое окно работает в двух режимах – оно может отображать графическую схему шаблонов и связи между ними, а в режиме редактирования шаблона оно показывает его содержимое. Каждый шаблон в этом окне отображается в виде диалога с пиктограммой, отображающей геометрическое представление этого шаблона. Для перехода в режим редактирования необходимо нажать кнопку «развернуть» или дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на заголовке диалога.

Нижнее левое окно состоит из нескольких вкладок, которые активизируются в режиме редактирования шаблона:

Информация – вкладка отображает динамическую информацию во время работы над шаблоном. Как правило, сюда выводятся информационные и предупреждающие сообщения, касающиеся того или иного элемента шаблона.

Атрибуты – на этой вкладке пользователь задает свойства элементов интерфейса шаблона, определяющих их поведение. Содержимое этой вкладки зависит от того, какой элемент интерфейса выбран.

Зависимости – позволяет задать условия видимости и активности выбранного элемента интерфейса.

Требования – эта вкладка позволяет задать логические проверки числовым параметрам шаблонов. А также на этой вкладке можно определить набор геометрических проверок модели, создаваемой шаблоном.

Инициализация – здесь пользователь определяет поведение шаблона в целом, которое реализуется при его использовании в сессии NX.

Правые верхнее и нижнее окно являются зависимыми и управляются четырьмя вкладками, расположенными над правым верхним окном. Первая вкладка **Проводник шаблонов** отвечает за отображение структуры и последовательности текущих открытых шаблонов в сессии PTS. Вторая вкладка является **Файловым проводником**, она позволяет производить навигацию по файловой системе или папкам системы Teamcenter для поиска и добавления файлов моделей при формировании структуры связанных шаблонов. Третья вкладка – **Проводник модели**, является одной из основных рабочих областей при создании и редактировании шаблона. Она отображает упрощённое представление геометрии модели и предоставляет доступ к дереву построения со всеми операциями и их параметрами. Последняя вкладка – **Проводник диалогов**, на который отображается получаемый диалоговый интерфейс, на основе тех ключевых параметров, которые были выбраны на предыдущей вкладке.

Рассмотрим общий алгоритм создания шаблона модели в PTS:

- В сессии NX создается параметризованная 3D модель и сохраняется на локальный диск или в PDM систему.
- Полученная модель открывается в PTS в режиме редактирования шаблона.
- Из дерева построения модели на вкладке **Проводник шаблона** выбираются управляющие параметры – числовые переменные операций, ссылочная геометрия, эскизы.
- Каждому выбранному параметру система ставит в соответствие элемент диалогового интерфейса.
- Пользователь задаёт атрибуты элементам диалогового интерфейса, определяющие их поведение, а также задаёт ограничения числовым переменным.
- Полученный диалоговый интерфейс сохраняется в файл модели.

При этом необходимо понимать, что шаблоном может быть только хорошо параметризованная модель. Исходная 3D модель должна зависеть от выбранных управляющих параметров, и при этом логика модели должна отрабатываться на всех возможных значениях этих параметров. Поэтому имеет смысл перед созданием шаблона из модели проверить, как модель себя ведёт при различных входных параметрах, при их крайних значениях и различных

сочетаниях. Такого рода проверка повысит стабильность работы шаблона и снизит количество случаев, когда получаемая модель на основе шаблона будет выходить за рамки предполагаемого поведения.

СОЗДАНИЕ ПРОСТОГО ШАБЛОНА

Давайте создадим простой шаблон модели, содержащий диалоговый интерфейс для работы с деревом построения модели. На данном этапе это будет простой шаблон, без расширенной функциональности, но этого будет достаточно, чтобы понять принцип работы студии.

- Запустите NX7.5 и из папки *ch 10* откройте файл *Piston.prt*.
- Осмотрите открывшуюся модель (рис. 10.2). Она имеет достаточно большое дерево построения, и очевидно, что для её редактирования, не будучи автором этой модели, понадобится некоторое время, чтобы разобраться в логике построения. Если открыть окно выражений **Инструменты > Выражения (Tools > Expressions)**, то мы увидим, что в модели есть некоторый набор именованных параметров, созданный, вероятно, для управления построением модели. Естественно, при практической работе с PTS необходимо понимать логику построенной модели и назначения параметров. Поэтому автору модели, как правило, намного проще создать шаблон. В данном примере тоже будем исходить из того, что мы знаем логику построения и назначения всех управляющих параметров. Закройте модель в NX и запустите PTS. Так как PTS работает с файлом модели, то не рекомендует-

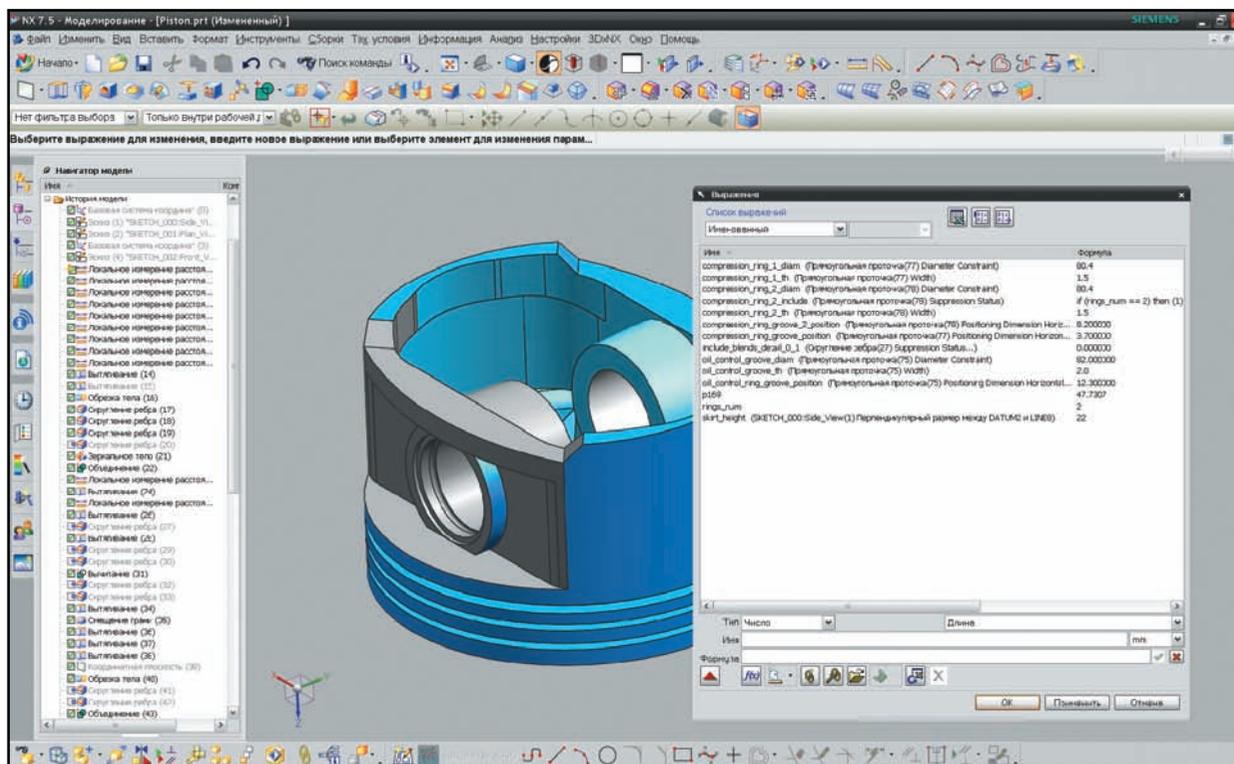


Рисунок 10.2 Модель поршня для создания шаблона

ся одновременная работа с шаблоном в PTS, в то время когда сама модель открыта в NX.

- В PTS с помощью команды **Файл > Открыть (File > Open)** или первой кнопки в горизонтальной инструментальной панели откройте файл *Piston.prt*.
- После того как модель будет загружена (рис. 10.3), перейдите в режим редактирования

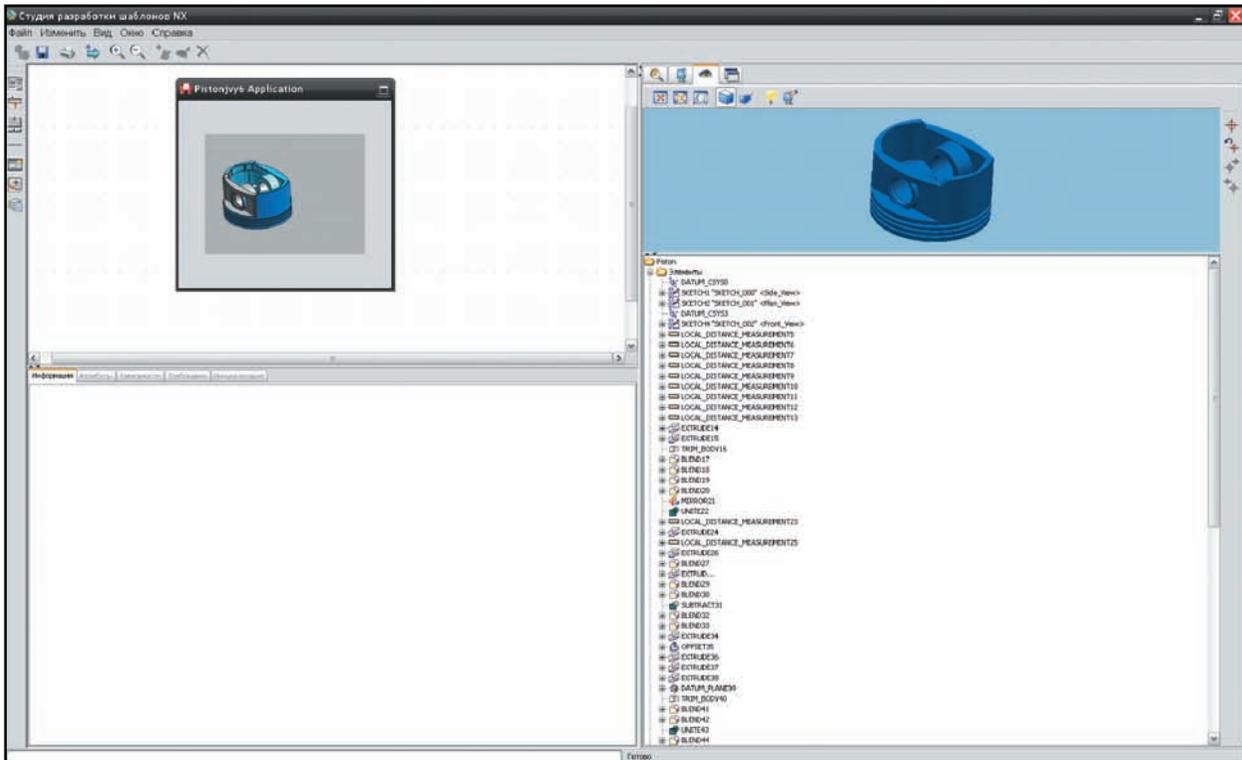


Рисунок 10.3 Модель поршня в PTS

шаблона. Для этого в левом верхнем окне дважды щёлкните мышью на заголовке диалого с изображением шаблона или воспользуйтесь командой меню диалого для развора-

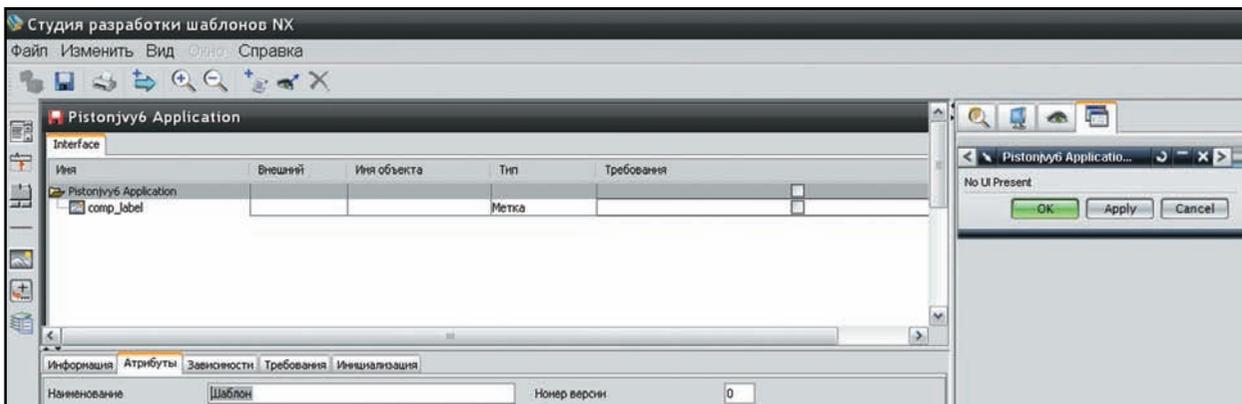


Рисунок 10.4 Режим редактирования шаблона

чивания окна.

- Окно шаблона перейдёт в режим редактирования, и откроется его содержимое на данный момент (рис. 10.4).
- Так как пока шаблон практически ничего не содержит, кроме небольшого текстового элемента, то и на вкладке **Проводник диалогов** мы видим лишь заготовку под интерфейс шаблона.
- Дайте шаблону какое-нибудь осмысленное имя. Для этого в левом верхнем окне выделите строчку с именем шаблона и в нижнем окне на вкладке **Атрибуты** в поле **Наименование** впишите своё название (рис. 10.5).

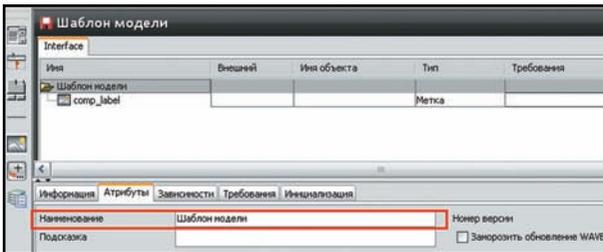


Рисунок 10.5 Задание атрибутов

впишите своё название (рис. 10.5).

- В левом верхнем меню, щёлкнув правой кнопкой мыши на текстовой метке с названием comp_label, удалите этот элемент интерфейса, который нам пока не понадобится (рис. 10.6).

Из вертикальной инструментальной панели мышкой перетащите элемент интерфейса «Группа» на строчку с названием шаблона. После того как вы отпустите кнопку мыши, в левом верхнем меню появится дочерняя строчка, обозначающая элемент, а в правом верхнем на вкладке **Проводник диалогов** появится изображение этого элемента (рис. 10.7).

- Выбрав в левом верхнем меню вставленный элемент, дайте ему какое-нибудь осмысленное имя на вкладке **Атрибуты** нижнего левого окна.
- Добавьте ещё один элемент «Группа» аналогичным способом. При этом обратите внимание на получаемое положение элемента. Начните перетаскивать элемент на строчку, отображающую предыдущую группу, но пока не отпускайте кнопку мыши. Обратите внимание, что когда курсор мыши наведён на существующую строчку, она выделяется красной рамкой. При этом если подвести курсор мыши к нижнему краю строчки, то красная рамка утолщается внизу (рис. 10.8), аналогично она утолщается сверху, когда курсор

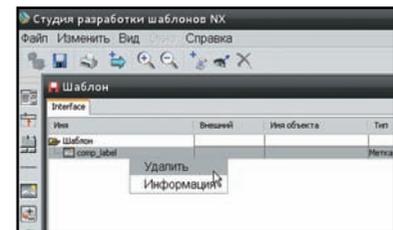


Рисунок 10.6 Удаление элемента

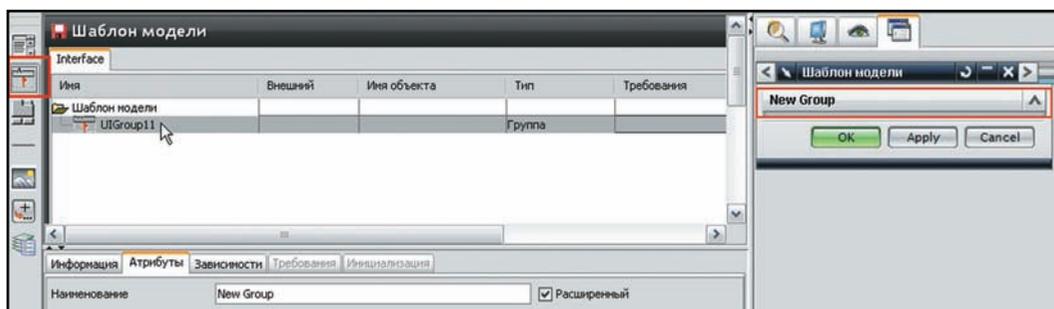


Рисунок 10.7 Добавление группы

приближается к верхнему краю строки, и имеет одинаковую толщину линий, когда курсор около середины. Этим регулируется позиция вставляемого элемента по отношению к уже существующему. Если вы отпустите кнопку мыши при перетаскивании, когда нижняя или верхняя линия имеет утолщение, то соответственно новый элемент будет добавлен ниже или выше существующего. Если вы хотите, чтобы элемент стал дочерним существующему, то необходимо добиться равномерной толщины красной рамки.

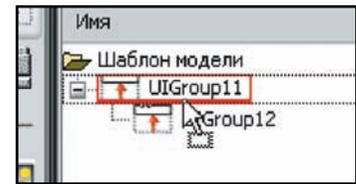


Рисунок 10.8 Управление иерархией

- В нашем случае мы хотим сделать элемент дочерним, то есть создать подгруппу элементов в рамках существующей группы. Поэтому перетащите элемент «Группа» на строчку уже вставленной группы и, добившись равномерной толщины красной рамки, отпустите кнопку мыши. В атрибутах добавленной подгруппы измените её имя (рис. 10.9).

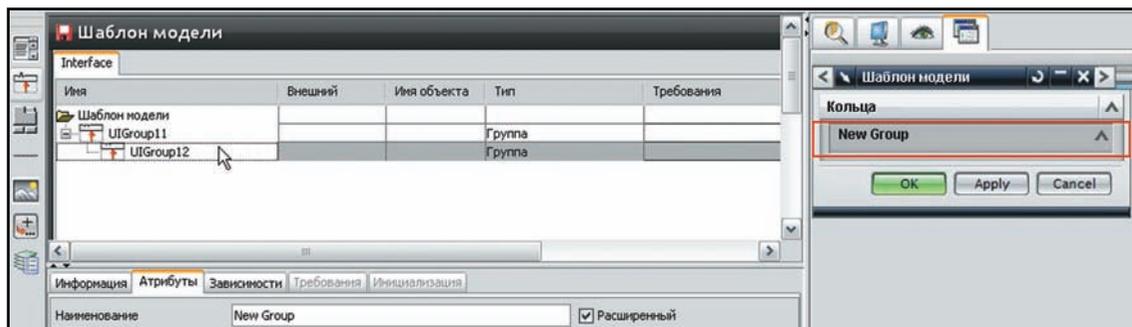


Рисунок 10.9 Создание дочерней группы

- Откройте вкладку **Навигатор модели** в правом верхнем окне и в дереве построения модели найдите и разверните элемент RECTANGULAR_GROOVE75. Этот конструктивный элемент формирует один из пазов на цилиндрической грани модели. Перетащите параметр `oil_control_groove_position`, находящийся под элементом RECTANGULAR_GROOVE75, в левое верхнее окно. При этом необходимо поместить перетаскиваемый элемент в подгруппу, вставленную на предыдущем шаге (рис. 10.10).

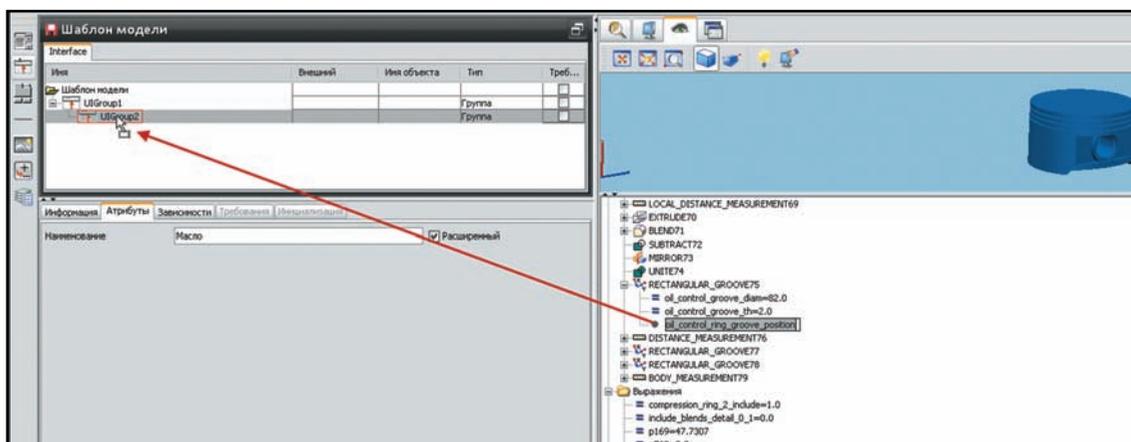


Рисунок 10.10 Добавление управляющих параметров

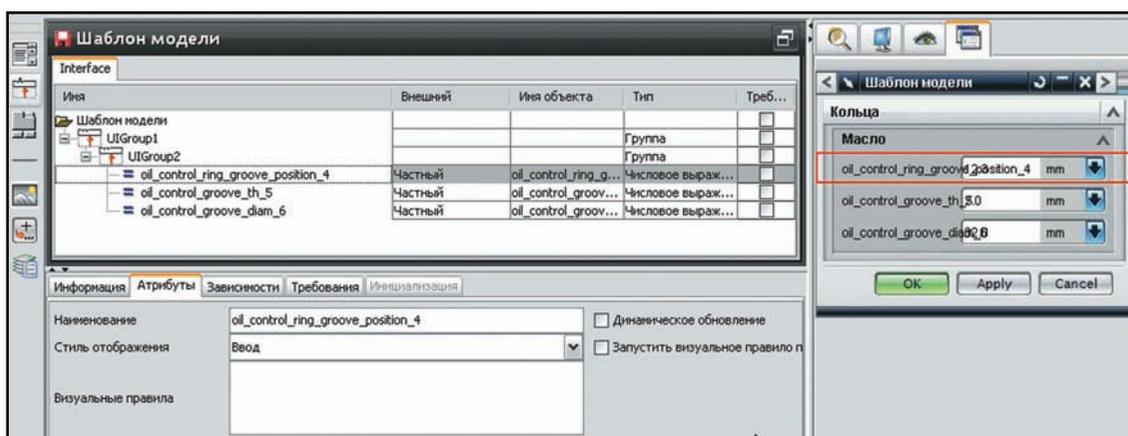


Рисунок 10.11 Диалоговый интерфейс шаблона

- Сделайте то же самое для параметров `oil_control_groove_th` и `oil_control_groove_diam`.
- В правом верхнем окне откройте вкладку **Проводник диалогов**. Если все было сделано правильно на предыдущих шагах, то диалог шаблона должен выглядеть как на рис. 10.11.

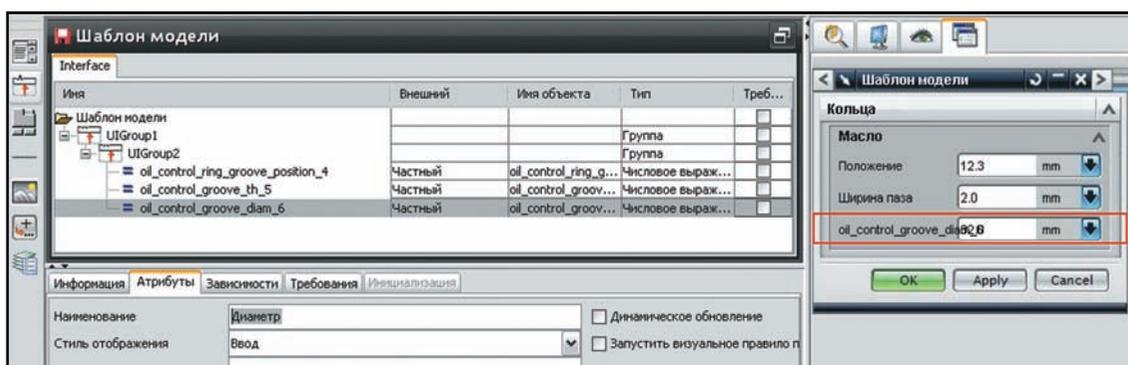


Рисунок 10.12 Назначение атрибутов

- Поочерёдно выбирая в левом верхнем окне строки параметров в подгруппе, в нижнем левом окне на вкладке **Атрибуты** дайте осмысленные имена каждому элементу диалогового интерфейса (рис. 10.12).
- Сохраните шаблон. Для этого в меню приложения выберите пункт **Файл > Опубликовать** или нажмите вторую кнопку с изображением дискеты на горизонтальной инструментальной панели.
- Выйдите из приложения PTS и запустите NX7.5.
- Откройте файл `Piston.prt` и пере-

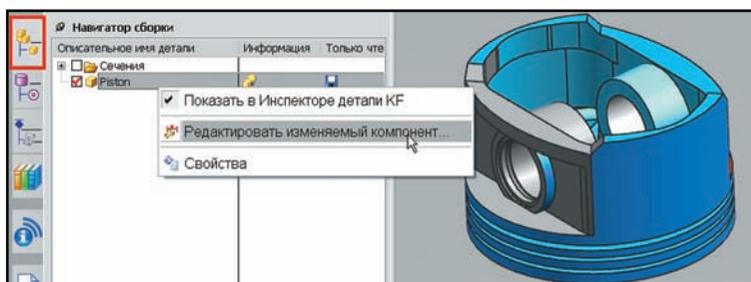


Рисунок 10.13 Проверка шаблона

Идите в **Навигатор сборки**. Обратите внимание, что в колонке **Информация** навигатора появился значок, говорящий о том, что модель является шаблоном. Нажмите правой кнопкой на строке модели и в открывшемся контекстном меню выберите пункт **Редактировать изменяемый компонент** (рис. 10.13).

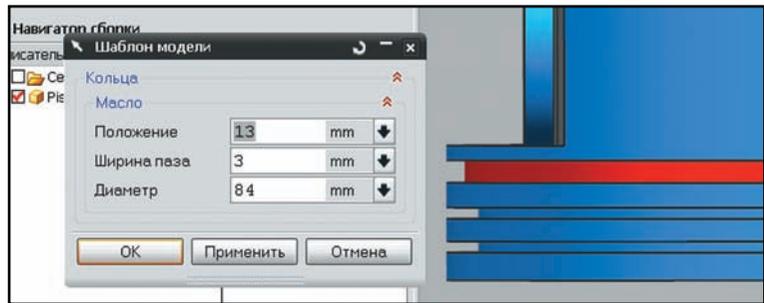


Рисунок 10.14 Работа шаблона

- В открывшемся диалоговом окне дважды щёлкните правой кнопкой мыши на названии шаблона. Откроется диалоговый интерфейс шаблона. Попробуйте изменять параметры в диалоге и посмотреть, как перестраивается геометрия модели. При этом пока шаблон не контролирует вводимые значения, поэтому при вводе слишком больших величин параметров логика шаблона может быть нарушена (рис. 10.14).
- Закройте модель.

Созданный шаблон достаточно простой и управляет только одним элементом управления, не контролируя входных параметров. Но при этом шаблон предоставляет простой интерфейс управления параметрами и избавляет от необходимости искать и редактировать параметры в дереве построения модели. Наличие шаблона не отменяет возможности проводить редактирование модели через дерево. При этом если будут изменены параметры в дереве построения, то и соответствующие значения в диалоге шаблона тоже будут обновлены. Готовый шаблон этого примера вы можете найти в папке *ch10/Step1*.

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ

Давайте модифицируем созданный шаблон, так чтобы можно было контролировать вводимые значения.

- Запустите PTS и откройте созданный шаблон.
- Двойным щелчком на заголовке диалогового окна с изображением модели шаблона откройте его в режиме редактирования.
- В левом верхнем окне выберите параметр, управляющий положением кольца, и в нижнем окне выберите вкладку **Атрибуты**.
- Сейчас этот параметр просто вводится пользователем и никак не контролируется. Поменяем тип элемента интерфейса для ввода этого элемента. Для этого в выпадающем списке **Стиль отображения** вместо значения **Ввод** выберем значение **Масштаб**. В правом верхнем окне на вкладке **Проводник диалогов** соответствующий элемент интерфейса поменяется своё представление (рис. 10.15).

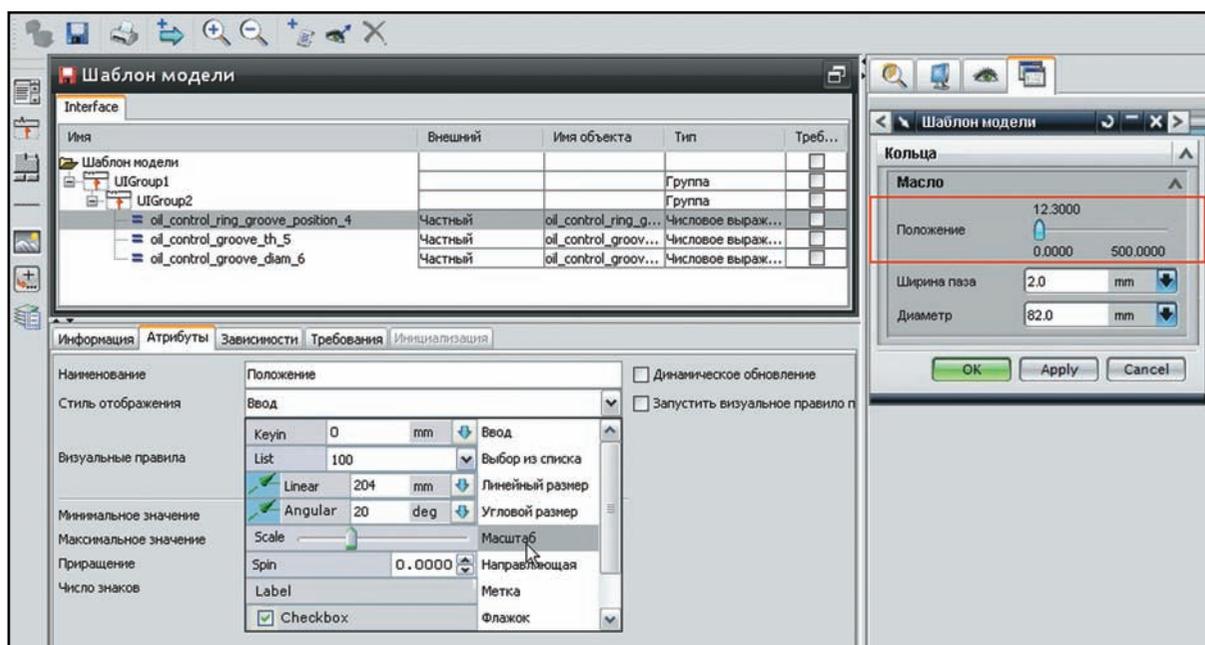


Рисунок 10.15 Изменение типа ввода параметров

- На той же вкладке нижнего левого окна измените настройки изменённого элемента управления. Необходимо задать крайние значения параметра, которые можно будет вводить через данный элемент управления. Для этого задайте значения 5 и 15 в поля **Минимальное** и **Максимальное значения** соответственно. Поле **Приращение** задаёт величину инкремента параметра при минимальном перемещении ползунка. Число знаков отвечает за количество отображаемых знаков после запятой в текущем значе-

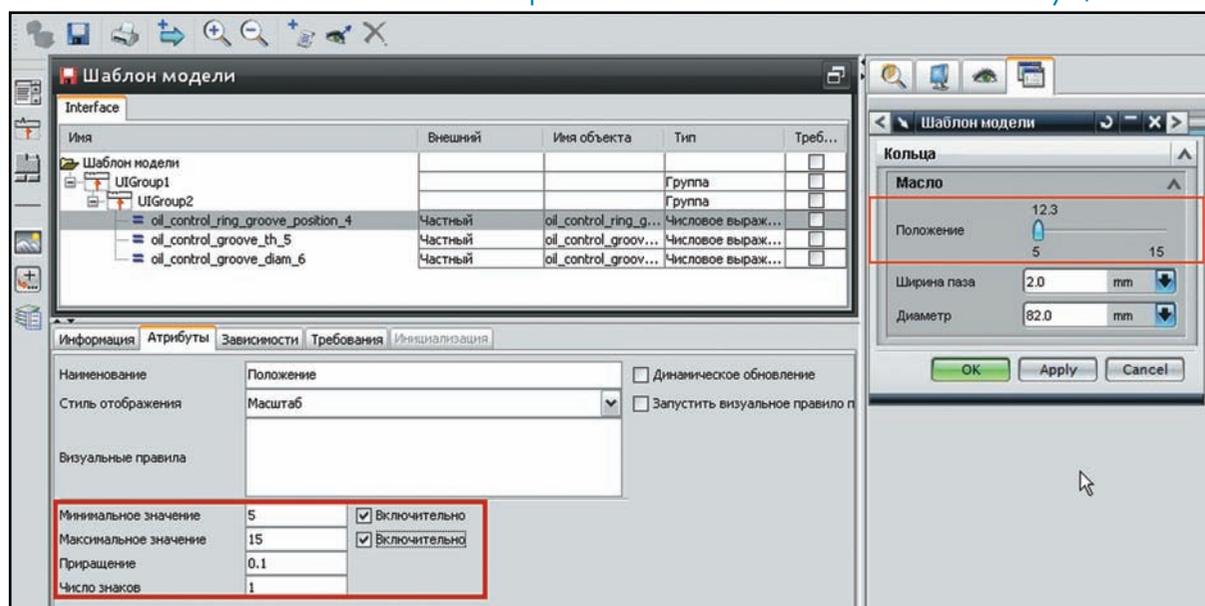


Рисунок 10.16 Задание свойств элементу интерфейса

нии параметра. Для обновления заготовки диалога шаблона после изменения параметров необходимо нажимать клавишу **Enter** на клавиатуре (рис. 10.16).

- Включите опцию **Динамическое обновление**. Она определяет, будет ли модель перестраиваться каждый раз при изменении вводимого параметра до того, как пользователь нажмет кнопку **OK** или **Применить** в диалоге шаблона. Это имеет смысл, когда пользователю необходимо отслеживать текущее состояние модели по мере подбора необходимых параметров. С другой стороны, надо иметь в виду, что если изменение параметра приводит к длительному перестроению модели, то включение этой опции существенно затормозит работу интерфейса шаблона.
- Теперь давайте поменяем тип ввода для параметра ширины паза. Выберем его в левом верхнем окне и на вкладке **Атрибуты** изменим **Стиль отображения** на **Выбор** из списка. В текстовом поле **Значения** вбейте возможные значения параметра – 1.5, 2, 2.5. Рядом с этим полем есть две опции **Возврат индекса** и **Возврат значения индекса**. Первая опция означает то, что в зависимости от выбора пользователя параметру будет присвоено значение, равное порядковому номеру элемента выпадающего списка. Вторая опция заставит передавать из выпадающего списка само выбранное значение. Первый вариант удобен, когда параметру необходимо назначить числовое значение, в то время как пользователю желательно в списке видеть какие-либо осмысленные, возмож-

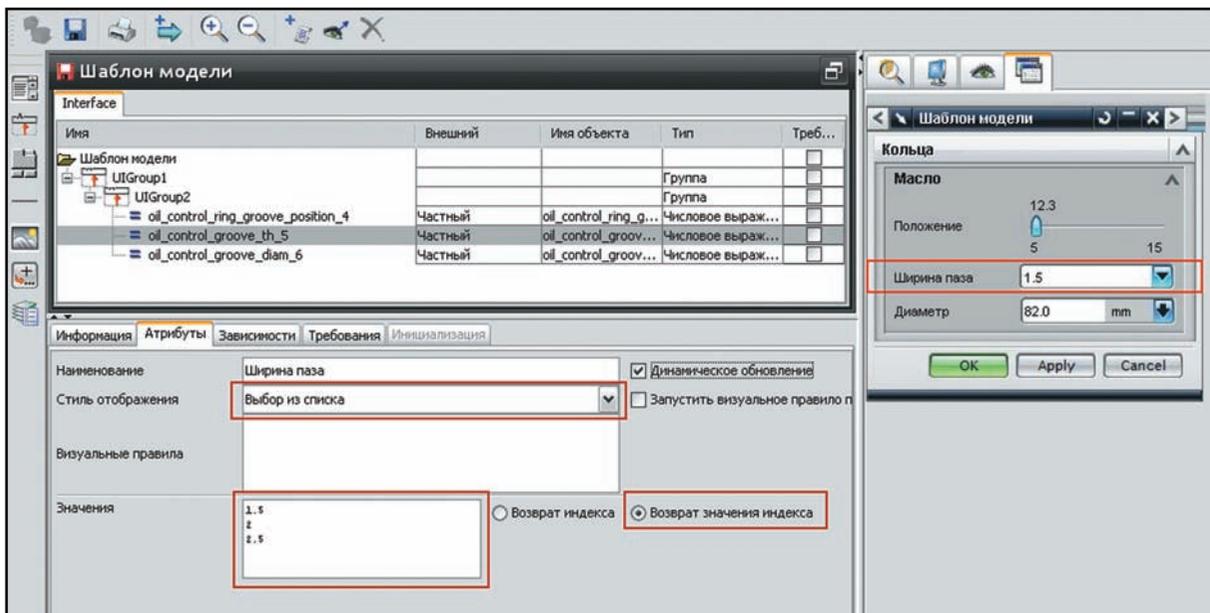


Рисунок 10.17 Создание выпадающего списка

но текстовые, обозначения. В нашем случае необходимо передавать само значение из списка, поэтому выберем вторую опцию. Также включим опцию **Динамическое обновление** (рис. 10.17).

- Добавьте ещё два элемента типа «Группа» из вертикальной инструментальной панели

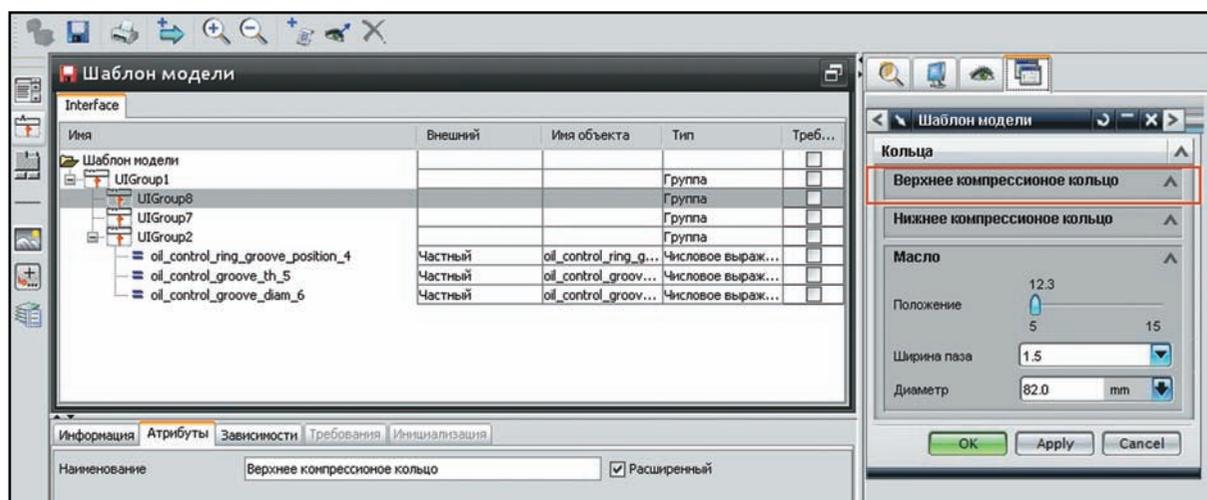


Рисунок 10.18 Добавление групп

на тот же уровень, что и группа «Масло». В атрибутах каждой группы задайте им имена (рис. 10.18).

- В верхнюю и нижнюю группы перетащите параметры элементов RECTANGULAR_GROOVE77 и RECTANGULAR_GROOVE78 соответственно, аналогично тому, как это делалось для первой группы. Важно правильно отслеживать иерархию добавляемых элементов, чтобы соответствующие блоки интерфейса попадали в правильное место (рис. 10.19).
- Переключитесь на вкладку **Проводник диалогов** в правом верхнем окне. Переиме-

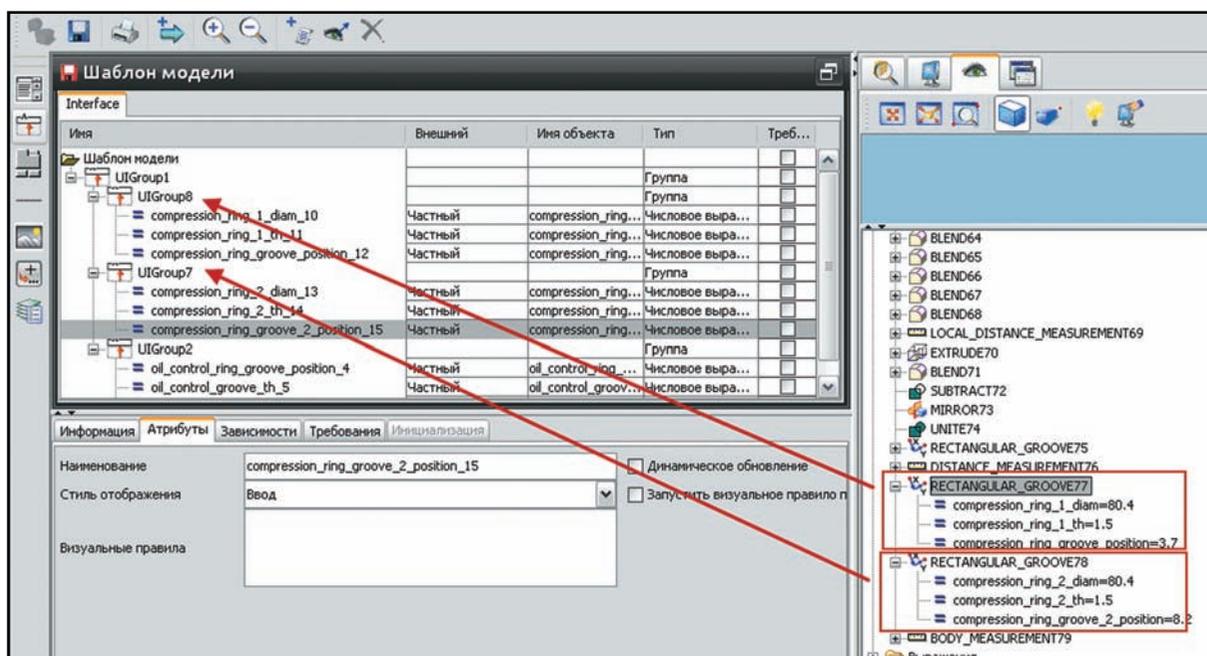


Рисунок 10.19 Наполнение параметрами

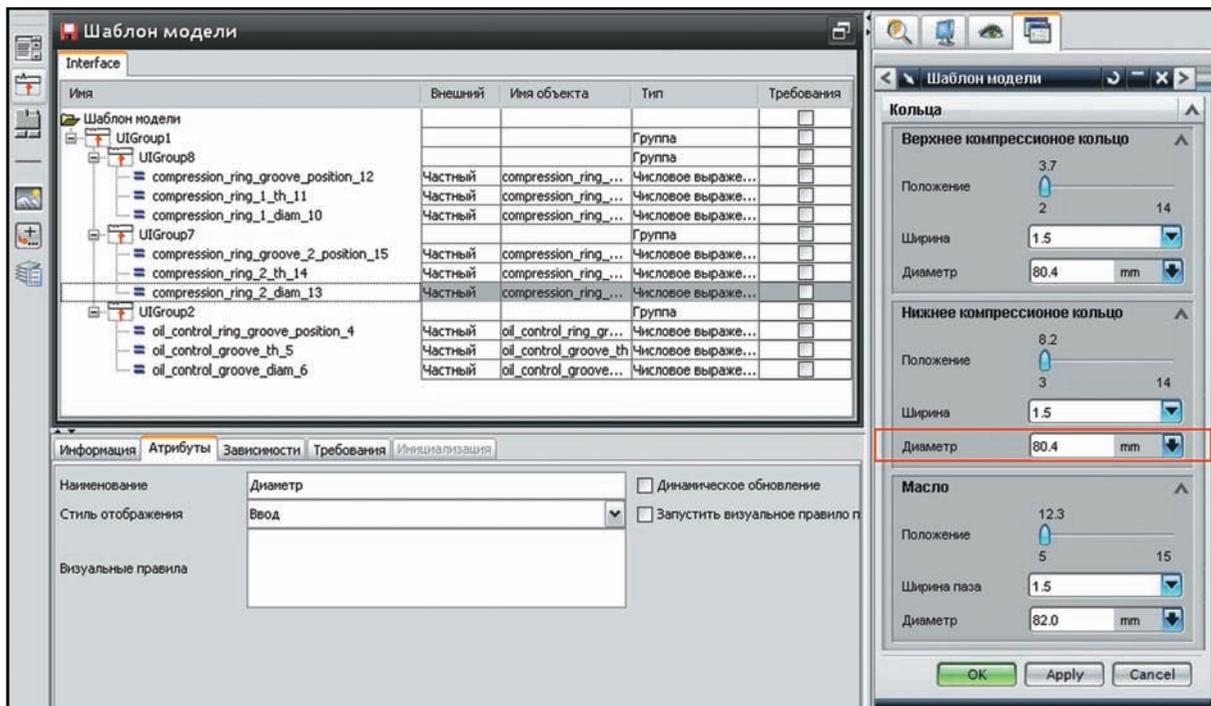


Рисунок 10.20 Задание свойств элементов

нуйте и смените тип для элементов на двух добавленных группах по аналогии с первой группой (рис. 10.20).

- Сохраните шаблон и выйдите из приложения PTS. Запустите NX7.5 и, открыв шаблон, проверьте, как он теперь работает.

Готовый шаблон этого примера вы можете найти в папке *ch10/Step2*.

РАБОТА С ЭСКИЗАМИ

До сих пор при построении шаблонов мы использовали только параметры конструктивных элементов, входящих в дерево построения. В общем случае набор объектов, которые могут быть использованы для создания интерфейса, не ограничивается параметрами. Вы также можете использовать именованные параметры из заданных в модели выражений, WAVE связи и эскизы. В следующем примере добавим в шаблон возможность управлять геометрией модели через эскизы.

- Запустите PTS и откройте шаблон, созданный в предыдущих примерах.
- Переведите шаблон в режим редактирования и в верхнем правом окне перейдите на вкладку **Проводник модели**.
- Добавьте в интерфейс диалога ещё один элемент типа «Группа» в самый верх окна. В эту

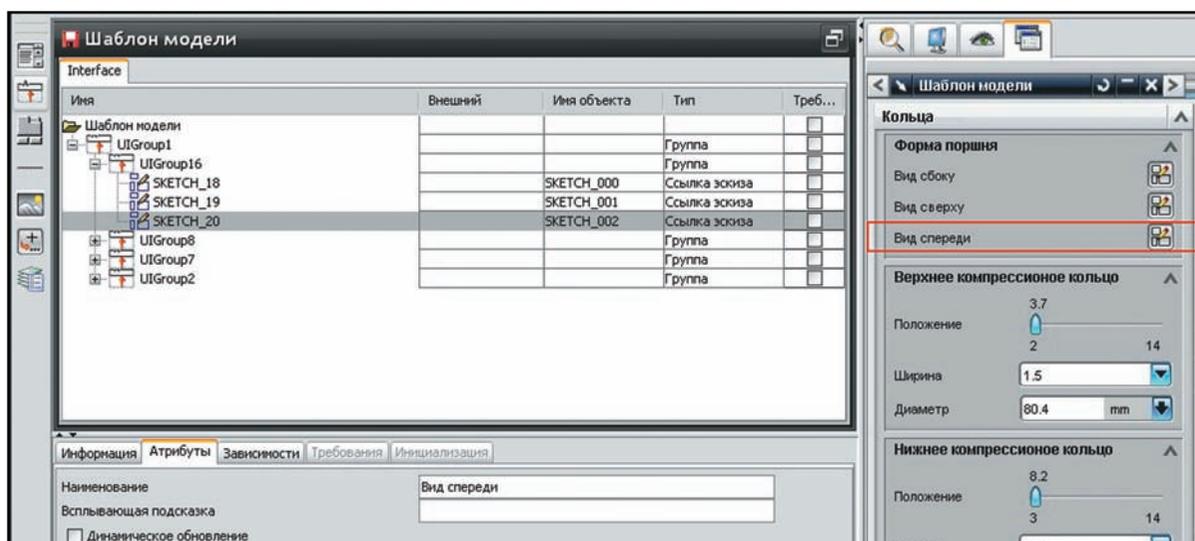


Рисунок 10.21 Работа с эскизами

группу перетащите из дерева построения модели эскизы SKETCH1, SKETCH2 и SKETCH4. Обратите внимание, что каждый эскиз имеет набор параметров, которые основаны на размерах в этом эскизе. Вы также можете их использовать для построения интерфейса, но в данном примере ограничимся только самими эскизам. Под каждый эскиз, помещённый в группу, будет создан элемент интерфейса в заготовке диалога шаблона. На вкладке **Атрибуты** задайте имена новым элементам интерфейса (рис. 10.21).

- Сохраните шаблон и выйдите из PTS.
- Запустите NX7.5, откройте шаблон и протестируйте интерфейс.

Готовый шаблон этого примера вы можете найти в папке ch10/Step3.

КОНТРОЛЬ ШАБЛОНА

PTS позволяет не только создавать интерфейс для управления параметрами геометрических построений, но и даёт возможность проконтролировать получаемый результат. У вас есть возможность контролировать как саму геометрию, полученную в результате ввода данных через интерфейс, так и оценивать некие характеристики, которые важны с конструктивной точки зрения для данной модели. Первый тип проверок представляет собой набор процедур Checkmate, который задаётся на вкладке **Требования** при выборе заголовка шаблона в верхнем левом окне (рис. 10.22).

Вам необходимо выбрать те проверки, которые вы хотите осуществить после применения шаблона, а также задать необходимые параметры. Текстовое поле **Описание**

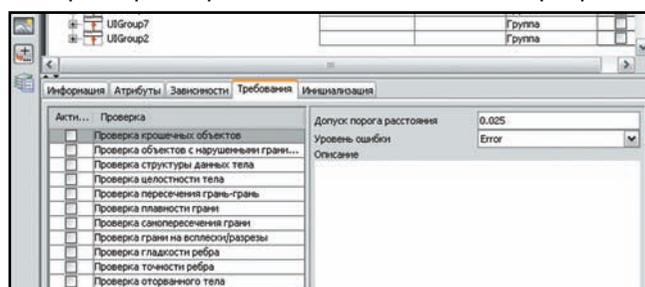


Рисунок 10.22 Контроль геометрии шаблона

позволяет задать текст сообщения, который будет видеть пользователь по окончании работы соответствующей проверки. Выпадающий список **Уровень ошибки** задаёт критичность данной проверки, в случае если результат будет отрицательным.

Другой тип проверок задаётся на основе измерений геометрии, которые были сохранены в дереве построения модели. В следующем примере установим проверку по предельному весу для шаблона модели, созданной в предыдущих примерах.

- Запустите PTS и откройте созданный шаблон.
- Добавьте ещё один элемент типа «Группа» в интерфейс диалога. Так как сейчас диалог содержит уже достаточно много элементов интерфейса, то есть смысл свернуть уже наполнен-

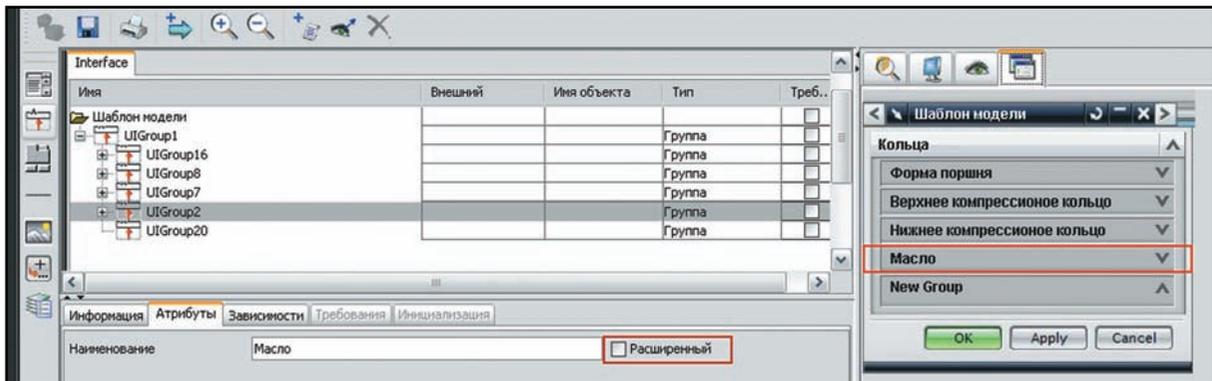


Рисунок 10.23 Добавление группы

ные группы, чтобы сам диалог принял более компактный вид. Для этого необходимо в левом верхнем окне, выделив наполненные группы, созданные в предыдущих примерах, на вкладке **Атрибуты** выключить опцию **Расширенный** (рис. 10.23).

- Дайте название новой группе и в верхнем правом окне переключитесь на вкладку **Проводник модели**. В дереве построения модели было создано ассоциативное измерение, один из результатов которого представляет собой интересующую нас массу. Найдите в дереве

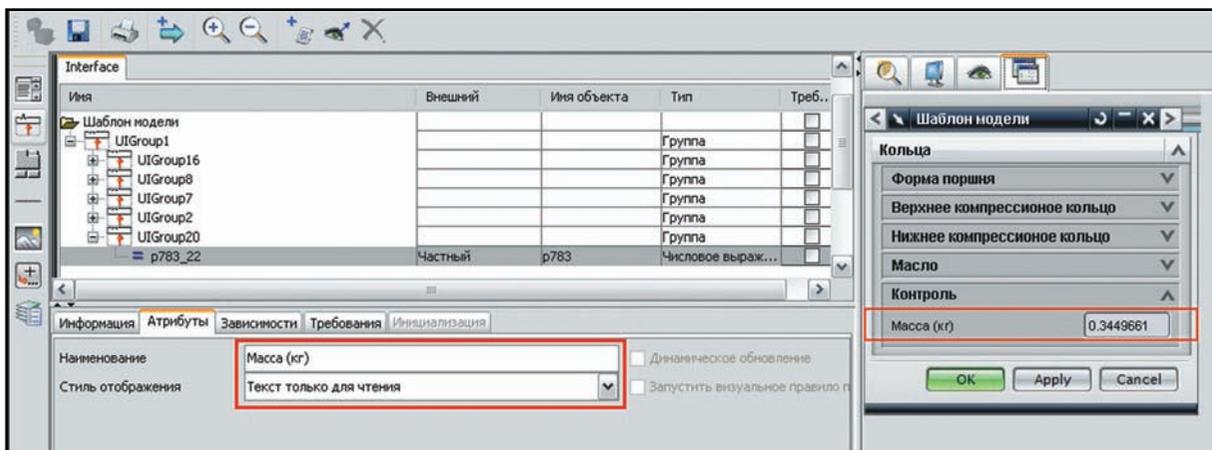


Рисунок 10.25 Задание свойств контрольного параметра

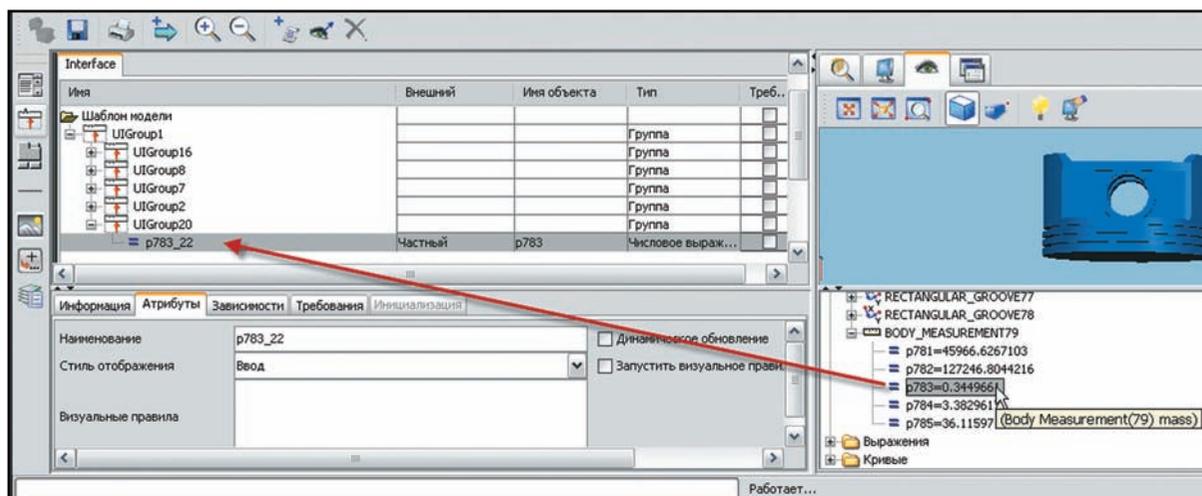


Рисунок 10.24 Добавление контрольного параметра

построения элемент `BODY_MEASUREMENT79` и разверните его. Выделив параметр `p783`, перетащите его в созданную группу в верхнем левом окне (рис. 10.24). Если вам необходимо определить, за что отвечает конкретный параметр, входящий в элемент измерения, то, задержав курсор мыши над интересующим параметром, вы получите всплывающую подсказку.

- Выделите в левом верхнем окне параметр массы и на вкладке **Атрибуты** дайте название элементу интерфейса, а также задайте **Стиль отображения** как **Текст только для чтения** (рис. 10.25).
- Полученный элемент интерфейса позволяет в реальном времени видеть получаемую массу модели. Добавим теперь ограничение на этот параметр, чтобы шаблон сам отслеживал соответствие текущей массе заданным границам.
- Снова выделите в левом верхнем окне параметр массы и на вкладке **Требования** задайте любое имя для создаваемого требования. Поле **Тип сообщения** позволяет задать критичность сообщения, выдаваемого пользователю. Оставим его пока без изменения. Далее необходимо выбрать тип проверки. Возможны три варианта – одностороннее условие, диапазон или двухстороннее условие и набор значений. В данном случае выберем **Односторонне условное выражение** и в параметрах условия укажем,

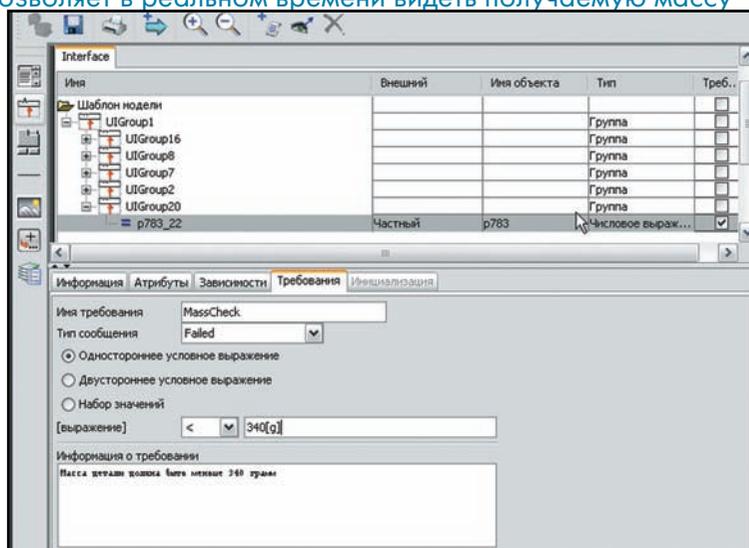


Рисунок 10.26 Создание требования

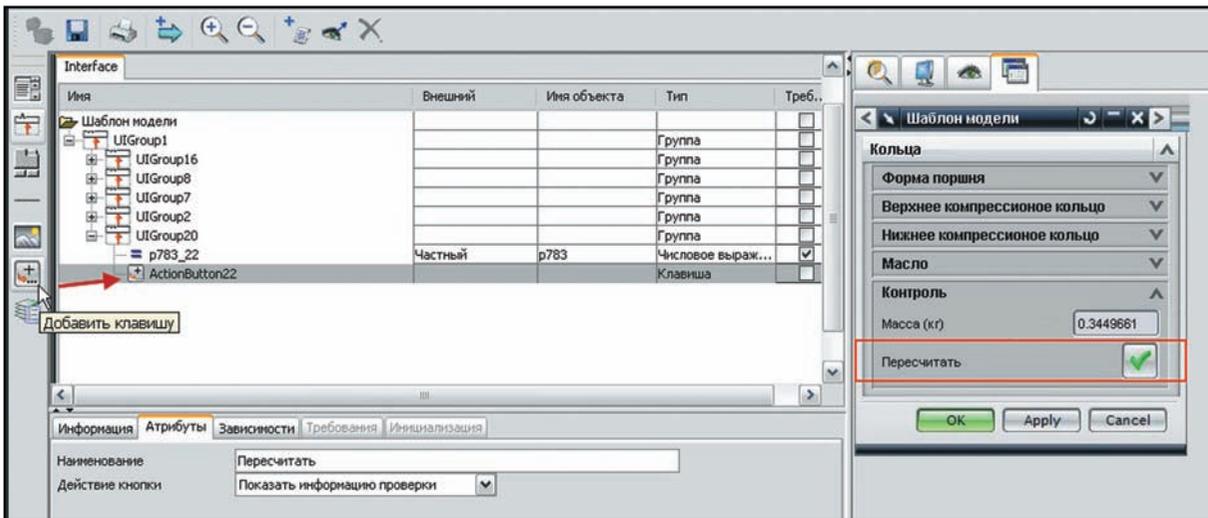


Рисунок 10.27 Добавление кнопки действия

что измеряемая масса должна быть меньше 340 граммов. В текстовом поле **Информация о требовании** введите текст, который будет отображаться пользователю, в случае если требование будет нарушено (рис. 10.26).

- При построении шаблонов с более сложной логикой вы можете задавать условия, не вписывая явно величину значения параметров, а использовать параметры из выражений модели или параметров конструктивных элементов. Для этого надо просто перетящить из дерева построения модели интересующий вас параметр в текстовое поле условия.
- С вертикальной инструментальной панели выделите и перетащите под параметр массы элемент типа «Кнопка». Выделив его, задайте ему имя на вкладке **Атрибуты** и в выпадающем списке **Действие кнопки** выберите пункт **Показать информацию проверки** (рис. 10.27).
- Сохраните шаблон и выйдите из PTS.
- Запустите NX7.5 и откройте файл шаблона.

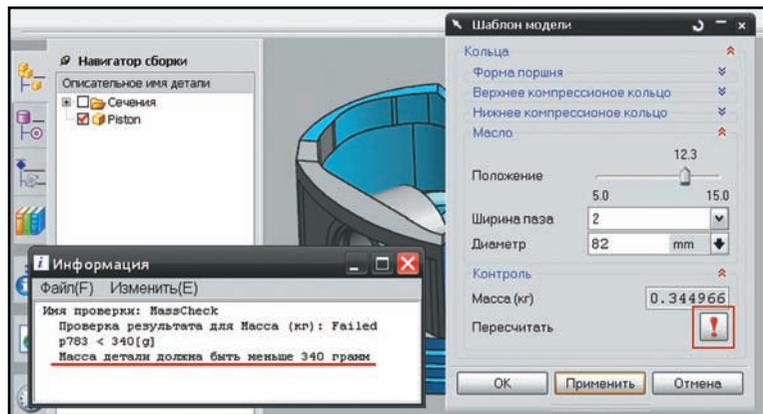


Рисунок 10.28 Проверка шаблона

- Войдите в режим редактирования шаблона и измените параметры построения модели. После этого нажмите кнопку проверки. Появится информационное сообщение, показывающее, соответствует ли выбранный параметр заданному требованию (рис. 10.28).

Измеряемая масса будет обновляться при изменении параметров, только если в свойствах

этих параметров была включена опция **Динамическое обновление**. Иначе необходимо нажать кнопку **Применить**, чтобы модель перестроилась и новое значение массы было отображено в диалоге. Готовый шаблон этого примера вы можете найти в папке *ch10/Step4*.

ШАБЛОН ЧЕРТЕЖА И РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ

Использование шаблонов деталей позволяет существенно повысить повторное использование наработок в новых проектах. Обычно созданные 3D модели на основе шаблонов используются на последующих этапах проектирования – по ним делают чертежи, их используют для расчётов и написания программ для станков с ЧПУ. Приложение PTS с версии NX7.0 позволяет, помимо создания шаблона самой модели, сделать связанные шаблоны чертежей и расчётных моделей. Это даёт возможность дополнительно сократить время проектирования и подготовки детали для производства. Надо иметь в виду, что сама PTS не создаёт ни чертёж, ни расчётную модель – для этого необходимо воспользоваться модулями **Черчение** и **Расширенная симуляция** системы NX7.5. Задача PTS - создать шаблоны-заготовки на основе существующего чертежа и расчётной модели, которые будут ассоциированы с шаблоном 3D

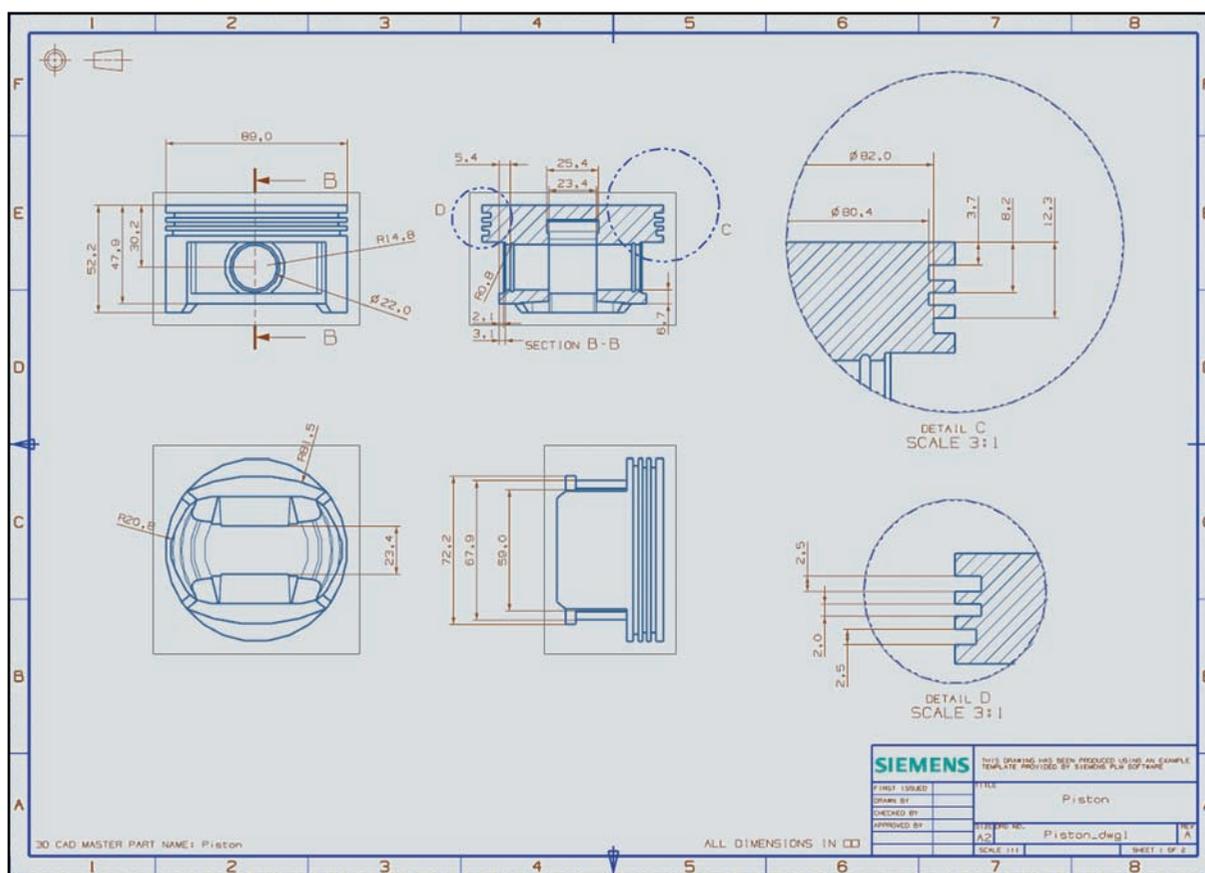


Рисунок 10.29 Чертёж поршня

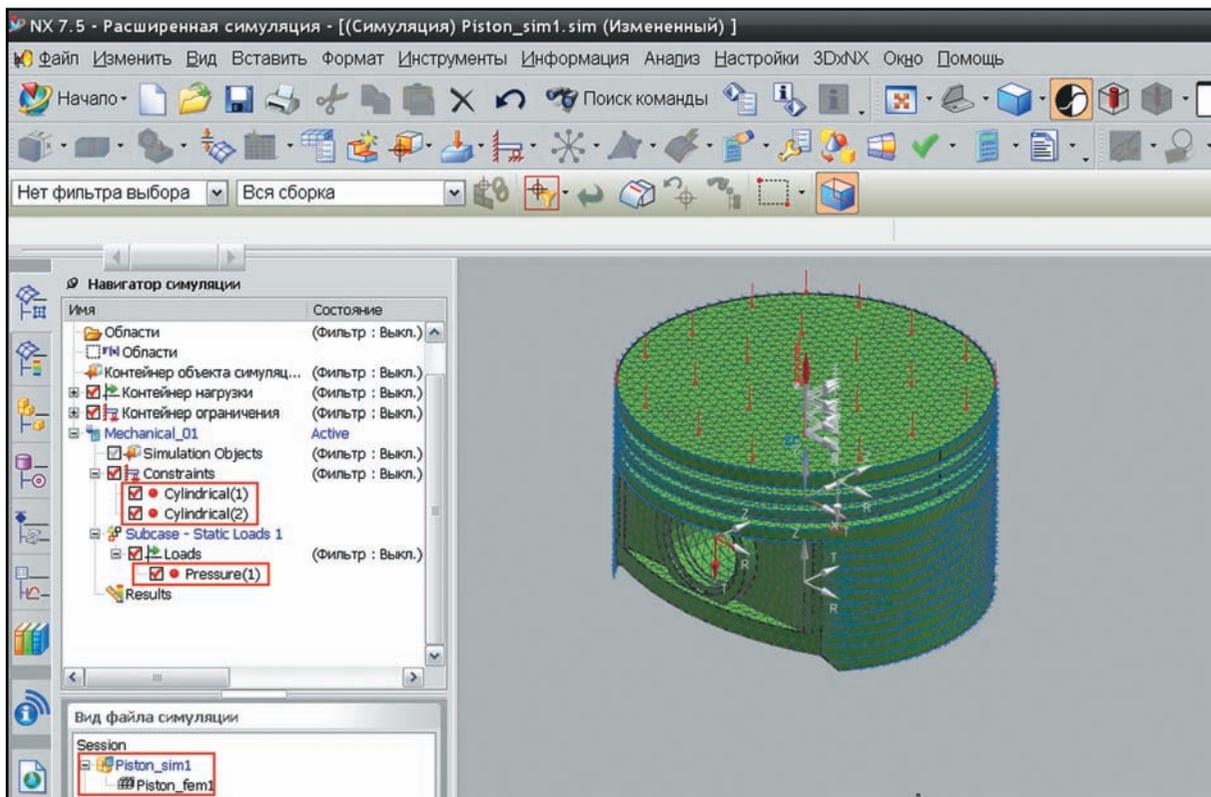


Рисунок 10.30 Расчётная модель поршня

модели. После того как пользователь адаптирует шаблон 3D модели, введя необходимые параметры, ему остается переключиться в шаблон чертежа и внести по мере необходимости коррективы в получившийся чертёж, аналогично в расчётной модели провести обновление заложенного в шаблоне расчёта и оценить полученный результат. Учитывая, что 3D модель, создаваемая шаблоном, в целом подобна исходной 3D модели, с которой изначально создавался чертёж, то, как правило, шаблон чертежа более чем на 90% адаптируется под новую перестроенную модель. То же самое можно сказать и о расчётной модели. Так как получаемые из шаблона модели подобны, то в большинстве случаев сохранённый расчёт в шаблоне расчётной модели применим к изменённой геометрии модели.

В следующем примере мы свяжем шаблон поршня с расчётной моделью и шаблоном чертежа. Для этого предварительно на основе созданного в предыдущих примерах шаблона поршня были подготовлены модель чертежа и расчётная модель, представляющая собой файл симуляции и модель конечноэлементной сетки.

- Запустите NX7.5 и из папки *ch10/Step5* откройте файл *Piston_dwg1.prt*. Откроется чертёж, созданный на основе модели поршня. На данном этапе никаких действий в самом чертеже производить не требуется, так как он соответствует текущему состоянию 3D модели. Все, что нам необходимо сделать - это связать шаблон 3D модели поршня с чертежом. Это мы сделаем в последующих шагах (рис. 10.29).
- Из той же папки откройте файл *Piston_sim1.sim*. Запустится приложение **Расширенная си-**

муляция, и будет загружена расчётная модель поршня (рис. 10.30). Модель уже была посчитана – расчёту соответствует объект Mechanical_01 в **Навигаторе симуляции**. То есть на основе геометрии исходной 3D модели была создана конечноэлементная сетка (файл Piston_fem1.fem), заданы граничные условия и приложена нагрузка. После чего был произведён расчёт. Результаты расчёта можно просмотреть, открыв двойным щелчком мышки узел **Results** в **Навигаторе симуляции** (рис. 10.30). Наша задача - сделать из расчётной модели шаблон, связанный с шаблоном исходной 3D модели, так чтобы пользователь после вставки шаблона в сборку и его адаптации мог произвести повторный расчёт, используя логику, заложенную в расчётную модель.

- Закройте все модели и выйдите из NX7.5.
- Запустите PTS, но пока не открывайте никаких шаблонов.
- Для работы с расчетными моделями необходимо произвести некоторые предварительные настройки. В главном меню PTS выберите пункт **Файл > Свойства** и в открывшемся диалоговом окне настроек выберите вкладку **CAE**. В поле **Папка для результатов** укажите путь до папки ch10/Step5/post_template_files. Опция **Суффикс модели симуляции** за-

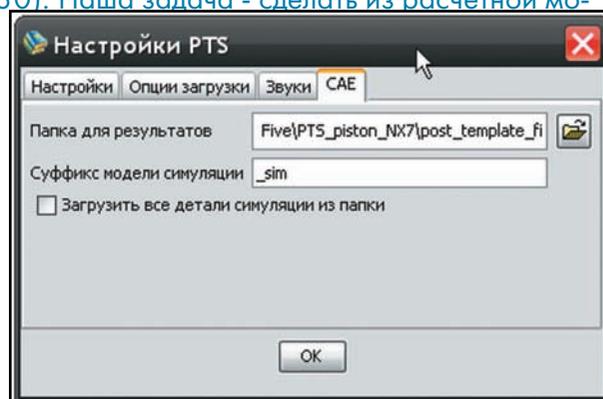


Рисунок 10.31 Настройка файлов постпроцессинга

дает, как PTS будет определять расчетную модель, созданную в модуле **Расширенная симуляция**, на основе имени 3D модели. Её оставляем неизменной, так как по умолчанию расчетные модели именуются как имя 3D модели с добавлением суффикса _sim (рис. 10.31).

- В папке post_templates_files содержатся настройки постпроцессинга – отображения результатов расчета. Эти настройки получаются из модуля **Расширенная симуляция**, который позволяет сохранить настроенное представление результатов в виде набора файлов. Прописав путь к файлам постпроцессинга, мы указали PTS, откуда брать настройки для отображения результатов расчёта. Дополнительно необходимо указать эти же настройки для сессии NX, когда пользователь будет использовать созданный шаблон. Для этого необходимо задать значение переменной окружения UGII_CAE_POST_TEMPLATE_

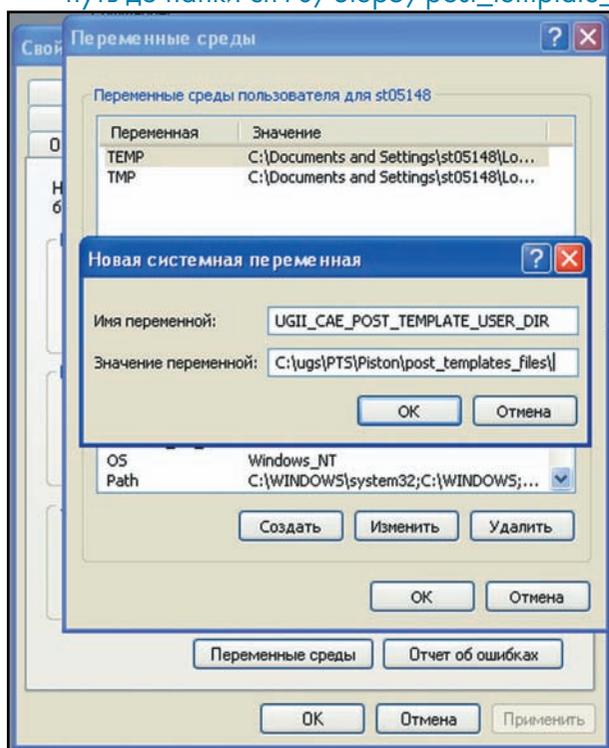


Рисунок 10.32 Создание системной переменной

USER_DIR. Это можно сделать несколькими способами, но для примера сделаем это через системные переменные. Задайте эту переменную как системную. Для этого на ярлыке **Мой компьютер** щелкните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите **Свойства**, в открывшемся диалоге выберите вкладку **Дополнительно**. Нажмите кнопку **Переменные среды** и в открывшемся диалоге нажмите кнопку **Создать**. Введите имя переменной и как значение введите путь до папки `ch10/Step5/post_template_files` (рис. 10.32). После этого нажмите **ОК** три раза.

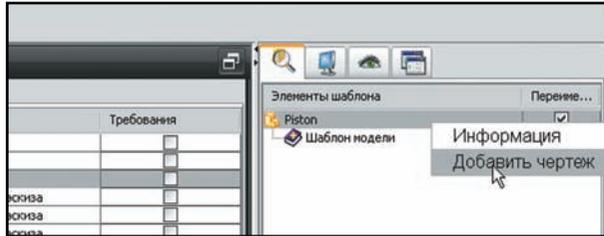


Рисунок 10.33 Добавление чертежа

В приложении PTS откройте из папки `ch10/Step5/Start` шаблон `Piston.prt`. Основное отличие этого шаблона от того, что мы создавали в предыдущих примерах, - в том, что на основе этой модели в приложении **Расширенная симуляция** была создана конечноэлементная сетка и произведён расчёт.

Сначала добавим к шаблону модели заготовку-шаблон чертежа, который уже также был создан в приложении **Черчение**. В **Навигаторе шаблонов** выберите верхний узел – имя модели шаблона, и, нажав правую кнопку мыши, выберете в контекстном меню **Добавить чертёж** (рис. 10.33).

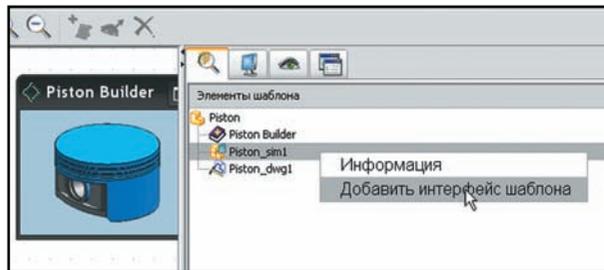


Рисунок 10.34 Добавление шаблона расчётной модели

В открывшемся диалоге выберите файл `Piston_dwg1.prt`. Чертеж будет добавлен в дерево шаблона. Обратите внимание, что там уже присутствует расчётная модель `Piston_sim1`. Вставка расчётной модели произошла автоматически во время открытия шаблона модели, так как PTS обнаружила модель с суффиксом `_sim` – как и было задано в настройках.

Пока расчётная модель ещё не является шаблоном. Чтобы её превратить в шаблон, необходимо добавить к ней соответствующий интер-

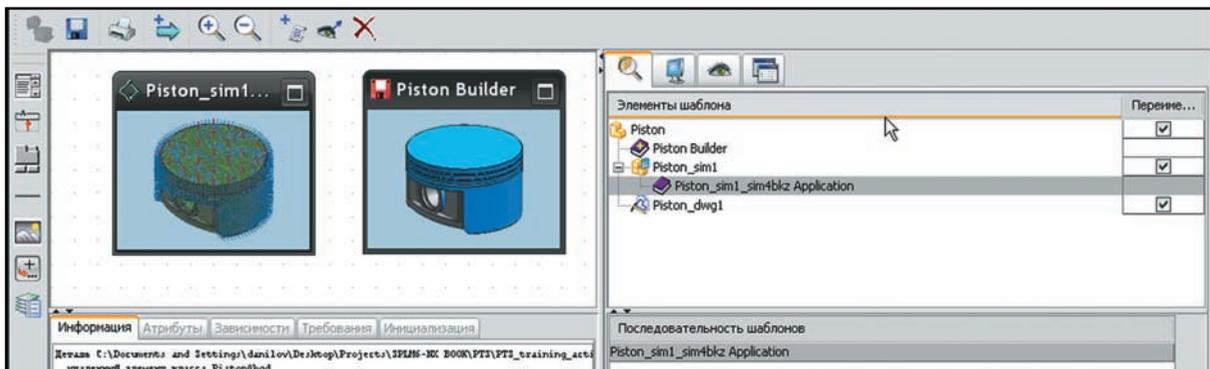


Рисунок 10.35 Заготовка шаблона расчётной модели

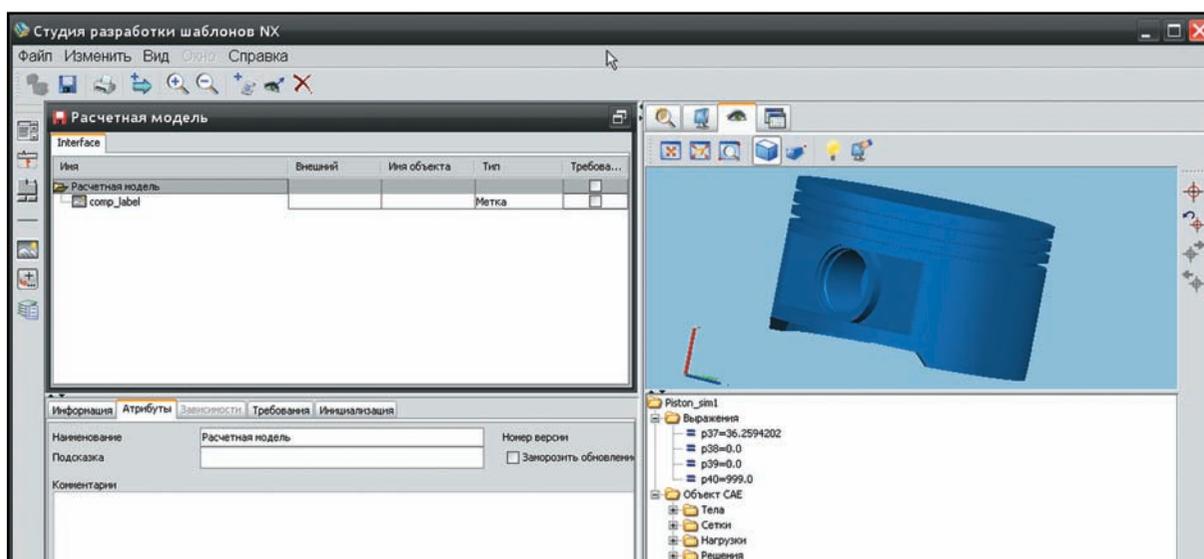


Рисунок 10.36 Редактирование шаблона

фейс. Для этого выберите в **Навигаторе шаблонов**, строку соответствующую расчётной модели, и, нажав правую кнопку мыши в контекстном меню выберите пункт **Добавить интерфейс шаблона** (рис. 10.34).

- В левом верхнем окне к шаблону 3D модели будет добавлен шаблон расчётной модели. В правом верхнем окне на вкладке **Навигатор шаблонов** появится соответствующая строка (рис. 10.35).
- Дальнейшая работа по построению шаблона расчётной модели практически полностью идентична процессу создания шаблона 3D модели. Единственное отличие - в том, что в случае с расчётной моделью оперировать надо не с геометрическими объектами, а с объектами, из которых формируется расчёт. Переключаем шаблон расчётной модели в режим редактирования, щёлкнув дважды левой кнопкой мыши по заголовку его диалога, и в правом верхнем окне активируем вкладку **Навигатор модели** (рис. 10.36).
- Выделив в левом верхнем окне корневую строчку шаблона, на вкладке **Атрибуты** в нижнем левом окне переименовываем шаблон. Удаляем объект `comp_label` типа **Метка** из шаблона,

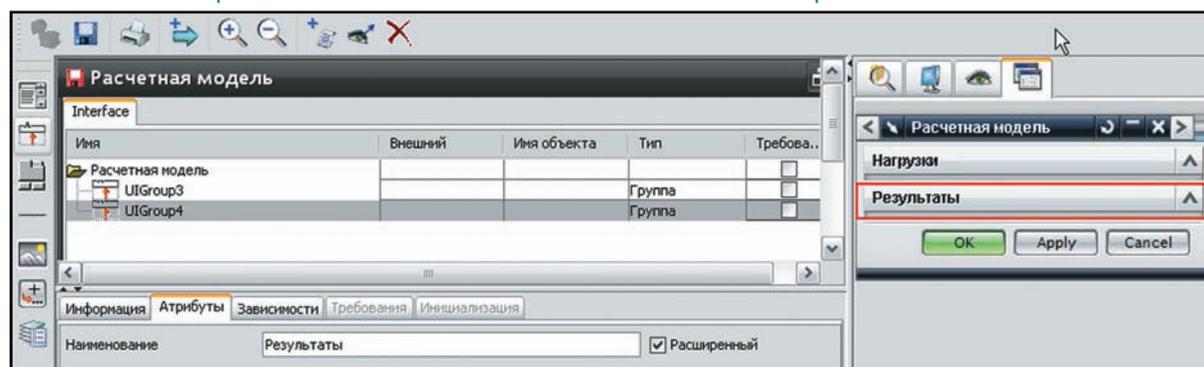


Рисунок 10.37 Добавление групп

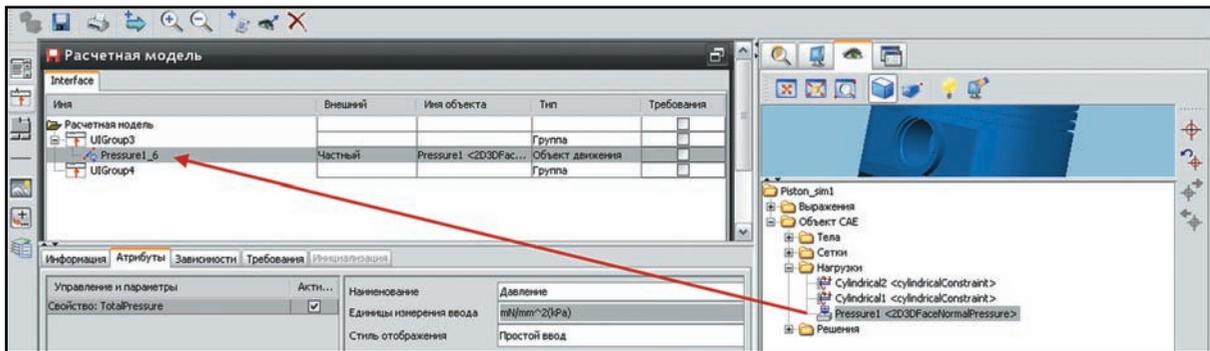


Рисунок 10.38 Наполнение групп так как он нам не нужен.

- Добавим в интерфейс шаблона две группы, которые назовём **Нагрузки** и **Результаты** (рис. 10.37).
- При работе с расчетными моделями **Навигатор модели** отображает не дерево построения, как в случае с 3D моделями, а объекты, задающие условия расчета. Вы можете строить интерфейс шаблона, не используя параметры конечноэлементной сетки, материала модели, величин и направления задаваемых нагрузок и блока запуска расчета и просмотра результатов. Разверните узел **Нагрузки**. В этом узле содержатся граничные условия и приложенные нагрузки, заданные в модуле **Расширенная симуляция**. Перетащите объект **Pressure 1** в левое верхнее окно в группу **Нагрузки**. Затем, выделив его на вкладке **Атрибуты**, в нижнем левом окне задайте имя, тип ввода и единицы измерения величины нагрузки. В зависимости от типа нагрузок, заданных для модели, выпадающий список **Единицы измерения**

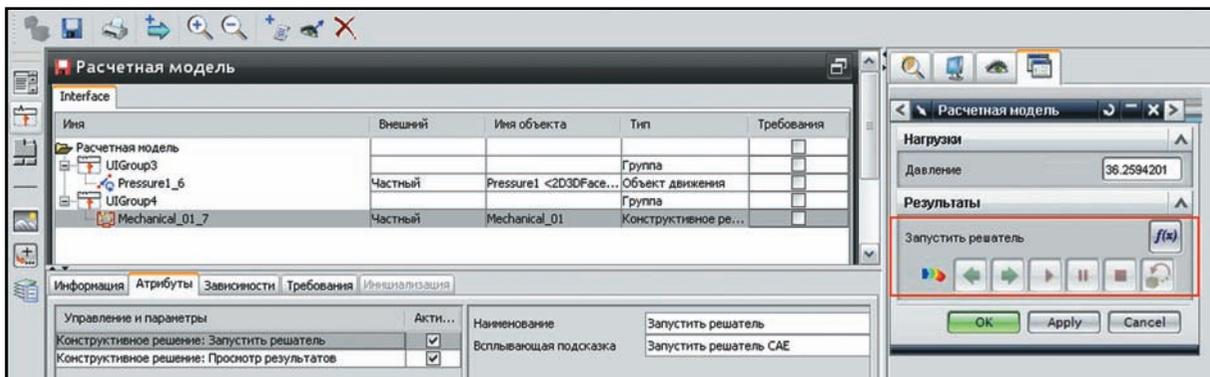


Рисунок 10.39 Элемент запуска решателя

ввода будет заполнен подходящими единицами измерения (рис. 10.38).

- В **Навигаторе модели** разверните узел **Решения** и перетащите единственный объект под ним **Mechanical_01** в левое верхнее окно в группу **результаты**. После этого в правом верхнем окне переключитесь в **Навигатор диалогов** для просмотра полученного интерфейса (рис. 10.39). Обратите внимание, что объект, задающий давление в расчетной модели,

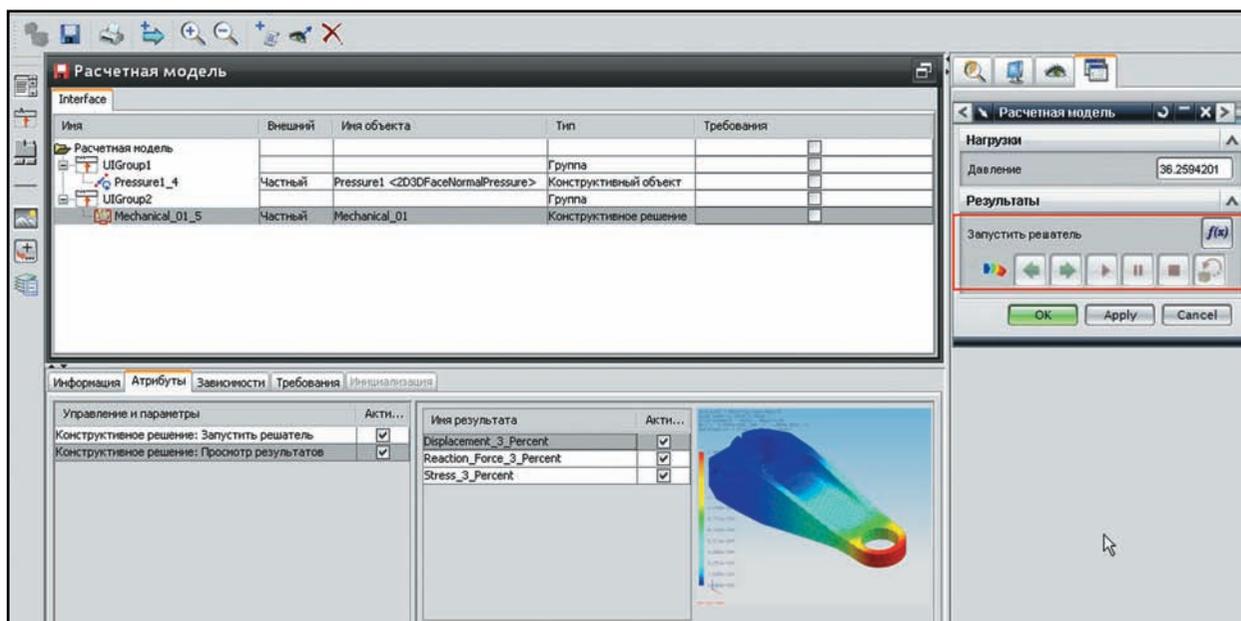


Рисунок 10.40 Назначение шаблонов постпроцессинга

создал элемент интерфейса, позволяющий менять величину давления. То есть пользователь может не только применить расчетную схему к перестроенному шаблону, но и варьировать параметрами расчета.

- Выделив в левом верхнем окне вставленный объект, перейдите на вкладку **Атрибуты** левого нижнего окна и, выбрав **Конструктивное решение: Просмотр результатов**, активируйте три файла настроек постпроцессинга результатов расчета (рис. 10.40). Эти файлы были взяты из той папки, которую мы изначально прописали в настройках. Обратите внимание, что они были созданы на основе расчета и постпроцессинга другой модели, но тем не менее вы можете их использовать для данной модели. Если вы не видите этих файлов настроек в PTS или в NX7.5 при работе с шаблоном, проверьте, нет ли пробелов в пути к папке, где лежат файлы с шаблонами.
- Сохраните шаблоны и выйдите из приложения PTS.
- Запустите NX7.5, создайте новую модель сборки, но пока не вставляйте в неё каких-либо компонентов.
- Сначала мы настроим библиотеку повторного

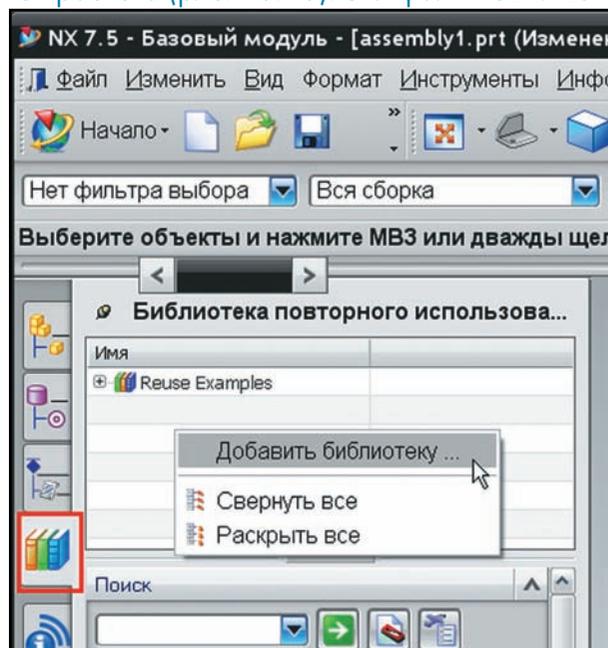


Рисунок 10.41 Создание библиотеки

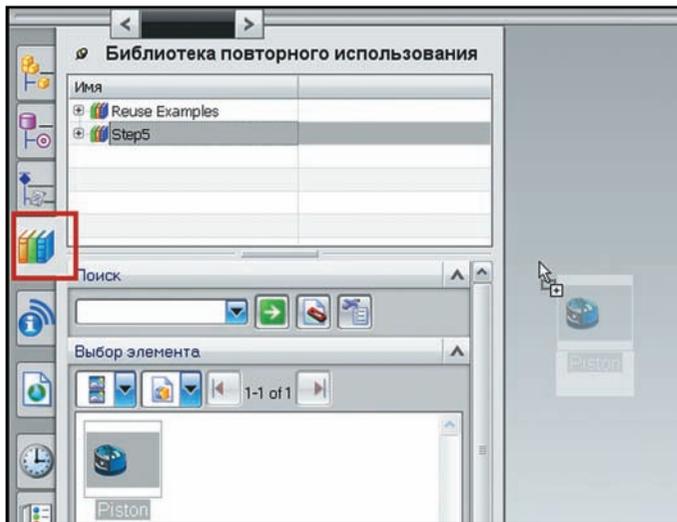


Рисунок 10.42 Вставка шаблона

использования, чтобы вставлять наш шаблон из неё. Для этого активируйте навигатор **Библиотеки повторного использования**, нажав в нем на правую кнопку мыши, выберите в контекстном меню **Добавить библиотеку**. Затем в открывшемся диалоговом окне укажите путь к папке, где был сохранен шаблон поршня (рис. 10.41).

- Выделите новую библиотеку, в выпадающем меню фильтрации выберите режим отображения только моделей с шаблонами PTS. Затем, выделив шаблон поршня, перетащите его в графическую зону (рис. 10.42).

При вставке шаблона NX создает его копию

и присваивает имя согласно маске. Чтобы её изменить, в главном меню выберите пункт **Файл > Утилиты > Настройки по умолчанию**, раскройте раздел **Базовый модуль > Библиотека повторного использования** и на вкладке **Задание имени детали** определите маску имени модели, которая будет использоваться при генерации нового имени. Так как к нашему шаблону были привязаны шаблоны чертежа и расчета, то для них также будут созданы копии, которые вы можете увидеть в числе загруженных в сессию моделей, выбрав пункт **Окно** в главном меню.

- В **Шablоне проводника**, который автоматически будет открыт после вставки шаблона (или откройте его вручную, перейдя в режим редактирования шаблона) активируйте **Расчетную модель**. Активация займет некоторое время, так как NX обновляет конечноэлементную сетку каждый раз, когда происходит изменение исходной геометрии. В открывшемся диалоговом ин-

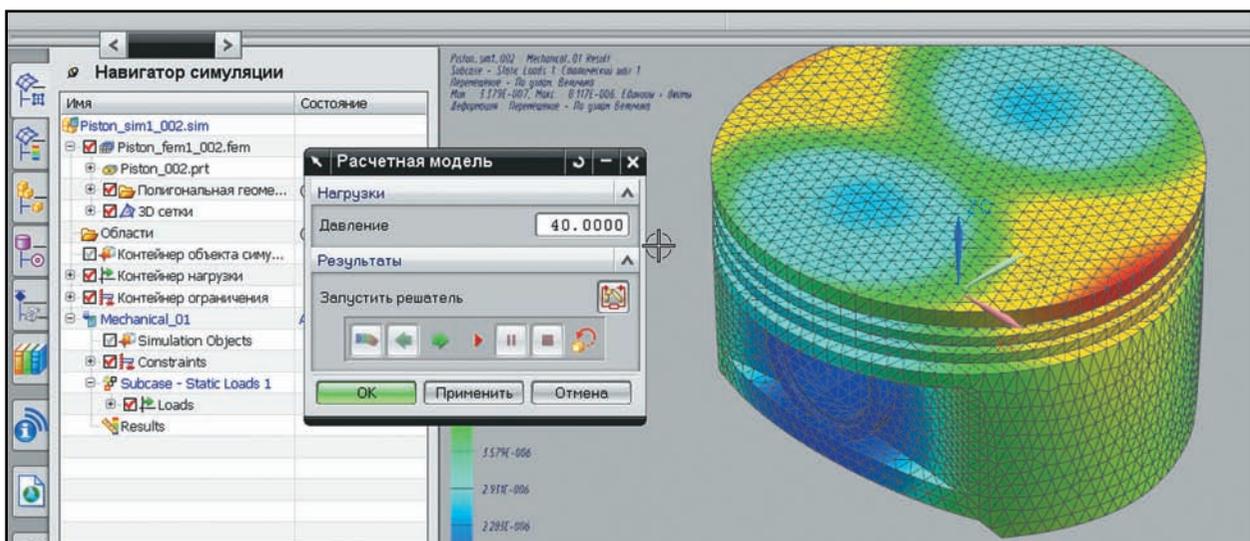


Рисунок 10.43 Проверка шаблона

терфейсе шаблона расчетной модели задайте давление и запустите решатель. После окончания расчётов включите режим отображения результатов и, переключаясь между тремя заданными настройками постпроцессинга, просмотрите полученные результаты (рис. 10.43).

Работа с шаблоном чертежа не требует каких-либо дополнительных действий по сравнению с обычным чертежом 3D модели. Все, что вам надо сделать, – после изменения параметров шаблона 3D модели переключиться в чертёж и обновить виды.

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАМИ МОДЕЛИ

Часто бывает необходимо управлять не только геометрическими размерами элементов модели, но и самим наличием этих элементов в модели. PTS не предоставляет специального блока контроля состоянием элементов, но эта задача решается в системе NX7.5 с применением стандартного механизма подавления конструктивных элементов в дереве построения модели. Пользователю остается только в шаблон модели добавить блок интерфейса, управляющий выражением, от которого зависит подавление конструктивных элементов. Давайте создадим два представления модели поршня, которым будем управлять через интерфейс шаблона.

- Запустите NX7.5 и в папке ch10/Step6 откройте файл Piston.prt.
- Эта модель уже является шаблоном, но содержит более детальную геометрию. Такая детализация важна для создания конструкторской документации, но часто она бывает лишней для ряда задач, например для проведения прочностного расчёта.
- Создадим выражение, от которого будут зависеть состояния нескольких геометрических элементов модели. Для этого выберите в главном меню пункт **Изменить > Элементы > По-**

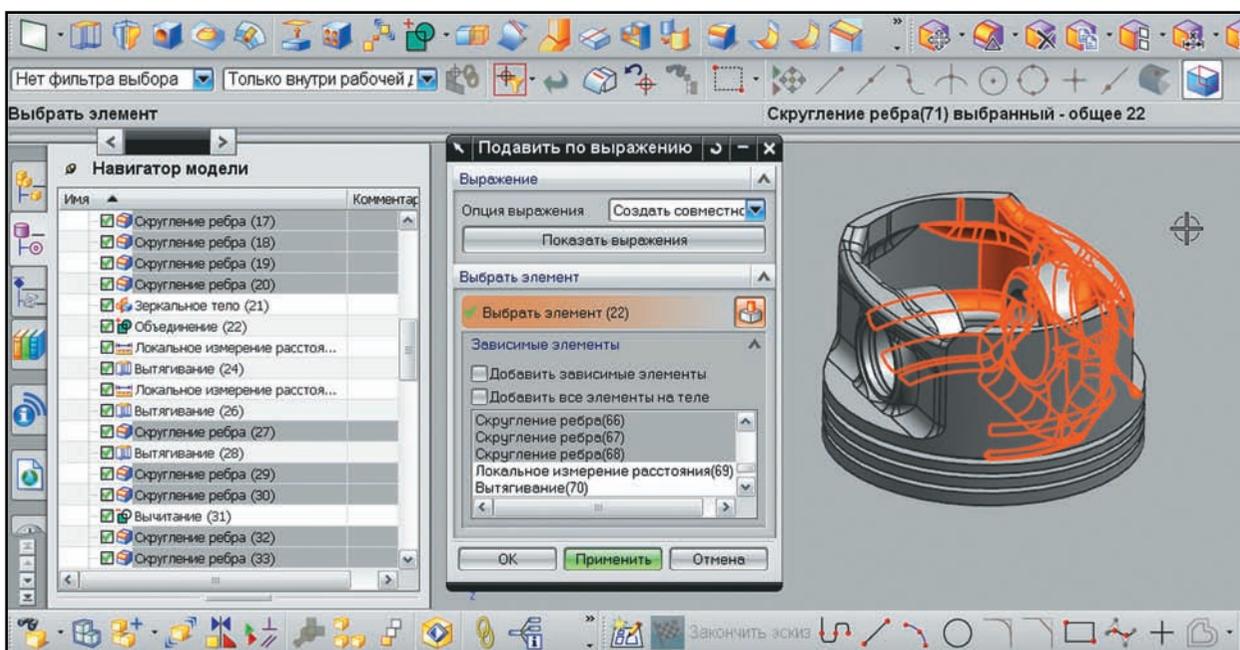


Рисунок 10.44 Подавление элементов модели

давление по выражению. В появившемся диалоговом окне в выпадающем списке **Опция выражения** выберите значение **Создать совместно используемый**. Эта опция определяет, будет ли создано индивидуальная переменная для контроля состояния каждого геометрического элемента или будет одна переменная на группу. Для наших целей мы создадим одну совместно используемую переменную, которая будет управлять состоянием подавления всех геометрических элементов скругления в модели (рис. 10.44).

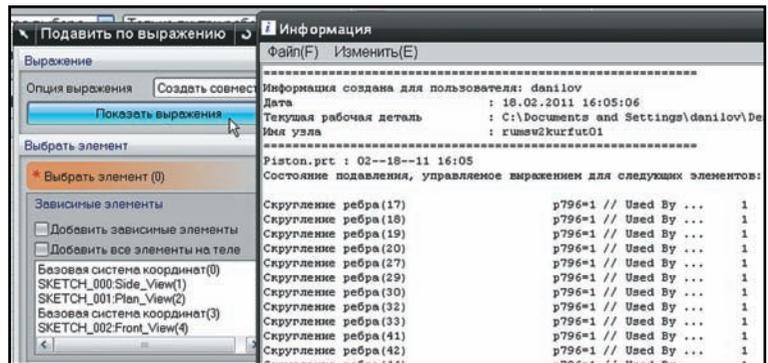


Рисунок 10.45 Переменные подавления

- Удерживая нажатой клавишу **Ctrl** на клавиатуре, выберите в **Навигаторе модели** все элементы типа **Скругление ребра** (рис. 10.44).
- После окончания выбора нажмите кнопку **Применить** в диалоговом окне. После этого в том же диалоге нажмите кнопку **Показать выражения** и в открывшемся списке определите имя

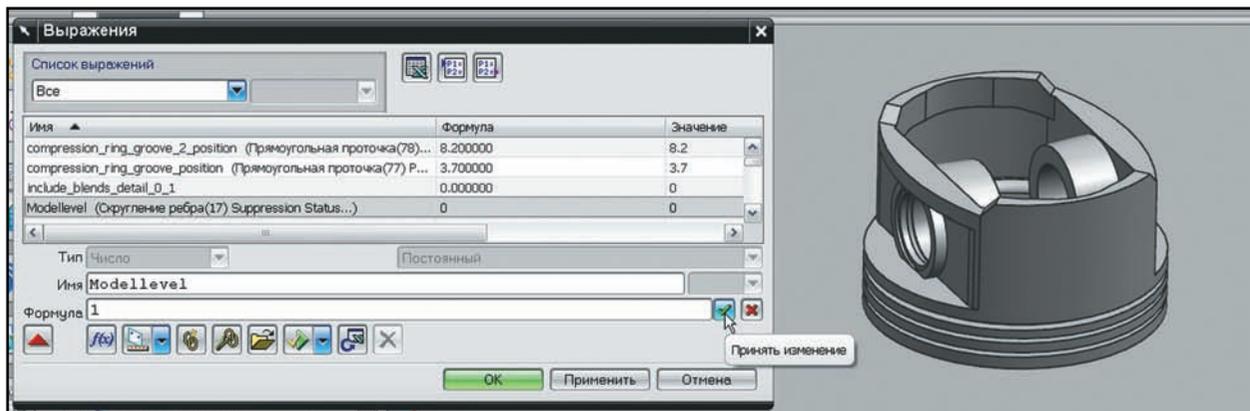


Рисунок 10.46 Создание управляющей переменной

созданной совместной переменной (рис. 10.45).

- Закройте диалог команды подавления и в главном меню выберите пункт **Инструменты > Выражение**. В списке доступных выражений найдите переменную подавления элементов и, выделив её, дайте ей какое-либо осмысленное имя. После этого поменяйте значение этой переменной с 1 на 0 и, нажав кнопку **Применить**, посмотрите, как это отразится на геометрии модели (рис. 10.46).
- Если все было сделано верно, то при изменении значения переменной модель должна активировать и деактивировать все геометрические элементы типа «Скругление ребра».

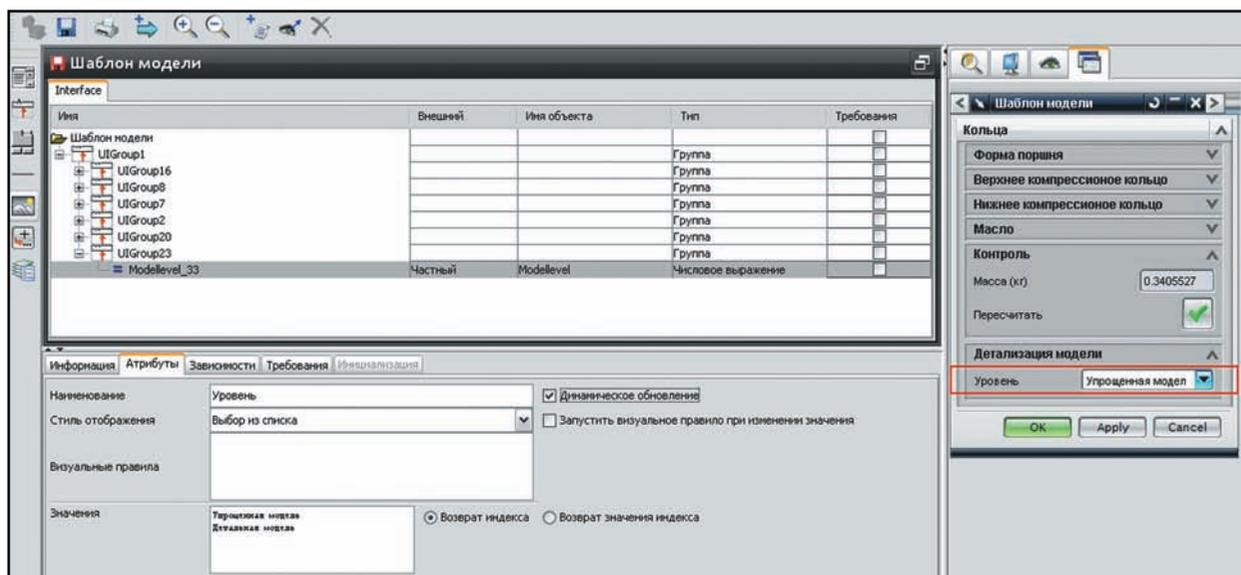


Рисунок 10.47 Создание элемента управления

- Сохраните модель и выйдите из NX7.5.
- Запустите приложение PTS и откройте сохранённую модель.
- Войдите в режим редактирования шаблона и в правом верхнем окне переключитесь на вкладку **Проводник модели**.
- Добавьте в диалог шаблона новый элемент интерфейса типа **Группа** и перетащите в него из дерева построения переменную, созданную для подавления скруглений в модели. На вкладке **Атрибуты** задайте ей стиль отображения как **Выбор из списка**, а в список значений внесите две строки – «Упрощенная модель» и «Детальная модель». При этом необходимо включить опцию возврата индекса выбранного элемента. Как это будет работать? Пользователь, выбирая одно из значений выпадающего списка, будет присваивать переменной или ноль, или единицу. В зависимости от значения все связанные с этой переменной геометрические элементы будут подавляться или активироваться. Включите опцию динамического обновления, сохраните шаблон и выйдите из PTS (рис. 10.47).
- Запустите NX7.5, откройте шаблон модели, проверьте, как она меняется в зависимости от выбранного состояния.

УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ ИНТЕРФЕЙСА

Вы можете контролировать, какие части диалогового интерфейса шаблона будут доступны или видимы пользователю в зависимости от каких-либо его действий. Это позволяет создать более «умные» диалоги, которые не загромождены лишними элементами и активируют их по мере необходимости. Всегда имеет смысл избавлять пользователя от необходимости думать над вводом каких-то исходных данных, которые не применимы в данном контексте. В следующем примере мы уже знакомым способом деактивируем одну из прямоугольных проточек на

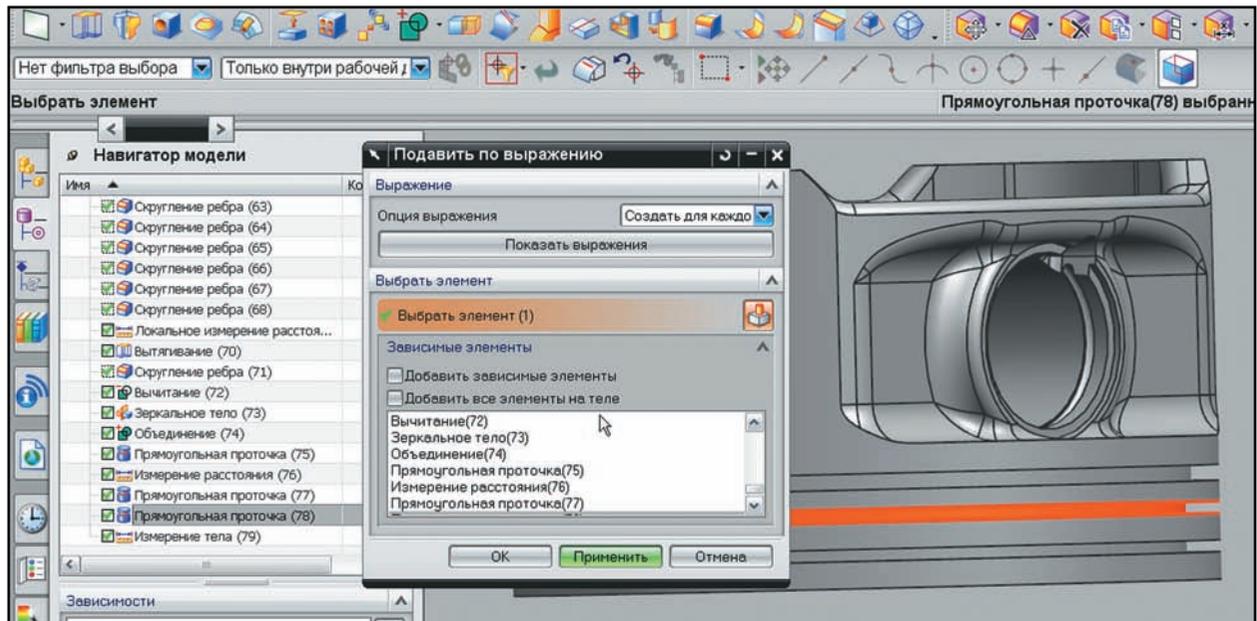


Рисунок 10.48 Подавление элемента

поршне и как следствие уберём из диалога элементы управления, отвечающие за неё.

- Запустите NX7.5 и из папки Step5 откройте файл Piston.prt.
- Сейчас в модели поршня присутствуют три прямоугольные проточки. Дадим пользователю возможность в интерфейсе шаблона задавать, сколько проточек будет в модели, и в зависимости от его выбора будет управлять самим интерфейсом.
- Выбрав пункт меню **Изменить > Элементы > Подавление по выражению** создайте переменную, управляющую состоянием подавления элемента **Прямоугольная проточка** (рис. 10.48).
- Затем, выбрав пункт меню **Инструменты > Выражение**, откройте диалог со списком выражений и, найдя там созданную переменную, измените её имя на более осмысленное. Далее создайте новую

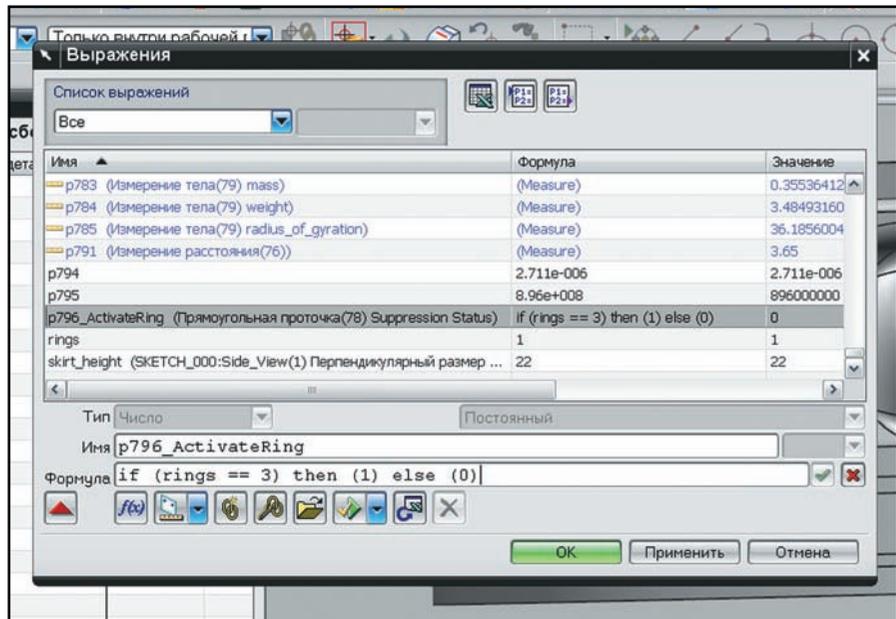


Рисунок 10.49 Управляющая переменная и логическое условие

переменную `gings` со значением 3. Эта переменная будет определять количество проточек. Для простоты пока ограничимся выбором между двумя и тремя проточками. Теперь нам необходимо связать эту переменную с переменной, управляющей подавлением одной из проточек. Так как переменная подавления должна иметь значение либо 1, либо 0, нам необходимо задать условие, как на рис. 10.49.

- Если пользователь присваивает переменной `gings` значение 3, то согласно условному выражению переменная подавления принимает значение 1 и проточка в модели появляется, а при других значениях она будет подавлена.
- Попробуйте сначала в диалоге **Выражения** отработать изменение переменной `gings` и, убедившись, что это изменение влияет на геометрическую модель, выйдите из диалога, сохраните модель и закройте NX7.5.
- Запустите приложение PTS и загрузите в него сохранённую модель.
- Перейдите в режим редактирования шаблона и в правом верхнем окне переключитесь в **Проводник модели**.
- Разверните группу **Выражения** и найдите там переменную `gings`. Перетащите её в левое верхнее окно, поместив в первую группу, так чтобы она была на том же уровне иерархии, что и элементы группы, содержащие параметры каждого кольца. Затем, выделив вставленный элемент, измените имя, заданное системой, на более понятное пользователю, на вкладке **Атрибуты** поменяйте стиль отображения на **Выбор из списка**, в поле **Значения** введите 2 и 3, установите опцию **Возврат значения индекса**. И включите опцию **Динамическое обновление**, которая в данном случае необходима, так как этот элемент управления будет управлять не только перестроением геометрии модели, но и элементами интерфейса

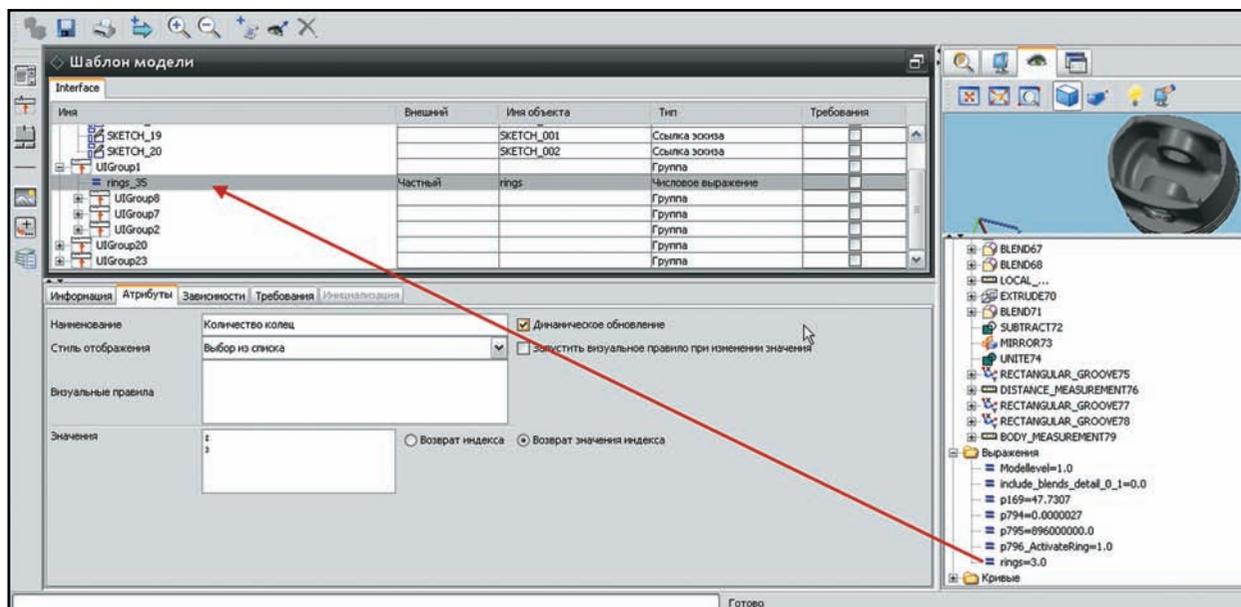


Рисунок 10.50 Создание элемента управления

са диалогового окна. В противном случае пользователь шаблона может столкнуться с неправильным поведением модели, когда геометрический элемент будет деактивирован, но при этом останется возможность изменять его параметры (рис. 10.50).

- Переключитесь на вкладку **Проводник диалогов** в верхнем правом окне и посмотрите на получившийся интерфейс. Так как мы в атрибутах переменной `riings` задали возвращение значения индекса, то шаблон будет присваивать этой переменной именно те значения, что видит пользователь в списке. На данный момент интерфейс шаблона уже будет управлять количеством проточек в 3D модели. Нам теперь необходимо настроить поведение соответствующих элементов интерфейса шаблона.
- Переключитесь обратно в **Проводник модели**. В дереве построения модели элемент построения `RECTANGULAR_GROOVE38` соответствует той самой проточке, которая подавляется в зависимости от выбора пользователя. Когда мы создавали шаблон, то мы выбрали параметры этого элемента в качестве управляющих и добавили их в группу с названием **Нижнее компрессионное кольцо** (`UIGroup7`). Выделите эту группу в левом верхнем окне и в нижнем левом окне перейдите на вкладку **Зависимости**. Активируйте опцию **Управление видимостью по** и в выпадающем списке выберите значение **Подавленному элементу**. Затем вам необходимо указать, состояние какого элемента необходимо отслеживать. Для этого из дерева построения модели перетащите элемент `RECTANGULAR_GROOVE38` в пустое текстовое поле опции управления видимостью. Убедитесь, что в последнем выпадающем списке выбрано значение **=восстановленный** (рис. 10.51).
- Сейчас шаблон практически готов, остаётся только его сохранить. Но давайте ещё немно-

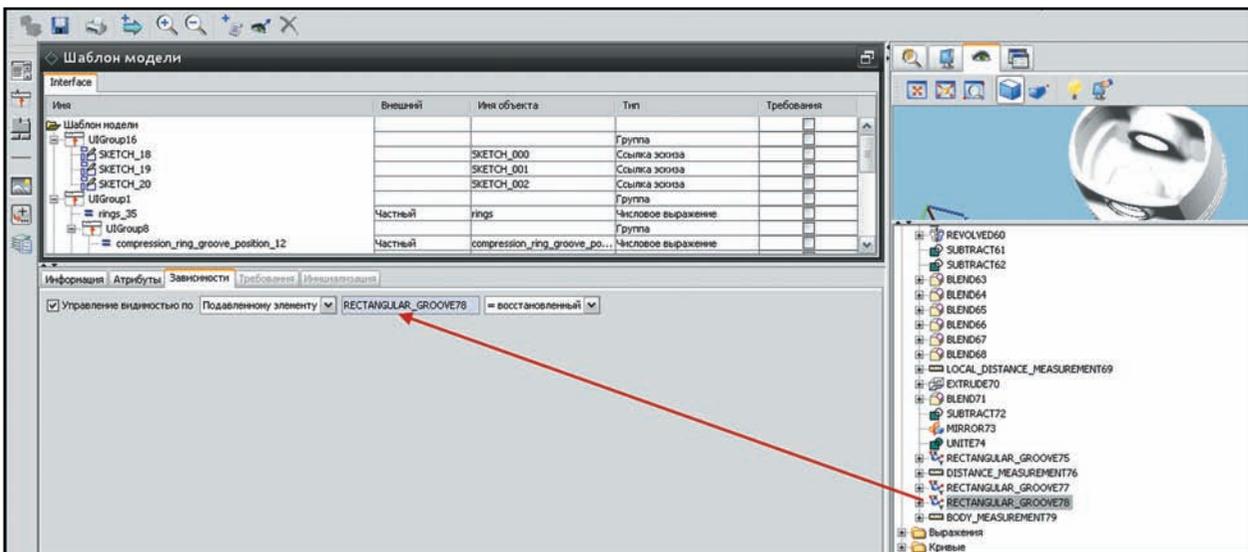


Рисунок 10.51 Назначение атрибутов

го расширим его логику работу и заодно деактивируем возможность редактирования формы модели, если пользователь выбрал отображение двух колец вместо трех.

- Для управления формой 3D модели мы создали группу в диалоге интерфейса, куда помести-

ли кнопки редактирования эскизов, образующих модель. В левом верхнем окне разверните эту группу и выделите один из эскизов. В нижнем левом окне перейдите на вкладку **Зависимости**. Обратите внимание, что в отличие от элемента типа «Группа» для этого элемента интерфейса вы можете управлять не только его видимостью, но и активностью. Под активностью понимается состояние элемента интерфейса, при котором его видно, но пользователь не имеет возможности с ним работать.

- Включите опцию **Управление активностью по** и в выпадающем списке на этот раз выберите строчку **Значению выражения**. Мы могли бы, так же как и в предыдущем случае, управлять активностью по состоянию подавленного элемента, но сейчас воспользуемся другим методом. Будет управлять активностью в зависимости от значения переменной, которую мы создали для подавления проточки. В **Проводнике модели**, развернув группу **Выражения**, найдите эту переменную и перетащите её в текстовое поле опции управления активностью. В последнем выпадающем списке есть несколько вариантов задания условного выражения. Для нашего случая выберем самый простейший способ – проверку на неравенство нулю переменной (рис. 10.52).
- Повторите предыдущий шаг для оставшихся двух эскизов. Сохраните шаблон и закройте PTS.

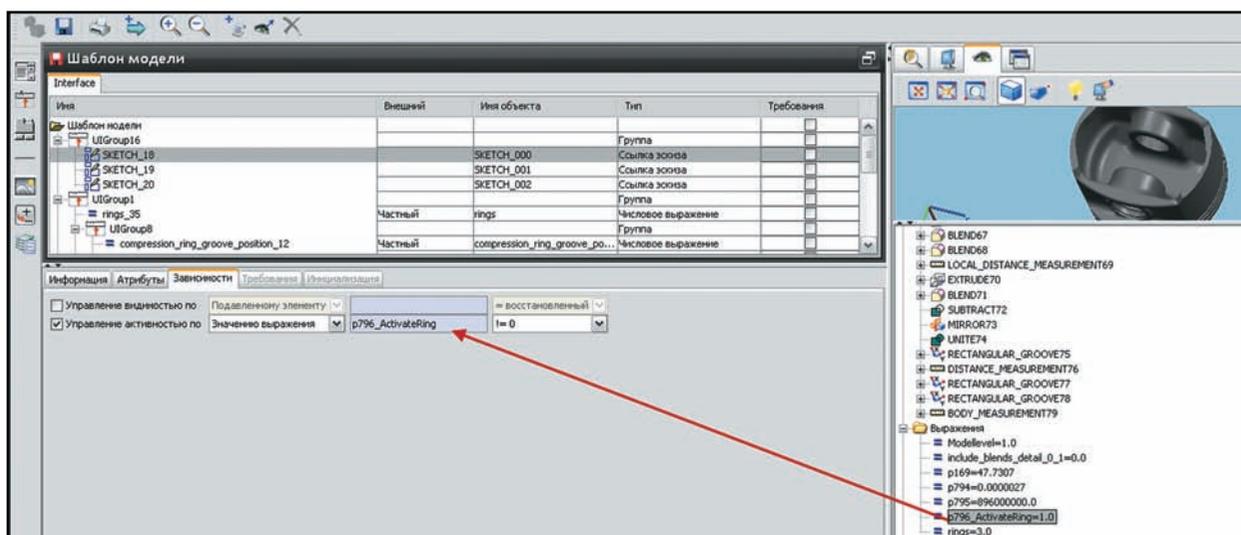


Рисунок 10.52 Управление видимостью

- Запустите NX7.5, откройте шаблон и активируйте диалог интерфейса. В выпадающем списке, определяющем количество колец (проточек), выберите значение 2. Если шаблон был построен правильно, то переменной `rings` будет присвоено такое же значение, как следствие этого - переменная подавления проточки получит нулевое значение согласно заложенному условию. Проточка будет подавлена в геометрии модели, и эта одна из групп элементов управления параметрами проточки будет скрыта. А эскизы, связанные со значением переменной подавления, останутся видимыми, но будут деактивированными (рис. 10.53).

Таким образом, управляя активностью и видимостью элементов через значение перемен-

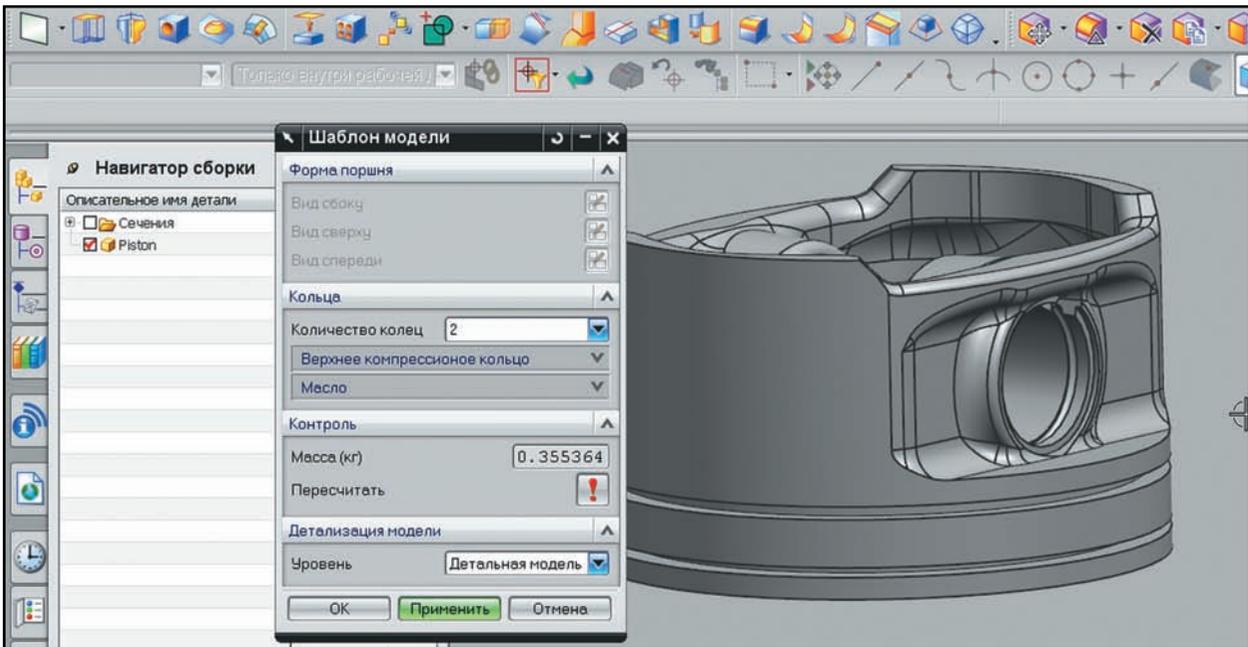


Рисунок 10.53 Проверка шаблона

ных и состояние элементов построения моделей, вы можете значительно повысить функциональность шаблона. Особенно актуально это в тех случаях, когда вам надо сочетать в рамках одного шаблона несколько геометрических моделей, которые имеют значительные различия между собой.

ВИЗУАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА

До сих пор мы разрабатывали логику шаблонов, пользуясь атрибутами и поведением различных элементов управления. С выходом версии NX7.5 в приложении PTS был представлен дополнительный логический механизм работы с моделями, который существенно расширил возможности работы с различными объектами моделей из диалогового интерфейса шаблона. Этот механизм, названный **Визуальными правилами (Visual Rules)**, позволяет вам создать

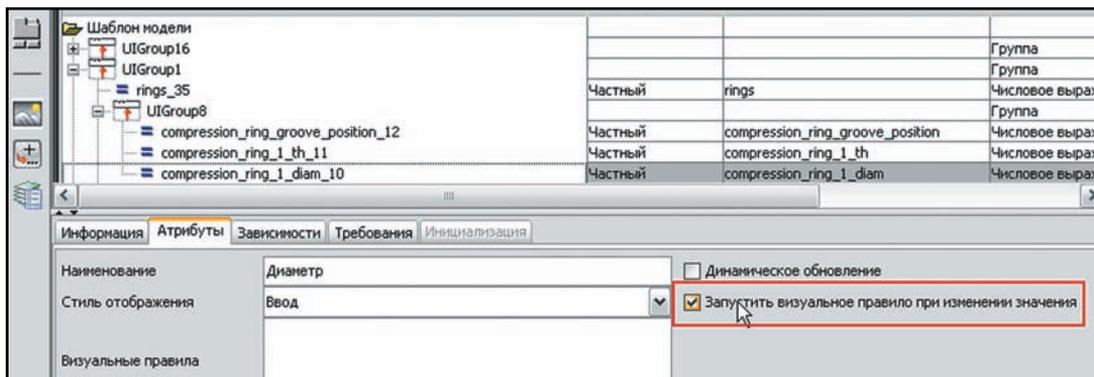


Рисунок 10.54. Запуск визуальных правил при изменении переменной

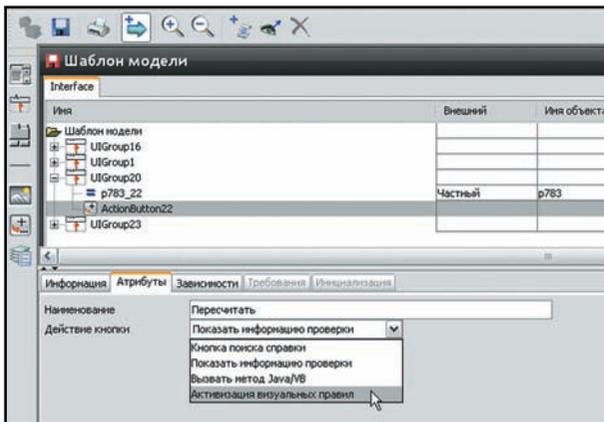


Рисунок 10.55 Запуск визуальных правил по нажатию кнопки

Для создания действия или визуального правила необходимо в горизонтальной инструментальной панели нажать кнопку **Добавить правило** и в появившемся диалоге задать имя создаваемому действию. После этого в верхнем левом окне откроется вкладка редактора визуальных правил (рис. 10.56). В левой части окна вы видите группы операций, разделённых по функциональному признаку. Каждый член группы - это блок алгоритма, выполняющий какое-либо действие.

Первая группа «**Выборка**» содержит функции по опросу текущей модели детали или сборки и выбору объектов заданного типа. В общем случае результатом функции из этой группы является набор найденных объектов заданного типа.

Следующая группа «**Фильтр**» отвечает за функции фильтрации объектов по какому-либо признаку. В большинстве случаев вам необходимо сочетать функции по фильтрации с функциями по выборке, так как для этой группы необходимо предоставить некий набор объектов.

Результатом работы функций фильтраций является подмножество объектов, удовлетворяющих заданному условию.

Третья группа «**Создать**» самая простая. Она

алгоритм какого-либо действия, используя графические блоки и соединения, а затем применять это действие при наступлении какого-либо события. Наверное, при работе с предыдущими примерами вы уже замечали опцию **Запустить визуальное правило при изменении значения** – это один из способов запуска описанного вами действия при изменении пользователем какой-либо переменной (рис. 10.54).

Ещё один способ заложен в атрибутах элемента управления типа «Кнопка» из вертикальной инструментальной панели. То есть у вас есть возможность запускать predetermined действие как в качестве реакции на действия пользователя по вводу данных, так и давать возможность самому пользователю вызвать действие нажатием на кнопку (рис. 10.55).

Если вы попытаетесь сейчас активировать опцию вызова визуального правила или назначить вызов правила на кнопки, то в списке выбора доступных правил ничего не будет, так как в текущем шаблоне пока нет ни одного созданного правила.

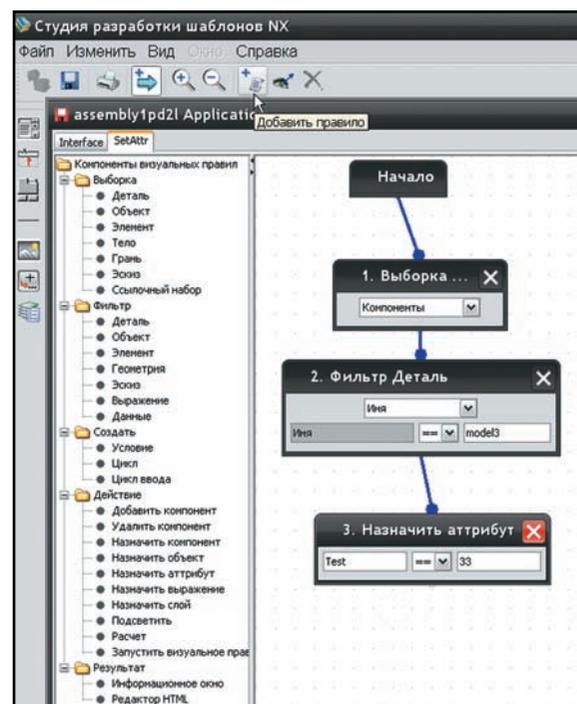


Рисунок 10.56 Создание визуальных правил

содержит функции создания условия и цикличности в алгоритме создаваемого действия.

Следующая группа «**Действия**» отвечает за выполнение каких-либо действий над объектами, переданными на вход.

И последняя группа «**Результат**» содержит две функции вывода информации на основе данных из предыдущих операций.

Создание действия или визуального правила заключается в графическом определении блоков алгоритма из вышеописанных функций и заданию связей между ними. Связи определяют прохождение потока данных по мере работы алгоритма. На рис. 10.56 изображено простейшее визуальное правило, которое при выполнении на первом шаге получает массив всех компонентов, входящих в сборку (предполагается, что текущий шаблон является сборкой), затем на втором шаге в полученном массиве делается выборка по имени модели. И на третьем шаге на все компоненты, имеющие имя model3, назначается атрибут с именем Test и значением, равным 33.

Вы не ограничены в количестве функциональных блоков из одной группы, используемых при составлении алгоритма. Поэтому ваши визуальные правила могут содержать несколько операций выборки и фильтрации. То есть вы можете делать выборку объектов в пределах набора объектов, выбранных предыдущей операцией, детализировать фильтрацию объектов путем последовательного применения функций фильтров или производить несколько действий над одними и теми же объектами. Как уже было сказано выше, определяя связи, вы задаете путь прохождения информации от блока к блоку, и в общем случае алгоритмы бывают нелинейными. Поэтому у вас есть возможность создавать несколько связей, выходящих из одного блока, то есть отправлять результат работы функции текущего блока сразу нескольким другим нижестоящим функциям. Давайте рассмотрим пример использования визуальных правил на основе уже созданного шаблона, а затем создадим свое правило для нашего шаблона поршня.

- Запустите приложение PTS и откройте файл `chopper.ptt` в папке `ch10/chopper`,
- Откроется модель сборки миксера с двумя определенными шаблонами. Один шаблон определен для верхнего узла сборки, а второй находится в одной из подборок, содержащих

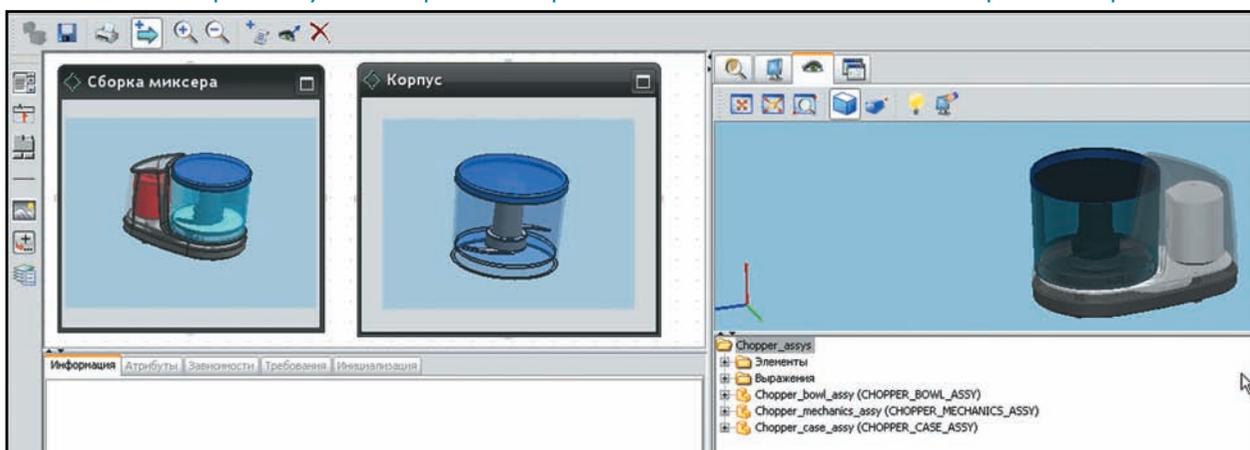


Рисунок 10.57 Сборка миксера

компоненты корпуса миксера (рис. 10.57).

- Двойным щелчком на заголовке окна шаблона сборки миксера переведите его в режим редактирования. В правом верхнем окне переключитесь на вкладку с отображением интерфейса шаблона, выбрав в левом верхнем окне корневой узел структуры шаблона, в нижнем окне выберите вкладку **Инициализация** (рис. 10.58). Шаблон имеет достаточно простой интерфейс, который содержит три функциональные кнопки, вызывающие заданные в шаблоне визуальные правила, которые выполняют определённый алгоритм действий. Визуальные правила, заданные в шаблоне, отображаются на вкладках в верхнем левом окне.

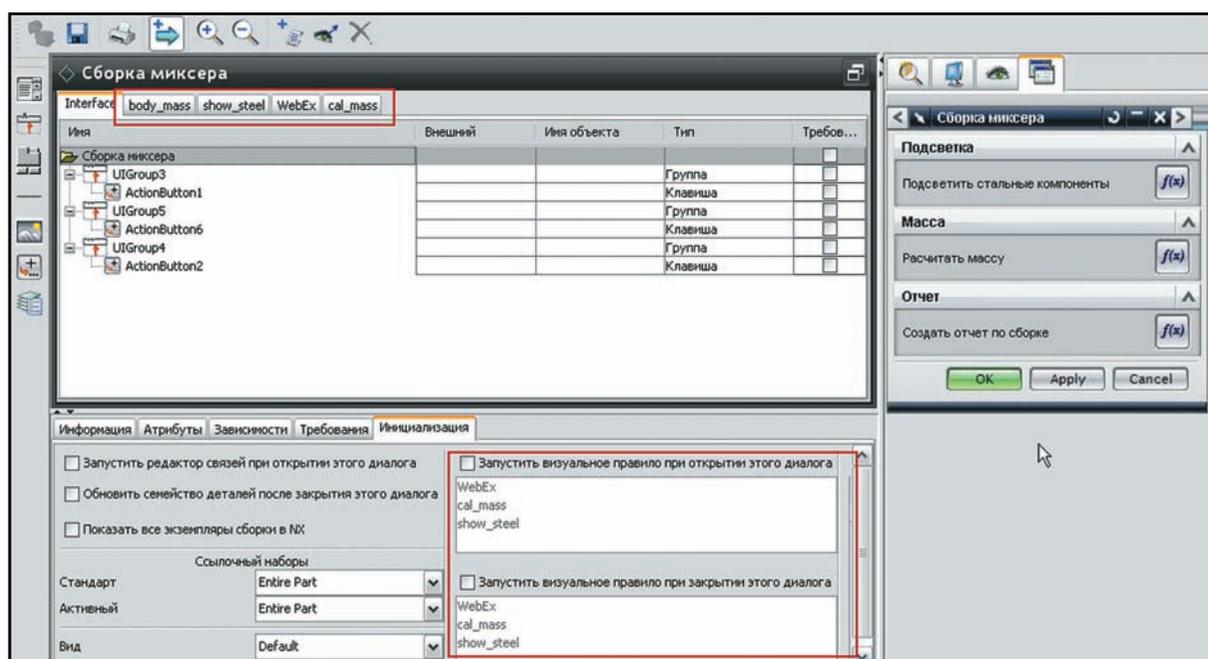


Рисунок 10.58 Шаблон сборки с визуальными правилами

- Дополнительно к двум описанным выше способам вызова визуальных правил на вкладке **Инициализация** вы можете найти две опции, включение которых позволяет привязать выполнение визуальных правил к открытию и закрытию диалогового интерфейса шаблона. В контексте нашего примера такого поведения не требуется, но при практическом использовании PTS вы часто будете сталкиваться с необходимостью обращаться к этим опциям. Обратите внимание, что в списках доступных визуальных правил для назначения на событие открытия или закрытия диалогового окна присутствуют всего три правила, в то время как в верхнем левом окне присутствуют четыре определённых в шаблоне правила. Не хватает правила `body_mass`. Это говорит о том, что это правило является дочерним к какому-либо другому правилу. Механизм визуальных правил позволяет пользователю создавать дочерние правила, которые будут вызываться другим или несколькими другими правилами. Это дает возможность разбить сложные правила на более простые.
- В левом верхнем окне выберите поочередно три элемента интерфейса типа «Кнопка» и по-

смотрите, к каким визуальным правилам они привязаны (рис. 10.59).

- Перейдите на вкладку визуального правила `body_mass` (рис. 10.60). Это правило получает на первом шаге компонент сборки, затем на втором шаге делает выборку тел из компонента, далее на третьем шаге делает выборку свойств массы полученных тел и на последнем шаге извлекает значение конкретного атрибута массы. Как уже говорилось, это правило является дочерним. Поэтому родительское правило передает ему на вход компонент, а на выходе принимает значение массы.
- Откройте вкладку с правилом `cal_mass` (рис. 10.61). Правило выбирает все компоненты сборки на первом шаге и на втором в цикле передает каждый компонент в дочернее правило `body_mass`. Дочернее правило возвращает значение массы компонента, которое передается на следующий шаг. На третьем шаге происходит суммирование всех пришедших на вход значений, и окончательная сумма масс компонентов сборки выводится в информационное окно на последнем шаге.
- Правило `show_steel` производит выборку всех компонентов сборки и с помощью функции фильтрации выделяет те из них, которые имеют атрибут с именем `material` и значением `steel`. Далее из этих компонентов производится две последовательные выборки – сначала выбираются все элементы моделей компонентов, а затем из этого множества выбираются все грани, которые на последнем этапе алгоритма передаются действию подсветки. Таким образом правило подсвечивает все компоненты сборки, имеющие заданный атрибут с определенным значением.
- И последнее правило `WebEx` – самое простое. Оно состоит из одного действия, которое выводит отчет по сборке в predeterminedенном формате. Эта функция создает отчет в формате

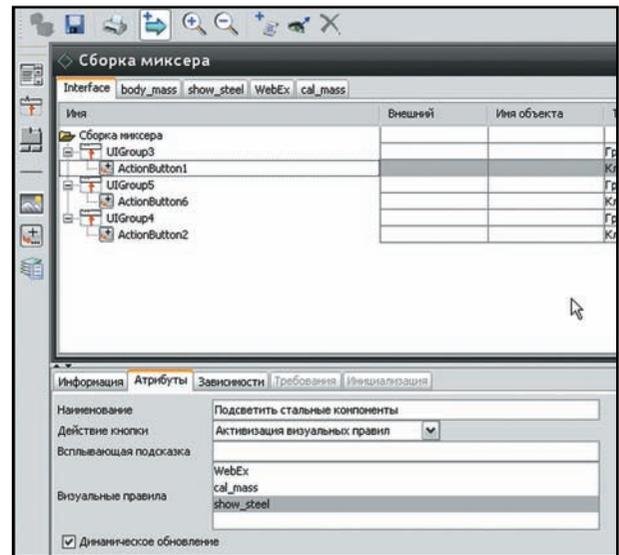


Рисунок 10.59 Привязка визуальных правил к кнопкам



Рисунок 10.60 Визуальное правило `body_mass`

HTML, используя шаблон форматирования, задаваемый в поле **Файл шаблона**, и сохраняет его в файл, заданный в поле **Выходной файл**. Для корректной работы этого визуального правила вам необходимо отредактировать путь к файлу шаблона отчета, который находится в той же папке, что и файлы моделей. После этого сохраните шаблон.

- Сверните шаблон сборки миксера и разверните шаблон корпуса. Здесь есть три визуальных правила, два из которых являются дочерними. Основное правило `songif_bowl` вызывается при изменении значения переменной `bowl_type`, которая управляется выпадающим списком в интерфейсе шаблона. В зависимости от значения переменной на втором шаге вызывается одно из дочерних правил. Результатом работы каждого дочернего правила является вставка одного компонента сборки и удаление другого – то есть замена компонента в составе сборки. Таким образом, мы через выпадающий список выбираем, какой из компонентов будет входить в сборку.

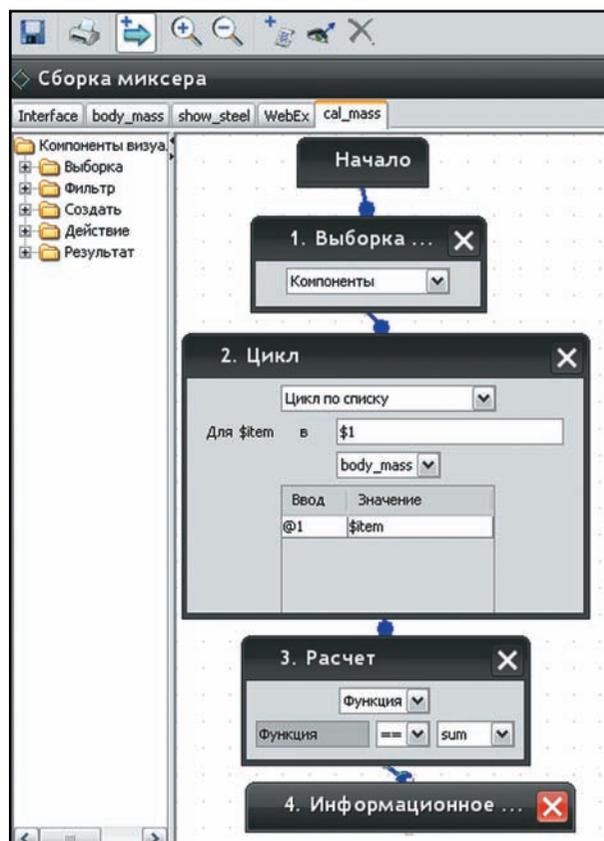


Рисунок 10.61 Визуальное правило `cal_mass`

- Выйдите из PTS и, запустив NX7.5, откройте сборку миксера.
- Войдите в режим редактирования изменяемого компонента и исследуйте, как работают шаблоны сборки миксера и подсборки корпуса.

Теперь мы создадим визуальное правило для нашего шаблона поршня, который мы создавали и совершенствовали в прошлых примерах. Наше правило будет подсвечивать прямоугольную проточку при изменении её положения.

- Закройте NX7.5 и, запустив приложение PTS, откройте файл `Piston.prt`.
- Переведите шаблон в режим редактирования и в горизонтальной инструментальной панели нажмите кнопку **Добавить правило**. В появившемся окне задайте имя правила и нажмите **ОК**. Опция **Активизированный из визуального правила** определяет, будет ли создаваемое правило дочерним к какому-

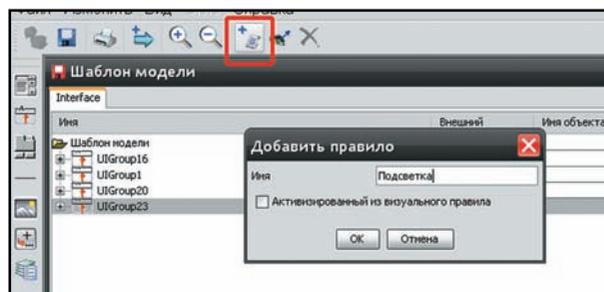


Рисунок 10.62 Создание нового визуального правила



Рисунок 10.63 Получение геометрического элемента

либо другому правилу. В данном случае в этом нет необходимости, поэтому эту опцию мы оставим выключенной (рис. 10.62).

- Проточке, которую мы хотим подсвечивать, при изменении её позиции соответствует элемент дерева построения RECTANGULAR_GROOVE(78). Все, что нам необходимо, - это с помощью функций визуальных правил «добраться» до граней проточки и подсветить их. А затем привязать вызов созданного визуального правила к переменным, которые её модифицируют из диалогового интерфейса шаблона. «Добраться» до граней мы можем двумя способами. Первый способ вы могли видеть в визуальном правиле по подсветке компонентов с заданным атрибутом в предыдущем примере. То есть, применяя функции выборки и фильтрации, получить набор граней, соответствующих элементу с заданным именем. Есть второй, более простой способ, который в данном случае имеет смысл использовать. Переключите правое верхнее окно в режим отображения дерева построения модели и перетащите элемент RECTANGULAR_GROOVE(78) в окно редактирования визуальных правил. Система сама создаст операцию выборки, получающую необходимый нам элемент модели (рис. 10.63).
- Далее нам необходимо получить все грани элемента полученной операции выборки. Это можно сделать, добавив ещё одну операцию выборки. Для этого из левой части окна редактирования визуального правила, раскрыв группу **Выборка**, выделите и перетащите в поле редактирования функцию **Элемент**. В выпадающем списке блока функции установите тип выбираемых элементов **Грани** (рис. 10.64). Добавленный блок-функция будет принимать элемент построения проточки из первой функции выборки и выбирать все грани этого элемента.

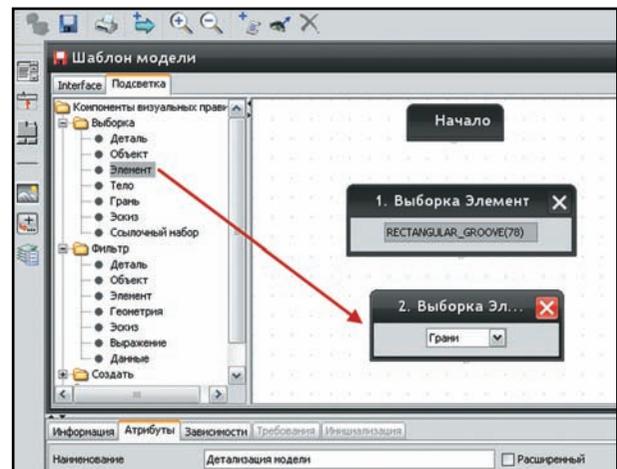


Рисунок 10.64 Выборка граней

- Теперь осталось определить действие, которое мы хотим осуществить, и соединить все блоки алгоритма в цепочку. Из группы **Действие** выберите и перетащите функцию **Подсветить** в поле редактирования шаблона. Затем соедините все блоки друг за другом в порядке их добавления. Начните с блока **Начало**. Для создания соединения выберите маленький прямоугольный маркер на середине нижнего края блока функции и, нажав левую кнопку мыши, перетащите его на другой блок, с которым вы хотите установить связь. Затем отпустите кнопку мыши (рис. 10.65).
- Вернитесь обратно на вкладку создания интерфейса шаблона и, выделив по очереди параметры, отвечающие за управление проточкой, включите опцию **Запустить визуальное правило при изменении значения**, а в списке **Визуальные правила** выберите только что созданное правило (рис. 10.66).
- Сохраните шаблон и выйдите из PTS.

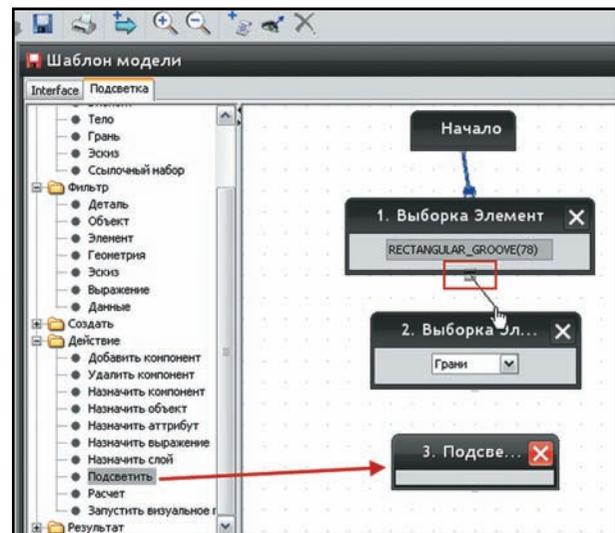


Рисунок 10.65 Построение связей

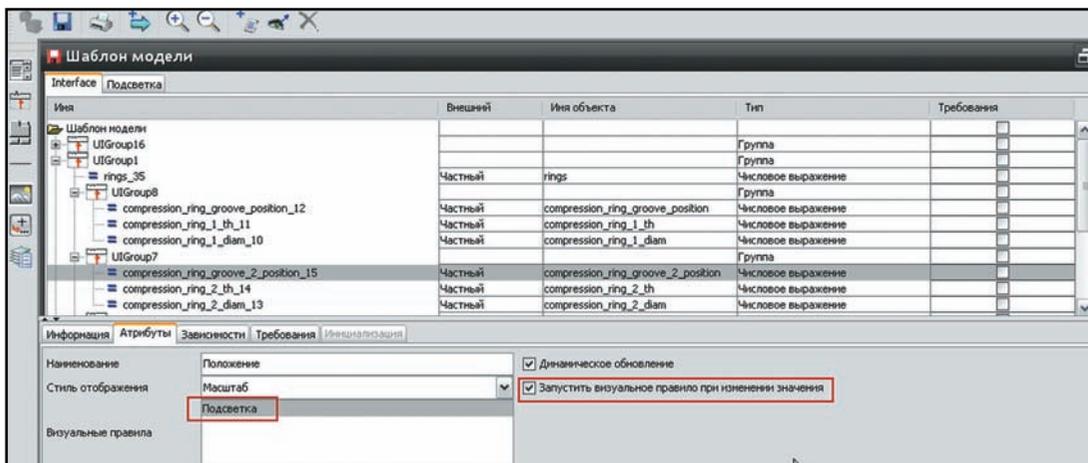


Рисунок 10.66 Привязка визуального правила к переменной

- Запустите NX7.5 и загрузите шаблон. Активируйте диалоговый интерфейс шаблона и поменяйте параметры управления проточки. Если все было сделано правильно, то при каждом изменении будет производиться запуск визуального правила, и грани проточки будут подсвечиваться (рис. 10.67).

В данной главе мы рассмотрели базовые возможности создания шаблонов моделей в приложении PTS. Этого хватит, чтобы создавать шаблоны с достаточно сложной логикой, но функ-

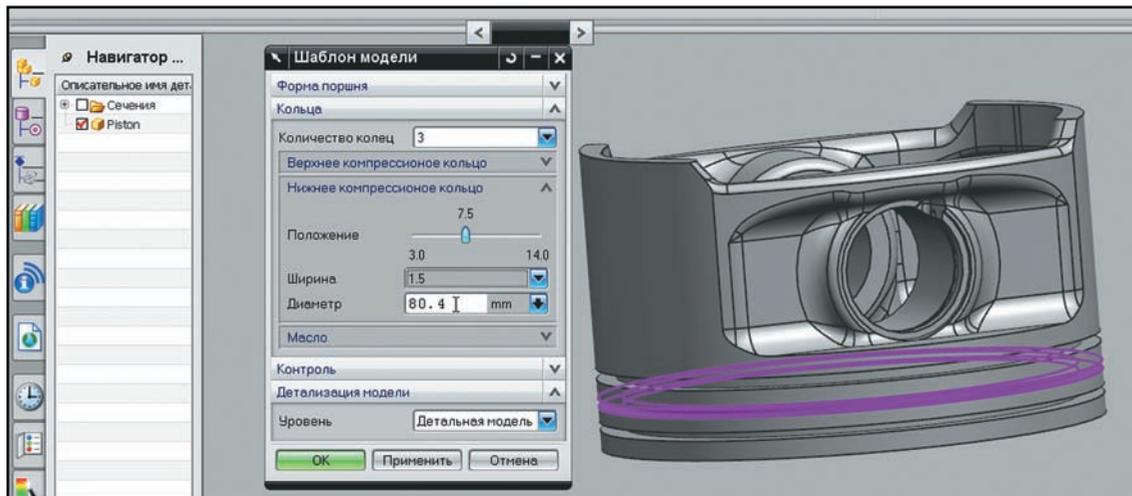


Рисунок 10.67 Тестирование шаблона

ционал PTS этим не ограничивается. Помимо описанных возможностей, с помощью PTS вы можете создавать группы шаблонов, связанные между собой, передавать параметры, введенные пользователем между шаблонами, управлять внешними геометрическими связями, вызывать из шаблонов программный код, написанный на языках Visual Basic или Java, и многое другое. С этими возможностями вы можете подробнее ознакомиться, открыв раздел документации системы NX7.5, посвященный PTS.

Глава 11

Визуализация

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

- Визуальные отчеты
- Проверка моделей
- Изображения и анимация

ВИЗУАЛЬНЫЕ ОТЧЕТЫ

Визуальные отчеты появились в версии NX7 и с тех пор находят все большее применение в процессах разработки и анализа разрабатываемого изделия. Механизм визуальных отчетов решает задачу быстрого предоставления необходимой информации об изделии непосредственно на трёхмерном макете самого изделия. Не секрет, что разработка любого изделия сопровождается большими объемами сопутствующих данных, и достаточно большая часть этих данных так или иначе касается конкретных узлов, сборок и деталей, входящих в состав изделия. Это могут быть данные о весе, состоянии готовности, статусе, актуальности и о многом другом, что обычно представляется в виде текстовой информации в PDM системе или в электронных таблицах. Недостаток такого представления информации – в том, что в CAD системе пользователь видит трехмерный макет изделия, а для получения сопутствующей информации он вынужден обращаться к другим источникам, которые не всегда удобны с точки зрения получения быстрого ответа на интересующий вопрос. Хорошо, когда изделие небольшое и разрабатывается одним-двумя исполнителями. В ином случае даже получение ответа на простые вопросы о текущем состоянии разработки по каким-то критериям требует значительных трудозатрат.

Механизм визуальных отчетов предлагает альтернативное представление сопутствующей информации. Они отображают информацию не в отдельном представлении, а непосредственно на моделях компонентов состава разрабатываемого изделия. Это даёт наглядную привязку информации к объектам и избавляет от необходимости переключаться между несколькими источниками данных.

Визуальный отчет представляет собой набор определенных логических операций над атрибутами объектов и описание области действия этих операций. Отчет отображается в виде цветовой раскраски и графических тэгов, которые формируются на основании обработки каждого компонента состава изделия логическими операциями, заданными в отчете.

- Запустите NX7.5 и откройте файл сборки `impeller_assy.prt` из папки `ch11/hd3d`.
- На панели ресурсов откройте вкладку **Инструмент HD3D (HD3D Tools)** и двойным щелчком мышки на кнопке **Визуальный отчет (Visual Reporting)** запустите одноименный инструмент. Будет открыта панель просмотра и создания отчетов (рис. 11.1).
- В системе для примера уже есть несколько predefined отчетов, которые можно использовать как основу для создания своих отчетов. В выпадающем списке **Имя отчета (Report Name)** выберите один из примеров отчетов, который называется **Состояние позиционирования (Positron Status)**, и нажмите кнопку **Активировать (Activate)**.

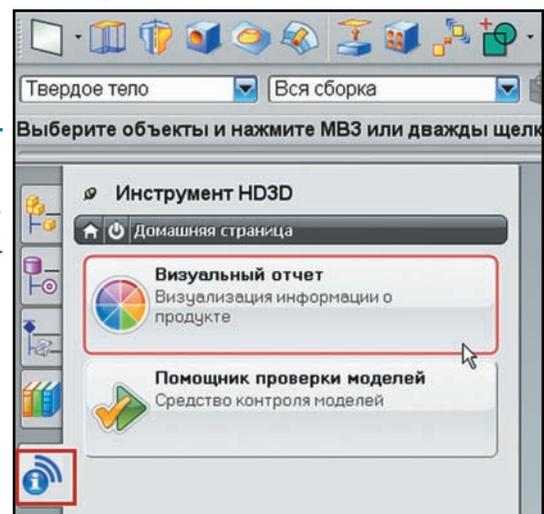


Рисунок 11.1. Запуск панели управления визуальными отчетами

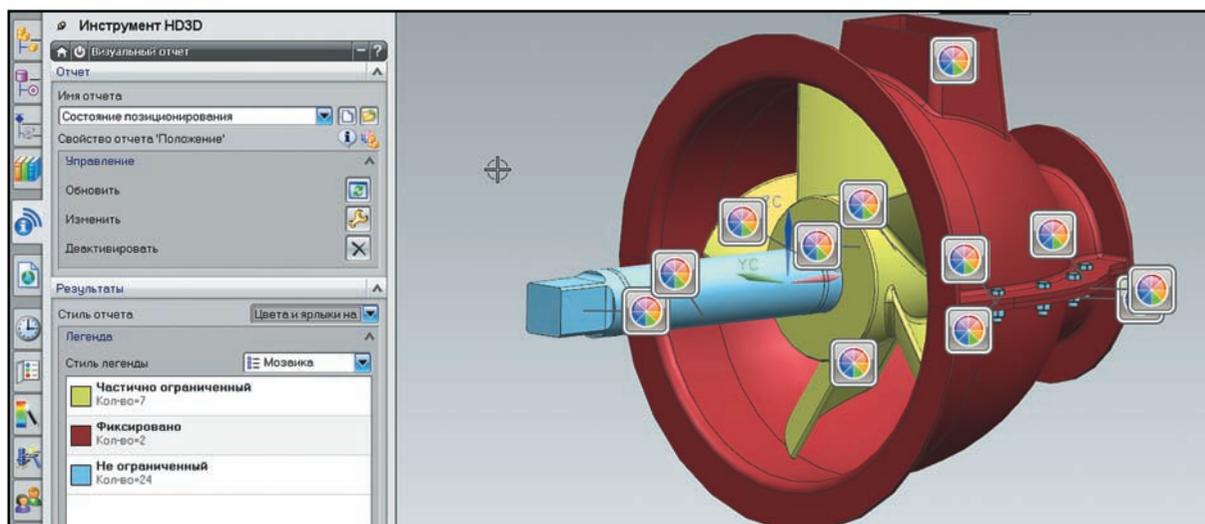


Рисунок 11.2. Отображения визуального отчета

После обработки компонентов сборки отчет будет представлен на компонентах сборки. Данный отчет проверил состояние позиционирования компонента и в зависимости от результата отнес его к одной из групп – **Фиксировано (Fixed)**, **Частично ограниченный (Partially Constrained)** и **Неограниченный (Unconstrained)** (групп может быть больше в этом отчете). Каждой группе назначается определённый цвет, которым раскрашиваются все входящие в группу компоненты. Дополнительно на компонентах отображается графический тэг, который отображает дополнительную информацию и заодно является точкой для отображения контекстного меню по щелчку правой кнопки мыши. Для смены вида отображения отчета воспользуйтесь выпадающим списком **Стиль отчета (Reporting Style)** (рис. 11.2).

При работе со сборками, содержащими большое количество компонентов, или при плотной компоновке можно воспользоваться режимом полупрозрачности для более четкого отображения интересующих объектов. Режим полупрозрачности включается с помощью кнопки **Полупрозрачность (See-Thru)** на инструментальной панели **Вид (View)**. Когда режим активирован, все не выбранные в данный момент объекты делаются полупрозрачными, что обеспечивает контрастность выбранных объектов на фоне всего остального. Использование данного режима визуализации для отображения визуальных отчетов существенно облегчает просмотр результатов.

- Включите режим полупрозрачности и, выбирая в панели управления визуального отчета группы и компоненты, посмотрите, как визуализируются компоненты. Полупрозрачность может быть отображена в трех стилях, которые управляются с помощью кнопки меню **Стиль полупрозрачности (See-Thru Style)** (рис. 11.3).

Визуальный отчет будет отображаться до тех пор, пока не будет выключен с помощью кнопки **Деактивировать (Deactivate)** в панели управления отчетом или пока не будет выключена сама панель. Если после генерации отчета будут произведены какие-то изменения в сборке или её компонентах, то отчет можно обновить с помощью кнопки **Обновить (Refresh)**.

- Не выключая отображения отчета, переключитесь на вкладку **Навигатор сбор-**

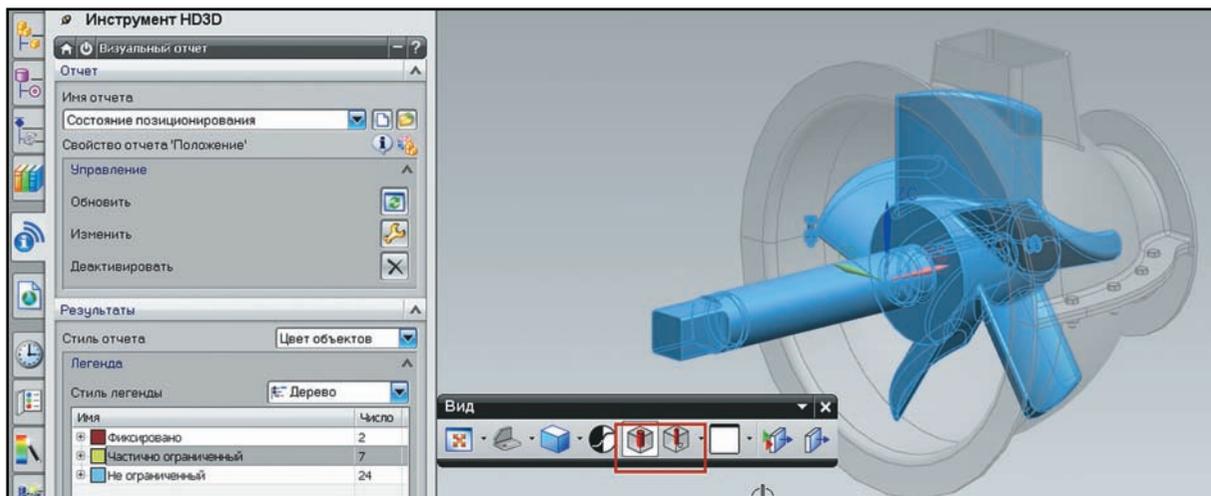


Рисунок 11.3. Режим полупрозрачности

ки (**Assembly Navigator**). Обратите внимание на колонки **Групповой отчет (Report Group)** и **Свойство отчета (Report Property)**. Эти колонки видны только при активном визуальном отчете и показывают цвет группы результатов, присвоенных компоненту сборки (первая колонка), и значение атрибута, использованного для отчета (вторая колонка) (рис. 11.4).

Теперь давайте создадим свой отчет с нуля и обработаем им компоненты текущей сборки. Создадим отчет, который будет показывать тип компонента – стандартный, покупной или изготавливаемый. В каждой детали, входящей в сборку, определен атрибут с именем ТИП ИЗДЕЛИЯ, который имеет соответствующее значение.

Описательное имя детали	Групповой отчет	Свойство отчета	Р.	Инфо...
Сечения				
014_impeller_assm				
Ограничения				
NUT75	Частично ограниченный	Частично ограниченный		
LW75	Частично ограниченный	Частично ограниченный		
HB75	Частично ограниченный	Частично ограниченный		
shcs_1x6	Частично ограниченный	Частично ограниченный		
Key_35	Частично ограниченный	Частично ограниченный		
014_shaft_subassm	Частично ограниченный	Частично ограниченный		
014_impeller	Частично ограниченный	Частично ограниченный		
LW75	Не ограниченный	Не ограниченный		
HB75	Не ограниченный	Не ограниченный		
LW75	Не ограниченный	Не ограниченный		
014_housing_top	Фиксировано	Фиксировано		
NUT75	Не ограниченный	Не ограниченный		

Рисунок 11.4. Отображение результатов в Навигаторе сборки

(**Description**) введите описание отчета, поясняющее его назначение.

Следующим шагом в разделе **Свойство отчета (Report Property)** в первом выпадающем списке необходимо задать критерий, по которому будет формироваться отчет. Критериями могут быть:

Свойство компонента сборки (Component Property) – это свойства вхождения детали в состав сборки. По своей сути, это те свойства, которые отображаются в колонках **Навига-**

- На панели управления визуальными отчетами нажмите кнопку **Деактивировать**, чтобы выключить текущий отчет, и затем нажмите кнопку **Определить новый отчет (Define New Report)**, в открывшемся диалоге задайте свойства отчета.

- В поле **Имя отчета (Report Name)** задайте наименование отчета, под которым он будет отображаться в выпадающем списке доступных отчетов. В поле **Описание**

тора сборки. Во втором выпадающем списке необходимо указать, какое именно свойство будет критерием.

Атрибут детали (Part Attribute) – атрибут, который задается в свойствах детали (не в контексте сборки). При выборе этого типа во втором списке необходимо вписать имя атрибута.

Свойства изделия в системе PDM Teamcenter (Teamcenter Property) – этот пункт доступен, только когда NX работает под управлением PDM системы Teamcenter. Он позволяет использовать в качестве критерия свойства изделия, его ревизии или набора данных.

Принадлежность компонента группе (Component Group) – критерием будет являться принадлежность компонента какой-либо из predeterminedенных групп.

Попадание компонента в заданный диапазон (Match Scope) – этот критерий определяет, попадает ли компонент в отчет, определяемый в разделе **Границы отчета (Report Scope)**. То есть при использовании этого критерия компоненты будут разделены на те, которые входят в область действия отчета, и те, которые в него не входят.

В нашем примере мы будем проверять значение атрибута детали ТИП ИЗДЕЛИЯ, и в зависимости от его значения соответствующий компонент сборки будет относиться к той или иной группе.

- В разделе **Свойство отчета** в первом выпадающем списке выберите значение **Атрибут детали (Part Attribute)**. В следующем выпадающем списке (который пока пуст) введите имя атрибута – ТИП ИЗДЕЛИЯ, в последнем выпадающем списке выберите тип атрибута **Строка/Цепочка (String)**.

Границы отчета (Report Scope), то есть область его действия, пока не будем задавать. Следовательно, будет применяться ко всем компонентам сборки.

В разделе **Результаты (Results)** выпадающий список **Стандартный стиль отчета (Default Reporting Style)** задает тип представления результатов по умолчанию, который потом можно переключать. Опция **Метод группировки (Grouping Method)** определяет, как будут группироваться компоненты в зависимости от выбранного критерия построения отчета. Значение **Автоматически (Automatic)** означает, что группы будут формироваться по усмотрению системы и свойства отображения каждой группы также будут задаваться системой. В зависимости от выбранного критерия может быть реализован разный алгоритм группировки в этом режиме. В случае данного примера автоматическое формирование групп будет означать, что группы будут создаваться на базе совпадения значения выбранного атрибута детали. Режим **Полуавтоматически (Semi-Automatic)** определяет автоматическое формирование групп, но их свойства отображения задаются пользователем. И последний режим **Вручную (Manual)** предполагает определение пользователем правил группировки и задание свойств отображения групп.

Опция **Создать группу для несогласованных объектов (Create a Group for Unmatched Objects)** определяет, будут ли в отчете учитываться те компоненты сборки, которые не попадают под выбранный критерий для формирования отчета. Если эта опция включена, то все компоненты, не вошедшие в отчет, будут собраны в отдельную группу.

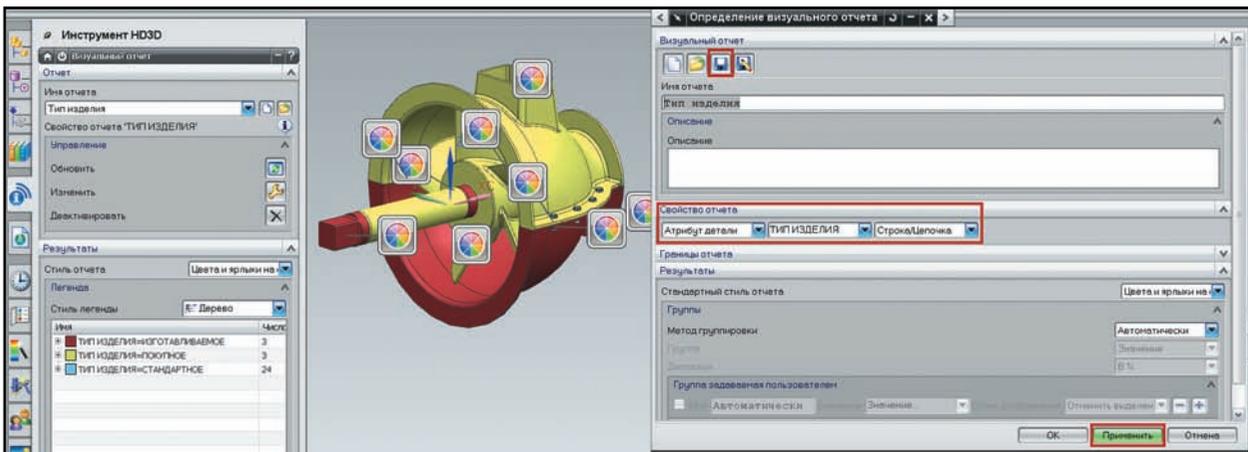


Рисунок 11.5. Создание визуального отчета

- Сохраните отчет, нажав кнопку **Сохранить отчет (Save Report)** в верхней части диалога, введите имя файла для сохранения, а затем нажмите **ОК** и выйдите из режима редактирования отчета. После чего нажмите кнопку **Активировать**, чтобы применить текущий отчет к загруженной сборке, или, не выходя из диалога редактирования, нажмите кнопку **Применить** (рис. 11.5).

В результате компоненты сборки будут разбиты на три группы, отображённые в разделе **Результаты (Results)** панели управления визуальными отчетами. Каждой группе присвоен свой цвет, и этим цветом покрашены все компоненты в этой группе.

- Наведите курсор мыши на каком-нибудь из графических тэгов, отображённых на компонентах. Появится всплывающая подсказка, отображающая имя компонента и значение критерия, по которому этот компонент был причислен к данной группе. Нажмите правую кнопку мыши на графическом тэге для отображения контекстного меню. Данное меню содержит несколько команд для управления компонентом, к которому привязан тэг (рис. 11.6).

В панели управления отчетом выберите одну из групп и нажмите на ней правой кнопкой мыши. Среди доступных команд управления группой есть две команды, представляющие интерес, – это **Создать группу компонент (Create Component Group)** и **Изменить стиль группы (Edit Group Style)**.

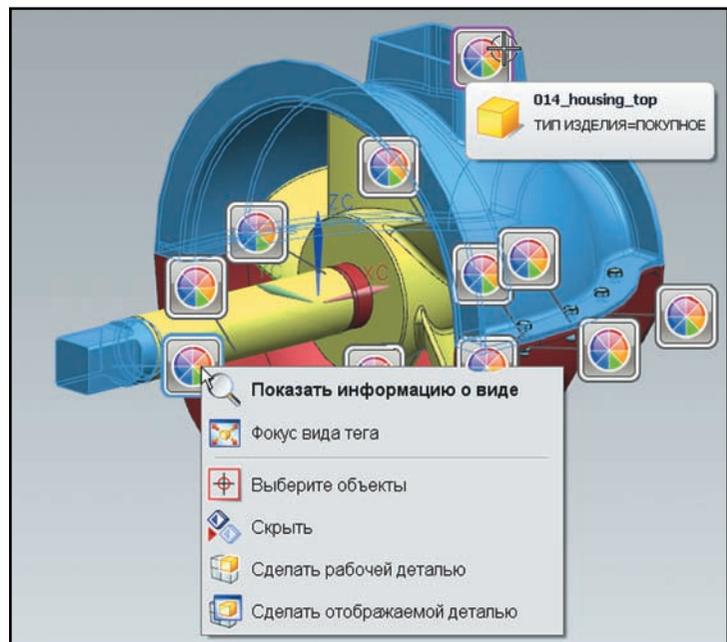


Рисунок 11.6. Контекстное меню тэгов

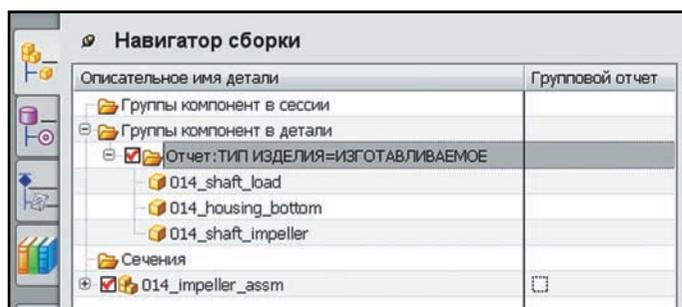


Рисунок 11.7. Создание группы компонент

Первая команда создаёт в **Навигаторе сборки** именованную группу компонентов, соответствующую группе, сформированной на основе отчета. Это позволяет разбить сборку на части, базируясь на каком-либо критерии. Например, если в атрибутах детали или в соответствующем изделии есть какой-то признак принадлежности данного компонента конкретной системе, то с помощью визуального отчета

можно быстро разбить сборку на группы, представляющие системы изделия (рис. 11.7).

Вторая команда позволяет изменять заданное системой представление всех входящих компонентов. С помощью этой команды можно оптимизировать отображение сборки так, чтобы выделить интересующую группу компонентов. В диалоге задания стиля группы, помимо задания цвета, можно выбрать в выпадающем списке значение **Отменить выделение (De-emphasize)**, которое задает режим обесцвечивания и полупрозрачности (рис. 11.8).

Раздел отображения результатов в панели управления отчетами располагает дополнительными средствами работы с результатом в контекстном меню, отображаемом по щелчку правой кнопки мыши на свободном месте в списке групп. Первые два пункта меню дублируют команды обновления и деактивации текущего отчета. Следующие две – позволяют экспортировать результаты отчета в браузер или электронную таблицу. Настроить отображение столбцов в списке результатов можно, выбрав пункт меню **Столбцы (Columns)**. И последний пункт меню **Отправить в окно (Send to Window)** выведет результаты отчета в отдельном окне вне панели управления отчетом (рис. 11.9).

- Для пользования расширенными средствами просмотра визуального отчета включите инструментальную панель **Режим визуального отчета (Explore Visual Report)**. Для этого

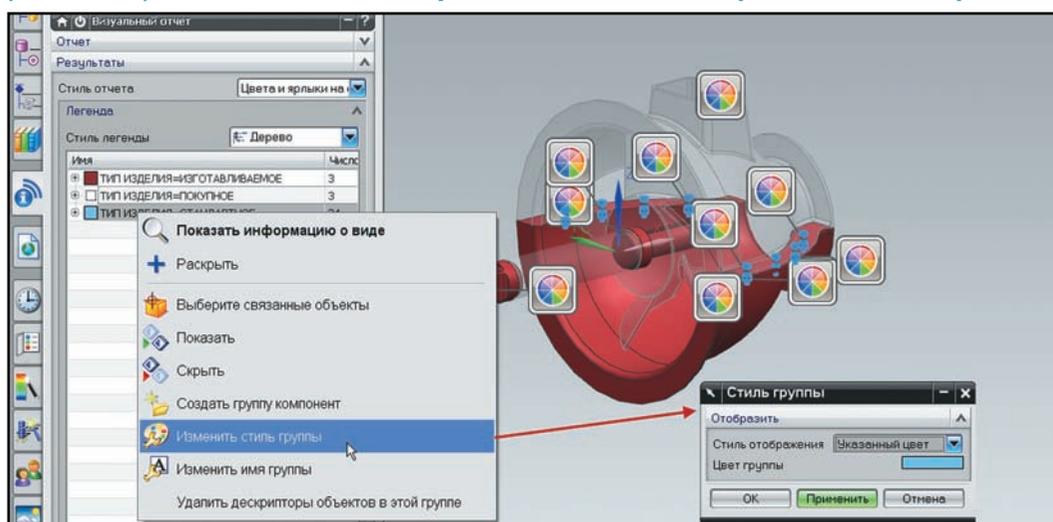


Рисунок 11.8. Изменение отображения группы

нажмите правую кнопку мыши на любой инструментальной панели и в контекстном меню выберите нужную панель.

- Перейдите в **Навигатор сборки** и нажмите кнопку **Изучить отчет (Explore Report)** на появившейся панели. Это включит режим просмотра текущего отчета (рис. 11.10).

Выбирая в выпадающем списке группы, полученные на основании отчета, вы можете выделять входящие компоненты на фоне остального состава сборки.

Для отображения компонентов определенной группы, входящих в какую-то подсборку, необходимо в **Навигаторе сборки** выделить интересующую подсборку и, выбрав группу в выпадающем списке на инструментальной панели **Изучить отчет**, нажать кнопку **Отчет по сборке (Report Down Assembly)**,

расположенную справа от списка. Будут отображены только те компоненты, которые входят в подсборку и принадлежат группе, остальные члены этой группы будут погашены. Таким образом можно детализировать отчет, продвигаясь от начала сборки до её нижних уровней. Оставшиеся три кнопки инструментальной панели:

Добавить режим (Add Mode) – включает режим добавления новых объектов отчета к существующему отображаемому набору.

Сброс отчета по деталям (Reset Report Parts) – очищает список текущих отображаемых результатов отчета.

Раскрыть для отчета (Expand to Reported) – раскрывает свернутые подсборки в **Навигаторе сборки**, если в них содержатся компоненты, отображенные в данный момент в отчете.

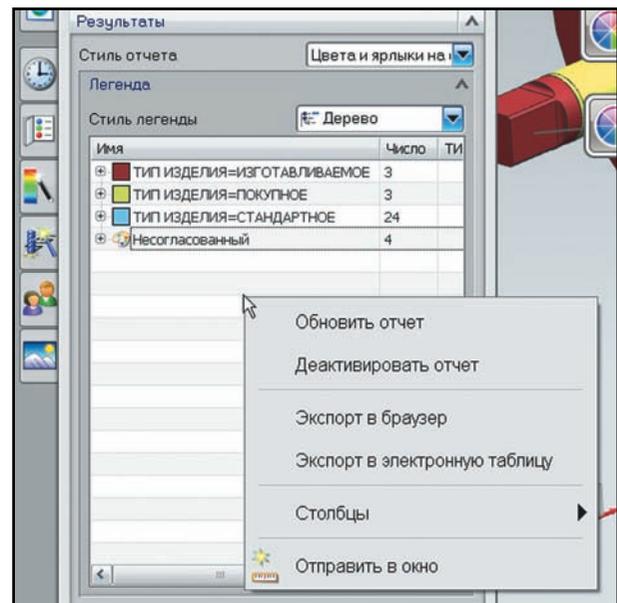


Рисунок 11.9. Свойства списка групп

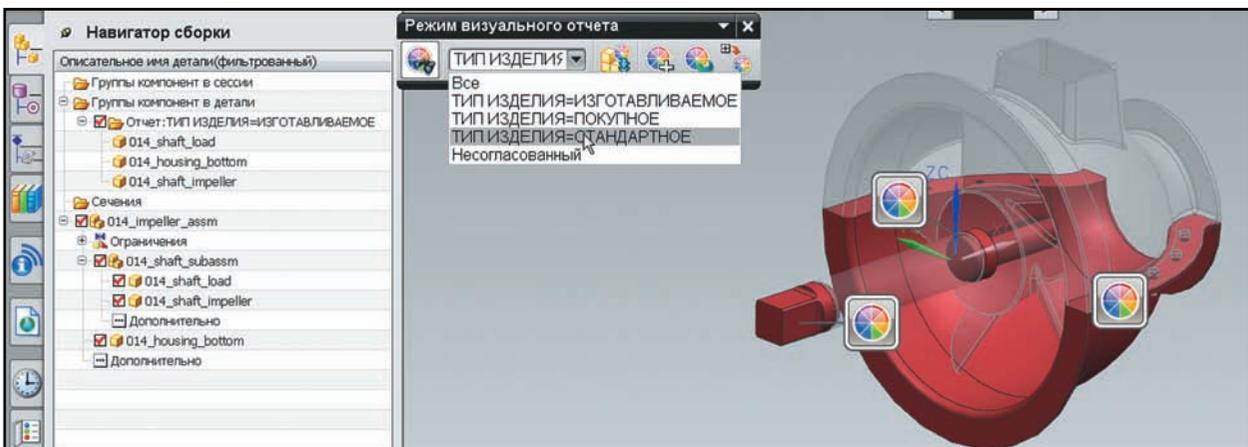


Рисунок 11.10. Режим изучения отчетов

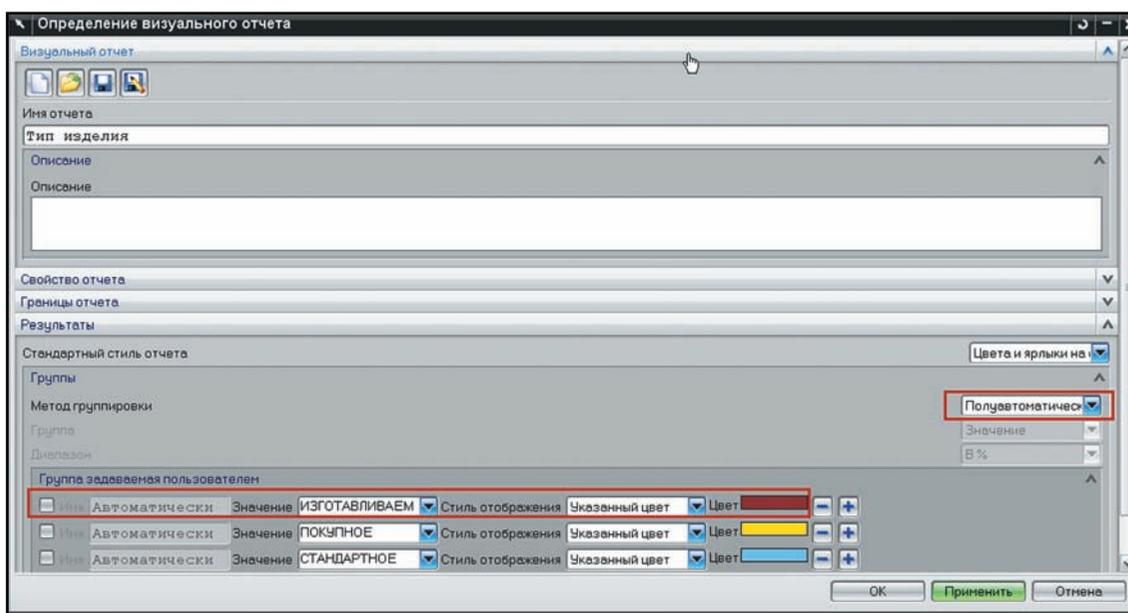


Рисунок 11.11. Полуавтоматическое формирование групп

Отредактируем наш отчет, поменяв метод группировки компонентом с автоматического на получавтоматический.

- Выключите режим изучения отчета, нажав на кнопку **Изучить отчет**.
- Переключитесь обратно на панель управления визуальными отчетами и нажмите на кнопку **Изменить (Edit)** для редактирования отчета.
- В разделе **Результаты** поменяйте метод группировки на полуавтоматический. Далее необходимо задать стиль отображения каждой группы. Так как отчет уже был применен к текущей сборке, то в разделе **Группа, задаваемая пользователем (User Defined Group)** уже будут добавлены три строки, соответствующие доступным группам. Если бы отчет не был применен, то эти группы надо было бы создать вручную с помощью кнопки **Добавить группу (Add Group)** (рис. 11.11).

Каждая группа представлена строчкой, состоящей из полей:

Имя (Name) – имя группы, задаваемое вручную или автоматически, в зависимости от включения опции в начале строки.

Значение (Value) – значение атрибута, по которому производится назначение компонента данной группе. Данное поле видоизменяется в зависимости от того, что было выбрано в качестве критерия отчета. Так, например, если бы вместо атрибута детали был выбран вес компонента, то это поле могло бы принимать как значение величины веса, так и диапазон величин. Если бы критерием было состояние позиционирования компонента в сборке, как в примере отчета, рассмотренного ранее, то это поле представляло бы список возможных состояний позиционирования.

Стиль отображения (Display Style) – определяет режим отображения, а именно цвет или

полупрозрачность. Цвет может задаваться или использоваться исходный цвет компонента, то есть компонент не будет менять свое отображение.

- Поменяйте стиль отображения для групп и, сохранив отчет, примените его к загруженной сборке.

Создадим ещё один отчет и на этот раз задействуем опцию заданий области действия отчета. До сих пор отчет применялся ко всем компонентам сборки, что не всегда удобно. Иногда требуется сделать отчет только по определенной категории компонентов, не обрабатывая весь состав сборки. Создадим отчет, который будет показывать состояние позиционирования стандартных изделий.

- Нажмите кнопку **Определить новый отчет** и присвойте ему имя.
- Так как позиционирование является свойством компонента сборки, то в разделе **Свойство отчета (Component Property)** выберите в первом выпадающем списке значение **Свойство компонента (Component Property)**, а во втором выпадающем списке выберите значение **Положение (Position)** (рис. 11.12).
- Если оставить отчет в таком виде, то он будет применен ко всем компонентам сборки. Чтобы задать область действия, раскройте раздел диалога **Границы отчета (Report Scope)**.

Здесь необходимо сформировать одно или несколько правил, по которому будет определяться, входит ли конкретный компонент в область отчета или нет. Правила формируются в виде логических условий, которые необходимо задавать, выбирая и вписывая значения выпадающих списков каждой строчки.

- В первом выпадающем списке необходимо выбрать атрибут, который будет использован для создания логического условия. Так как в данной сборке тип детали определяется атрибутом на уровне модели, то выберите значение **Атрибут детали (Part Attribute)**.
- Во втором списке необходимо вписать имя атрибута, который содержит необходимую информацию о типе, и в третьем списке следует указать тип этого атрибута.

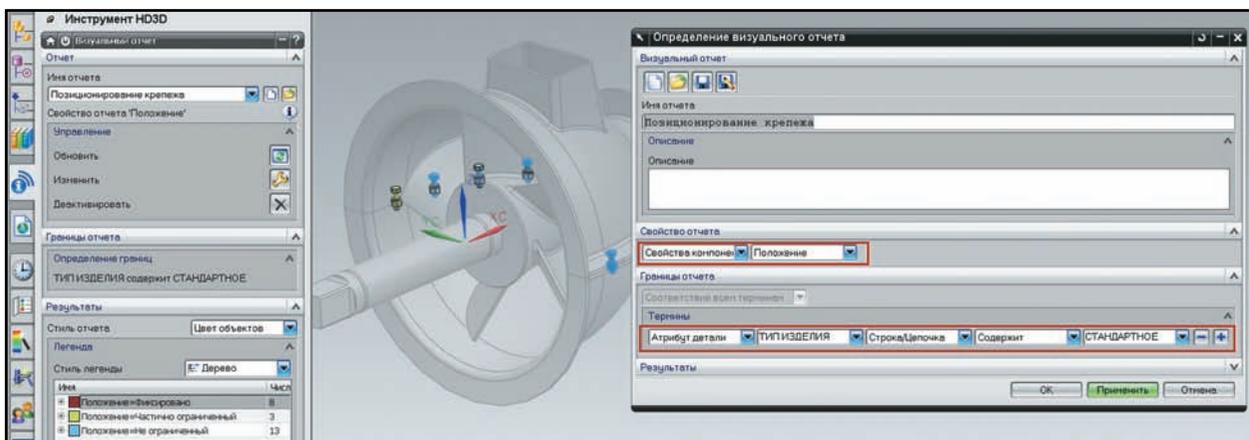


Рисунок 11.12. Отчет по позиционированию группы компонент

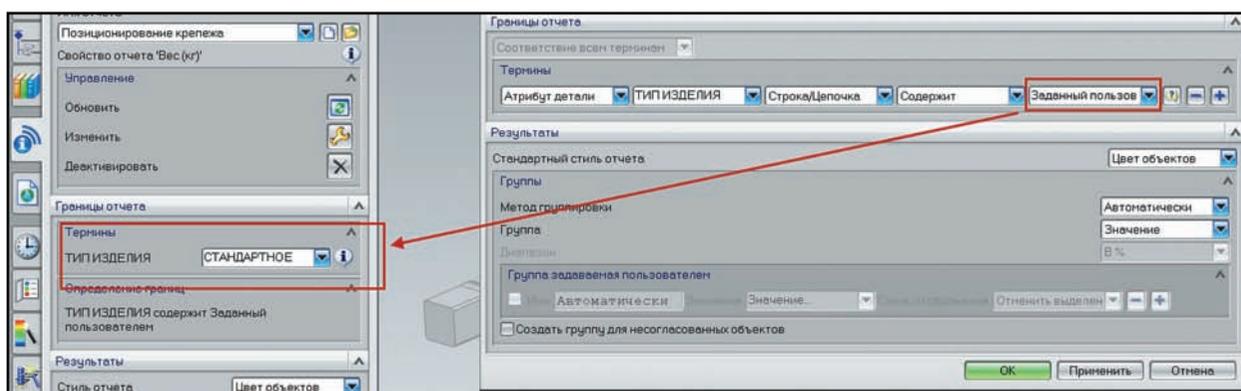


Рисунок 11.13. Задание значения пользователем

- В четвертом списке выберите логическое условие, для нашего примера подойдет значение **Содержит (Contains)**.
- В последнем списке необходимо вписать значение «СТАНДАРТНОЕ».

Так мы явно зададим значение атрибута. При необходимости можно оставить задание значения на усмотрение пользователя отчета. Для этого надо в этом выпадающем списке выбрать значение **Заданный пользователем (User Specified)** вместо ввода конкретного значения. Тогда во время работы отчета пользователю предложено будет вписать это значение (рис. 11.13). Такой отчет будет более гибким с точки зрения возможностей – его можно будет применять к любым типам деталей, но существует риск того, что пользователь введет неправильное значение – и тогда желаемая логика не будет реализована.

Следует отметить, что содержимое каждого списка не является постоянным для любых атрибутов. То есть если в качестве определяющего критерия в первом списке будет выбран не атрибут детали, а, например, какое-либо свойство компонента, то остальные списки будут наполнены значениями, применимыми к данному свойству.

При выполнении отчета созданное логическое правило будет запрашивать у компонента сборки атрибут с именем «ТИП ИЗДЕЛИЯ», и если в значении этого атрибута (и если этот атрибут присутствует в детали) встречается строка «СТАНДАРТНОЕ», то компонент будет передаваться на обработку по критерию отчета. Иначе он будет игнорироваться.

- В разделе **результате** оставьте опцию **Метод группировки** со значением **Автоматически**. Сохраните отчет и примените его. Просмотрите полученный результат.

С помощью комбинаций различных логических условий можно задавать достаточно комплексные схемы выборки объектов. Возможности визуальных отчетов многократно увеличиваются, когда разработка изделия ведется под управлением PDM системы. В этом случае, помимо стандартных атрибутивных данных, для формирования отчетов можно использовать данные процессов управления данными, привязанные к компонентам состава изделия. Так, например, можно в качестве критерия визуального отчета использовать статус компонента и получить наглядный отчет по изделию, где будет видно, какие компоненты уже выпущены, какие в разработке и какие находятся в состоянии утверждения. Ещё один пример отчета на основе данных PDM системы – это отчет по последним изменениям за какой-то срок, который

может наглядно на трехмерном макете изделия отобразить, что изменилось за какой-то временной срок.

ПРОВЕРКА МОДЕЛЕЙ

Помимо отображения результатов отчета по компонентам состава сборки, механизм визуальных отчетов используется для отображения результатов проверки моделей средствами **Помощника проверки (Checkmate)**. Данный инструмент решает задачу проверки соответствия моделей заданному набору критериев. В комплекте системы NX7.5 идёт пакет из более 800 типовых критериев проверки, которые можно использовать для проверки моделей. Рассмотрим работу инструмента проверки в сочетании с визуальными отчетами на примере:

- Запустите NX75 и откройте сборку impeller.prt из папки ch 11/hd3d.

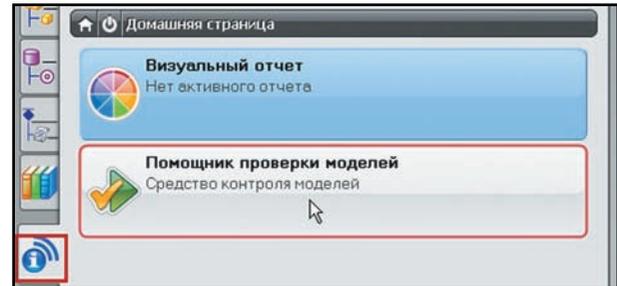


Рисунок 11.14. Запуск средства проверки

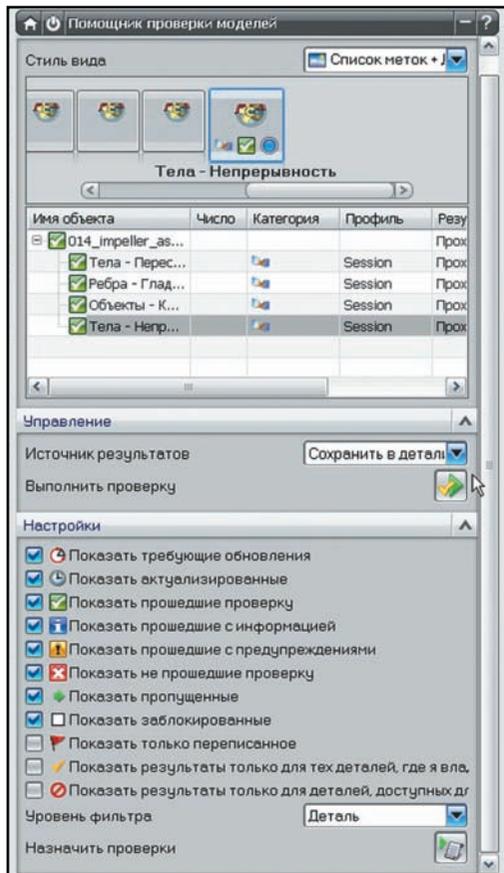


Рисунок 11.15. Панель управления средством проверки

- Если активен какой-либо визуальный отчет, то деактивируйте его и выключите панель управления визуальными отчетами.
- На панели ресурсов выберите вкладку **Инструмент HD3D** и нажмите двойным щелчком мыши кнопку **Помощник проверки моделей (Check-mate)**.

Откроется панель управления помощника проверки, состоящая из трех разделов:

Результаты (Results) – отображает результаты последней проверки и обеспечивает навигацию по компонентам сборки для просмотра результатов.

Управление (Controls) – содержит кнопки управления процессом проверки.

Настройки (Settings) – отвечает за задание набора проверок, а также за фильтрацию визуального отображения результатов в графической области.

Для того чтобы запустить процесс проверки, необходимо определить, какого рода проверки должны быть проведены.

- В разделе **Настройки** нажмите кнопку **Назначить проверки (Set Up Tests)**. Откроется диалоговое окно задания исходных данных для проверки.

На первой вкладке **Детали (Parts)** задаётся список

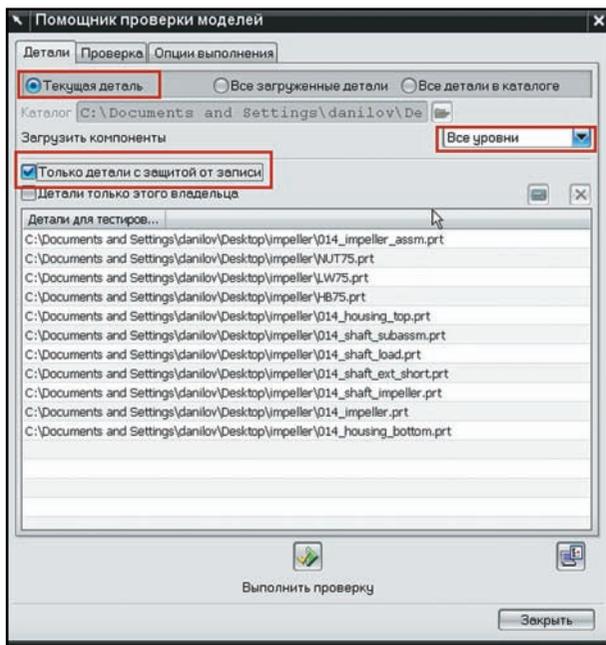


Рисунок 11.16. Выбор объектов проверки

объектов, подлежащих проверке (рис. 11.16). Это может быть **Текущая деталь (Current Part)**, **Все загруженные детали (All Loaded Parts)** и **Все детали в папке (All Parts in Directory)**. В последнем случае необходимо указать папку, где лежат модели, подлежащие проверке. Опция **Загрузить компоненты (Load Components)** определяет, будут ли подгружаться компоненты, если проверяемая деталь является сборкой, и если да, то сколько уровней должно быть загружено. Оставшиеся две опции определяют, проверять ли только модели, для которых есть доступ на запись, и проверять ли только модели с правами владения текущего пользователя. Эти опции позволяют проверять большие сборки, в которых присутствуют модели разных пользователей, и отсеивать те, которые не могут быть перезаписаны, если будут найдены ошибки и их надо будет исправить.

- Выберите на первой вкладке опцию **Текущая деталь** и в выпадающем списке **Загрузить компоненты** выберите значение **Все уровни (All Levels)** или выберите опцию **Все загруженные компоненты**. В обоих случаях это будет одинаковый набор объектов, если в сессии NX не загружено других данных, кроме сборки примера, и если эта сборка является рабочей деталью. Затем переключитесь на вкладку **Проверка (Tests)**.

На вкладке **Проверка** (рис. 11.17) представлены все доступные на данный момент проверки (тесты), сгруппированные по категориям. В зависимости от целей в общем случае пользователь производит выбор необходимых проверок, добавляя их в список **Выбранные проверки (Chosen Tests)**, формируя тем самым набор, которым будет проверяться каждая модель, заданная на вкладке **Детали**.

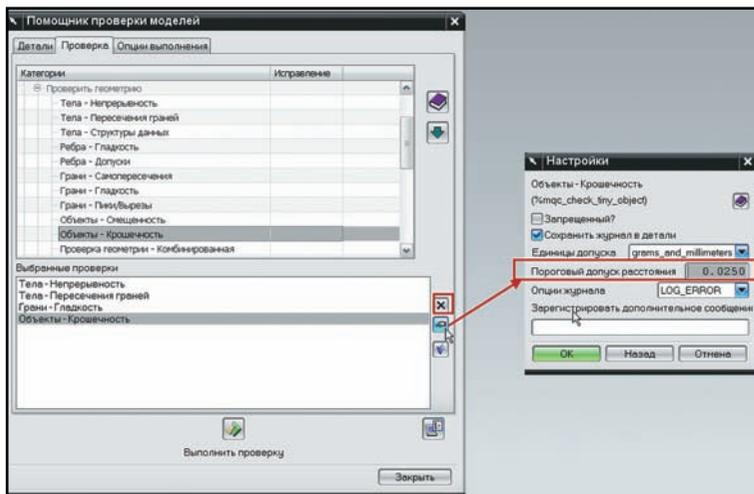


Рисунок 11.17. Задание набора проверок

необходимых проверок, добавляя их в список **Выбранные проверки (Chosen Tests)**, формируя тем самым набор, которым будет проверяться каждая модель, заданная на вкладке **Детали**.

- Разверните категорию **Моделирование (Modeling)** и добавьте несколько проверок из раздела **Проверить геометрию (Examine Geometry)**, выделяя их в верхнем списке и нажимая кнопку со стрелкой. При желании ознакомиться с описани-

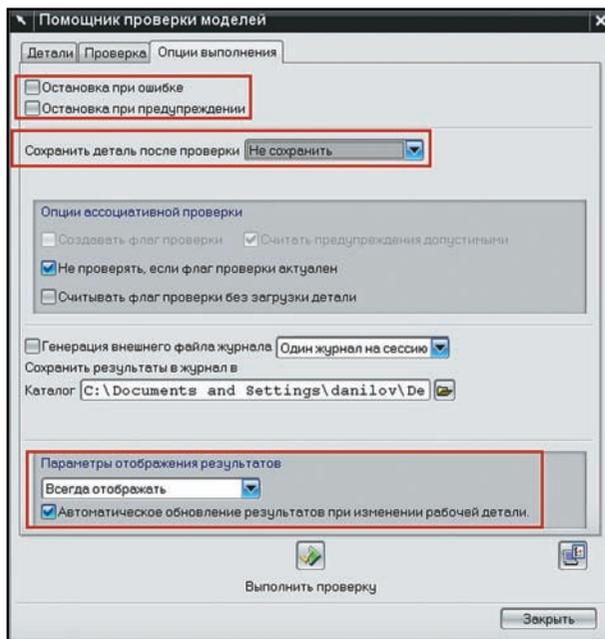


Рисунок 11.18. Задание настроек проверки

ем проверки необходимо нажать на кнопку с изображением книги. Выберите следующие проверки: **Тела – Непрерывность (Bodies Consistency)**, **Тела – Пересечение граней (Bodies – Face-Face Intersection)**, **Объекты – Крошечность (Objects - Tiny)**, **Ребра – Гладкость (Edges - Smoothness)**.

- Если была добавлена неправильная проверка, то воспользуйтесь кнопкой **Удалить из списка (Remove from List)** справа от нижнего списка.
- Некоторые проверки предполагают задание параметров. Выберите проверку **Объекты – Крошечность** в нижнем списке и нажмите кнопку **Настройки (Customize)**. Эта проверка проверяет модель на предмет наличия крошечных тел и поверхностей, образовавшихся в результате неточных операций построения модели. В открыв-

шемся диалоговом окне вы можете задать минимальный размер объекта, меньше которого этот объект будет считаться крошечным. Для этого поменяйте значение по умолчанию в поле **Пороговый допуск расстояния (Distance Threshold Tolerance)**. Затем закройте этот диалог и переключитесь на вкладку **Опции выполнения**.

Рассмотрим опции на этой вкладке (рис. 11.18):

Остановка при ошибке (Stop on Error) – останавливает процесс проверки, если была обнаружена ошибка. Если опция выключена, то проверка будет выполняться до конца с выводом итогового отчета. В противном случае при первой найденной ошибке проверка будет прекращаться.

Остановка при предупреждении (Stop on Warning) – аналогично предыдущему, но в этом случае остановка будет происходить при нахождении нарушения категории «Предупреждение».

Сохранить деталь после проверки (Save Part After Checking) – определяет, будет ли модель перезаписана после проверки. Позволяет запрещать или разрешать запись, а также перезаписывать модель, в случае если проверка была пройдена.

Создавать флаг проверки (Generate Check Flag) – определяет, будет ли создавать флаг проверки или нет. Флаг проверки представляет собой запись в файле модели о проведенной проверке и её результате. Смысл такого флага – в том, что если модель была проверена некоторое время назад и с тех пор не менялась, то нет необходимости заново её проверять. Это позволяет существенно сэкономить время, затрачиваемое на проверку большого количества моделей. Эта опция доступна, только если разрешена перезапись проверяемого объекта предыдущей опцией.

Не проверять, если флаг проверки актуален (Skip checking if Check Flag is up-date)

– определяет, будет ли проверяться модель, в которой был обнаружен флаг о пройденной проверке и с тех пор модель не изменилась.

Считать предупреждения допустимыми (Treat Warning as Pass) – если эта опция активна, то при записи флага проверки в модель все результаты категории «Предупреждение» будут рассматриваться как успешные.

Считывать флаг проверки без загрузки детали (Read Flag without part loading) – проверяет флаг проверки у модели, не загружая её в память. Это касается тех моделей, которые являются компонентами проверяемых моделей и которые не загружены в сессии.

Генерация внешнего файла журнала (Generate an External Log file) – определяет, создается ли файл отчета, и выпадающий список определяет, создается ли он для каждой проверяемой модели или один файл для всей сессии.

Параметры отображения результатов (Display Results Options) – определяет, отображаются ли результаты проверки в виде визуального отчета, и дополнительно можно указать, что результаты должны отображаться, только если результат проверки негативен.

Автоматическое обновление результатов при изменении рабочей детали (Automatically Update Results when Work Part is Changed) – включает автоматическое обновление результатов проверки при изменении рабочей модели.

- На рассмотренной вкладке отключите опции остановки по ошибке и предупреждению, откажитесь от сохранения моделей после проверки, включите опцию автоматического обновления результатов и убедитесь, что опция отображения параметров установлена в значение **Всегда отображать (Always Display)**. Затем закройте диалог настройки проверок, нажав кнопку **Закреть (Close)**.
- На панели управления помощника проверки, в разделе **Управление** нажмите кнопку **Выполнить проверку (Execute Check-Mate Tests)**.

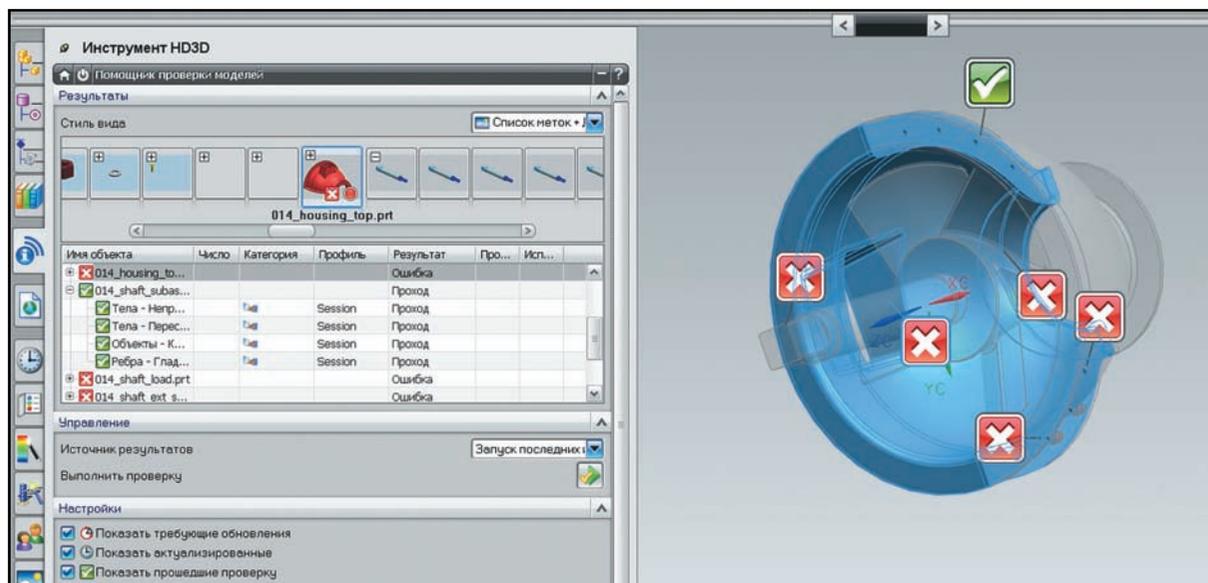


Рисунок 11.19. Результаты проверки

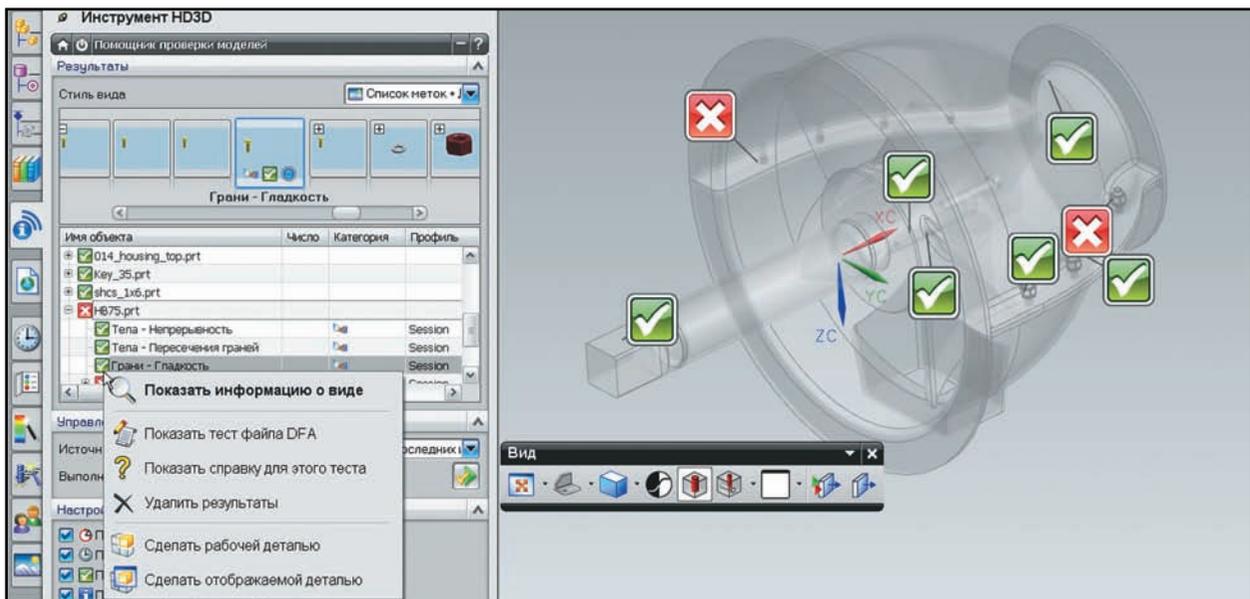


Рисунок 11.20. Просмотр результатов в режиме полупрозрачности

После окончания проверки будет наполнен список в разделе **Результаты**, а на изображении моделей в графической области появятся графические тэги с изображением результатов. Результаты в списке по умолчанию группируются по моделям (рис. 11.19).

- Переключите режим группировки с помощью выпадающего списка **Уровень фильтра (Filter Level)** в разделе **Настройки**. Вы можете выбрать значение **Проверка (Test)** для группировки по назначенным проверкам или **Объект (Object)** для группировки по геометрическим объектам.
- Для фильтрации отображаемых результатов по типу воспользуйтесь соответствующими опциями в разделе **Настройки**.
- На инструментальной панели **Вид (View)** активируйте режим полупрозрачности для более четкого представления графических данных. В этом режиме, выбирая модели в списке **Результаты**, исследуйте полученные результаты (рис. 11.20).
- Воспользуйтесь контекстным меню по правой кнопке мыши на имени модели для манипуляций с моделью. Команда **Удалить результаты** в этом меню позволяет очистить информацию о проверке для данной детали.
- В графической области наведите курсор мыши на какой-нибудь тэг до появления всплывающей подсказки с информацией. На рисунке 11.21 показана дополнительная информация на графических тэгах.

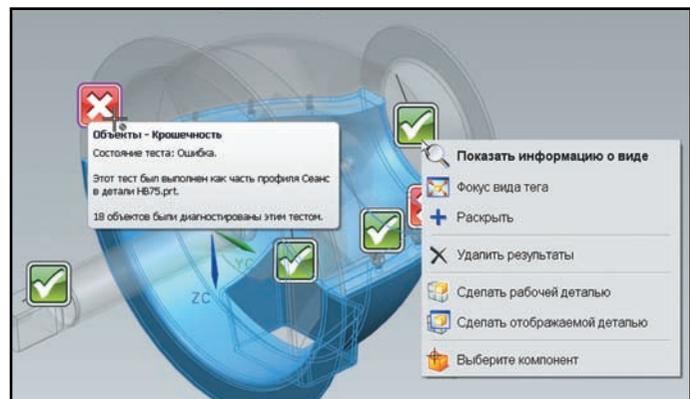


Рисунок 11.21. Дополнительная информация на графических тэгах

мацией о результатах теста. Двойным щелчком по графическому тэгу откройте окно с расширенной информацией, а нажатие правой кнопки мыши на тэги вызовет контекстное меню управления моделью (рис. 11.21).

Механизм проверки с использованием визуальных отчетов может применяться не только к моделям деталей и сборок, но также к чертежам и объектам аннотаций моделей в 3D (PMI). Набор доступных проверок, поставляемых с системой NX, постоянно расширяется, и специфичный их текущий набор закрывает большую часть задач «электронного нормоконтроля». При отсутствии подходящих проверок для какой-либо задачи их можно разработать, используя встроенный язык Knowledge Fusion.

ИЗОБРАЖЕНИЯ И АНИМАЦИЯ

Иногда для задач презентации проекта возникает необходимость создания высококачественных изображений и анимации. Система NX предлагает ряд средств для создания сцен визуализации и рендеринга, как статического, так и динамического. Рассмотрим создание статического изображения и анимации на примере сборки:

- Откройте файл `gearbox.prt` из папки `ch11/visual`.
- Включите инструментальные панели управления визуализацией. Для этого нажмите правую кнопку мыши на любой инструментальной панели, в выпадающем меню выберите пункты **Визуализация формы (Visualize Shape)** и **Визуализация (Visualization)**.

Создадим статическое изображение загруженной сборки. Для этого можно использовать настройки по умолчанию, но в данном примере проведем некоторые предварительные настройки. Чтобы изображение было более натуральным, необходимо как минимум задать свойства материалов объектам сборки и освещение. По умолчанию никаких материалов объектам не присвоено, поэтому при создании изображения будет учитываться только их текущий цвет. Назначим материалы на основные крупные компоненты.

- Включите режим визуализации **Студия (Studio)** – нажмите в пустом месте графической области среднюю кнопку мыши до появления радиального меню и затем выберите левую верхнюю кнопку.

Этот режим позволяет динамически отображать текстуру материала на моделях, а в других режимах отображения вид моделей с учётом материалов будет доступен только при генерации статического изображения.

В NX есть два набора материалов для задач рендеринга – **Библиотека материалов (Material Library)** и **Системные материалы (System Materials)**. Первый набор представляет собой библиотеку материалов в формате LWA от различных поставщиков. Второй набор содержит системные материалы, которые поставляются вместе с NX. При использовании материала из того или иного источника он сначала копируется в рабочую часть и затем применяется к выбранному объекту. Доступ к материалам, как библиотечным, так и сохраненным в детали, осуществляется через панель ресурсов.

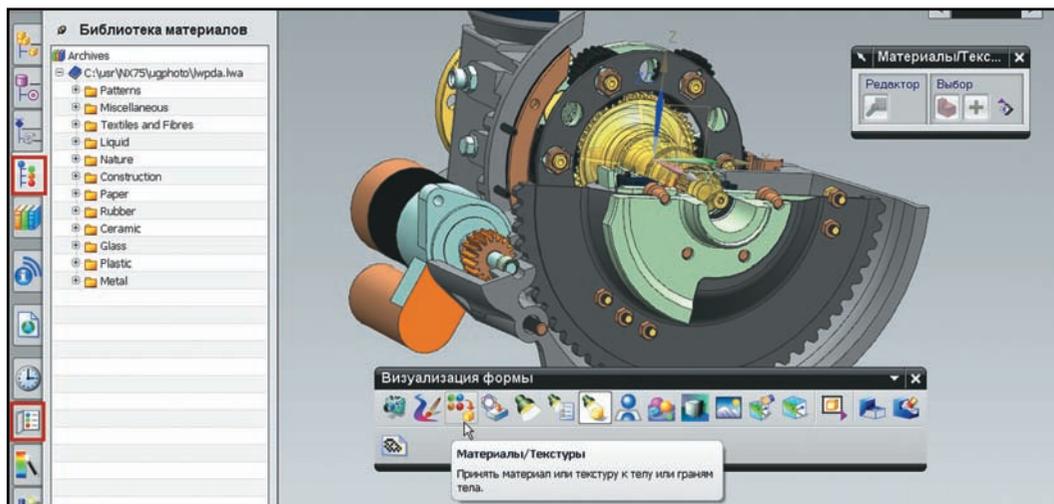


Рисунок 11.22. Включение режима работы с материалами

- Для активации библиотек материалов и назначения их на геометрические объекты на инструментальной панели **Визуализация формы** нажмите кнопку **Материалы/Текстуры (Materials/Textures)** или выберите пункт главного меню **Вид > Визуализация > Материалы текстуры (View > Visualization > Materials/Textures)**. Будет включен режим назначения материалов, и в панели ресурсов появится вкладка **Библиотеки материалов**.

Также в панели ресурсов появится вкладка **Материалы в детали (Materials in Part)**, которая пока не содержит никаких материалов. Вкладка **Системные материалы** отображается по умолчанию при создании или открытии модели в сессии, если она не доступна, то включите её отображение, воспользовавшись пунктом меню **Настройки > Палитры (Preferences > Pallets)**. Способ назначения материалов на объект отличается в зависимости от того, что используется как источник материалов.

- Сначала назначим материал из Библиотеки материалов. Для этого разверните какой-нибудь раздел библиотеки, например **Metal > Steel** и далее, установив в фильтре выбора значение **Твердое тело (Solid Body)**, выберите в графической области какой-нибудь компонент, а затем в раскрытом списке библиотеки выберите желаемый материал (рис. 11.23).

Материал будет скопирован в деталь и назначен на выбранный объект. Если активен режим отображения **Студия**, то изображение объекта будет изменено с учетом текстурных свойств материала. Пока это лишь предварительный просмотр, он не соответствует полностью тому, что получается при генерации статического изображения, когда производится детальный расчет отображения каждой точки геометрического объекта с учетом свойств материала и источников света.

- Теперь назначим материал из набора **Системные материалы**. Переключитесь в панели ресурсов на соответствующую вкладку и, выбрав на одной из категорий материал, представленный в виде изображения сферы с текстурой материала, выделите его курсором мыши и перетащите на объект назначения. Как только объект назначения будет подсвечен, можно отпустить кнопку мыши. Материал будет скопирован в деталь и назначен (рис. 11.24).

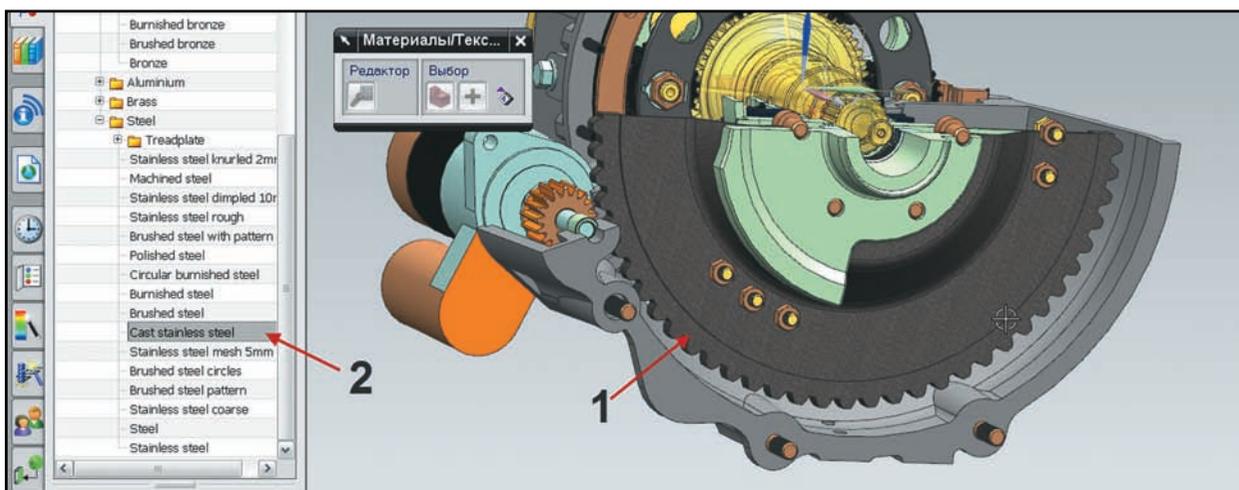


Рисунок 11.23. Назначение материала из Библиотеки материалов.

- Повторите назначение материалов на другие компоненты из любого набора материалов и затем переключитесь на вкладку **Материалы в детали**.

Здесь собраны все материалы, которые применялись к объектам и были скопированы в модель. В том числе и те, которые не используются в данный момент. Для определения, какими объектами пользуется тот или иной материал, выберите интересующий материал и нажмите кнопку **Показать использование (Show Usage)**. Если материал используется, то соответствующие компоненты будут подсвечены, иначе в строке-подсказке появится сообщение о том, что материал не используется. В таком случае можно его удалить из модели, нажав на нем правую кнопку мыши и выбрав пункт меню **Удалить (Delete)**.

Вы можете изменить свойства материала, скопированного в модель. Для этого выберите материал и нажмите кнопку **Запуск редактора материалов (Launch Material Editor)**. Редактор позволяет менять оптические свойства материала и параметры текстуры. Обратите

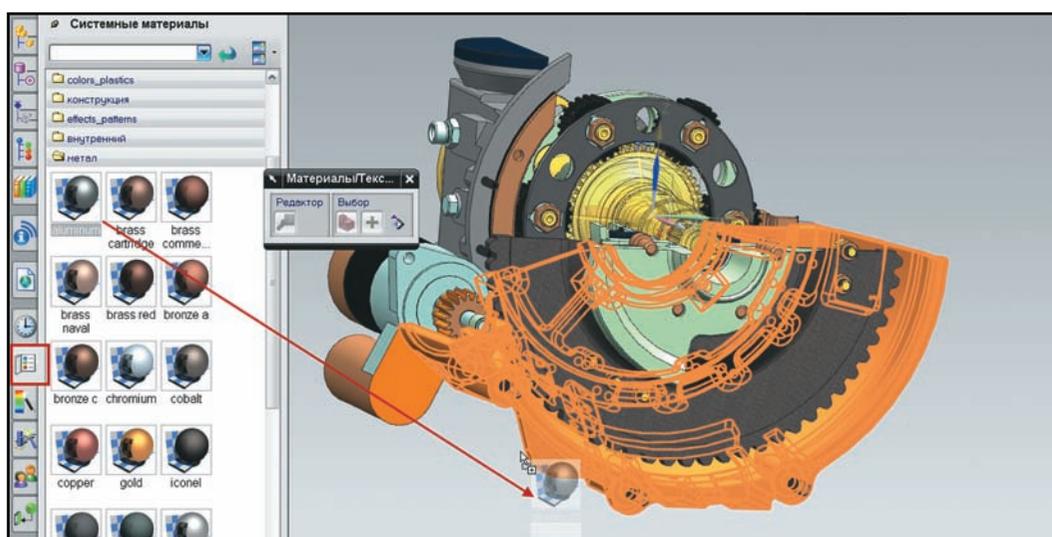


Рисунок 11.24. Назначение материалов из системной библиотеки.

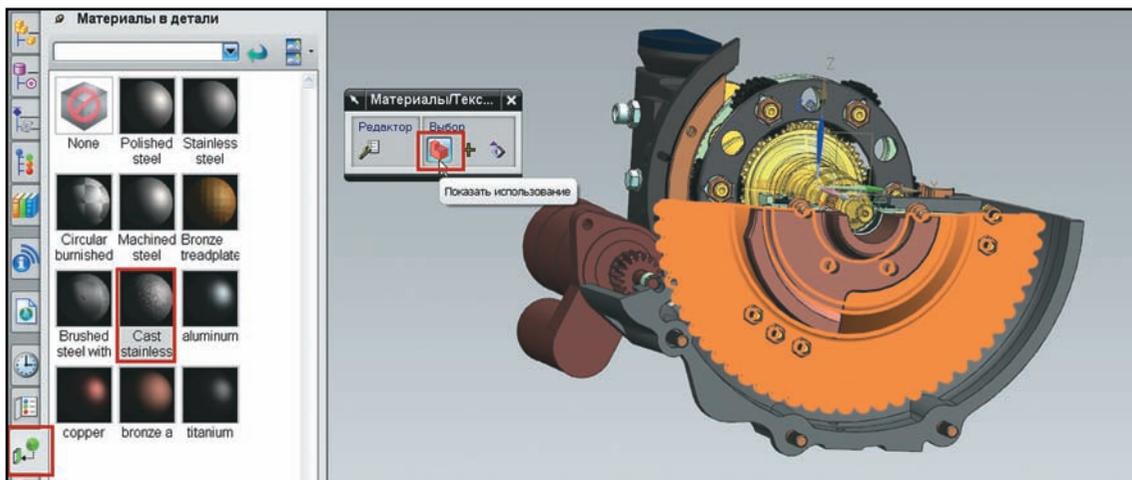


Рисунок 11.25. Определение применимости материала

внимание, что некоторые параметры в диалоге редактора сопровождаются значком фотоаппарата. Это означает, что изменение этого параметра не влияет на отображение объектов в режиме реального времени и будет учитываться только при генерации статического изображения (рис. 11.26).

- После выбора и назначения материалов включите диалог настройки основных источников света, нажав кнопку **Базовые источники света (Base Lights)** на инструментальной панели **Визуализация**. Перемещая ползунки управления яркостью, отрегулируйте освещенность модели (рис. 11.27).

Для дополнительных настроек освещенности воспользуйтесь диалогом **Дополнительные источники света (Advanced Lights)**, нажав одноименную кнопку на инструментальной панели **Визуализация формы** или воспользовавшись пунктом главного меню **Вид > Визуализация > Дополнительные источники света**. В диалоге представлены две группы источников света активных – **Вкл (On)** и неактивных – **Выкл (Off)**. Перемещая источники света из одной

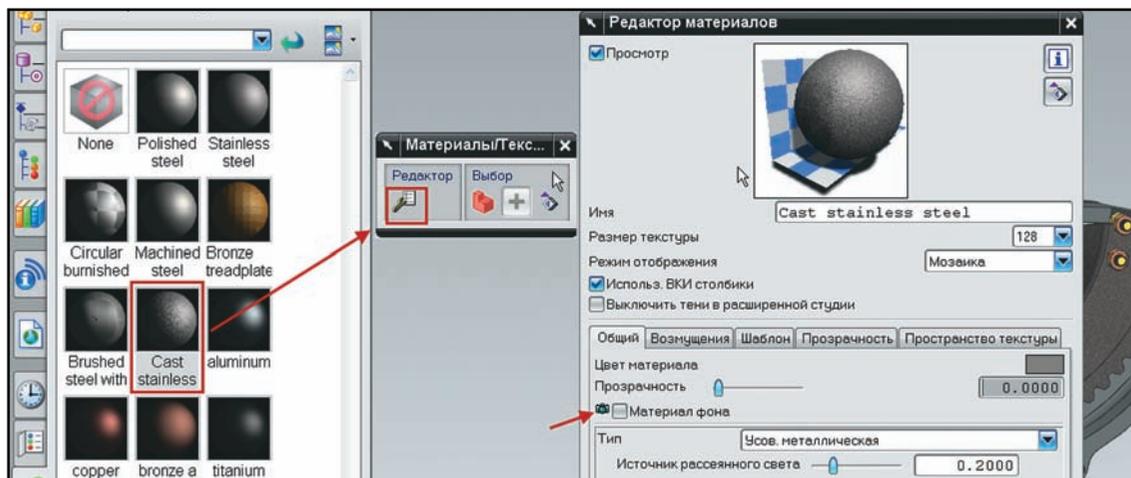


Рисунок 11.26. Изменение свойств материала



Рисунок 11.27. Настройка стандартных источников света

группы в другую с помощью кнопок-стрелок, вы можете создать свой набор источников света и настроить для каждого из них **Цвет (Color)** и **Интенсивность (Intensity)** в следующем разделе диалога (рис. 11.28).

- После задания источников света на инструментальной панели **Визуализация** нажмите кнопку **Высококачественное изображение (High Quality Image)**, чтобы вызвать диалог создания статического изображения. В выпадающем списке **Метод (Method)** выберите метод рендеринга. Описание каждого метода вы можете найти в документации к системе NX. В данном примере оставим значение по умолчанию и перейдем к настройке получаемого изображения (рис. 11.29).
- Нажмите кнопку **Настройки изображения (Image Preferences)** и в открывшемся диалоге задайте **Формат (Format)** изображения, в выпадающем списке **Отобразить (Display)** выберите цветовую схему, в поле **Размер изображения (Image Size)** выберите желаемый размер. Если будет выбран размер, задаваемый пользователем, то задайте **Качество печати (Plot Quality)** и размеры получаемого изображения.

Надо иметь в виду, что сочетание высокого качества и больших размеров может привести к достаточно длительной операции создания изображения и большому размеру полученного файла. Например, файл изображения размера А0 с высоким уровнем качества может достигать 400 Мб и более. Поэтому используйте минимально необходи-

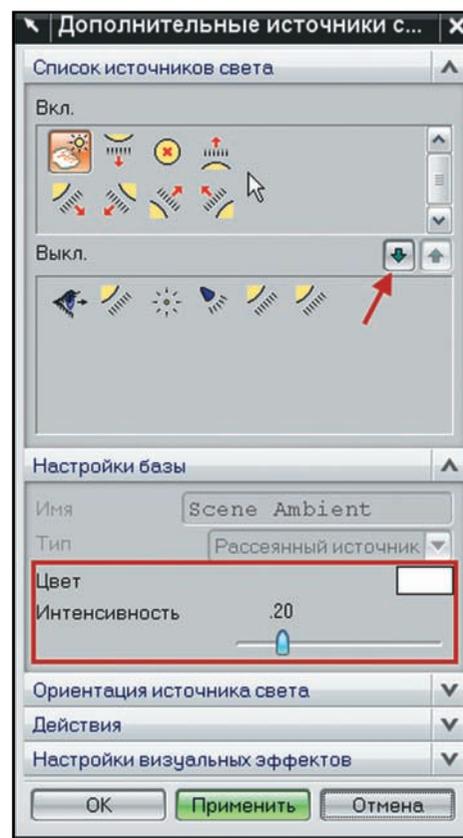


Рисунок 11.28. Настройка дополнительных источников света

мые сочетания качества и размера изображения.

- Закройте диалог настройки и нажмите кнопку **Начало заливки (Start Shade)**. Будет запущен процесс генерации изображения на основе заданных настроек материалов и освещенности. После окончания процесса генерации в диалоге активируются кнопки **Сохранить (Save)** и **Отрисовать (Plot)**, которые позволяют сохранить или напечатать полученное изображение (рис. 11.30).
- Сохраните полученное изображение в файл и закройте диалог.

Мы рассмотрели только основные настройки генерации статического изображения, которых должно быть достаточно для создания графических представлений изделий. Теперь давайте создадим анимацию, показывающую облет изделия по заданной траектории.

Для создания анимации необходимо наличие 3D модели изделия и кривых линий, представляющих собой траекторию передвижения камеры. В общем случае создание анимации состоит из следующих шагов:

- выбор объектов (кривых в данном случае), представляющих траекторию движения камеры;
 - указание точек, которые будут являться местами расположения ключевых кадров. Задание параметров для каждого ключевого кадра, в том числе вектора направления вида камеры;
 - задание параметров анимации;
 - рендеринг.
- Воспользуемся той же моделью сборки. Откройте диалог настройки слоев с помощью пункта главного меню **Формат > Настройки слоя (Format > Layers Settings)** и сделайте слой 22 видимым и выбираемым. На этом слое лежит траектория, по которой будет совершать облет камера, направленная на изделие.
 - С помощью команды **Вставить > База/Точка > Набор точек (Insert > Datum/Point > Point Set)** откройте диалог создания набора точек. Нам необходимо создать некоторое количество точек на траектории, к которым будут привязываться кадры анимации. Укажите

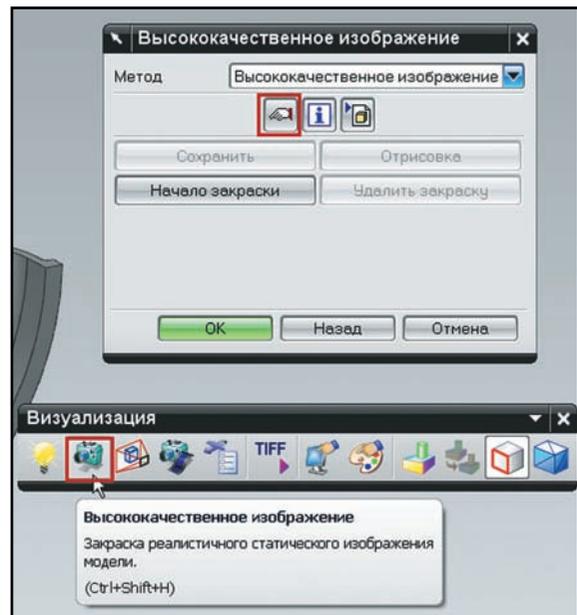


Рисунок 11.29. Панель генерации изображения

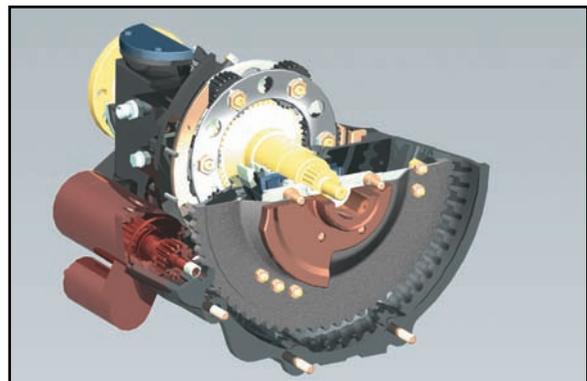


Рисунок 11.30. Результат рендеринга

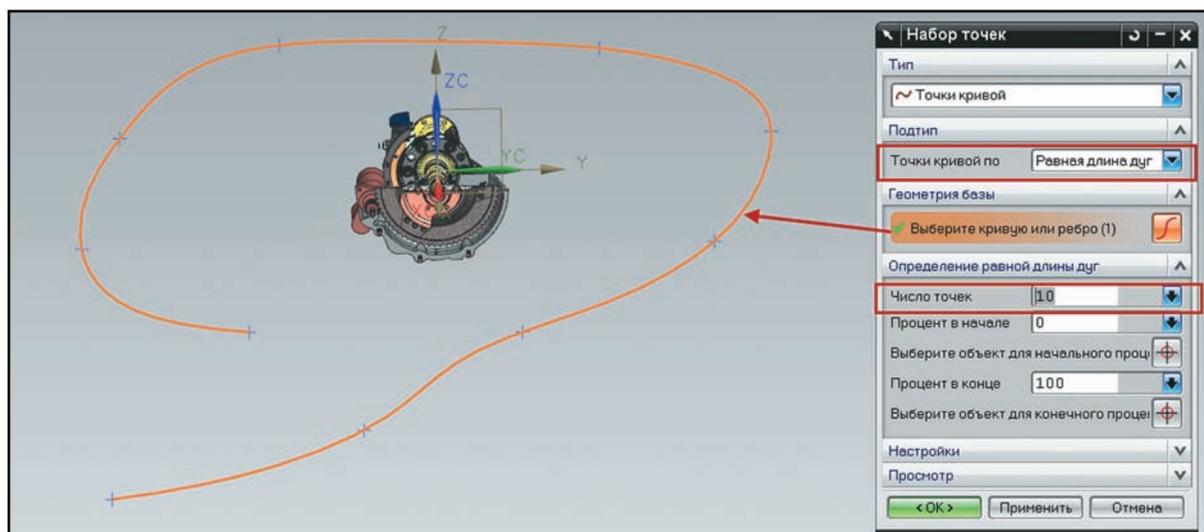


Рисунок 11.31. Задание точек для кадров

сплайн траектории в качестве **Геометри базы (Base Geometry)**, в выпадающем списке **Точки кривой по (Curve Points by)** выберите значение **Равная длина дуг (Equal Arc Length)** и укажите **Число точек (Number of Points)** равным 10 (рис. 11.31).

Количество точек определяет количество ключевых кадров, которыми можно будет управлять на этапе создания анимации, все остальные кадры будут генерироваться автоматически между этими ключевыми кадрами. Поэтому в общем случае количество и положение точек на траектории может существенно отличаться.

- На инструментальной панели **Визуализация** нажмите кнопку **Высококачественная анимация (Animate)**.

Откроется диалог задания анимации (рис. 11.32). Данный диалог позволяет задать последовательности движения камеры по траектории сгенерировать итоговый файл. Задать траектории можно двумя способами – с помощью кривых или с помощью аппроксимации точек положения камеры. Рассмотрим опции диалога:

Имя (Name) – определяет имя траектории с набором кадров. Траектория может задаваться двумя способами. Первый способ определяется значением **Задать кривые траектории (Define Trajectory Curves)** опции **Создание траектории (Create Trajectory)** и заключается в том, что траектория задается набором соединённых кривых, вдоль которых размечаются точки. На эти точки затем привязываются ключевые кадры, которые определяют параметры анимации. Второе значение опции – **Задать кадры (Define Key Frames)** – определяет второй способ задания траектории. При использовании этого способа траектория задается на основе аппроксимации точек расположения камеры, которые также будут являться ключевыми кадрами. То есть в первом случае для задания траектории необходимо иметь кривые и желательны нанесённые на них точки (их можно будет сделать и потом), и появляется возможность точно управлять положением камеры и вектором её взора. А при использовании второго способа исходной геометрии не требуется, и точки будут задаваться путем операций нави-

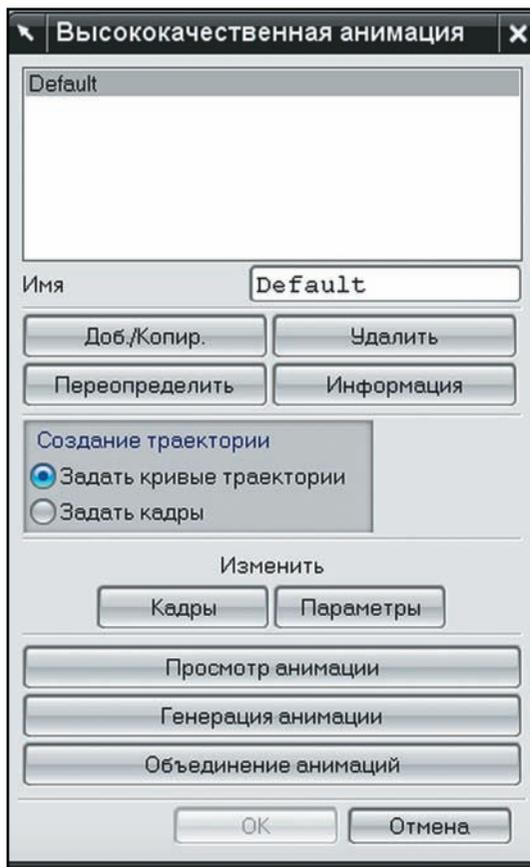


Рисунок 11.32 Диалог задания анимации.

гации в геометрической области и фиксации её позиции в качестве ключевых кадров. Очевидно, что второй способ более простой, но менее точный.

Назначение кнопок диалога:

Доб./Копир. (Add/Copy) – создают или копируют траекторию в текущий набор анимации.

Удалить (Delete) – удаляет выбранную траекторию из набора.

Переопределить (Redefine) – позволяет перезадать кривые, задающие траектории, или перезадать позиции камеры в зависимости от значения опции **Создание траектории**.

Информация (Information) – отображает информационное окно с описанием параметров ключевых кадров.

Кадры (Key Frames) – запускает редактор ключевых кадров для текущего режима задания траектории.

Параметры (Parameters) – задает параметры создаваемого файла анимации.

Просмотр анимации (Preview Animation) – запускает предварительный просмотр анимации в окне NX. Этот просмотр формируется на основе текущего представления геометрии, то есть без рендеринга и просчета отображения текстуры материала и освещённости.

Генерация анимации (Generate Animation) – запускает процесс генерации анимации на основе заданной траектории.

Объединение анимации (Merge Animations) – запускает инструмент объединения созданных анимационных роликов.

- В появившемся диалоге задания параметров анимации, в поле **Имя (Name)** введите имя для траектории движения камеры, которую вы собираетесь создать. Не нажимая **Enter**, нажмите кнопку **Доб./Копир.(Add/Copy)**.
- Появится диалог, которому необходимо указать кривые, определяющие траекторию движения. Если бы кривых было несколько, то необходимо было бы указать их последовательно. Но так как в нашем случае траектория представлена в виде одного сплайна, выберите его в графической области и нажмите кнопку **ОК** в диалоге (рис. 11.33).
- В диалоге задания анимации нажмите кнопку **Кадры (Key Frames)** для запуска диалога редактирования ключевых кадров.

Диалог редактирования состоит из следующих опций (рис. 11.34):

Имя (Name) – задаёт имя ключевого кадра. Не является обязательной; если имя не задано, то система автоматически его сгенерирует.

Шаги (Steps) – определяет, сколько кадров находится между предыдущим ключевым кадром и создаваемым. Этим параметром можно регулировать скорость движения камеры по траектории. Чем больше кадров между двумя точками на траектории, тем медленней будет движение.

Паузы (Pauses) – определяет, на сколько кадров камера задержится на текущей позиции, прежде чем продолжить движение.

Ориентация (Orientation) – задает направление взгляда камеры. Значение **Касательное (Tangential)** определяет, что в данном ключевом кадре направление взгляда будет по касательной к траектории в точке положения камеры. Значение **Взгляд на точку (Look At Point)** – определяет, что в данном ключевом кадре взгляд камеры будет направлен в заданную точку, которую надо будет указать.

Угол свертывания (Roll Angle) – задает поворота камеры вокруг касательной прямой в точке траектории, соответствующей данному ключевому кадру.

Тело для задания взгляда (Select Body Only Look At Point) – если эта опция активна, то при задании точки взгляда камеры можно выбирать только твердые тела.

Кнопки **Добавить (Add)** / **Удалить (Delete)** / **Изменить (Edit)** – соответственно добавляют, удаляют и редактируют ключевые кадры на траектории.

Отобразить точки (Redisplay Points) – показывает точки, к которым привязаны ключевые кадры.

Установить камеру (Set Up Camera) – задает начальное положение камеры для первого кадра.

Обратное направление вектора вверх (Reverse up_vector) – инвертирует направление вектора вертикали.

Алгоритм создания ключевого кадра выглядит так:

- задаются значения в полях **Имя**, **Шаги**, **Паузы** и **Угол свертывания** (все параметры опциональны);

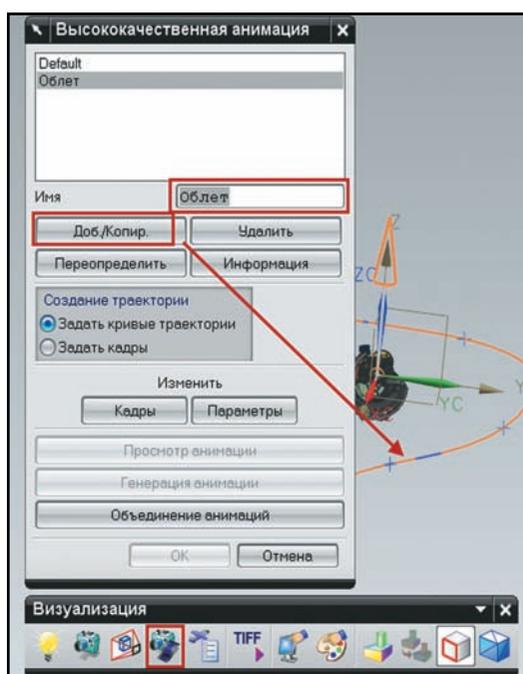


Рисунок 11.33. Добавление траектории движения камеры

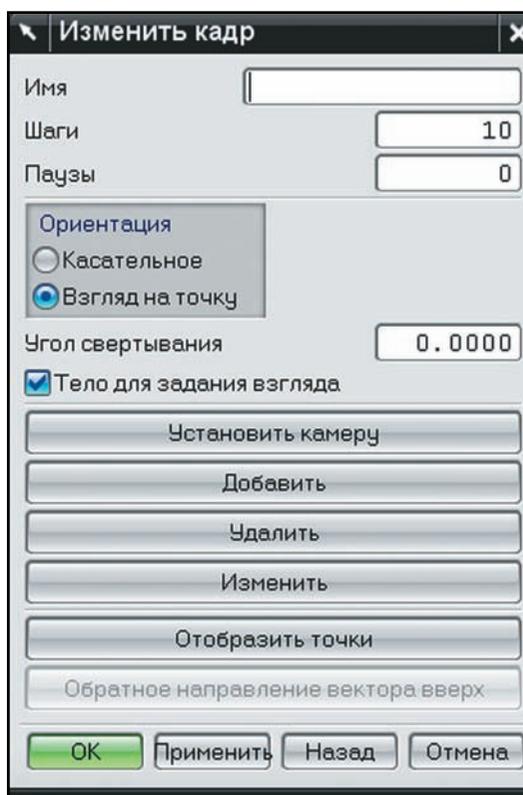


Рисунок 11.34. Определение кадра

- выбирается направление вектора взора камеры в данном кадре значением опции **Ориентация** в сочетании с опцией **Тело для задания взгляда**;
- далее следует нажать кнопку **Добавить**;
- указать точку в графической области, которая будет соответствовать данному кадру;
- если ориентация взора камеры была определена как **Взгляд на точку**, то сразу после указания точки на траектории необходимо указать точку, на которую должна смотреть камера или твердое тело, если включена соответствующая опция;
- нажать кнопку **Применить** для создания кадра.

Здесь необходимо строго придерживаться данного алгоритма, иначе параметры кадра будут заданы неверно. Особое внимание надо обратить на задание точки и последующего указания точки, на которую должна смотреть камера. Если не включена опция использования твердых тел для задания направления взора камеры, то необходимо указывать точку непосредственно на видимой части какого-либо объекта (при этом никакого режима геометрических привязок нет), а не в пустом пространстве.

- В диалоге задания кадров выберите значение опции **Ориентация** равным **Взгляд на точку**, включите опцию **Тело для задания взгляда** и, нажав кнопку **Добавить**, укажите вторую точку (первая точка автоматом была связана с нулевым кадром). Обратите внимание, что при выборе точки не подсвечиваются, поэтому надо просто навести перекрестье курсора на точку и щелкнуть левой кнопкой мыши. Затем сразу же укажите курсором мыши на тело, которое должно быть в фокусе камеры, и ещё раз щёлкните левой кнопкой мыши. Текущий фокус камеры будет временно изменен, чтобы отобразить, как будет выглядеть выбранный объект в анимации (рис. 11.35).
- После этого нажмите кнопку **Применить** в диалоговом окне. Фокус камеры вернется в исходное состояние, будет создан кадр параметрами, заданными в диалоговом окне, и привязан ко второй точке.
- Соблюдая аналогичную последовательность действий, добавьте ключевые кадры к остав-

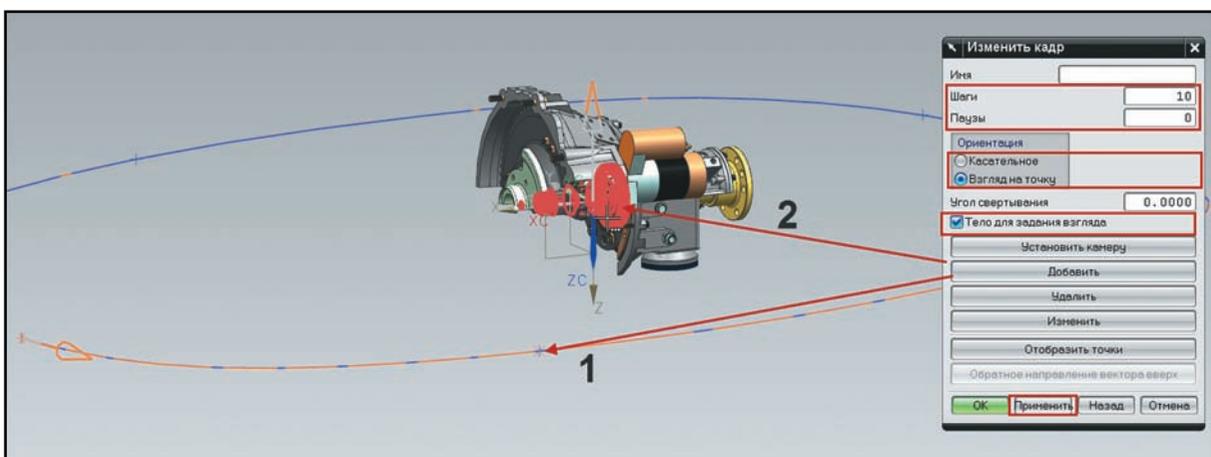


Рисунок 11.35. Задание параметров ключевого кадра

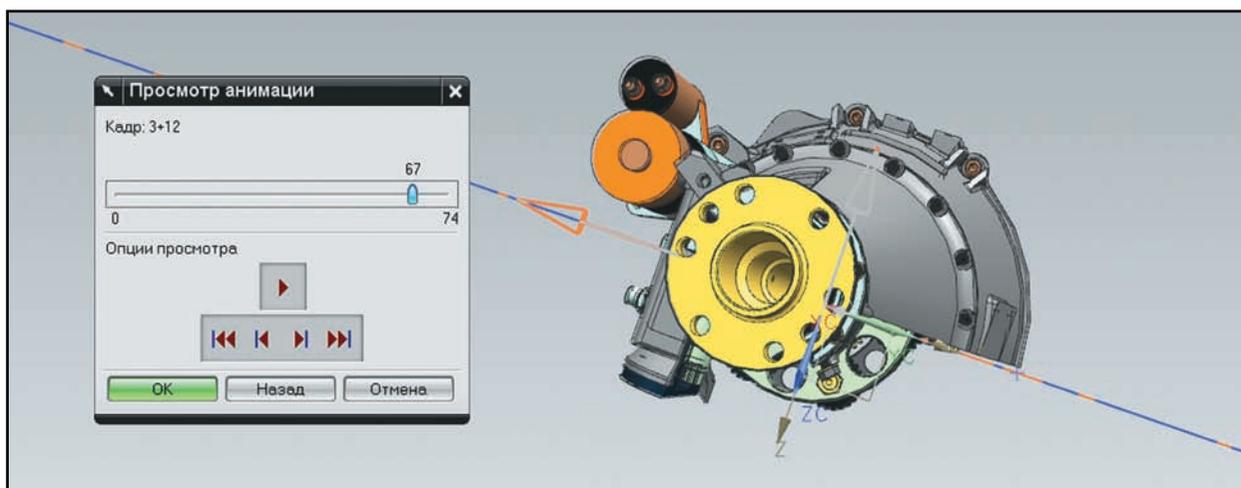


Рисунок 11.36. Предварительный просмотр анимации

шимся точкам. Попробуйте для некоторых точек варьировать параметры **Шаги**, **Паузы** и **Угол свертывания**.

При необходимости модифицировать созданный кадр необходимо нажать на кнопку **Изменить** в диалоге и указать точку, кадр которой подлежит редактированию. Когда фокус камеры переместится в позицию кадра, то можно перезадать точку или тело взгляда и изменить параметры кадра в диалоге, после чего необходимо нажать кнопку **Применить**.

Также рекомендуется после задания всех точек воспользоваться кнопкой **Отобразить точки**, для того чтобы убедиться, что все точки были задействованы.

- После того как все ключевые кадры будут привязаны к точкам траектории, нажмите **OK** в диалоге редактирования кадров и вернитесь в диалог задания анимации.
- Нажмите кнопку **Просмотр анимации (Preview Animation)** для предварительного просмотра получаемой анимации. Если какие-то части анимации не соответствуют ожиданиям, то необходимо вернуться в диалог редактирования ключевых кадров и отредактировать их (рис. 11.36).
- После окончательного редактирования ключевых кадров на диалоге задания анимации нажмите кнопку **Параметры (Parameters)**. Откроется диалог задания параметров выходного файла.

Этот диалог содержит следующие опции (рис. 11.37):

Имя файла анимации (Animation File Name) – нажмите кнопку, чтобы задать имя и расположение получаемого файла;

Тип (Type) – формат файла анимации. По умолчанию стоит Mpeg-1, и если необходимо получить анимацию более высокого качества, то следует выбрать значение Mpeg-2;

Размер (Size) – метод задания размера кадров;

Разр. Гориз. (Hres) – разрешение кадра по горизонтали (эта и следующая опция доступна, только если размер задается пользователем);

Vres – разрешение кадра по вертикали;

Коэффициент сжатия (Aspect Ratio) – соотношение сторон;

Частота кадров (Frame rate) – задает количество кадров в секунду;

Качество изображения (Image Quality) – определяет количество точек на дюйм;

Обновить выражения (Update Expressions) – эта опция позволяет передавать значение текущего кадра в выражения модели во время генерации анимации. Это дает возможность в зависимости от номера кадра изменять какие-то параметры моделей. Чтобы эта опция работала, необходимо в выражениях заранее создать переменную с именем Frame Number, куда и будет передаваться текущий номер кадра при генерации анимации;

Использовать аппаратный рендеринг (Use Hardware Rendering) – определяет, будет ли использоваться графический процессор видеокарты при генерации анимации или только программный механизм NX. При наличии мощной видеокарты и необходимости создавать анимационные ролики высокого качества имеет смысл эту опцию активировать.

- **Задать** в диалоге определения параметров имя и расположение файла анимации, остальные опции оставьте по умолчанию и, нажав кнопку **Применить**, выйдите из диалога.
- В диалоге задания анимации нажмите кнопку **Генерация анимации (Generate Animation)**, чтобы запустить процесс расчета анимации. По окончании расчета откройте и просмотрите полученный файл анимации.

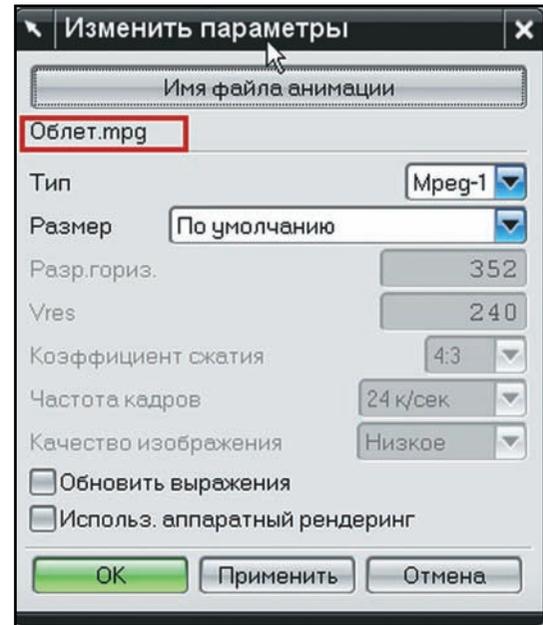


Рисунок 11.37. Параметры анимации

Книги издательства «ДМК Пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «АЛЪЯНС-КНИГА» наложенным платежом, выслав открытку или письмо по почтовому адресу: **123242, Москва, а/я 20** или по электронному адресу: **orders@alians-kniga.ru**.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя. Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в Интернет-магазине: **www.alians-kniga.ru**.

Оптовые закупки: тел. **(495) 258-91-94, 258-91-95**; электронный адрес **books@alians-kniga.ru**.

Данилов Юрий Викторович,
Артамонов Игорь Анатольевич

Практическое использование NX

Главный редактор *Мовчан Д. А.*
dm@dmk-press.ru
Корректор *Синяева Г. И.*
Верстка *Данилов Ю. В., Чаннова А. А.*
Дизайн обложки *Мовчан А. Г.*

Подписано в печать 14.03.2011. Формат 70×100 1/16 .
Гарнитура «FuturaBook». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 35,7. Тираж 2000 экз.
№

Web-сайт издательства: www.dmk-press.ru