



## Annotation

## Hybrid Modeling in COMPAS-3D V13 System

*The means of surface modeling have been further developed in the new version of Compas-3D V13 CAD system. Presently, users can efficiently apply hybrid modeling capabilities in combination with solid modeling.*

## Автор статьи

**Юрий Лопаткин,**  
аналитик CAD-систем,  
**Александр Потемкин,**  
методист, автор «Азбуки КОМПАС»,  
Группа компаний АСКОН

# ГИБРИДНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

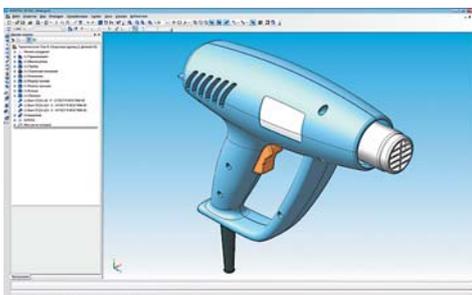
## В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D V13

В новой версии системы КОМПАС-3D V13 разработчиками продолжено развитие средств поверхностного моделирования. Теперь в сочетании с традиционным твердотельным моделированием пользователи могут эффективно применять возможности гибридного моделирования. Конкретный пример поможет разобраться, как с помощью данной технологии можно решать интересные и эффектные задачи.

### ■ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предположим, на некоем предприятии принято решение о разработке нового изделия — **Термопистолета** (рис. 1).

Рис. 1



Сразу же поясним, что это изделие не имеет никакого отношения к секретному оружию. Это — обычный фен, но предназначенный для использования в строительной промышленности и, в силу этого, имеющий некоторые особенности. Например, температура воздушного потока может достигать 600 °С, а его мощность — 500 л/мин. Такие технические характеристики определяют некоторые конструктивные особенности изделия, например обязательное наличие вытянутого сопла,

которое формирует узкий поток нагретого воздуха. Отсюда логически вытекает рабочее положение фена в руке, напоминающее удержание стрелкового пистолета. Кроме того, фен должен иметь «гарду» для защиты пальцев от отраженного горячего потока воздуха. Включение фена и переключение режимов мощности должно быть организовано эргономично и осуществляться пальцами той же руки, которая выполняет захват. Также должна быть предусмотрена возможность установки фена в положение соплом вертикально вверх для остывания.

### ■ СОЗДАНИЕ КОМПОНОВКИ ИЗДЕЛИЯ

Допустим, на этом предприятии успешно работает тандем, состоящий из двух профессионалов — конструктора и промышленного дизайнера, которые взаимно дополняют друг друга при разработке сложных изделий. Первый обеспечивает технически грамотное конструкторское решение, а второй занимается вопросами эргономики и эстетики — существенными показателями, обеспечивающими продвижение изделия на рынке товаров.

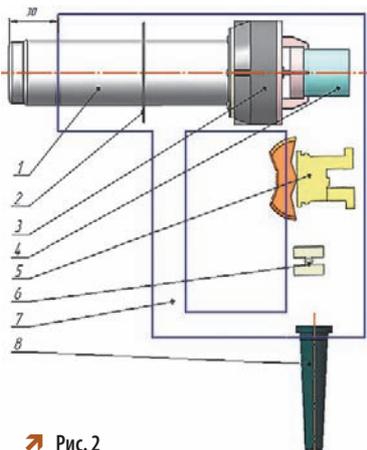
Получив исходные данные для проектирования, оба они приступают к созданию общей компоновки изделия. Этот процесс взаимного творчества достаточно интересен и напоминает разминку футболист-

тов, когда каждый, подержав мяч у себя и сделав пару-тройку финтов, дает пас партнеру. Нас в этой игре интересуют, прежде всего, те этапы, на которых специалисты пользуются функционалом системы КОМПАС-3D. Вопросы подбора комплектующих рассматривать не будем, а предположим, что часть из них уже есть в виде моделей КОМПАС-3D, остальные же конструктор создает пока упрощенно в виде рабочих объемов, приблизительно описывающих геометрию.

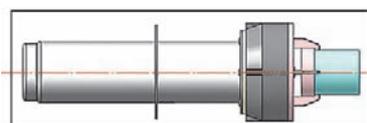
Основная задача конструктора на этапе концептуального проектирования — создать первоначальную компоновку изделия в виде сборочной 3D-модели, содержащей модели всех необходимых функциональных компонентов за исключением корпуса, конструкция и внешний вид которого пока не проработаны. Однако представление о корпусе между конструктором и дизайнером уже согласовано — это будет единый Корпус, охватывающий всю «начинку». Он будет состоять из двух половин, которые крепятся между собой винтами.

На рис. 2 показана первоначальная компоновка изделия, которую подготовил конструктор. Основные компоненты изделия следующие: сопло 1, поддерживающее кольцо 2, термоэлемент с пропеллером 3, термopара 4, выключатель 5, клеммник 6, корпус 7, трубка защиты проводов 8.

Заметим, что расположение компонентов и очертания корпуса на этом этапе — не окончательные. Собственно, этим и будет заниматься дизайнер. Получив от конструктора компоновочный эскиз, дизайнер решает свои задачи, не нарушая ограничений, которые уже определены конструктором. Какие средства для этого он использует? Конечно, КОМПАС. Дизайнер может работать и в 3D-сборке, и в 2D-фрагменте, в зависимости от своего опыта и индивидуального ощущения эффективности своей работы. В нашем случае дизайнер решил работать в 2D, объясняя это тем, что при проработке множества вариантов взаимного расположения компонентов и силуэтной линии корпуса легче и быстрее перемещать плоские макроэлементы, чем пользоваться командами сдвигов и поворотов компонентов сборки и редактировать эскизные кривые. Элементами компоновочного эскиза у него являются растровые вставки, полученные со скриншота первоначальной сборки и обрезанные по контуру. Он может независимо перемещать те элементы, на которые не накладываются конструктивные ограничения. Например, разместив на компоновочном эскизе эргономическую схему, дизайнер может расположить выключатель и защитную трубку так, чтобы рукоятка соответствовала эргономике пистолетной рукоятки, с определенным углом наклона ее оси по отношению к оси сопла (рис. 3).



➔ Рис. 2



➔ Рис. 3



## АВТОМАТИЗАЦИЯ проектно-конструкторских и технологических работ в МАШИНОСТРОЕНИИ

**КОМПАС-3D** для трехмерного моделирования и проектирования в машиностроении

КОМПЛЕКСная автоматизация машиностроительных предприятий на основе **ЛОЦМАН:PLM** и **ВЕРТИКАЛЬ**



## АВТОМАТИЗАЦИЯ проектных работ в ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**КОМПАС-3D** для проектирования в промышленном и гражданском строительстве

КОМПЛЕКСная автоматизация проектных организаций на основе **ЛОЦМАН:PLM**

### АСКОН-КР

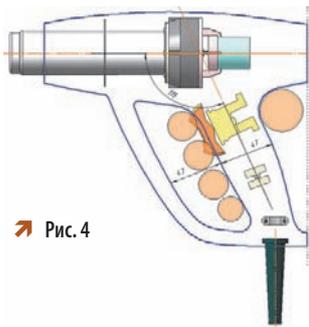
Киев (044) 503-95-34  
Харьков (057) 717-96-65  
Запорожье (0612) 17-06-71  
Днепропетровск (056) 790-07-40  
Донецк (062) 349-67-93

E-mail: [ascon@ascon.kiev.ua](mailto:ascon@ascon.kiev.ua)

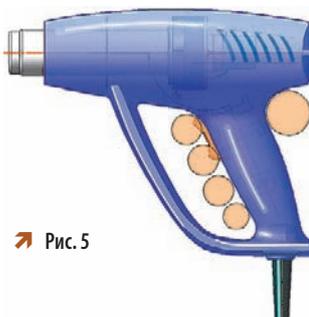


Используя обычные графические примитивы (отрезки, дуги, сплайны, кривые), дизайнер прорабатывает силуэт Корпуса (рис. 4).

Объемное представление модели существует пока лишь в воображении дизайнера, а для дальнейшей работы нужно такое изображение, в котором виден объем Корпуса. Поэтому дизайнер, используя свои профессиональные средства, создает эффект объемности, попутно прорабатывая рисунок щелей забора воздуха и некоторые другие элементы. После этого он может «сделать пас» конструктору (рис. 5).



➔ Рис. 4



➔ Рис. 5

## ■ АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ МОДЕЛИ

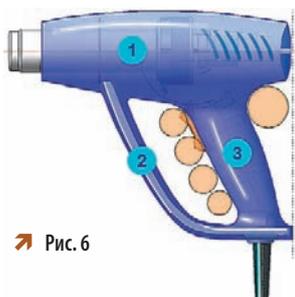
Получив рисунок от дизайнера и увидев на нем будущую форму Термопистолета, конструктор проводит предварительный анализ Корпуса и составляет план его построения. Поскольку Корпус является симметричным относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось сопла, обе детали (или половины) Корпуса — Основание и Крышка — должны иметь общую геометрическую основу и различаться только в нюансах. Поэтому имеет смысл использовать деталь-заготовку (специальный объект системы КОМПАС-3D), в которой будут выполнены все геометрические построения, общие для каждой половины.

Одним из вариантов использования деталей-заготовок является создание зеркальных деталей. Этим и воспользуется наш конструктор. Деталь Основание будет создана на основе детали-заготовки, а Крышка — на основе зеркально отраженной детали-заготовки.

В каждую из деталей можно добавлять новые элементы. Между заготовкой и созданными на ее основе деталями возможно формирование односторонней связи: изменения, внесенные в заготовку, передаются в обе детали, меняя их общую сущность. Дополнительные элементы, выполненные в деталях, не передаются в заготовку. Это позволяет менять общую геометрию Корпуса, оставляя в неприкосновенности уникальные элементы Основания и Крышки.

Итак, целью конструктора на данном этапе является создание детали-заготовки в виде половины Корпуса. Она будет создаваться как поверхностная модель с последующим преобразованием ее в твердое тело с нужной толщиной стенки, т.е. трехмерная деталь будет создаваться по гибридной технологии. Принимая во внимание имеющиеся средства моделирования поверхностей в КОМПАС-3D V13, наличие развитого функционала построения пространственных кривых и точек, конструктор проводит предварительный анализ детали и составляет план ее построения. Модель (рис. 6) будет состоять из трех основных частей: собственно Корпуса (1), Гарды (2) и Рукоятки (3).

Способы гладкого соединения отдельных поверхностей Корпуса, Гарды и Рукоятки в единую модель можно выбрать на заклю-



➔ Рис. 6

чительном этапе проектирования. Это могут быть обычные скругления, скругления с переменным радиусом или с постоянной хордой, поверхности соединения, поверхности по сети кривых или некая комбинация этих способов.

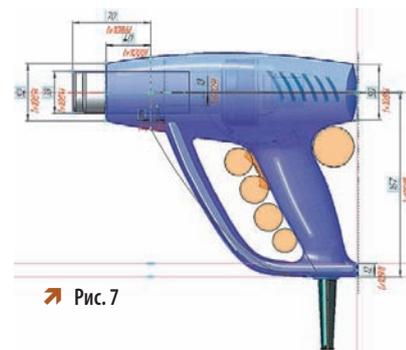
## ■ СОЗДАНИЕ КОМПОНОВОЧНОГО ЭСКИЗА

Конструктор создает новый файл трехмерной детали. На системной плоскости он создает эскиз, в который частично передается геометрия, созданная дизайнером в 2D-фрагменте. Недостающие кривые нужно получить с растрового изображения, поэтому конструктор вставляет в эскиз рисунок, размещая его на отдельном слое. Используя рисунок в качестве подложки, конструктор просто обводит силуэт, используя необходимые графические примитивы. В отличие от дизайнера, конструктор выполняет черчение в параметрическом режиме, что позволит в будущем, при необходимости, уточнять форму модели. После вычерчивания всех необходимых контуров, создания между элементами параметрических связей и простановки размеров, получается компоновочный эскиз, который определяет форму модели и основные размеры ее элементов в продольном направлении (рис. 7).

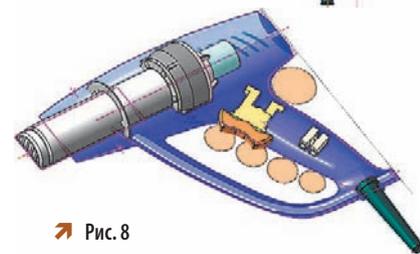
В системе КОМПАС-3D V13 растровая подложка отображается как при работе с эскизом детали, так и в режиме работы с 3D-моделью. Пользуясь этим, конструктор вставляет модель детали-заготовки будущего корпуса в сборку и прямо по подложке изменяет расположение компонентов в ней так, чтобы оно соответствовало расположению компонентов на дизайнерском эскизе (рис. 8).

Если подложка мешает дальнейшей работе, то отображение слоя, на котором она расположена, можно отключить.

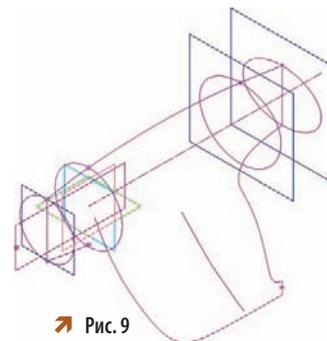
Добавив к компоновочному эскизу четыре эскиза с поперечными сечениями Корпуса, конструктор получает такую картину (рис. 9).



➔ Рис. 7



➔ Рис. 8



➔ Рис. 9

## ■ ПОВЕРХНОСТЬ ПО СЕЧЕНИЯМ

С помощью команды — Поверхность по сечениям — конструктор выполняет построение Корпуса, последовательно указывая его поперечные сечения (рис. 10). После создания заплоток на торцах и их сшивки, будет продолжено построение только для половины получившейся поверхности.

Для этого отрезается часть поверхности профильной плоскостью с помощью команды — Отсечь поверхность (рис. 11).

Для построения гарды как поверхности по сечениям с осевой линией потребуется эскиз с осевой линией и два эскиза с сечениями (рис. 12).

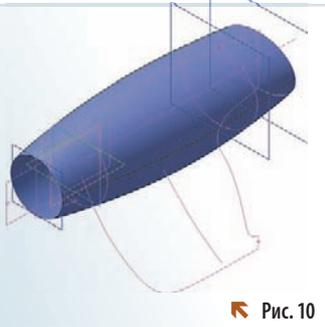
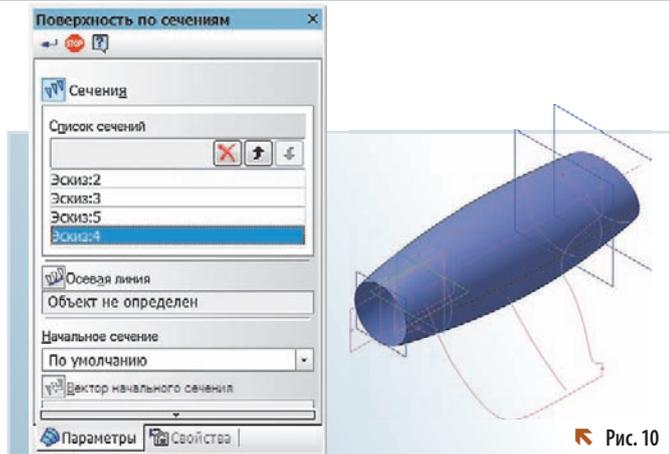


Рис. 10

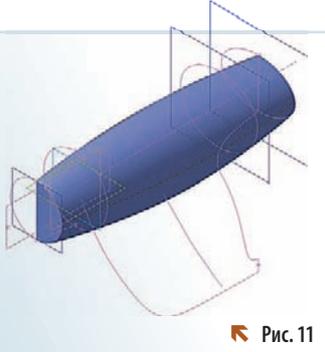
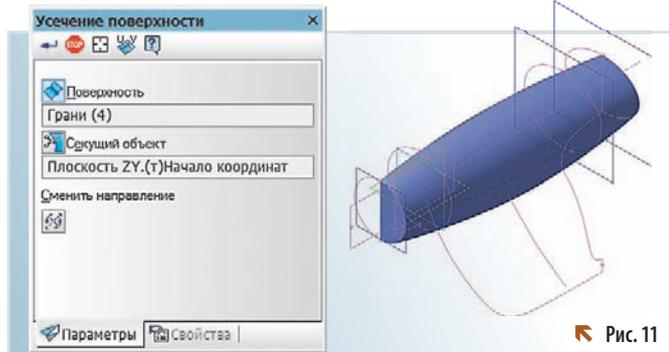


Рис. 11

Осевая линия уже присутствует в компоновочном эскизе. Эскизы сечений создаются на дополнительных плоскостях и содержат NURBS-кривые, которым за счет параметрического выравнивания узлов и протановки размеров придается нужная форма (рис. 13).

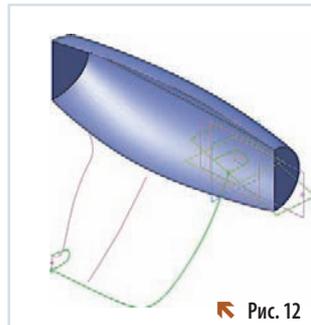


Рис. 12

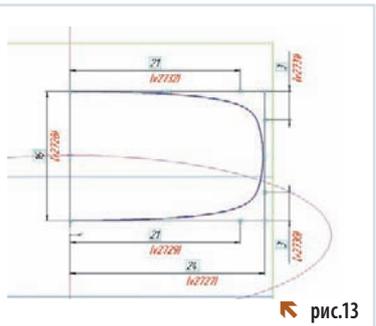
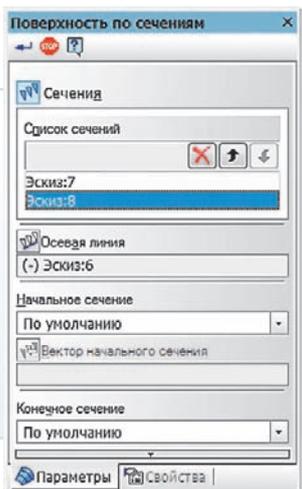


рис.13



Рис. 14

С помощью команды — поверхность по сечениям — выполняется построение поверхности гарды. Для этого указываются эскизы сечений и осевая линия (рис. 14).



### ■ ПОВЕРХНОСТЬ ПО СЕТИ КРИВЫХ

Рукоятка должна быть выполнена эргономично, чтобы термopистолет удобно было держать в руке. Для того, чтобы была возможность гибко изменять форму рукоятки, лучше всего использовать поверхность по сети кривых. Для этого достаточно использовать сеть, состоящую из трех кривых в каждом из двух направлений: поперечном и продольном.

Для создания поперечного набора кривых нужно создать три эскиза с сечениями рукоятки, аналогичные эскизу сечения гарды, но со своими размерами.

Для набора кривых продольного направления можно использовать две кривые из компоновочного эскиза. В качестве третьей кривой добавляется плавная пространственная кривая — Сплайн, которая проходит через средние точки эскизов поперечных сечений (рис. 15).

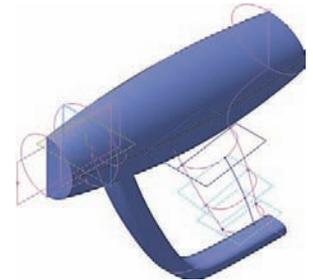
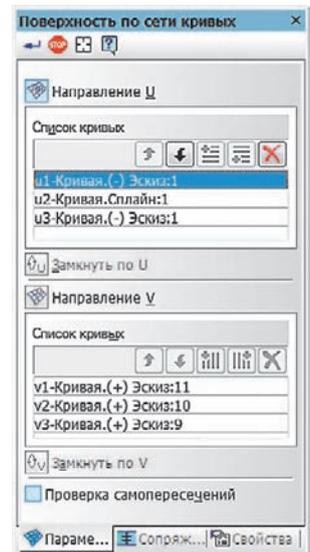
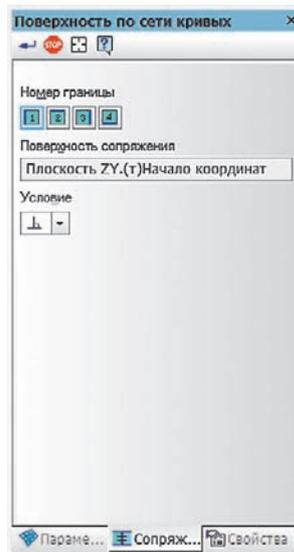


Рис. 15



После подготовки сетки с помощью команды Поверхность по сети кривых создается поверхность. Для этого указываются наборы кривых в каждом направлении. Для границ, расположенных в профильной плоскости, необходимо дополнительно наложить сопряжение «перпендикулярно», чтобы поверхность гладко сопрягалась с зеркально отраженной поверхностью будущей детали Крышка. Для этого на вкладке Сопряжения нужно указать номер соответствующей границы поверхности, объект сопряжения — плоскость и определить условие (перпендикулярно). Наложенные сопряжения отображаются в модели рядом с номерами границ (рис. 16).

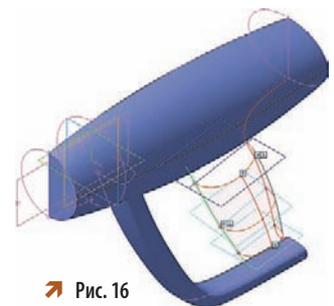


Рис. 16

### ■ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Поверхность Рукоятки не доходит до поверхностей Гарды и Корпуса. По плану объединения всех трех поверхностей в одну, они должны быть взаимно усечены и сшиты. Поэтому первым делом осуществляется продление поверхности рукоятки. После запуска команды Продление поверхности нужно указать кромку Рукоятки, ближайшую к

поверхности Корпуса, задать тип продления (Той же поверхностью), способ (На расстояние) и ввести численное значение в поле Длина так, чтобы продленная поверхность рукоятки гарантированно пересеклась с поверхностью корпуса. Аналогично нужно продлить противоположную кромку Рукоятки для гарантированного пересечения с поверхностью Гарды (рис. 17).

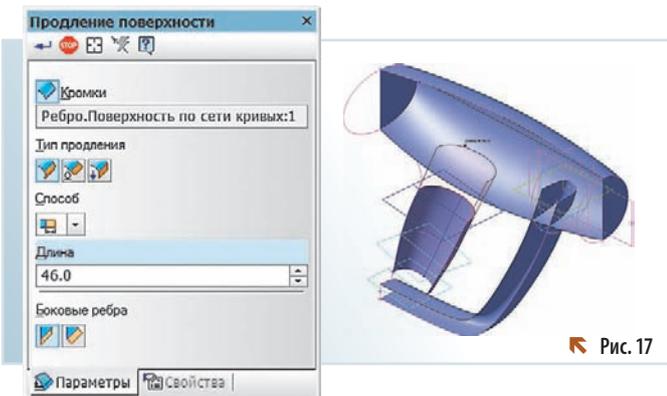


Рис. 17

Далее поверхности Корпуса и Рукоятки взаимно усекаются с помощью двух операций Усечение поверхности. В первой операции усекаемым объектом является поверхность Корпуса, а секущим объектом — поверхность Рукоятки. Во второй — наоборот. Аналогично выполняется взаимное усечение для Рукоятки и Гарды (рис. 18).

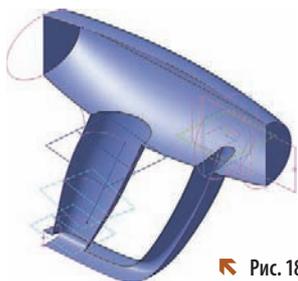


Рис. 18

Плоскую заплатку на заднем торце Корпуса дизайнер просит заменить на поверхность двойной кривизны. Для этого создается Кинематическая поверхность: дуга, нарисованная в профильной плоскости, перемещается вдоль направляющей — дуги, нарисованной в перпендикулярной к ней плоскости (рис. 19).

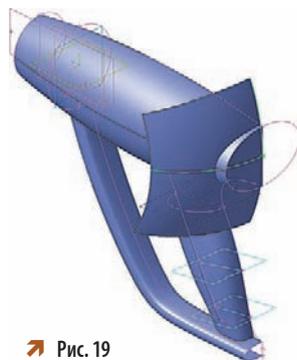


Рис. 19



Рис. 20

### ■ СОЗДАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Для того чтобы правильно построить скругление Рукоятки и Корпуса, в модели временно создается правая половина: поверхности отражаются относительно фронтальной плоскости и сшиваются в единое целое.

Одновременно в модели происходит важная метаморфоза: она преобразуется в твердое тело. Включение опции Создавать тело при выполнении команды Сшивка поверхностей позволяет заполнить

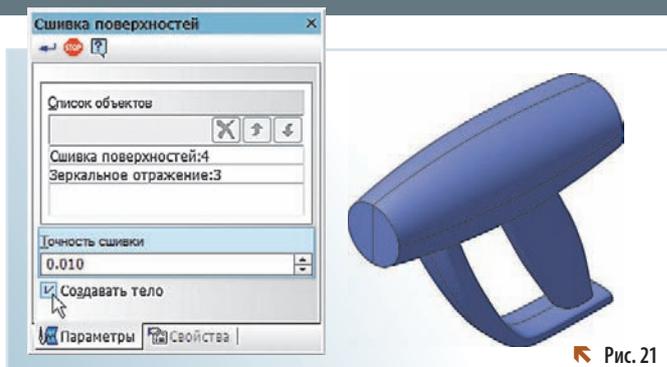


Рис. 21

весь внутренний объем поверхностной модели материалом, назначенным для детали (рис. 21).

Поскольку эскизы, плоскости и прочие вспомогательные элементы для дальнейших построений не понадобятся, их отображение можно отключить с помощью команды Скрыть все объекты.

После этого можно скруглить ребра, по которым пересекаются Корпус и Рукоятка. Универсальная команда Скругление позволяет скруглять различными способами поверхности и тела. После ее запуска нужно указать скругляемые ребра, выбрать способ построения С постоянной хордой и задать величину хорды (рис. 22).

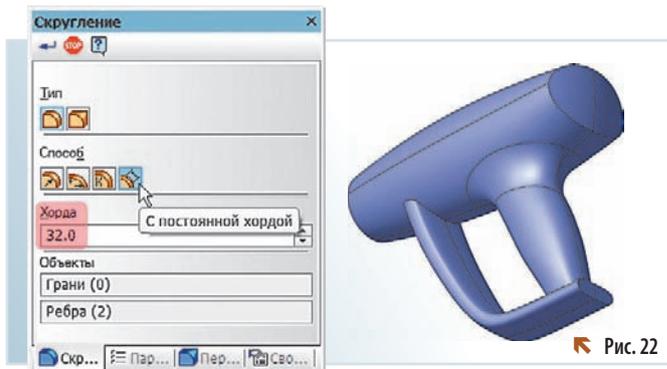


Рис. 22

### ■ ПРОВЕРКА ГЛАДКОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

На любом этапе работы с моделью можно визуально оценить гладкость полученной поверхности. Дизайнер контролирует параметр с помощью команды Проверка гладкости поверхности, создающей специальный режим отображения модели, при котором все ее грани представляются зеркально отражающими окружающую среду. По умолчанию в гранях модели отражается внутренняя поверхность сферы с нанесенными на нее полосами (зебра). Если полосы зебры при переходе через границу между соседними поверхностями «ломаются», это говорит о том, что их общая поверхность не является гладкой. Полосы на сфере можно заменить произвольным растровым изображением из файла и визуально оценить гладкость поверхности по изломам бликов (рис. 23).



Рис. 23

## ■ СОЗДАНИЕ ТОНКОСТЕННОЙ ОБОЛОЧКИ КОРПУСА

Вернемся к нашей сверхзадаче — созданию детали-заготовки в виде твердотельной «скорлупы», представляющей половину Корпуса. Для этого вновь рассекаем модель фронтальной плоскостью. Теперь хорошо видно, что она представляет собой тело, а не поверхность (рис. 24).



Рис. 24

Применяем к модели команду Оболочка. Указываем грань продольного сечения, которая будет исключена из расчетов, при этом к остальным граням добавляем слой материала, образующий оболочку. Это приводит к появлению полости, повторяющей внешнюю форму детали (рис. 25).

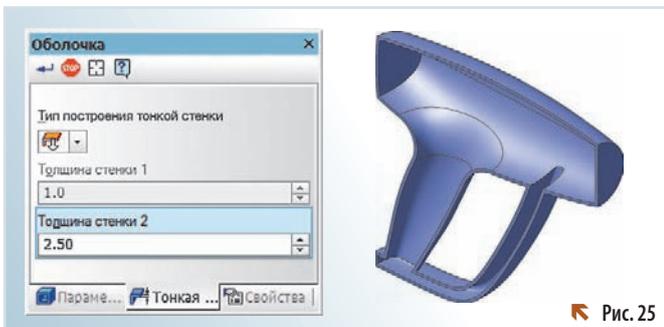


Рис. 25

Далее с деталью можно работать как с обычной твердотельной моделью: добавлять скругления, ребра, бобышки, пазы, отверстия для щелей воздухозабора, то есть использовать все возможности работы системы КОМПАС-3D V13 с твердыми телами. Частично этот процесс происходит в режиме редактирования «на месте» в основной сборке для того, чтобы при создании конструктивных элементов использовать проекции геометрических примитивов охватываемой корпусом «начинки». Он продолжается до тех пор, пока не будет полностью создана общая основа двух будущих деталей: Основания и Крышки (рис. 26).



Рис. 26

## ■ СОЗДАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОСНОВАНИЕ И КРЫШКА

После того, как создана общая основа, конструктор приступает к моделированию деталей корпуса. Создаются две новые (полые) модели Основания и Крышки, в каждую из которых, с помощью команды Деталь-Заготовка, вставляется ранее спроектированная модель.

Кнопка Вставка внешней ссылкой на Панели свойств обеспечивает формирование связи между исходной заготовкой и деталями. При создании детали Основание дополнительно включается опция Зеркальная деталь (рис. 27).

Каждая из половин Корпуса добавляется в сборку, чтобы контролировать создание в них уникальных конструктивных элементов, форма которых обусловлена взаимным расположением Основания и Крыш-

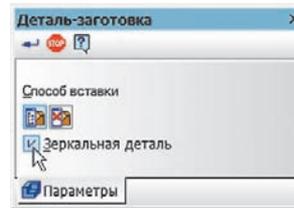


Рис. 27

ки. Самый главный из них — разделка кромок (паз на одной половине и выступ на другой), которые вместе образуют замок, соединяющий детали в сборке. В детали Основание (справа) на кромке формируется паз. На внутренней поверхности создаются бобышки для вкручивания винтов.

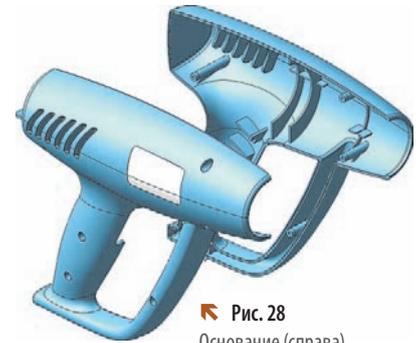


Рис. 28  
Основание (справа)  
и Крышка (слева)

После появления в Основании опорных элементов положение компонентов можно точно определить с помощью сопряжений. В готовой сборке можно найти нежелательные пересечения компонентов, проверив ее на собираемость (рис. 29).

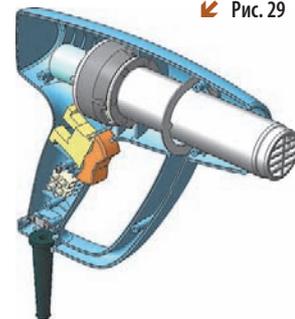


Рис. 29

Наконец, из библиотеки Стандартные изделия добавляются винты. Для технической документации или для рекламных целей добавляются разнесенный вид и вид с прозрачной Крышкой (рис. 30).

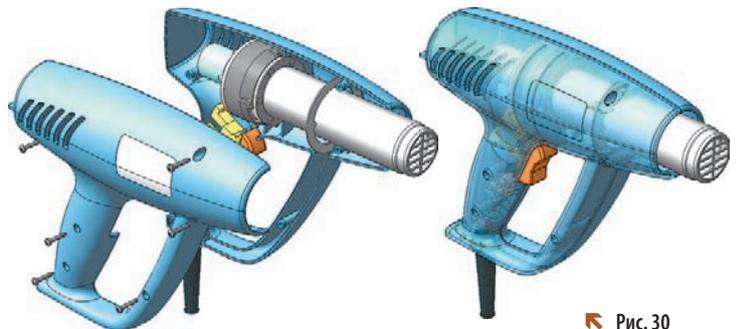


Рис. 30

Таким образом, совместная работа дизайнера и конструктора подходит к завершению. Проследив за процессом их совместного творчества, мы познакомились не только с отдельными возможностями системы КОМПАС-3D V13, но и с последовательной методикой проектирования изделия, использующей гибридную технологию моделирования.

Пользователи системы КОМПАС-3D V13 могут познакомиться с моделью Термопистолет, открыв ее в папке Samples основного каталога установки системы.