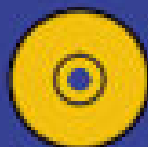




Александр Потемкин

Твердотельное моделирование в системе **КОМПАС-3D**



+ CD-ROM

- Основы 3D-моделирования
- Создание ассоциативного чертежа
- Секреты эффективного моделирования
- Примеры построения моделей
- Пространственные кривые
- Проектирование литейных форм



МАСТЕР РЕШЕНИЙ

Александр Потемкин

**Твердотельное
моделирование
в системе**

КОМПАС-3D

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2004

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
П64

Потемкин А. Е.

П64 Твёрдотельное моделирование в системе КОМПАС-3D. —
СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 512 с.: ил.

ISBN 5-94157-472-X

В книге представлены современные методы трехмерного твердотельного моделирования механических деталей на персональном компьютере в среде операционной системы Microsoft Windows. Для иллюстрации материала используется подробное описание построения и редактирования 38 моделей деталей и сборочных единиц, как типовых (из курса черчения технического вуза), так и оригинальных. В каждой модели описывается применение все более совершенных средств и приемов моделирования. В качестве инструментального средства принята российская система трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D V6 (разработчик АО "АСКОН", г. Москва). На прилагаемом компакт-диске приведены упражнения и задания для самостоятельного выполнения, большое количество примеров реальных трехмерных моделей и демонстрационная версия системы КОМПАС-3D V6.

Книга ориентирована на преподавателей и студентов технических вузов, инженерно-технических работников конструкторских и технологических бюро промышленных предприятий, проектных институтов, предприятий малого бизнеса.

*Для широкого круга пользователей,
интересующихся вопросами трехмерного моделирования*

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Владимир Шабалин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Елена Кашилакова</i>
Компьютерная верстка	<i>Татьяны Валерьяновой</i>
Корректор	<i>Евгений Камский</i>
Оформление серии	<i>Via Design</i>
Дизайн обложки	<i>Игорь Цырульников</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 04.02.04.
Формат 70×100¹/₁₆. Печать офсетная. Усл. печ. л. 41,28.

Тираж 3000 экз. Заказ №
"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Гигиеническое заключение на продукцию, товар № 77.99.02.953.Д.001537.03.02
от 13.03.2002 г. выдано Департаментом ГСЭН Минздрава России.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в Академической типографии "Наука" РАН
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12.

ISBN 5-94157-472-X

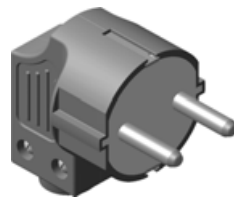
© Потемкин А. Е. 2004
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2004

Содержание

Введение	5
Глава 1. Общие сведения о системе	21
Назначение системы	21
Запуск КОМПАС-3D V6	21
Открытие существующего документа	22
Основные элементы интерфейса	25
Закрытие окна документа	33
Управление изображением модели	34
Глава 2. Основы 3D-моделирования	48
Общие принципы моделирования деталей	48
Как создаются объемные элементы	49
Эскизы и операции	50
Основные термины трехмерной модели	52
Основание модели	53
Построение детали Кронштейн	54
Глава 3. Создание ассоциативного чертежа	122
Создание и настройка нового чертежа	123
Создание трех стандартных видов	125
Структура чертежа	128
Управление видами	129
Построение разреза	137
Оформление чертежа	141
Глава 4. Редактирование модели	165
Редактирование операций	167
Редактирование эскизов	176
Предупреждения об ошибках	183
Удаление объектов	187
Недостатки модели	190
Важные выводы	194

Глава 5. Совершенные технологии моделирования	195
Средства обеспечения гибкости моделей.....	195
Построение модели детали Корпус	196
Использование переменных и выражений	248
Использование массивов.....	275
Построение детали Вал.....	306
Глава 6. Примеры построения моделей.....	316
Создание элементов по сечениям.....	316
Создание кинематических элементов.....	338
Создание 3D-модели по плоскому чертежу.....	348
Создание ребер жесткости.....	357
Использование деталей-заготовок	364
Создание зеркальных деталей	368
Нанесение объемного текста.....	370
Использование компоновочных эскизов.....	373
Использование библиотек эскизов.....	377
Решение задач начертательной геометрии.....	380
Глава 7. Построение сборок	399
Построение сборочной единицы Вилка.....	399
Добавление компонента сборки из файла	401
Задание взаимного положения компонентов.....	403
Создание основной сборки	408
Добавление компонента копированием.....	411
Добавление стандартных изделий.....	420
Управление видимостью компонентов.....	424
Редактирование параметров стандартных изделий.....	425
Редактирование компонентов	429
Добавление детали на месте.....	430
Проверка пересечений компонентов.....	434
Редактирование компонента на месте.....	435
Разнесение компонентов	438
Глава 8. Дополнительные возможности	442
Пространственные кривые	442
Использование спиралей.....	442
Использование пространственной ломаной.....	458
Вычитание компонентов. Проектирование литейных форм	474
Массив по образцу	496
Список литературы	502
Приложение	503

Введение



Мы покоряем пространство и время...

Мы не случайно взяли в качестве эпиграфа строку из популярной некогда песни. Нынешнее время, без преувеличения, можно считать сменой эпох в проектировании и конструировании изделий в самых разных областях производства: на смену плоским чертежам приходят новые, основанные на трехмерном моделировании.

Мы приглашаем заинтересованного читателя в волнующее и увлекательное путешествие в мир, где творческие замыслы конструктора приобретают на экране компьютера поразительное по достоверности и реализму воплощение. Кажется, стоит протянуть руку — и можно потрогать то, что совсем недавно существовало только в воображении.

Пространство

Любому конструктору знакома ситуация, когда общий замысел будущего изделия уже ясен, но чтобы поделиться им с другими участниками процесса производства, предмет необходимо описать на языке, понятном окружающим, иными словами, сделать его графическое изображение — чертеж. Именно плоские чертежи до недавнего времени были единственным языком, на котором могли разговаривать технические специалисты.

Современные компьютерные технологии подарили инженеру качественно более совершенное средство общения — трехмерную модель, которая, хотя и существует в виде цепочки битов и байтов в памяти компьютера, тем не менее, обладает вполне реальными физическими характеристиками: объемом, плотностью, массой, центром тяжести, моментами инерции и т.д. Ее можно рассмотреть с разных сторон, разобрать и собрать (если речь идет о сборочной единице) и даже заглянуть внутрь.

Время

Сколько смелых замыслов не нашло своего реального воплощения из-за его нехватки! Может возникнуть вполне естественное сомнение: а не слишком

ли много усилий нужно затратить на освоение новых технологий на уровне, обеспечивающем их практическое применение? Самое, быть может, удивительное заключается в том, что на построение трехмерной модели изделия зачастую требуется не больше времени, чем на разработку ее плоского чертежа. Усилиями разработчиков современные системы обладают тем, что обычно называют "дружественным интерфейсом", то есть удобными и понятными средствами выполнения построений.

Выбирайте лучшее

Конкуренция на рынке систем автоматизированного проектирования (САПР) заставляет компании искать нестандартные решения.

Пользователь получает реальную возможность сравнивать предложения разных компаний и на своем собственном опыте убедиться в эффективности той или иной системы.

Трудно передать словами ощущения человека, когда на плоском экране монитора постепенно материализуются его объемные мысли и творческие идеи. Тем более важно, чтобы в этот момент под рукой оказался удобный инструмент. Окружности и линии на бумаге тоже можно строить "циркулем первоклассника" и постоянно ломающимся карандашом, но профессионал всегда выбирает добротные и качественные принадлежности.

Для кого предназначена эта книга

Итак, эта книга предназначена для тех, кому стали тесны рамки плоского чертежа, и кто проектирует на современном уровне. Основное внимание уделяется практической стороне дела: на конкретных примерах построения типовых трехмерных элементов как 3D-моделей созданы плоские чертежи, и наоборот, трехмерные модели — по чертежам, разработанным ранее.

В этой книге продемонстрированы преимущества трехмерного моделирования для всех категорий пользователей: инженеров, студентов, преподавателей.

Основная цель книги заключается в том, чтобы помочь заинтересованному читателю сделать первый шаг. Мы постараемся убедить вас, что переход на трехмерное моделирование не является проблемой. Сегодня каждый инженер имеет возможность повысить производительность и качество своего труда на основе самых передовых технологий. Многочисленные примеры, практические советы и рекомендации помогут вам в короткий срок познакомиться с основными правилами трехмерного моделирования и приступить к самостоятельной работе.

Разумеется, для реализации этих целей читатель должен располагать соответствующим инструментом — эффективной и простой в освоении системой с русским интерфейсом. Мы предлагаем вашему вниманию именно такую систему — новейшую версию широко распространенной в России системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D V6, разработанную компанией АСКОН, лидирующим российским разработчиком и интегратором решений в области промышленной автоматизации.

Качество КОМПАС-3D V6 подтверждено Госстандартом России. Сертификат соответствия №РОСС RU.МЕ20.Н00737, выданный 17 июня 2003 г., подтверждает соответствие КОМПАС-3D V6 требованиям следующих нормативных документов:

- ❑ ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению.
- ❑ ГОСТ Р ИСО 9127-94 Системы обработки информации. Документация пользователя и информация по упаковке потребительских программных пакетов.
- ❑ ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
- ❑ ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения.

Документ выдан ОС "Сертиформ ВНИИНМАШ", входящим в систему сертификации ГОСТ Р Госстандарта России и являющимся органом сертификации средств информатизации, приборостроения, медицинской техники и оборудования.

КОМПАС-3D V6 — один из основных модулей комплекса автоматизированных систем конструкторско-технологической подготовки производства КОМПАС V6. Ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН.

Методы моделирования, реализованные в программе КОМПАС-3D V6, являются общепринятыми в современных 3D-системах. Поэтому вам предстоит не просто изучить работу в конкретной системе, а познакомиться с наиболее распространенным подходом к созданию твердых тел.

Что находится на компакт-диске

К книге прилагается компакт-диск, на котором находятся:

- ❑ упражнения и задания для самостоятельного выполнения, на основе которых продемонстрированы типовые приемы построения трехмерных

моделей. В соответствующих разделах книги даются подробные инструкции по выполнению всех заданий и упражнений. Эти материалы помогут вам в короткий срок овладеть навыками 3D-моделирования и приступить к самостоятельной работе;

- ❑ большое количество примеров реальных трехмерных моделей, выполненных пользователями системы КОМПАС-3D. Вы можете самостоятельно разобраться с последовательностью их построения и использовать эти документы в качестве прототипов для создания собственных моделей;

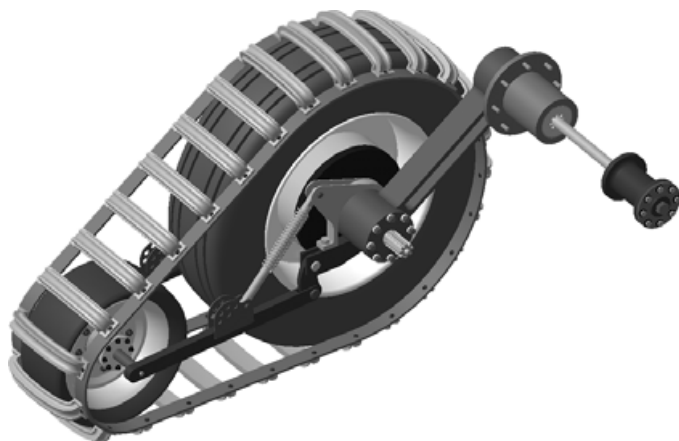


Рис. 1

- ❑ демонстрационная версия профессиональной системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D V6. Вы можете установить эту версию системы на свой персональный компьютер, просмотреть с ее помощью прилагаемые трехмерные модели, выполнить часть заданий и упражнений из данного руководства.

Замечание

Демонстрационная версия системы не позволяет сохранять созданные модели. Поэтому вы не сможете выполнить те упражнения, которые требуют записи деталей и сборок на носители данных. Для полноценной работы необходимо использовать рабочую версию системы.

Компания АСКОН в Интернет: <http://www.ascon.ru>

Техническая поддержка системы КОМПАС: <http://www.kompas.kolomna.ru>

Система КОМПАС в образовании: <http://www.kompas-edu.ru>

Форум пользователей системы КОМПАС:

<http://www.kompas.kolomna.ru/forum>

Ограничения двухмерного проектирования

Прежде чем приступить к построению трехмерных моделей, давайте попробуем ответить на вопрос: а зачем это нужно? В чем основные преимущества трехмерного моделирования, и какие новые возможности дает оно конструктору?

В настоящее время большинство пользователей САПР основывают свою работу на двухмерных, то есть плоских технологиях. В этом случае электронный чертеж составляется из отдельных геометрических примитивов (отрезков, окружностей, дуг и т.д.). При вводе геометрических объектов, образующих вычерчиваемую деталь, конструктор может использовать знания и навыки, приобретенные при работе на кульмане, так как логика черчения в обоих случаях имеет много общего.

Несмотря на то, что 2D-системы позволяют вполне успешно решать стоящие перед большинством пользователей задачи, по мере развития новых технологий, все отчетливее проявляются серьезные ограничения, присущие плоскому проектированию.

Основной недостаток 2D-систем заключается в том, при создании плоского чертежа конструктору приходится мыслить не в терминах проектируемой детали – основание, отверстие, ребро жесткости, а в терминах упомянутого выше традиционного набора геометрических примитивов. Например, для построения тонкостенной трубки на изображении детали **Патрубок**, показанной на рис. 2, конструктор должен разложить ее на отдельные отрезки и дуги и построить проекции этих элементов на всех необходимых видах детали. Эта работа не несет в себе творческого начала.

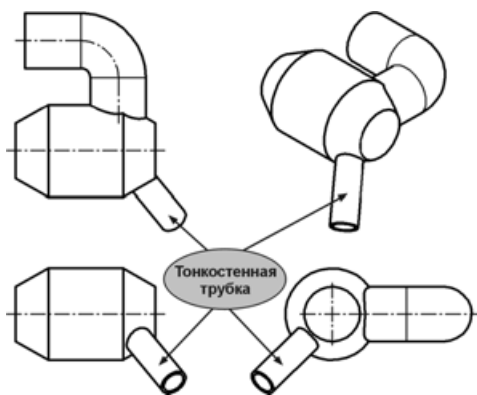


Рис. 2

Если возникает необходимость внести в деталь какие-либо изменения, то их необходимо заново отобразить на всех видах детали, что опять связано с большими затратами времени.

Частично эту проблему можно решить за счет создания параметрических плоских чертежей. Однако не все современные 2D-системы обладают такими возможностями. К тому же, создание сложного параметрического чертежа является далеко не простой задачей.

Ограничения 2D-систем особенно наглядно проявляются, когда поверхность детали имеет сложную форму, или необходимо построить аксонометрическую проекцию.



Рис. 3

Большая трудоемкость построения сложных поверхностей и аксонометрических проекций может заставить конструктора отказаться от их изображения или упростить форму детали. В первом случае это затрудняет понимание проекта, во втором — снижает привлекательность изделия с точки зрения потребителя.

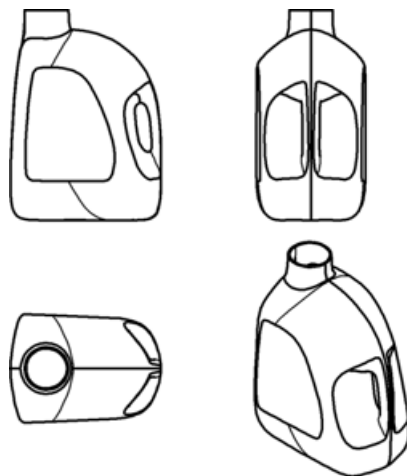


Рис. 4

Список ограничений двумерного проектирования можно продолжить и дальше. В него можно включить сложность понимания взаимного положения и взаимодействия деталей в сборочных единицах, сложность или невозможность передачи данных в системы инженерного анализа и подготовки управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Приведенные выше примеры позволяют сделать вывод, что использование только лишь двумерных систем как средства проектирования и подготовки чертежей порождает серьезные проблемы и замедляет выпуск новых изделий.

Переход на трехмерное моделирование

Современные 3D-системы располагают весьма эффективными средствами моделирования. Они позволяют создавать трехмерные модели самых сложных деталей и сборок. Используя наглядные методы создания объемных элементов, конструктор оперирует простыми и естественными понятиями: основание, бобышка, ребро жесткости, отверстие, фаска, оболочка. При этом процесс проектирования часто воспроизводит технологический процесс изготовления детали.



Рис. 5

В процессе построения трехмерных моделей сборочных единиц конструктор имеет возможность временно отключать отображение любых элементов. Это особенно удобно, если модель включает в себя корпусные детали, в которых размещены остальные компоненты изделия. На рис. 6 слева показана модель сборочной единицы **Вентиль**, выполненная в системе КОМПАС-3D V6. Справа показана та же модель, но со скрытой деталью **Корпус**.

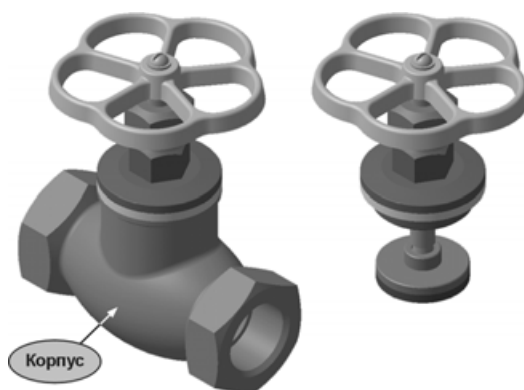


Рис. 6

Непосредственно на экране монитора конструктор может выполнить разрез модели стандартными или дополнительными плоскостями проекций, или построить свой, самый невероятный, разрез. На рис. 7 слева, **Вентиль** рассечен фронтальной плоскостью проекций. Справа та же сборка разрезана поверхностью, образованной двумя перпендикулярными отрезками и дугой.

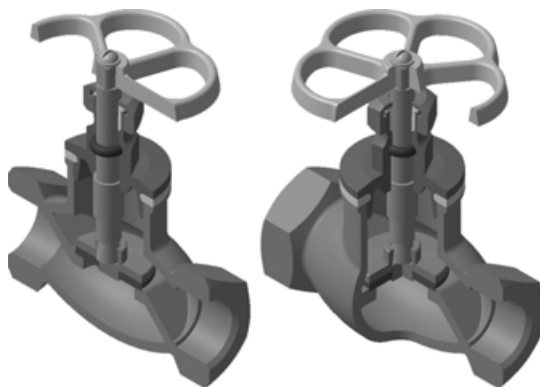


Рис. 7

После построения 3D-модели детали или сборки, либо непосредственно в ходе построения, конструктор может получить ее чертеж, без рутинного создания видов средствами плоского черчения. Для этого нужно лишь указать необходимые виды, провести линии разрезов или сечений. Плоский чертеж будет создан автоматически и с абсолютной точностью, независимо от сложности модели. Полученный таким образом документ можно дополнить встроенными в систему средствами 2D-черчения: проставить дополнительные размеры, обозначения позиций, заполнить основную надпись или подготовить спецификацию.

Три детали, показанные на рис. 10 – это на самом деле три разные конфигурации одной и той же модели **Крестовина**, отличающиеся своими параметрами. Таким образом, для получения всех типоразмеров родственных деталей, выпускаемых или используемых на предприятии, часто достаточно построения одной единственной модели.

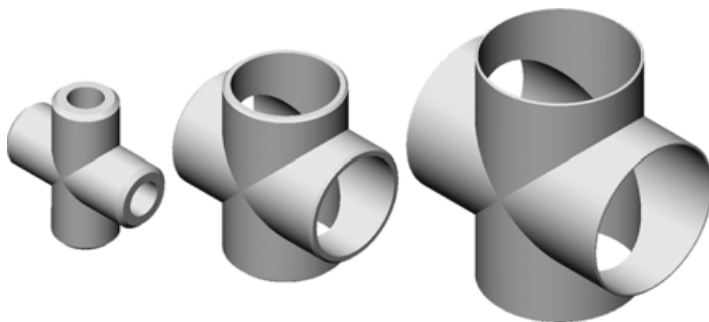


Рис. 10

По трехмерной модели система легко определяет ее физические характеристики: площадь поверхности, объем, координаты центра тяжести и т.д.. Если пользователь определяет свойства материала, то автоматически вычисляется масса. Это касается как деталей, так и сборок любой сложности. На рис. 11 показана модель сборочной единицы **Блок**, выполненной в системе КОМПАС-3D V6. Специальным системным значком помечено положение ее центра тяжести.

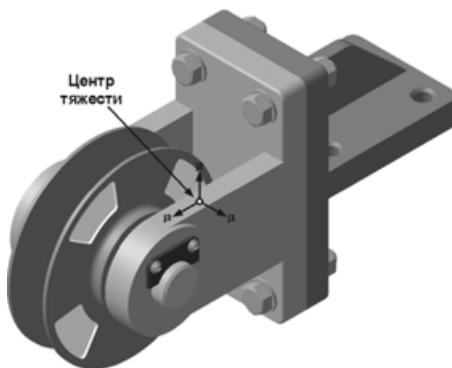


Рис. 11

На рис. 12 вы видите информационное окно с результатами расчета массовых и инерционных характеристик сборки с учетом веса каждой из входящих в нее деталей.

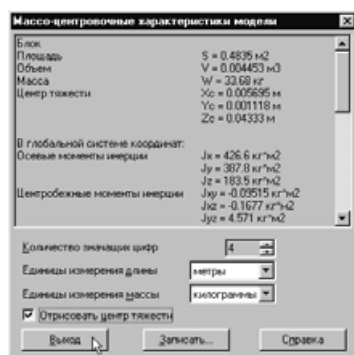


Рис. 12

Некоторые современные 3D-системы снабжаются встроенными модулями, расширяющими их возможности: создание литейных форм, работа с деталями из листового металла, проектирование трубопроводов и т.д. На рис. 13 показана деталь **Коробка**, спроектированная в системе SolidWorks. Деталь изготовлена методом гибки из стального листа. Справа показана плоская развертка этой детали, автоматически построенная системой с учетом допусков сгиба. На изображении развертки хорошо видны линии сгиба и границы областей гибки¹.

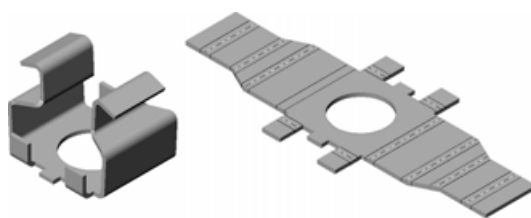


Рис. 13

На рис. 14 показана деталь **Крышка**, спроектированная в системе КОМПАС-3D. Деталь изготавливается методом литья из пластмассы.

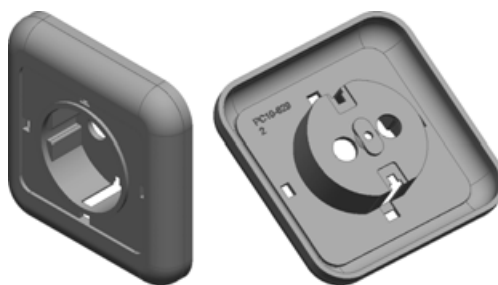


Рис. 14

¹ Работа с деталями из листового материала будет реализована в версии системы КОМПАС-3D V7.

Для изготовления такой детали необходима специальная технологическая оснастка – пресс-форма, состоящая из матрицы и пуансона – формообразующих элементов, определяющих внешнюю и внутреннюю форму детали. На рис. 15 показаны эти элементы, спроектированные в системе КОМПАС-3D на основе геометрии детали **Крышка**. Твердотельные модели пуансона и матрицы могут быть переданы непосредственно в технологическую систему подготовки управляющих программ для станка с ЧПУ и последующего изготовления в металле¹.

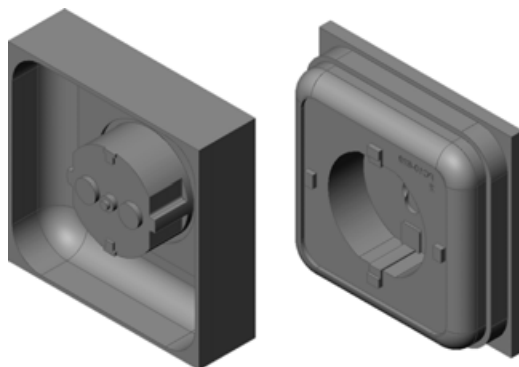


Рис. 15

На рис. 16 деталь **Крышка** показана в окружении матрицы и пуансона, для более наглядного представления их формы и взаимного положения.

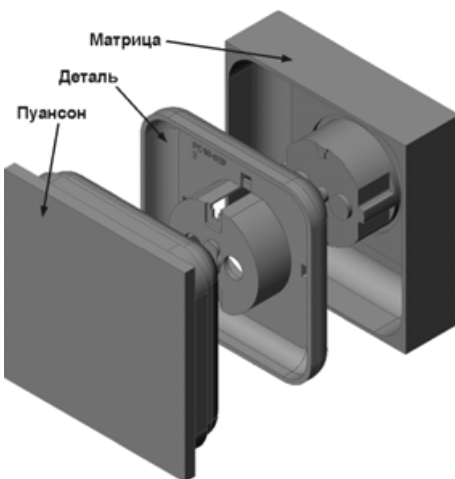


Рис. 16

¹ Описание построения этих моделей дается в *главе 8*.

Между моделями детали и оснастки система формирует ассоциативные связи. Конструктор может вносить необходимые изменения в деталь, а формообразующие поверхности пуансона и матрицы изменятся автоматически. Одновременно будет происходить перестроение всех рабочих чертежей.

Трёхмерные твердотельные модели включают в себя всю геометрическую информацию, необходимую для работы систем инженерного анализа. В этом заключается одно из главных преимуществ 3D-моделирования. Такая модель может быть передана в какую-либо систему инженерных расчетов для выполнения ее анализа: расчёта напряжений и деформаций, частотного анализа для определения собственных частот и форм колебаний, тепловых расчетов и связанных с нагревом температурных деформаций и напряжений.

Работа этих систем основана на использовании метода конечных элементов, при котором трехмерная модель разбивается на объемные элементы различной формы, получаемые при нанесении на твёрдое тело сетки конечных элементов. Разбиение модели на сетку конечных элементов позволяет с высокой степенью точностью отразить реальную геометрию детали или узла и обеспечивает высокую точность решений.

Многие из современных систем инженерных расчетов не требуют от конструктора подробного знания теории, на которой базируются расчёты методом конечных элементов. Имея в своем распоряжении трехмерную модель детали, пользователь должен выбрать необходимый ему вид расчёта, определить характер закрепления и внешние нагрузки, действующие на деталь, а также выбрать из библиотеки материал, из которого она будет изготавливаться.

На рис. 17 показана деталь **Рычаг**, материал детали — алюминиевый сплав.

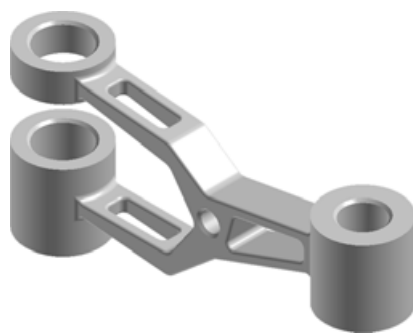


Рис. 17

Далее данная модель была передана в систему инженерных расчетов для анализа методом конечных элементов. На рис. 18 показан результат разбиения модели на сетку конечных элементов.

На рис. 19 показаны направление и величина приложенных усилий, а также нагруженные и опорные поверхности детали. Из рисунка ясно, что на модель действуют две силы, векторы которых равномерно распределены по нагруженной цилиндрической грани в правой части детали. Две цилиндрические грани в левой части детали являются опорными (фиксированными).

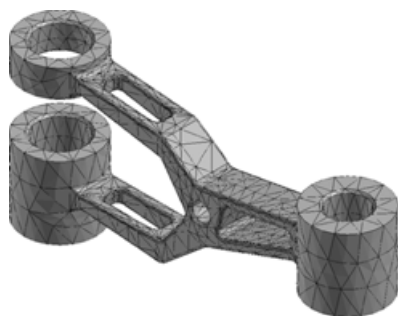


Рис. 18

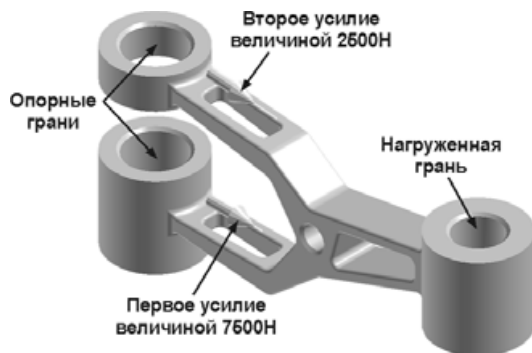


Рис. 19

Ниже показаны результаты расчета для данной геометрии детали, ее материала, опорных элементов и приложенных нагрузок. На рис. 20 показано распределение эквивалентных напряжений в модели.



Рис. 20

На рис. 21 показан результат оценки коэффициента безопасности по эквивалентным напряжениям.

На рис. 22 показан результат расчета деформации модели. Специальным значком в правой части детали помечен участок, подвергающийся максимальной деформации.



Рис. 21

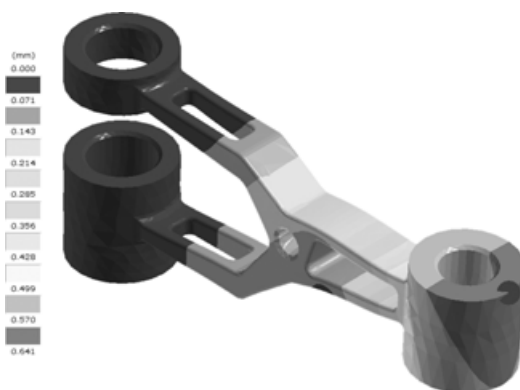


Рис. 22

Если модель представляет собой сборочную модель какого-либо механизма, то для нее может быть выполнен кинематический анализ с определением координат, скоростей, ускорений и сил взаимодействия отдельных ее звеньев. На основе заданных параметров некоторые системы позволяют создавать анимационные ролики, которые можно просмотреть с помощью стандартных средств Windows.

Трехмерная модель является гораздо более наглядным представлением изделия, нежели ее плоский чертеж. Кроме создания любой аксонометрической проекции, 3D-системы позволяют легко строить разнесенные виды изделия, с помощью которых можно демонстрировать порядок сборки, разборки или технического обслуживания изделия. Такая возможность может быть очень полезной при подготовке технической документации и рекламных материалов. На рис. 23 слева показана сборочная единица **Кран шаровой**, выполненная в системе КОМПАС-3D V6. Справа показан разнесенный вид той же модели.