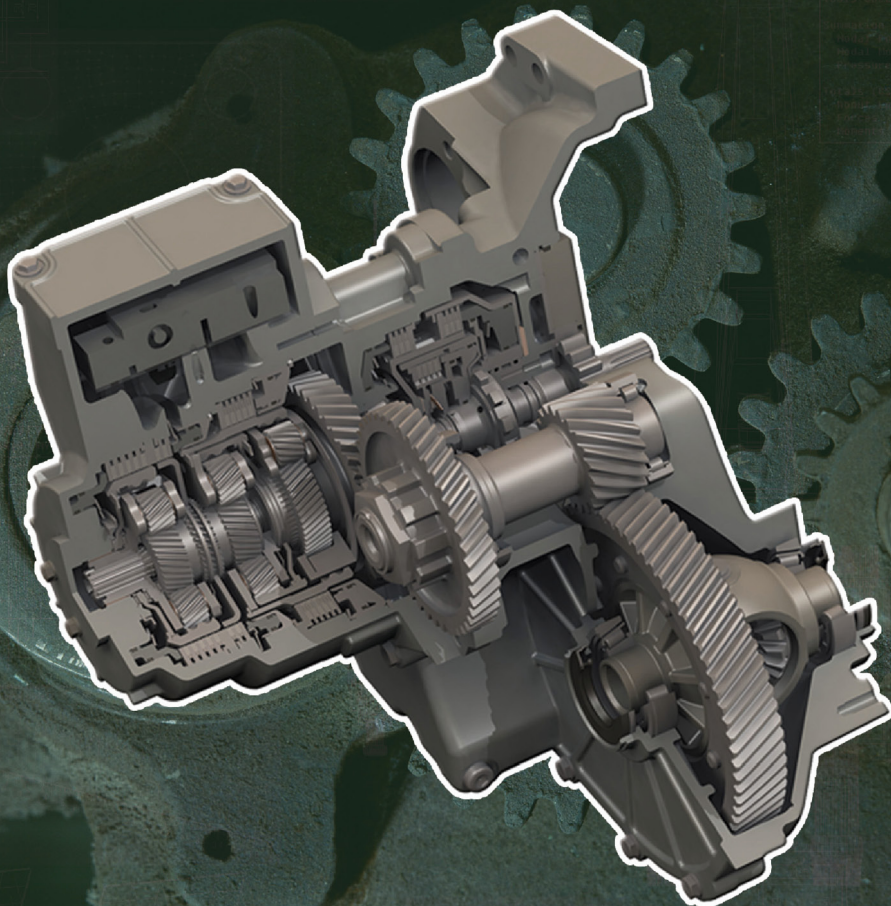


ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Басов К. А.

САТИА V5

Геометрическое моделирование



Для Windows 2000/XP

ДМК
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Басов К. А.

CATIA V5

Геометрическое моделирование



Москва

УДК 004.4
ББК 32.973.26-018.2
Б27

Басов К. А.
Б27 CATIA V5. Геометрическое моделирование. – М.: ДМК Пресс. – 272 с.,
ил. (Серия «Проектирование»).

ISBN 5-94074-379-X («ДМК Пресс»)
ISBN 978-5-388-00019-4 («Питер»)

В данной книге содержится описание десяти модулей системы автоматизированного проектирования высокого уровня CATIA V5. В книге рассматриваются методы создания сборок, тонкостенных и сварных конструкций, твердотельное моделирование и каркасное проектирование, а также создание поверхностей произвольной формы.

Издание предназначена для работников исследовательских служб машиностроительных предприятий и организаций, инженеров-конструкторов и технологов.

Книга также может использоваться студентами машиностроительных и других технических специальностей.

УДК 004.4
ББК 32.973.26-018.2

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 5-94074-379-X
ISBN 978-5-388-00019-4

© Басов К. А.
© Оформление ДМК Пресс

Краткое содержание

Введение	8
Глава 1	
МОДУЛЬ СОЗДАНИЯ СБОРОК	11
Глава 2	
ТОНКОСТЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ	21
Глава 3	
СВАРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ	63
Глава 4	
РАСПОЗНАВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ .	87
Глава 5	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	93
Глава 6	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	109
Глава 7	
ОБЪЕДИНЕННЫЙ МОДУЛЬ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И КАРКАСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	113
Глава 8	
РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОРМЫ ИМПОРТИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ	163
Глава 9	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ	193

Глава 10	
СОЗДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ	
ФОРМЫ	201
Глава 11	
ПРОДУКТЫ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ С СИСТЕМОЙ	
SATIA V5	249
Заключение	268
Библиография	268

Содержание

Введение	8
Глава 1. Модуль создания сборок	11
1.1. Создание связей	12
1.1.1. Связь в виде совпадения	12
1.1.2. Связь в виде прилегания	13
1.1.3. Связь в виде эквидистантности	13
1.1.4. Связь в виде разности углов	15
1.1.5. Обеспечение неподвижности	16
1.1.6. Обеспечение жесткой связи	16
1.2. Дополнительные возможности модуля	17
1.2.1. Поиск зон интерференции	17
1.2.2. Определение зон натягов, контактов и зазоров	17
1.2.3. Дополнительные возможности	20
Глава 2. Тонкостенные конструкции	21
2.1. Указание параметров изготовления тонкостенных деталей	22
2.2. Создание листа	23
2.2.1. Создание листа на основе существующего эскиза	23
2.2.2. Создание листа на основе существующей твердотельной параметрической модели	24
2.2.3. Создание листа на основе ребра существующей тонкостенной модели	26
2.2.4. Создание листа вытягиванием эскиза на указанную высоту	28
2.3. Создание отбортовок	30
2.4. Создание криволинейных тонкостенных моделей	35
2.5. Создание галтельных переходов	39
2.6. Объекты, получаемые операциями штамповки	43
2.6.1. Создание глухого углубления (выступа)	44
2.6.2. Создание сквозных вырезов и отверстий	49
2.6.3. Прочие параметрические геометрические объекты	56
Глава 3. Сварные конструкции	63
3.1. Угловой сварной шов	64

3.2. Стыковой сварной шов	67
Глава 4. Распознавание параметрических объектов	87
4.1. Непосредственное распознавание объектов	88
4.2. Автоматическое распознавание объектов	91
Глава 5. Проектирование балочных конструкций	93
5.1. Создание вспомогательных объектов	94
5.2. Создание балок (стержней) и пластин	98
Глава 6. Использование растровых изображений	109
Глава 7. Объединенный модуль твердотельного моделирования и каркасного проектирования	113
7.1. Создание точек	114
7.2. Создание линий	116
7.3. Создание поверхностей	128
7.4. Дополнительные операции с линиями и поверхностями	131
7.5. Создание твердотельных объектов	155
Глава 8. Редактирование формы импортированных объектов	163
8.1. Импорт и экспорт геометрической информации	164
8.2. Редактирование облака точек	166
8.3. Операции с сетками	170
8.4. Операции с облаками точек	180
8.5. Операции с линиями	185
Глава 9. Восстановление поверхностей	193
9.1. Создание линий	194
9.2. Создание областей	195
9.3. Создание поверхностей	197
Глава 10. Создание поверхностей произвольной формы	203
10.1. Создание линий	204
10.2. Создание поверхностей	210
10.3. Редактирование линий и поверхностей	223
10.4. Определение характеристик линий и поверхностей	232

Глава 11. Продукты, интегрированные с системой CATIA V5	249
11.1. Система по управлению данными об изделии ENOVIA SmarTeam	250
11.2. Система моделирования цифровых производственных процессов DELMIA	251
11.3. Средства моделирования, динамического и частного анализа механических систем	253
11.4. Проведение инженерных расчетов	254
11.5. Решения для работы с листовыми материалами	256
11.6. Решения по проектированию электрических схем	257
11.7. Проверка автомобиля на соответствие стандартам	259
11.8. Решение для работы с поверхностями класса А	259
11.9. Проверка и оптимизация моделей, выполненных в Catia V5	260
11.10. Интегрированная конструкторско-технологическая САПР «NATTA»	261
11.11. Программы для расчета оптики	264
Заключение	268
Библиография	268

Введение

Профессиональную деятельность современного инженера, кажется, уже невозможно представить без компьютера. Компьютер заменяет кульман, почту, печатную машинку, логарифмическую линейку, записную книжку, книжный шкаф с библиотекой и многое другое. Молодежь, приходящая в различные структуры машиностроительного, нефтехимического и строительного профиля, уже и не знает, что такое кульман или логарифмическая линейка. Все эти устройства, как оказалось, давно заменены разнообразным программным обеспечением (ПО).

Всю совокупность различных программных продуктов, предназначенных для удовлетворения инженерных потребностей, принято делить на большие группы, из которых для инженеров-конструкторов и инженеров-исследователей в первую очередь имеют наибольшее значение следующие группы:

- CAD – программное обеспечение, предназначенное для проектирования конструкций (включая выпуск чертежей);
- CAE – программное обеспечение, предназначенное для проведения различных исследовательских целей (включая расчеты прочности и аэродинамических процессов).

Применение средств САПР (на самом деле, разумеется, CAD/CAM/CAE/GIS/PDM/PLM) имеет достаточно долгую историю, начавшуюся в последнюю треть XX века. Именно тогда в конструкторских и исследовательских подразделениях различных КБ и НИИ, в частности и авиационных, появились первые более-менее развитые программные комплексы, развитие которых впоследствии породило компьютерный бум, в конце концов изменивший все инженерное ремесло.

Появление первых современных продуктов класса CAE приходится на 1970–1980 годы, когда в СССР в достаточных количествах имелись компьютеры серии ЕС ЭВМ, на которых можно было реализовать комплекс метода конечных элементов (МКЭ). Среди наиболее известных комплексов МКЭ, существовавших 25 лет назад, следует назвать Диану, весьма совершенный и удобный для своего времени комплекс.

Одновременно стали появляться и первые комплексы CAD, предназначавшиеся как для проектирования общего вида конструкций, так и для выпуска графической документации (чертежей).

Развитие средств CAD привело к массовому переходу от черчения в режиме «электронного кульмана» (2D) к созданию твердотельных параметрических моделей (3D) и их дальнейшему использованию.

В настоящее время наиболее мощными средствами создания 3D-моделей обладают тяжелые CAD, среди которых прежде всего следует назвать комплекс CATIA V5, широко применяемый инженерами всего мира.

Следует отметить, что твердотельные модели и их сборки создает не компьютер и не комплекс, а человек, поэтому особое значение приобретает профессионализм и квалификация инженера.

Кроме того, следует учитывать, что развитие ПО требует наличия специалистов, разбирающихся в нескольких смежных областях инженерного дела одновременно.

Прежде всего это относится к технологам и исследователям (прочнистам и аэродинамикам).

Очевидно, что в основе практически всей инженерной деятельности при проектировании и в дальнейших (или даже параллельных) процессах имитационного моделирования (расчетного исследования) конструкций и подготовки технологических процессов лежит твердотельная параметрическая модель. На основе однажды созданной твердотельной параметрической модели возможны выпуск чертежей, проведение необходимых расчетов, создание программ для станков с ЧПУ и иные операции. При необходимости однажды созданная твердотельная параметрическая модель может неоднократно изменяться.

В результате владение навыками твердотельного моделирования становится необходимым не только для конструкторов, но и для технологов и исследователей (прочнистов, аэродинамиков и т.д.). В самом деле, приспособлением существующей геометрической модели для нужд расчета должен заниматься специалист, разбирающийся в возможностях и ограничениях программного обеспечения, при помощи которого осуществляется тот или иной расчет.

Сложившаяся в ряде организаций практика освоения нового программного обеспечения выглядит достаточно парадоксально. За одним компьютером усаживаются двое – опытный специалист, не успевший освоить программное обеспечение, и вчерашний выпускник (а то и попросту студент), не боящийся компьютера и как-то выучившийся нажимать на кнопки. Первый объясняет, что и как надо делать, а второй выполняет требуемые операции. Как представляется автору, отработавшему в промышленности не один десяток лет, подобная практика является порочной. Основой и костяком отечественной промышленности являются специалисты, достаточно долго работающие в отрасли, прекрасно разбирающиеся в вопросе и, в общем случае, не нуждающиеся в молодежи, качество образования и объем знаний которой за последние годы постоянно снижается. Таким образом, именно они и должны осваивать новое ПО, и только при наличии особого желания они могут обучать постоянно разбегающуюся молодежь основам инженерного дела.

Для освоения программного обеспечения квалифицированными людьми требуется немного: компьютер, установленное ПО и документация, а также справочная литература на русском языке.

Данная книга является фактическим продолжением вышедшей в 2006 году предыдущей книги автора «ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование». В книге 2006 года были рассмотрены три модуля комплекса CATIA: каркасное проектирование, создание эскиза и создание параметрических твердотельных моделей. В данной книге добавлено описание еще 10 модулей комплекса CATIA V5 (описание относится к версии R16), поскольку вопросы импорта и экспорта геометрической информации, а также интерфейса пользователя рассмотрены в предыдущей книге.

Книга предназначена прежде всего для использования в качестве руководства по созданию 3D-моделей. Книга создавалась исследователем для работников исследовательских служб машиностроительных предприятий и организаций. Разумеется, возможно также ее использование инженерами-конструкторами и технологами.

Автор выражает признательность компании ГЕТНЕТ Консалтинг (www.hetnet.ru), предоставившей автору возможность воспользоваться как программным обеспечением, так и информацией. Автор выражает признательность сотрудникам компании ГЕТНЕТ Консалтинг Коковой А. Ю., Голдовскому П. С., Краснухину А. И., Бурсевичу И.И. и Решетько Е. В.

Также автор благодарит руководство и сотрудников ООО КАТЕ (www.katem.ru), предоставившей 3D-модель автоматической трансмиссии, изображение которой размещено на первой странице обложки.

Модуль создания сборок

1.1. Создание связей	12
1.2. Дополнительные возможности модуля	17

Модуль **Assembly design** предназначен для создания сборок из наборов отдельных параметрических твердотельных моделей. Сборка сохраняется в файле отдельного типа – файле сборки (*.CATProduct).

В общем случае, создание сборки можно представить в виде последовательного добавления в ее файл ссылок на ранее созданные файлы параметрических твердотельных объектов и указания связей между отдельными твердотельными параметрическими моделями.

В дальнейшем, при наличии сборки, можно найти, например, пересечение деталей, входящих в нее.

Вставку в сборку существующей параметрической твердотельной модели можно проводить из выпадающего меню при помощи последовательности **Insert** ⇒ **Existing Component** или при помощи команды **Existing Component**, входящей в состав панели инструментов **Product Structure Tools**.

После вставки в сборку параметрических твердотельных моделей между такими можно создавать связи.

1.1. Создание связей

Существуют следующие типы связей:

- **Coincidence constraint** (связь в форме совпадения);
- **Contact constraint** (связь в форме прилегания);
- **Offset constraint** (связь в форме эквидистантности);
- **Angle constraint** (связь в форме разности углов);
- **Fix component** (неподвижность).

Кроме того, существуют некоторые иные операции и связи, которые также будут рассмотрены ниже.

1.1.1. Связь в виде совпадения

Связь в виде совпадения (Coincidence constraint) может существовать в форме совпадения точек, концентричности, соосности и расположения в одной плоскости. Создание такой связи вызывается из выпадающего меню последовательностью **Insert** ⇒ **Coincidence** или командой **Coincidence constraint**, входящей в состав панели инструментов **Constraint**.

После вызова данной команды (операции) пользователь должен указать два характерных геометрических объекта, принадлежащих двум разным параметрическим твердотельным моделям, между которыми строится данная связь.

После создания данного объекта в иерархической древовидной структуре объектов (дереве объектов), расположенной в левой части экрана, появляется новый объект типа **Coincidence** со своим порядковым номером и указанием параметрических твердотельных объектов, между которыми создана данная связь.

Вид сборки, состоящей из двух параметрических твердотельных моделей и созданной между ними связи совпадения (в данном случае концентричности), приведен на рис. 1.1.

Рис. 1.1. Связь в виде совпадения (Coincidence constraint), созданная между двумя твердотельными параметрическими моделями

1.1.2. Связь в виде прилегания

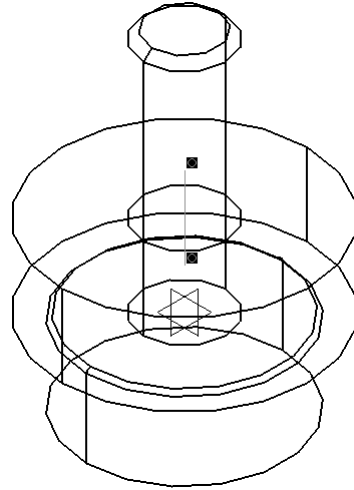
Связь в виде прилегания (Contact constraint) может существовать между поверхностями, в том числе в форме концентричности.

Создание такой связи вызывается из выпадающего меню последовательностью **Insert** \Rightarrow **Contact** или командой **Contact constraint**, входящей в состав панели инструментов **Constraint**.

После вызова данной команды (операции) пользователь должен указать два характерных геометрических объекта, принадлежащих двум разным параметрическим твердотельным моделям, между которыми строится данная связь.

После создания данного объекта в иерархической древовидной структуре объектов (дереве объектов), расположенной в левой части экрана, появляется новый объект типа **Contact** со своим порядковым номером и указанием параметрических твердотельных объектов, между которыми создана данная связь.

Вид сборки, состоящей из двух параметрических твердотельных моделей и созданной между ними связи совпадения (в данном случае по плоскому торцу), приведен на рис. 1.2.



1.1.3. Связь в виде эквидистантности

Связь в форме эквидистантности (Offset constraint) может существовать между точками, линиями, поверхностями. В частности, такую связь можно создавать между плоскими торцами деталей.

Создание такой связи вызывается из выпадающего меню последовательностью **Insert** \Rightarrow **Contact** или командой **Contact constraint**, входящей в состав панели инструментов **Constraint**.

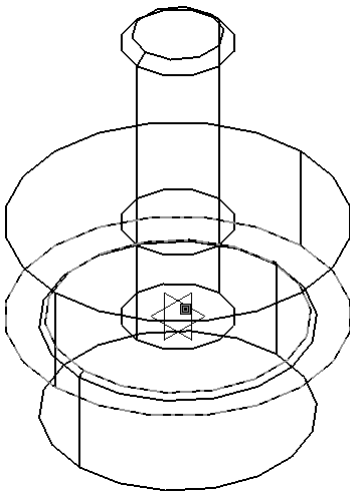


Рис. 1.2. Связь в виде прилегания, или контакта (Contact constraint), созданная между двумя твердотельными параметрическими моделями

14 Модуль создания сборок

После вызова данной команды (операции) пользователь должен указать два характерных геометрических объекта, принадлежащих двум разным параметрическим твердотельным моделям, между которыми строится данная связь, после чего на экране появляется диалоговая панель **Constraint Definition**, показанная на рис. 1.3.

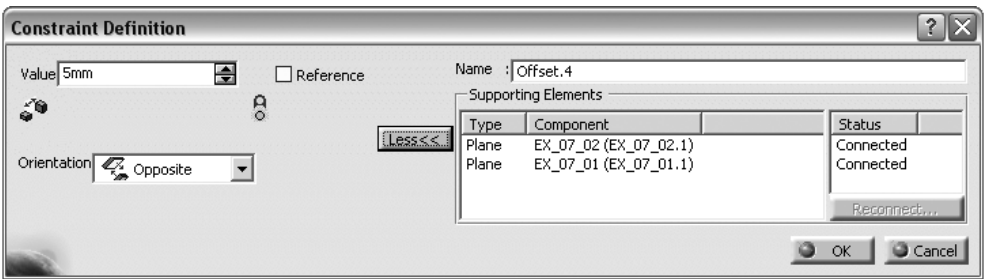


Рис. 1.3. Диалоговая панель **Constraint Definition**

В данной диалоговой панели в поле **Value** указывается расстояние между геометрическими объектами, служащими основой связи.

В выпадающем списке **Orientation** указывается признак учета нормалей к поверхностям или плоским торцам – **Opposite** (нормали ориентируются в противоположные стороны), **Same** (направления нормалей совпадают), **Undefined**.

В поле **Name** указывается название связи (присвоенное по умолчанию название **Offset** можно изменить).

В поле **Supporting Elements** указываются твердотельные параметрические модели и их геометрические объекты, между которыми создается данная связь.

Вид используемой диалоговой панели **Constraint Definition** меняется при помощи кнопок **More** и **Less**.

После создания данного объекта в иерархической древовидной структуре объектов (дереве объектов), расположенной в левой части экрана, появляется новый объект типа **Offset** со своим порядковым номером и указанием параметрических твердотельных объектов, между которыми создана данная связь.

Вид сборки, состоящей из двух параметрических твердотельных моделей и созданной между ними связи эквидистантности (в данном случае по плоскому торцу), приведен на рис. 1.4.

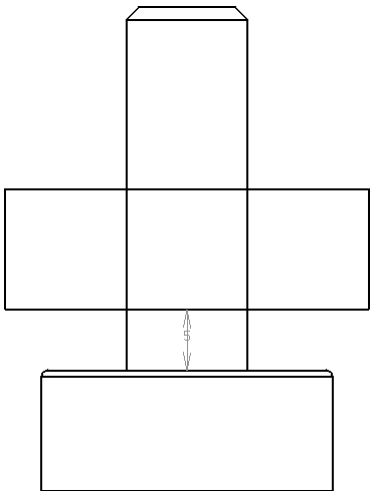


Рис. 1.4. Связь в виде эквидистантности (Offset constraint), созданная между двумя твердотельными параметрическими моделями

1.1.4. Связь в виде разности углов

Связь в форме разности углов (Angle constraint) может существовать между линиями и поверхностями. В частности, такую связь можно создавать между плоскими торцами и ребрами деталей.

Создание такой связи вызывается из выпадающего меню последовательностью **Insert** ⇒ **Angle** или командой **Angle constraint**, входящей в состав панели инструментов **Constraint**.

После вызова данной команды (операции) пользователь должен указать два характерных геометрических объекта, принадлежащих двум разным параметрическим твердотельным моделям, между которыми строится данная связь, после чего на экране появляется диалоговая панель **Constraint Properties**, показанная на рис. 1.5.

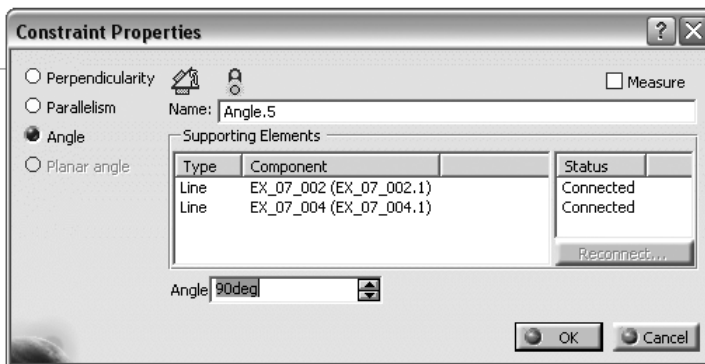


Рис. 1.5. Диалоговая панель **Constraint Properties**

В поле **Angle** данной диалоговой панели указывается расстояние между геометрическими объектами, служащими основой связи.

В поле **Name** указывается название связи (присвоенное по умолчанию название **Angle** можно изменить).

Переключатели **Perpendicularity** и **Parallelism** позволяют строить связи в виде перпендикулярности и параллельности.

В поле **Supporting Elements** указываются твердотельные параметрические модели и их геометрические объекты, между которыми создается данная связь.

После создания данного объекта в иерархической древовидной структуре объектов (дереве объектов), расположенной в левой части экрана, появляется новый объект типа **Angle** со своим порядковым номером и указанием параметрических твердотельных объектов, между которыми создана данная связь.

Вид сборки, состоящей из двух параметрических твердотельных моделей и созданной между ними связи в виде угла (в данном случае угла между ребрами), приведен на рис. 1.6.

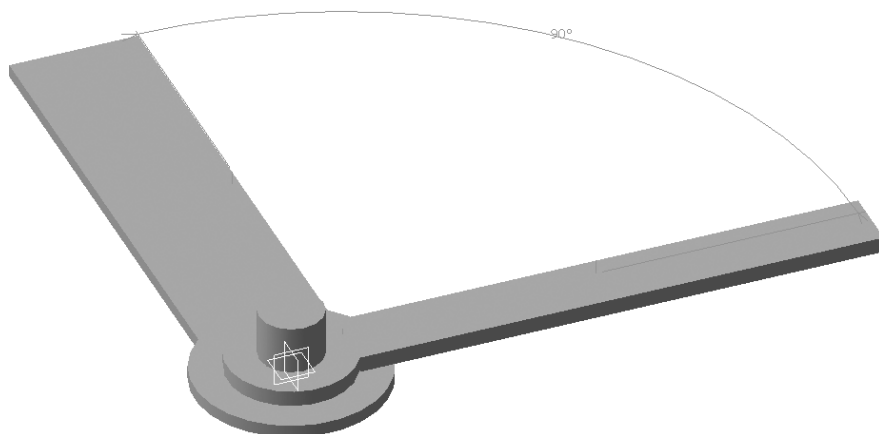


Рис. 1.6. Угловая связь (Angle constraint), созданная между двумя твердотельными параметрическими моделями

1.1.5. Обеспечение неподвижности

Связь в виде неподвижности (Fix component) прикладывается к параметрической твердотельной модели.

Создание такой связи вызывается из выпадающего меню последовательностью **Insert** \Rightarrow **Fix** или командой **Fix component**, входящей в состав панели инструментов **Constraint**.

После вызова данной команды (операции) пользователь должен указать параметрическую твердотельную модель, к которой прикладывается данная связь.

После создания данной связи в иерархической древовидной структуре объектов (дереве объектов), расположенной в левой части экрана, появляется новый объект типа **Fix** со своим порядковым номером и указанием параметрического твердотельного объекта, к которому приложена данная связь.

Символ данной связи имеет форму якоря.

1.1.6. Обеспечение жесткой связи

Создание жесткой связи между двумя и более твердотельными параметрическими объектами вызывается из выпадающего меню последовательностью **Insert** \Rightarrow **Fix Together** или командой **Fix Together**, входящей в состав панели инструментов **Constraint**.

После вызова данной команды (операции) на экране появляется диалоговая панель **Fix Together**, показанная на рис. 1.7.

В поле **Name** данной диалоговой панели указывается название связи (присвоенное по умолчанию название **FixTogether** можно изменить).

В поле **Components** указываются твердотельные параметрические объекты, между которыми создается новая жесткая связь.

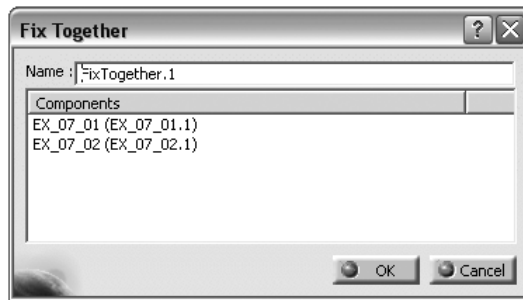


Рис. 1.7. Диалоговая панель **Fix Together**

После создания данной связи в иерархической древовидной структуре объектов (дереве объектов), расположенной в левой части экрана, появляется новый объект типа **FixTogether** со своим порядковым номером и указанием параметрических твердотельных объектов, к которым приложена данная связь.

1.2. Дополнительные возможности модуля

К дополнительным возможностям модуля создания сборок следует отнести поиск зон наложения геометрических объектов (интерференции) и отдельные дополнительные функции.

1.2.1. Поиск зон интерференции

Выявление зон наложения (интерференции) твердотельных параметрических объектов вызывается из выпадающего меню последовательностью **Analyze** ⇒ **Compute Clash**.

После вызова данной операции на экране появляется диалоговая панель **Clash Detection**, показанная на рис. 1.8.

В разделе **Definition** данной диалоговой панели указывается вид искомого объекта – **Clash** (перекрывание, интерференция) или **Clearance** (зазор). В последнем случае в специальном поле указывается значение зазора.

Ниже указывается список твердотельных параметрических объектов, для которых ищется зазор или натяг. Искомая зона натяга (зазора) отображается на экране после обращения к кнопке **Apply**.

1.2.2. Определение зон натягов, контактов и зазоров

Выявление зон натягов, контактов и зазоров твердотельных параметрических объектов выполняется из выпадающего меню последовательностью **Analyze** ⇒ **Clash**.

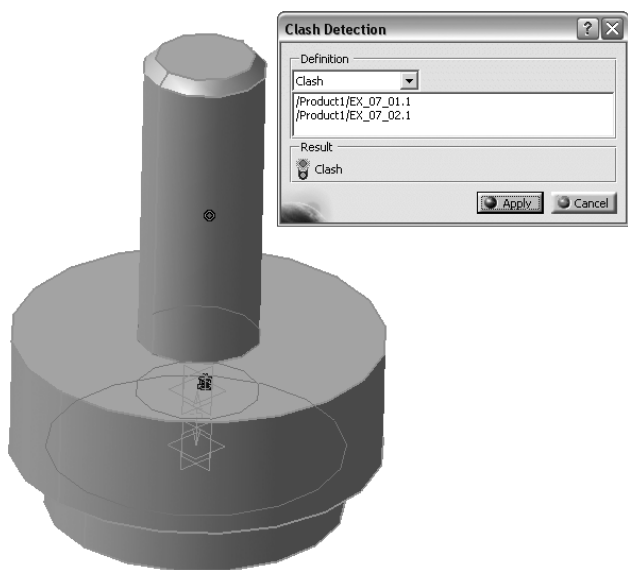


Рис. 1.8. Диалоговая панель **Clash Detection** и зона интерференции

После вызова данной последовательности на экране появляется диалоговая панель **Check Clash**, показанная на рис. 1.9.

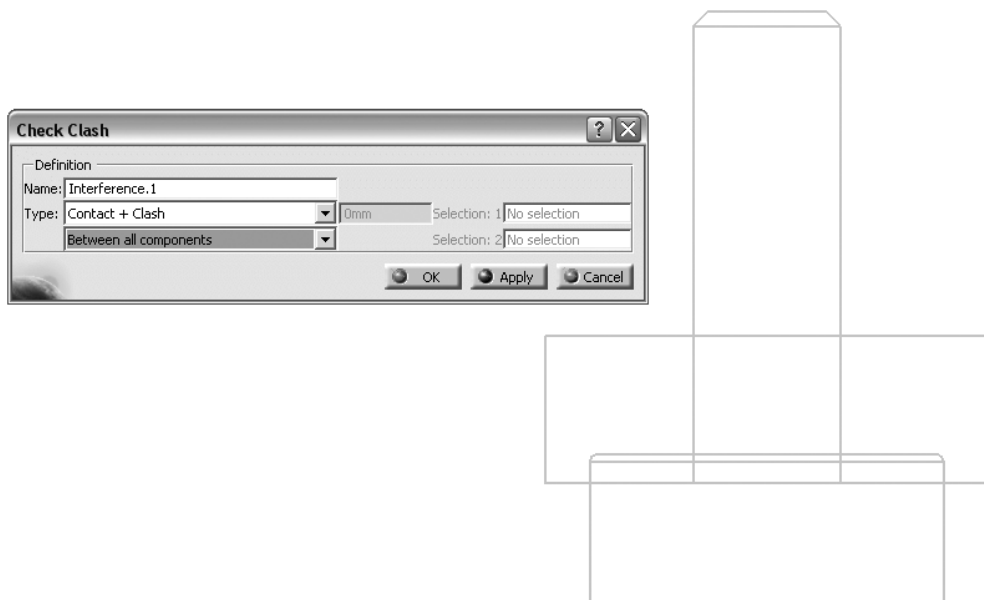


Рис. 1.9. Диалоговая панель **Check Clash**

В поле **Name** данной диалоговой панели указывается название создаваемого объекта (по умолчанию используется название **Interference**).

В списке **Type** указывается тип используемых объектов:

- **Contact + Clash** (контакт и натяг);
- **Clearance + Contact + Clash** (зазор, контакт и натяг);
- **Authorized penetration** (допускаемое внедрение, или натяг).

Рядом в специальном поле указывается допускаемое значение натяга.

Ниже имеется еще один выпадающий список, при помощи которого указывается принцип отбора параметрических твердотельных объектов, а находящиеся рядом поля применяются для указания самих геометрических объектов.

После обращения к кнопке **Apply** диалоговое окно **Check Clash** резко меняет свой вид: на нем сразу появляется несколько графических окон и диалоговых панелей (рис. 1.10).

После вызова данной операции в иерархической древовидной структуре объектов (дереве объектов), расположенной в левой части экрана, в разделе **Definitions**, появляется новый объект типа **Interference** со своим порядковым номером.

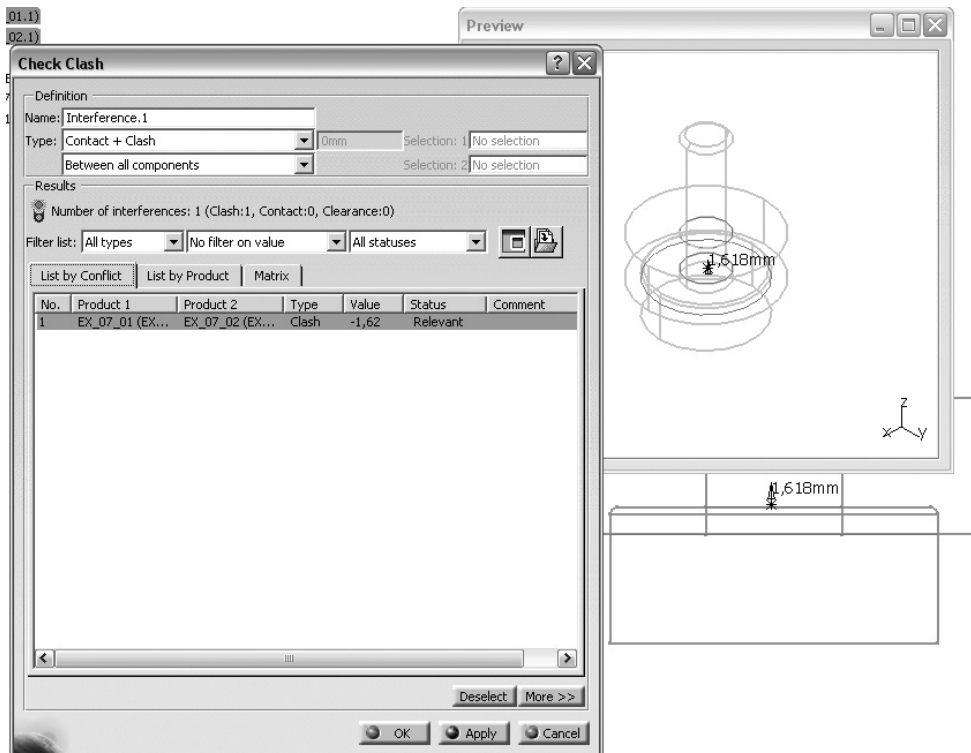


Рис. 1.10. Результаты проверки зазоров и натягов

1.2.3. Дополнительные возможности

Модуль создания сборок дополнительно позволяет проводить над отдельными параметрическими твердотельными моделями следующие операции:

- **Split** (обрезка параметрической твердотельной модели поверхностью);
- **Hole** (создание отверстия);
- **Pocket** (создание полости).

Еще одной из интересных операций модуля создания сборок является сохранение сборки в виде единого файла параметрической твердотельной модели (файла *.CATPart).

Данная операция вызывается из выпадающего меню последовательностью **Tools ⇒ Generate CATPart from Product**.

В появляющейся на экране диалоговой панели **Generate CATPart from Product** следует указать имя создаваемого файла твердотельной параметрической модели.

Таким образом, при наличии нескольких исходных твердотельных параметрических моделей, которые должны использоваться в одном расчете, можно осуществить сборку, а далее передать эту сборку в препроцессор метода конечных элементов.

Альтернативным методом является сохранение всей созданной сборки в формате STEP и передача ее в препроцессор метода конечных элементов (МКЭ), разумеется, в случае, если продукт МКЭ или аналогичный поддерживает импорт файлов в формате STEP.