

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621(07)
В932

Я.В. Высокорец

CAD, CAM, CAE, PLM, PDM

Часть 1

**CAD, CAE В КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Учебное пособие для самостоятельной работы студентов

Челябинск

2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Миассе
Кафедра «Технология производства машин»

621(07)
В932

Я.В. Высогорец

CAD, CAM, CAE, PLM, PDM
Часть 1
CAD, CAE В КОНСТРУКТОРСКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Учебное пособие для самостоятельной работы студентов

Под редакцией Ю.Г. Микова

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2014

УДК 621.002.2(076.5) + 658.512-52(076.5)
В932

Одобрено
учебно-методической комиссией машиностроительного факультета
филиала ЮУрГУ в г. Миассе.

Рецензенты:
Н.М.Филькин, Д.А. Пастухов

Высогорец, Я.В.
В932 CAD, CAM, CAE, PLM, PDM. Часть 1: CAD, CAE в конструкторско-технологическом проектировании: учебное пособие для самостоятельной работы студентов / Я.В. Высогорец; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 98 с.

Учебное пособие предназначено для выполнения практических работ по курсам «САПР ТП», «Программы поддержки инженерных расчетов», «Базы данных при решении задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств» студентами специальности 151900.62. В пособии описываются процессы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц, создание чертежей, в том числе с использованием ассоциативных видов с 3D-моделей, автоматическое получение с 3D-моделей и редактирование спецификаций, конструкторские расчеты, связанные с трехмерными моделями изделий, автоматическое получение программ на СЧПУ с трехмерных моделей, отладка технологии изготовления деталей в режиме анимации, автоматизированное создание технологий изготовления деталей и сборочных единиц, расчет режимов резания, выбор оборудования, инструментов и других составляющих технологических процессов механической обработки и сборки из технологических баз данных, организация конструкторско-технологического документооборота с использованием PLM-системы в ПО «Компас-3D», «Вертикаль», «Лоцман», «СОМCNC».

УДК 621.002.2(076.5) + 658.512-52(076.5)

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного пособия является наглядная демонстрация студентам возможностей современного конструкторско-технологического проектирования с помощью программ «Компас-3D», «Вертикаль», «Лоцман», «COMCNC».

Системы САПР (системы автоматизированного проектирования), в соответствии с международной классификацией, делят на системы CAD (computer aided design), CAM (computer aided manufacturing) и CAE (computer aided engineering). Также выделяют системы PLM (product lifecycle management), PDM (product data management), и некоторые другие (CAPP, ERP, MRP, MES и др.).

CAD и CAE представляют собой программы, предназначенные для двумерного, трехмерного, параметрического моделирования, а также проведения всех сопутствующих расчетов на прочность, долговечность и др. К современным CAD, применяемым в отечественном машиностроении относят: *Компас-3D*, *SolidWorks*, *T-Flex*, *AutoCAD* и некоторые другие. Одним из наиболее распространенных CAE продуктов в нашей стране является ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного анализа.

CAM-системы призваны автоматизировать технологическое проектирование. Такое проектирование может частично исключаться из производственного цикла благодаря программам, генерирующим управляющие программы на станки с ЧПУ с двумерных или трехмерных моделей деталей. Примерами таких программ являются: *PowerMill*, *ГеММа-3D*, *Edgescam*, *ESPRIT*, *Mastercam*, *FeatureCAM*, *Винтех RCAM*, *COMCNC*.

Другой вид САМ(CAPP – computer aided process planning) — программы, которые представляют собой базу данных технологических процессов, режущих инструментов, приспособлений, станков, СОЖ, СИЗ и других атрибутов технологического проектирования, а также содержат подпрограммы расчета режимов резания, межоперационных припусков, норм времени и расхода материала. Данные программы реализуют методы синтеза, анализа и прямого проектирования, описанные в теоретическом базисе САПР ТП. Примерами таких программ являются *Вертикаль*, *Спрут-ТП*, *T-FLEX* Технология и некоторые другие.

«Тяжелые» САПР, такие как *CREO Parametrics* (бывший *PRO/ENGINEER*), *Unigraphics* и *CATIA*, которые объединяют в себе CAD, CAM и CAE технологии также заняли свою нишу в отечественной промышленности в целом и машиностроении — в частности.

PLM и PDM системы обеспечивают управление информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего жизненного цикла, начиная с проектирования, и заканчивая снятием с эксплуатации. В настоящее время подобные системы только начинают внедряться в отечест-

венное машиностроение, примерами таких программ являются «*Лоцман*» (планирование работ, управление заданиями, конструкторско-технологическая подготовка производства, электронный документооборот) и «*Гольфстрим*» (PLM, PDM, ERP, MRP).

В данном методическом пособии планируется решить следующие задачи:

1. Создание различными способами трехмерных моделей деталей:
 - 1.1. Корпус гироскопа.
 - 1.2. Шестерня ведущая цилиндрическая автомобиля «Урал».
 - 1.3. Шестерня высшей передачи промежуточного вала автомобиля «Урал».
2. Обучение способам трехмерного проектирования посредством операций «выдавливание», «кинематическая операция», «по сечениям».
 - 2.1. Построение трехмерной модели детали «вал» с помощью операций выдавливание/вырезание.
 - 2.2. Построение трехмерных моделей детали посредством кинематической операции.
 - 2.3. Построение трехмерной модели детали посредством операции «по сечениям» («*Компас-3D*», *CAD*).
3. Получение ассоциативных видов с трехмерных моделей и доработка до чертежей деталей:
 - 2.1. Корпус гироскопа.
 - 2.2. Шестерня ведущая цилиндрическая автомобиля «Урал».
 - 2.3. Шестерня высшей передачи промежуточного вала автомобиля «Урал» («*Компас-3D*», *CAD*).
4. Проектирование сборочного узла
 - 3.1. Создание 3D-сборки.
 - 3.2. Получение ассоциативных видов, доработка их до сборочного чертежа.
 - 3.3. Автоматическое получение и редактирование спецификации.
 - 3.4. Создание детализировки на примере деталей сборочного узла («*Компас-3D*», *CAD*).
5. Создание технологии изготовления деталей:
 - 5.1. Корпус гироскопа.
 - 5.2. Шестерня ведущая цилиндрическая автомобиля «Урал».
 - 5.3. Шестерня высшей передачи промежуточного вала автомобиля «Урал» («*Вертикаль*», *CAM*, *CAPP*).

6. Получение и отладка с визуализацией обработки управляющих программ для станков с ЧПУ на токарные и фрезерные операции для деталей:
 - 4.1. Корпус гироскопа.
 - 4.2. Шестерня ведущая цилиндрическая автомобиля «Урал».
 - 4.3. Шестерня высшей передачи промежуточного вала автомобиля «Урал» – («Adem», «COMCNC», «CINCO», CAM).
7. Создание технологии сборки узла – («Вертикаль», CAM, CAPP).
8. Объединение конструкторского и технологического проектирования в рамках виртуального предприятия, создание электронного документооборота – («Лоцман», PLM, PDM).

Пособие рекомендуется для самостоятельной работы студентов.

1. СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В «КОМПАС-3D»

1.1. Создание трехмерной модели детали «Корпус гироскопа» в «Компас-3D»

Чертеж корпуса гироскопа представлен на рис. 1.

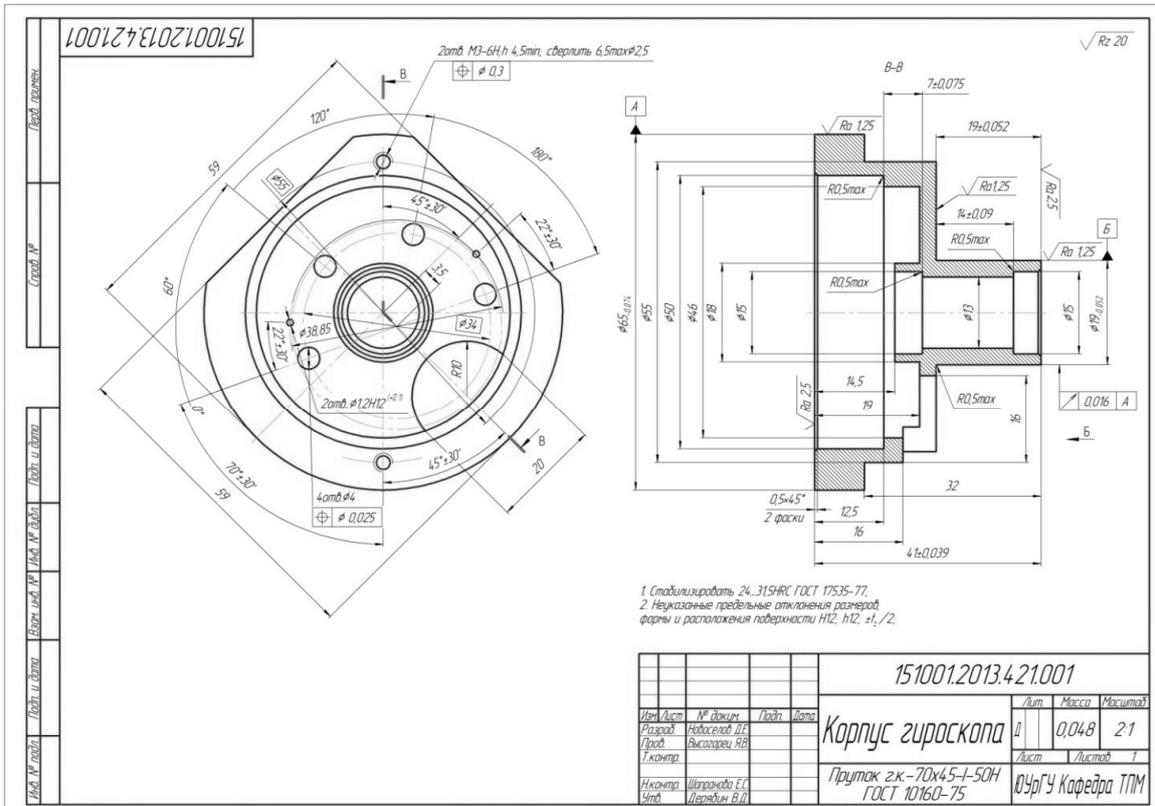


Рис. 1. Корпус гироскопа

Для решения поставленной задачи нужно сделать следующее:

1. Запустить программное обеспечение (ПО) «Компас-3D». Сделать это можно либо из меню пуск (рис. 2, а), либо с рабочего стола (рис. 2, б).

2. Создать новый документ «Деталь», для этого следует: либо нажать сочетание клавиш «Ctrl+N», либо нажать «Файл» – «Создать» – «Деталь» (рис. 3, а, б), либо нажать на пиктограмму с белым листом бумаги в правом верхнем углу программы и выбрать пункт «Деталь» (рис. 3, в).

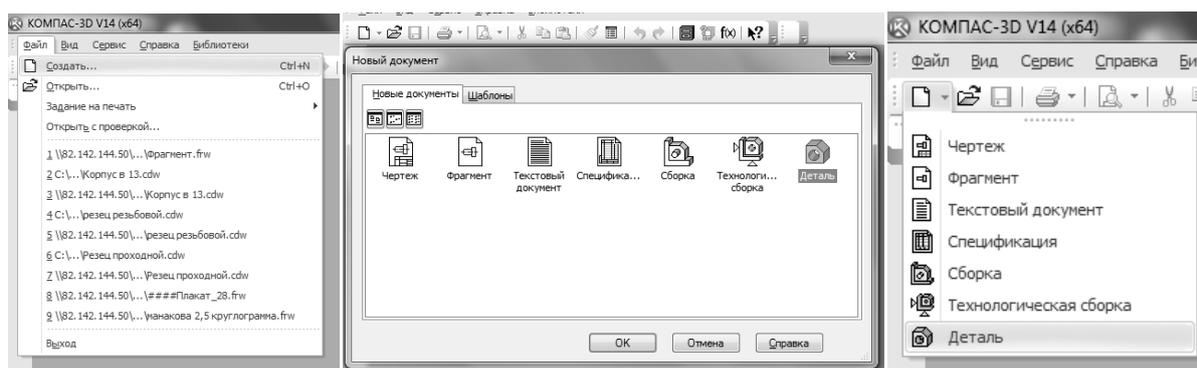
После создания нового документа на экране появится поле с градиентной заливкой, набором плоскостей и осей. Интерфейсы программы при трехмерном и двухмерном моделировании различаются (рис. 4, 5).



а)

б)

Рис. 2. Запуск «Компас-3D»: а – из меню «Пуск», б – с рабочего стола



а)

б)

в)

Рис. 3. Создание нового документа с 3D-моделью: а – из меню «Файл», б – выбор типа нового документа, в – из инструментальной панели

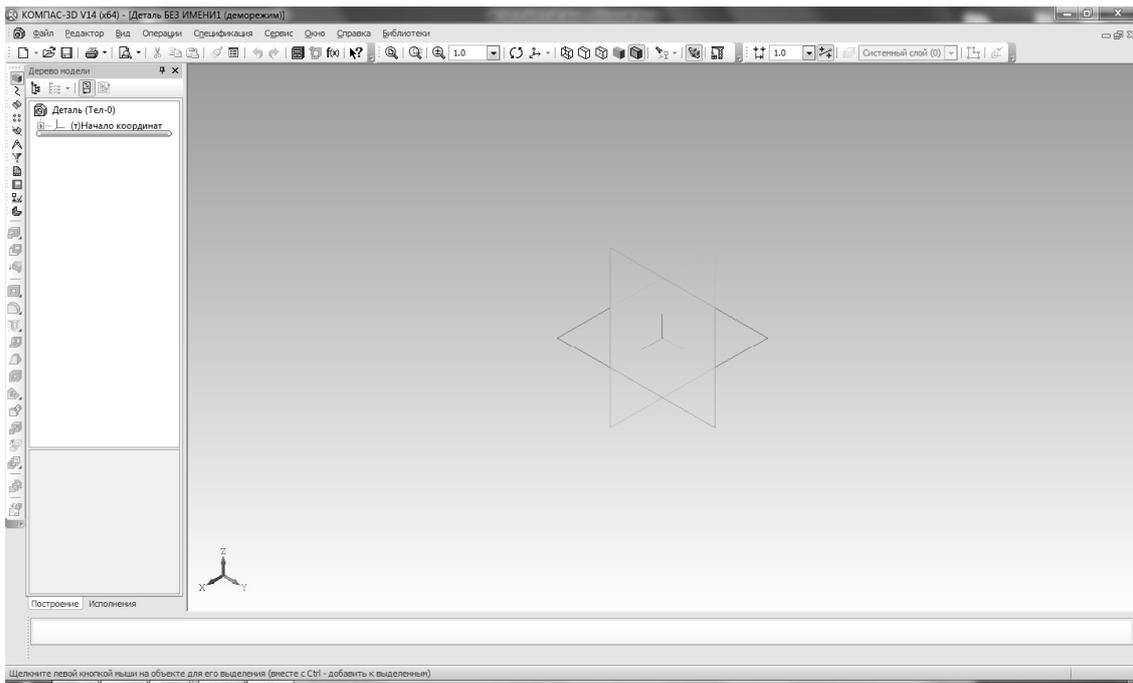


Рис. 4. Интерфейс программы при трехмерном моделировании

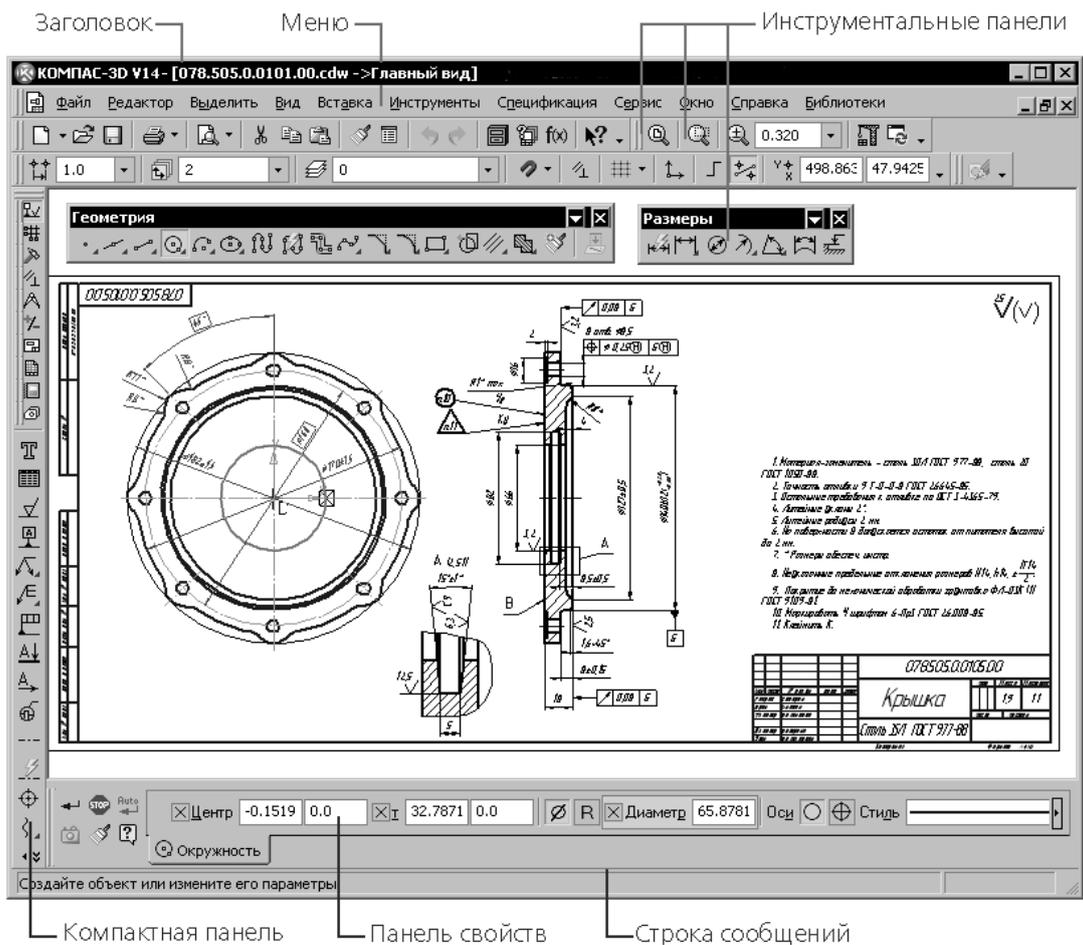


Рис. 5. Интерфейс программы при двухмерном моделировании

Помимо поля с градиентной заливкой в интерфейсе трехмерного моделирования присутствует «Дерево модели» (белое поле между компактной панелью и область с градиентной заливкой). Дерево модели является неотъемлемой частью трехмерного моделирования. Состав компактной и инструментальных панелей при двух- и трехмерном моделировании различаются.

3. Выйти из «деморезима», если он запускается по умолчанию, для этого надо нажать «Сервис» – «Получить лицензию на Компас-3D» (рис. 6)

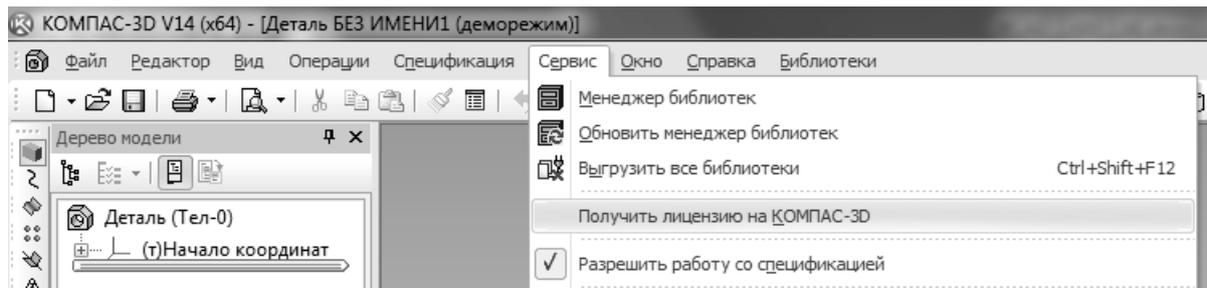


Рис. 6. Получение лицензии

4. В дереве построения слово «Деталь» изменить на соответствующее, т.е. на «Корпус гироскопа» (рис. 7, а). Для этого достаточно щелкнуть левой клавишей мыши на слове «Деталь» в дереве модели и ввести название проектируемой детали (см. рис. 7, а). Однако лучше сразу указать не только наименование, но и обозначение, автора, организацию, проверяющего и др. необходимые данные. Для этого следует щелкнуть на заголовке дерева модели правой кнопкой мыши и выбрать в контекстном меню пункт «Свойства модели» (рис. 7, б), после чего появится список заполняемых свойств модели по умолчанию, который можно настроить посредством инструмента «Настройка списка свойств» (рис. 7, в). После того, как свойства модели описаны, можно указать материал детали, переключившись на вкладку «Параметры МЦХ», либо сделать это в конце проектирования модели.

5. Далее необходимо сохранить модель, для этого можно нажать сочетание клавиш «Ctrl+S», нажать «Файл» – «Сохранить» (рис. 8, а), либо пиктограмму с дискетой (рис. 8, б).

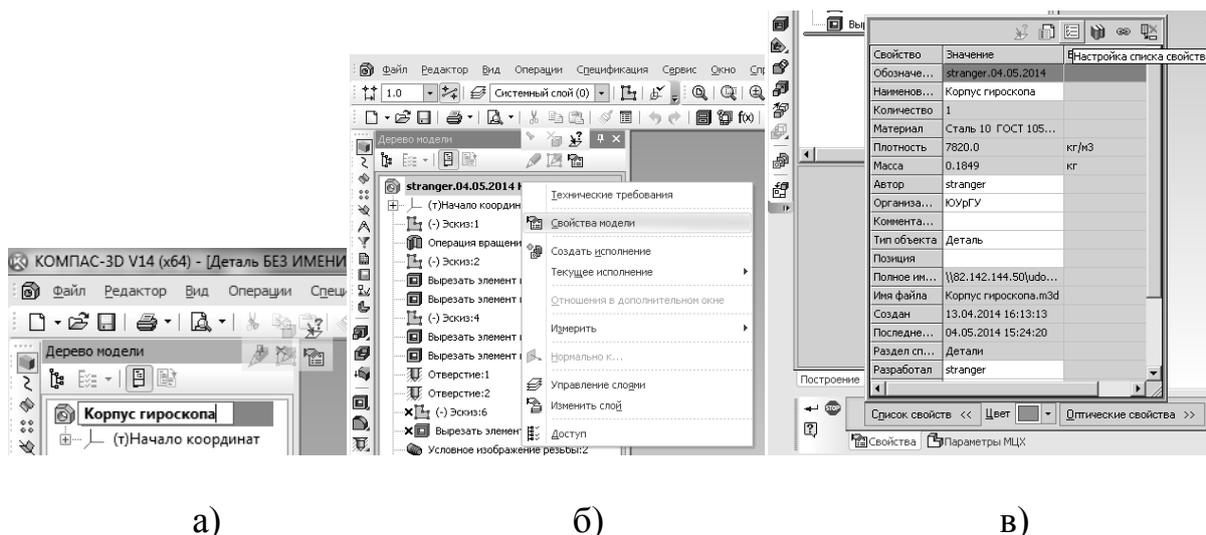


Рис. 7. Свойства детали: а – смена названия модели, б – выбор свойств модели из контекстного меню, в – настройка списка свойств, список свойств

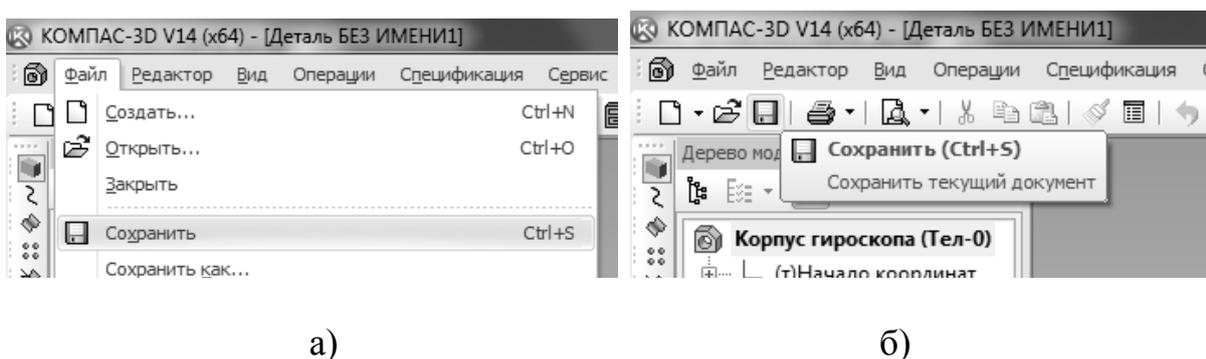


Рис. 8. Сохранение модели: а – из меню «Файл», б – из инструментальной панели

Если на ПК уже установлен «Лощман», то появится меню (рис. 9, а). В данном меню следует выбрать «Сохранить файл на диске». Если «Лощман» не установлен, то появится обычное окно сохранения, в котором необходимо указать место сохраняемого файла и задать его имя. Место выбирается произвольно, имя файла в данном случае – «Корпус гироскопа». Имя файла может быть любым, но лучше сразу приучать себя к грамотному именованию файлов (рис. 9, б). То же самое касается дерева построения, информация из которого автоматически идет в штамп чертежей, получаемых из ассоциативных видов и спецификации. После нажатия кнопки «Сохранить» появится меню с предложением указать автора, организацию и комментарий (рис. 9, в).

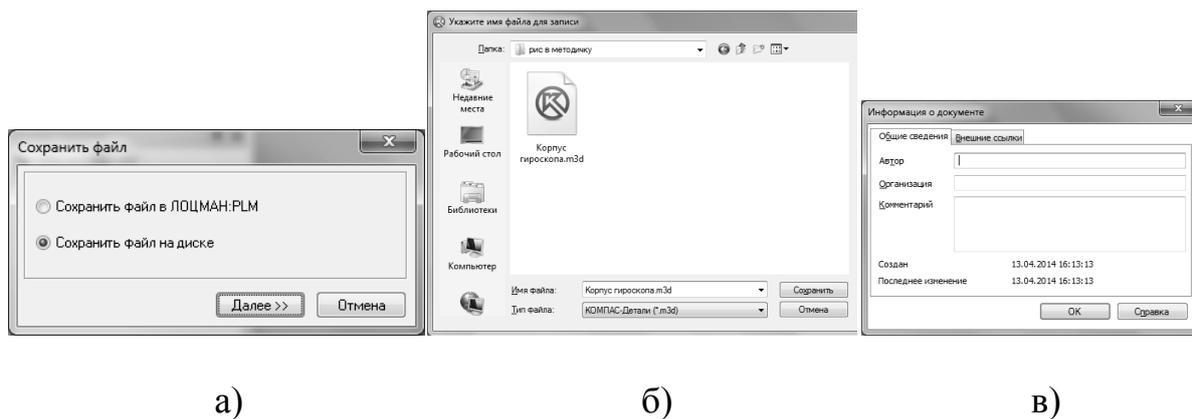


Рис. 9. Сохранение файла: а – тип сохранения, б – ввод имени файла и указание места расположения файла, в – ввод информации о документе

6. Следующим шагом является выбор плоскости. Его можно осуществить щелкнув на соответствующей плоскости в поле с градиентной заливкой, либо в дереве модели (рис. 10). Углы и середины отрезков квадрата, изображающего плоскость, при этом должны выделиться черными маркерами (см. рис. 10).

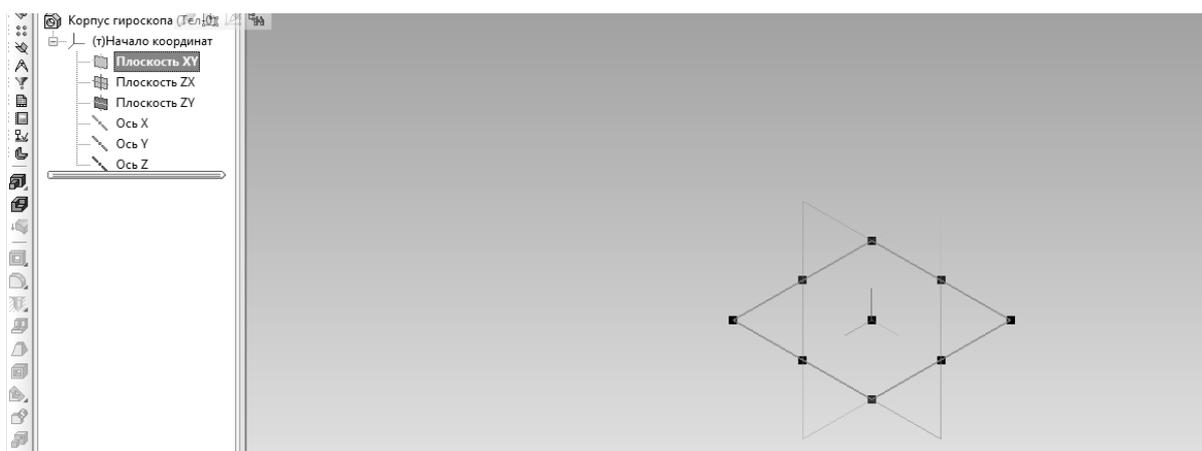


Рис. 10. Выбор плоскости

7. После того, как плоскость выбрана, необходимо создать в ней эскиз. Это можно сделать: нажав правой кнопкой мыши на плоскости и выбрав пункт «Эскиз» (рис. 11, а), нажав на соответствующей плоскости в дереве модели правой кнопкой мыши, и выбрав пункт «Эскиз» (рис. 11, б), нажав, предварительно выделив плоскость, пиктограмму «Эскиз» на инструментальной панели (рис. 11, в)

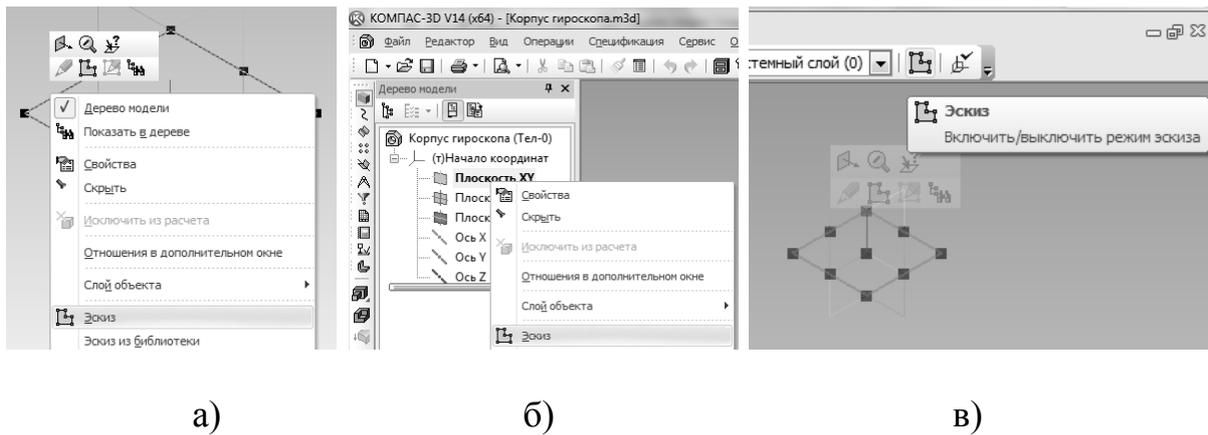


Рис. 11. Построение эскиза на плоскости: а – из рабочей области, б – из дерева модели, в – из инструментальной панели

8. Далее необходимо при помощи инструментов двухмерного моделирования нарисовать контур детали.

NB: В «Компас-3D» предусмотрено 4 основных способа построения трехмерных моделей: «выдавливанием», «вращением», «кинематически» и «по сечениям» (рис. 12). Также возможно автоматическое получение трехмерных моделей при использовании некоторых библиотек, таких как «Валы и механические передачи 2D».

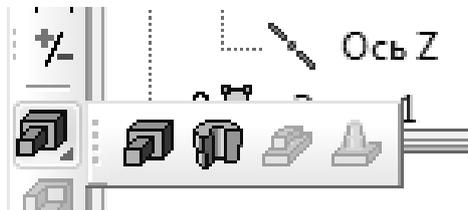


Рис. 12. «Выдавливание», «вращение», «кинематически» и «по сечениям»

В данном случае деталь представляет собой «тело вращения», поэтому очевидным выбором способа построения трехмерной модели будет операция «вращение».

Для того чтобы построить модель способом «вращение», необходимо провести ось, и далее вокруг нее изобразить контур детали. Чтобы провести ось, следует выбрать (щелкнуть левой кнопкой мыши) инструмент «Отрезок» (рис. 13) из набора инструментов «Геометрия» (появляется по умолчанию при создании эскиза) в компактной панели задач и указать две точки в поле модели – первую в начале координат, вторую – отстоящую от нее по горизонтальной оси (рис. 14). Под рабочей областью находится панель свойств. Она появляется автоматически при выборе того или иного инструмента. Если панель свойств не появляется, ее необходимо «вклю-

чить» нажав «Вид» – «Панели инструментов» – «Панель свойств» (рис. 15). Длина оси должна быть немного больше длины детали, т.к. длина детали 41 мм (см. рис. 1) то подходящей длиной будет 45 мм, угол «0.0», стиль «Осевая» (рис. 16). Длина оси может быть любой, размер 45 выбран для того, чтобы ось аккуратно смотрелась на эскизе.

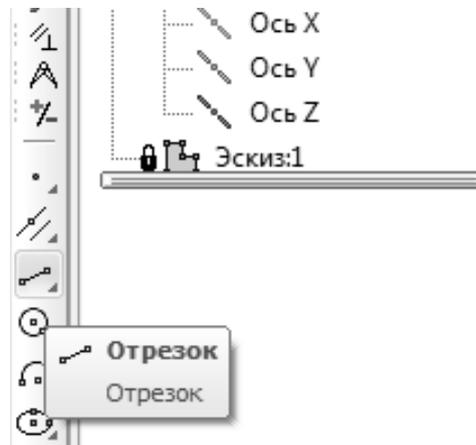


Рис. 13. Инструмент «Отрезок»

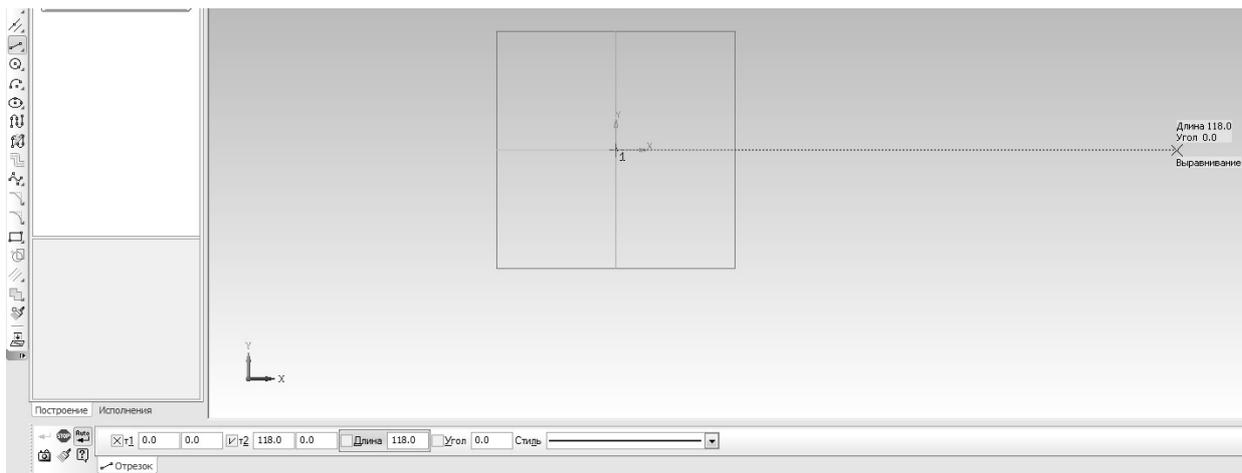


Рис. 14. Проведение отрезка

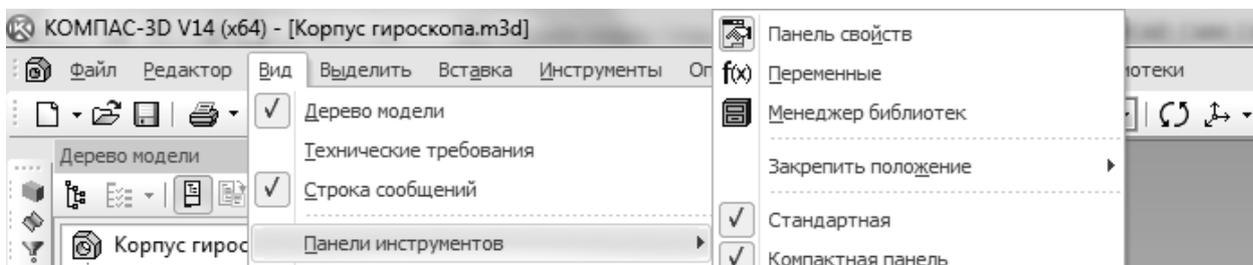


Рис. 15. Активация панели свойств

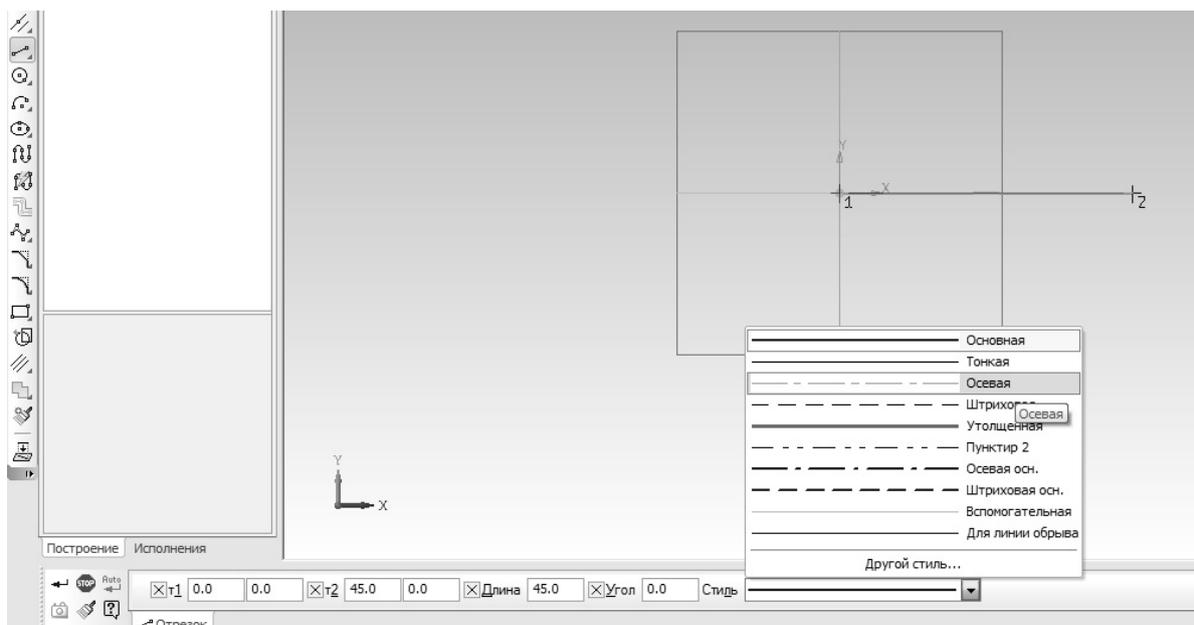


Рис. 16. Проведение оси

После того, как ось проведена, необходимо построить вокруг нее контур детали. Не стоит забывать о том, что при проведении осевой стиль линии по умолчанию мог измениться, в этом случае его надо вернуть (стиль «Основная») (рис. 17).

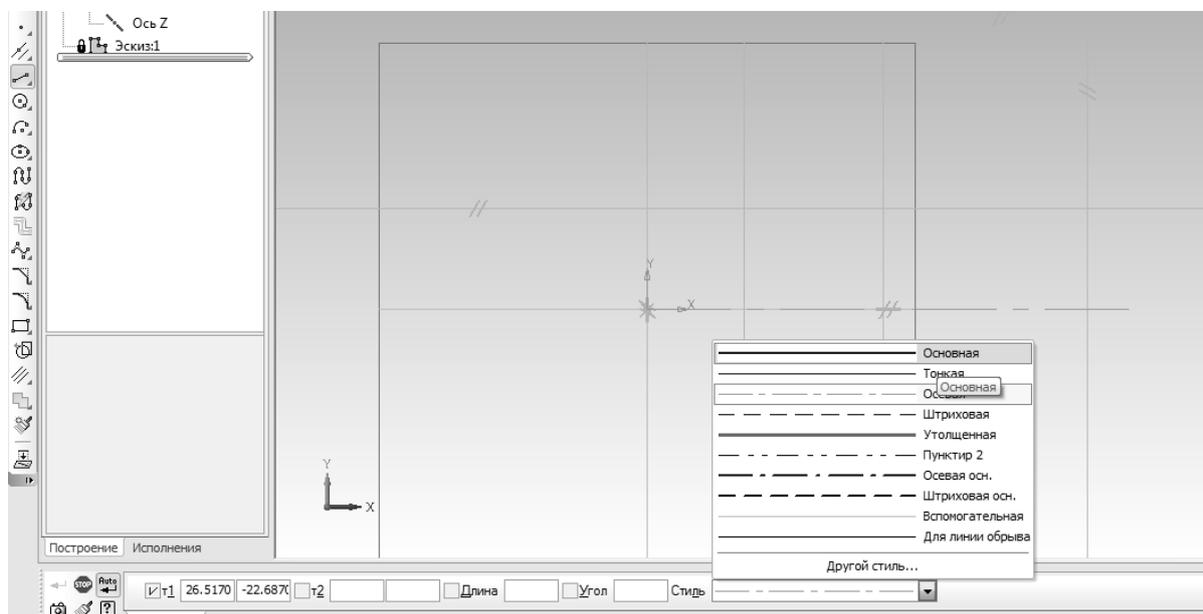


Рис. 17. Смена осевого типа линии на основной

Одним из наиболее простых и быстрых способов построения контура детали является способ, который заключается в том, чтобы провести «на глаз» контур детали с помощью инструмента «Непрерывный ввод объек-

тов» (рис. 18, а) из панели инструментов «Геометрия». Первая точка указывается на оси (желательно в начале координат, см. рис. 18, б), вторая выше, третья правее, четвертая ниже и т.д. (см. рис. 18, б). Если линии получились не вертикальные и горизонтальные (рис. 19, а), следует зайти в набор инструментов «Параметризация» (рис. 19, б), и с помощью инструментов «Горизонтальность» (рис. 19, в) и «Вертикальность» (рис. 19, г) выровнять отрезки (щелкнуть по ним левой кнопкой, рис. 19, д).



Рис. 18. Построение наружного контура детали «на глаз» при помощи непрерывного ввода объектов: а – выбор инструмента, б – проведение контура

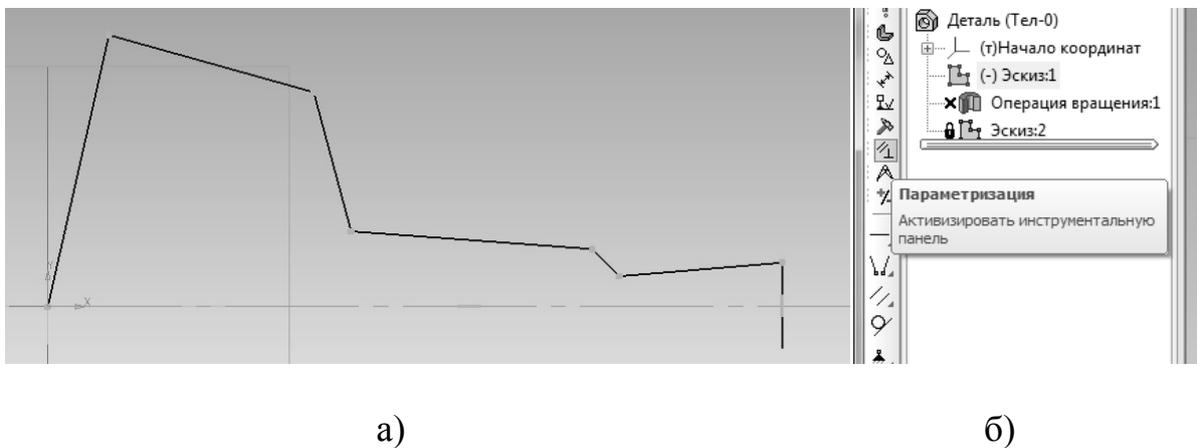
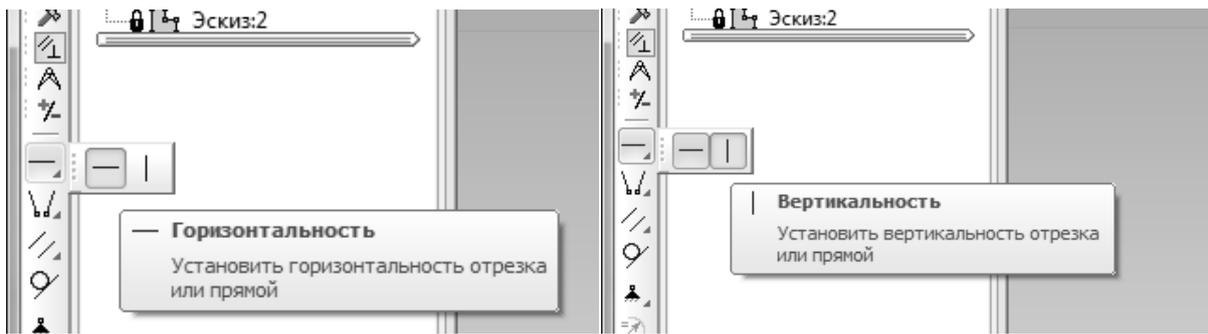
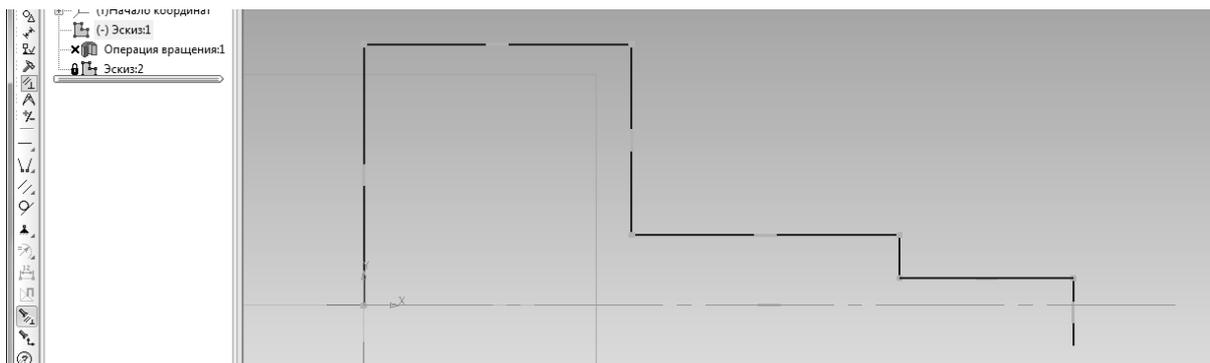


Рис. 19. Выравнивание контура: а – вариант неудачного проведения контура, б – параметризация, в – горизонтальность, г – вертикальность, д – результат выравнивания



в)

г)



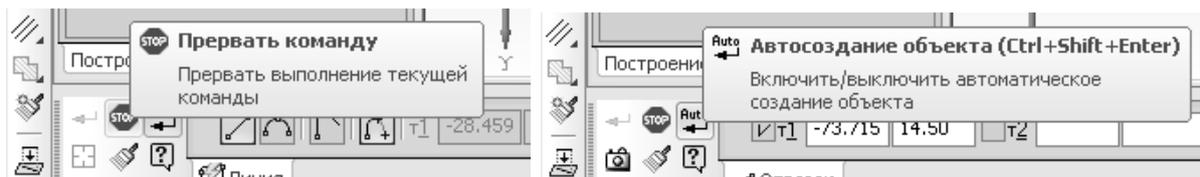
д)

Рис. 19. Окончание

После того, как поставлена последняя точка контура, необходимо прервать команду, это делается либо нажатием клавиши «Esc» на клавиатуре, либо нажатием на значок «STOP» (рис. 20, а). Если кто-то до вас отключил «автосоздание» объектов (рис. 20, б), его необходимо включить.

Далее необходимо усечь лишнюю часть прямой (см. рис. 18, б, 19, а, д). Эта операция осуществляется при помощи инструмента из набора инструментов «Редактирование» (рис. 21, а) «Усечь кривую» (рис. 21, б). Для того чтобы произвести данную операцию, необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на наборе инструментов «Редактирование», далее выбрать инструмент «Усечь кривую», и щелкнуть левой кнопкой мыши на тех элементах, которые являются избыточными. Результат операции изображен на рис. 22.

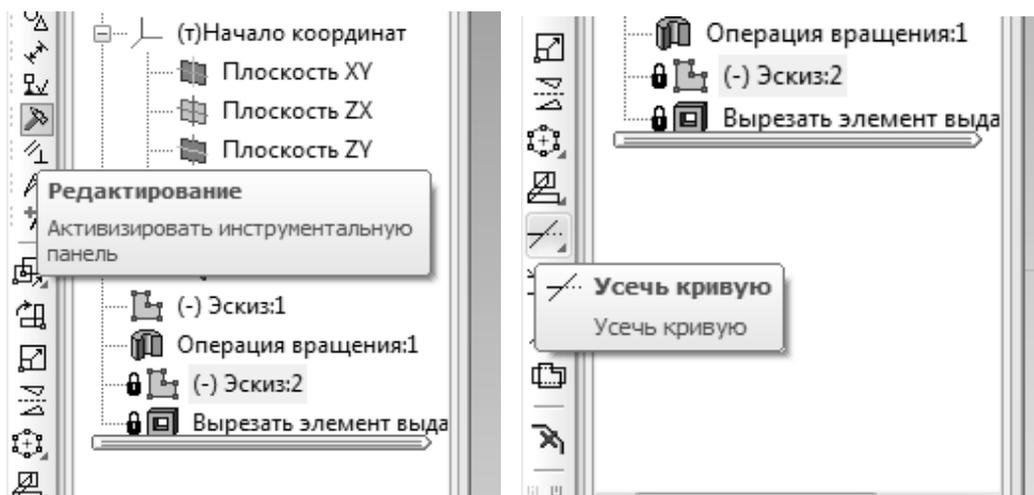
После того, как контур проведен, необходимо проставить на нем размеры, при этом контур автоматически примет вид в соответствии с проставленными размерами. Данная операция является важной частью параметрического трехмерного моделирования (рис. 23).



а)

б)

Рис. 20. Операции подтверждения/отмены: а – прервать команду, б – «автосоздание» объектов



а)

б)

Рис. 21. Операция усечь кривую: а – группа инструментов, б – инструмент

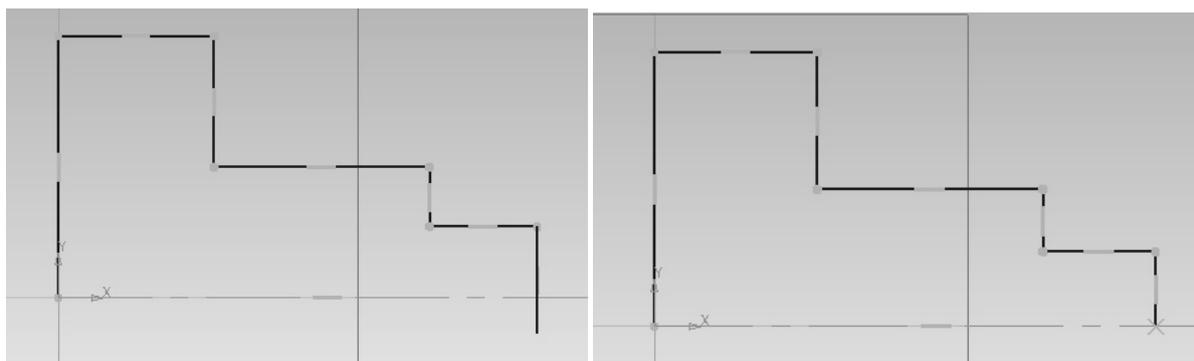


Рис. 22. Усечение прямой

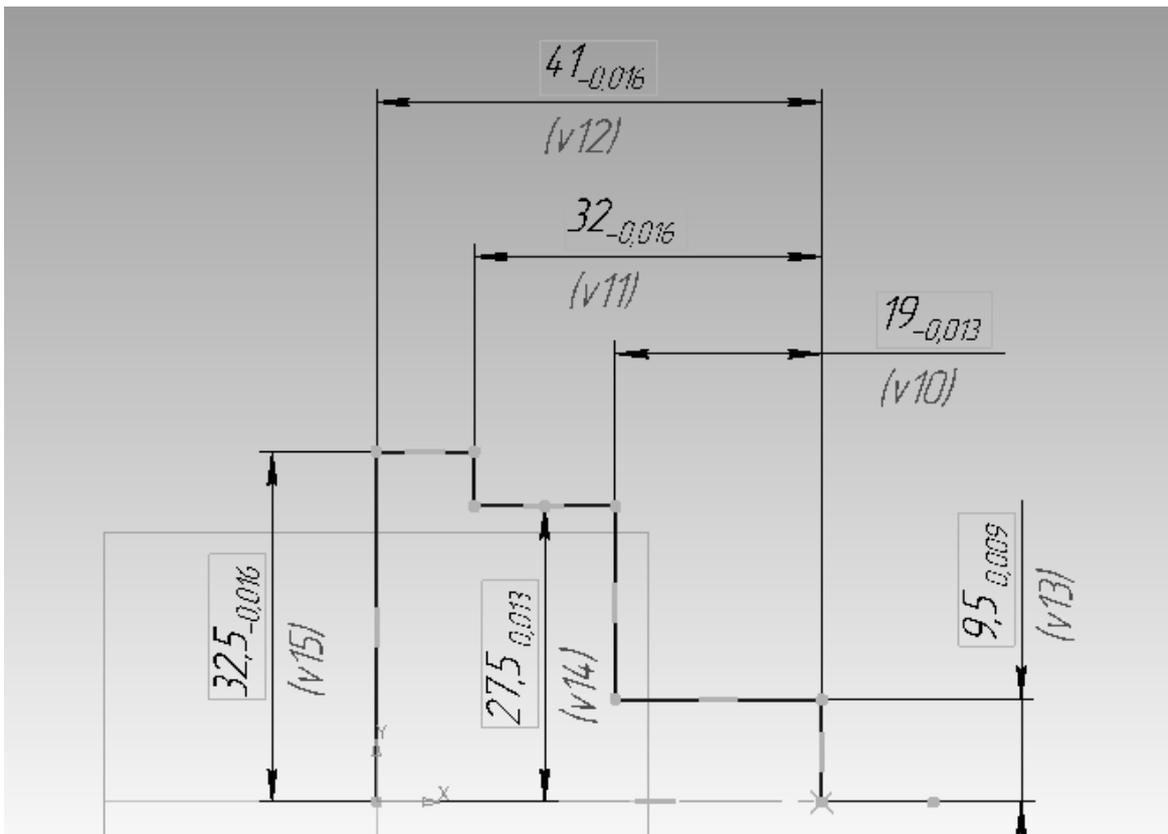


Рис. 23. Простановка размеров

Набор инструментов с размерами расположен под набором инструментов «Геометрия» (рис. 24).

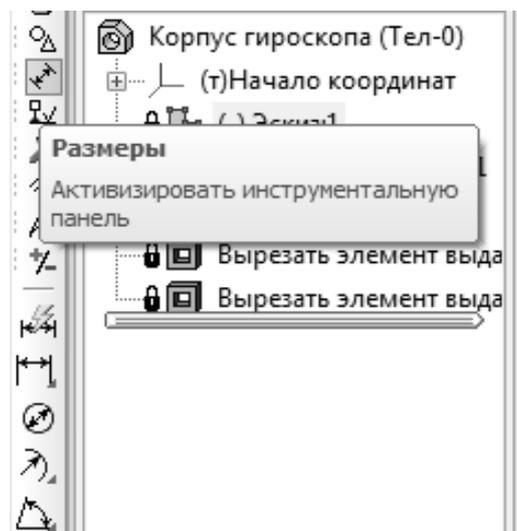


Рис. 24. Набор инструментов «Размеры»

Для того чтобы проставить размер, следует выбрать инструмент «Линейный размер» (рис. 25). После этого щелкнуть на две точки, между

которыми необходимо указать размер — например так, как показано на рис. 26. В последнем случае необходимо дополнительно нажать на значок «Горизонтальный», после чего размер автоматически перестроится и пересчитается (рис. 27). Если нажать на точки пересечения оси и основных линий, то размер сразу будет горизонтальным (оптимально). В появляющемся после простановки размеров меню (рис. 28) надо указывать необходимые размеры (согласно заданию, см. рис. 1, 23) и нажимать «ОК», либо ставить галочку в поле «информационный размер», если данный размер не должен быть параметрическим. В данном случае все размеры (см. рис. 23) параметрические. О том, что размер является параметрическим, говорит запись с переменной v и порядковым номером под размером (см. рис. 23, 29).

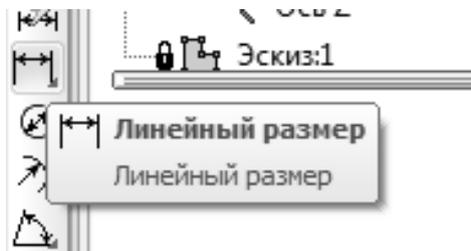


Рис. 25. Линейный размер

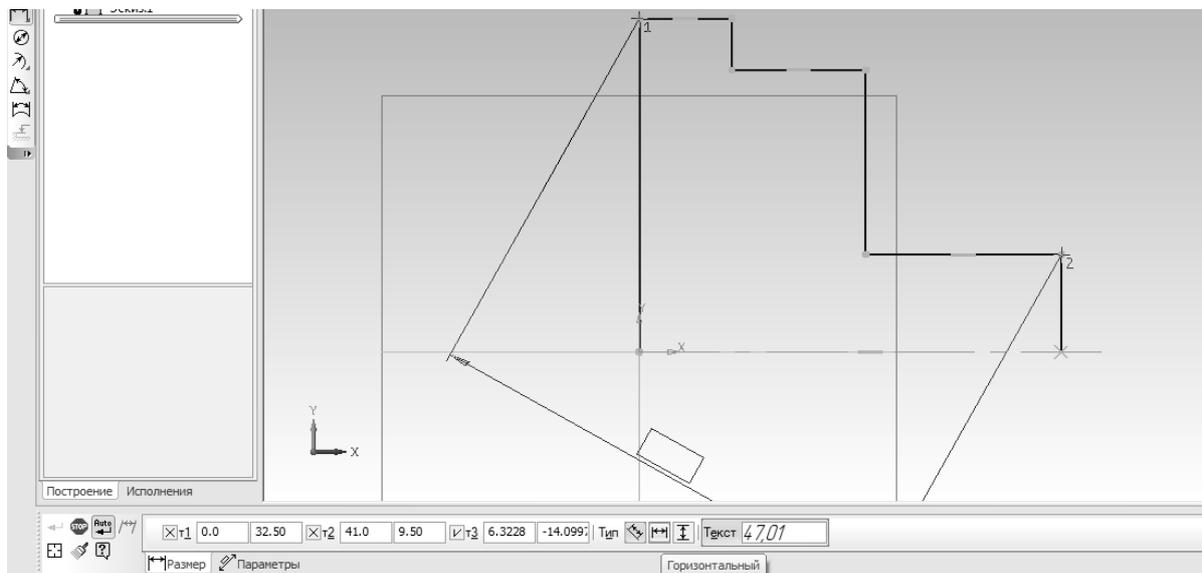


Рис. 26. Указание двух точек линейного размера

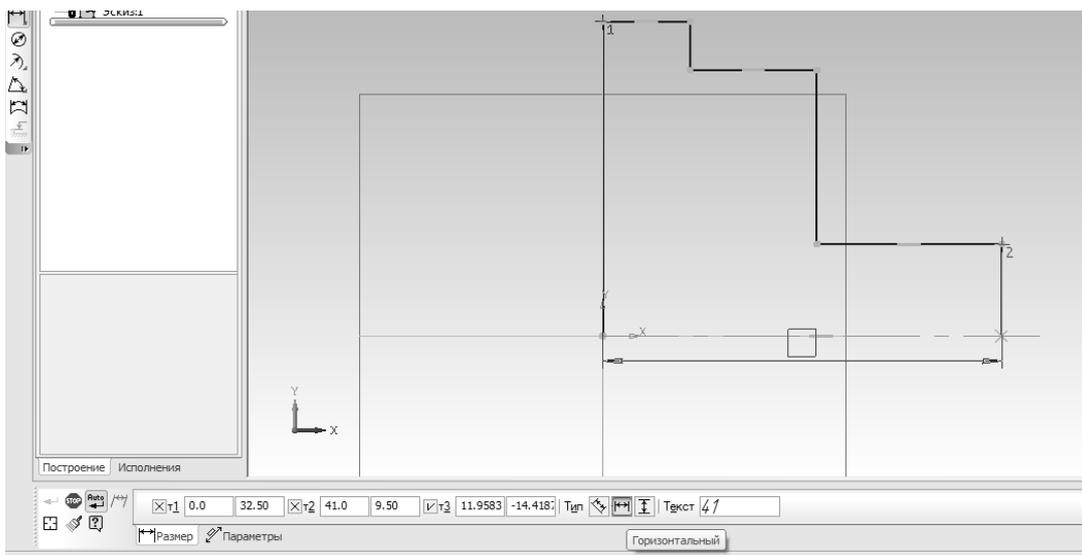


Рис. 27. Горизонтальный размер

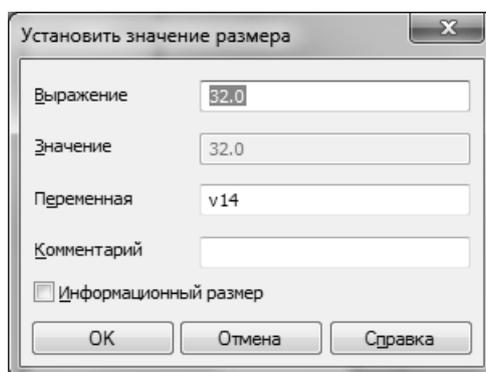


Рис. 28. Меню выбора характера размера

Далее следует изобразить внутренний контур детали «на глаз» с помощью инструмента «непрерывный ввод объектов» (см. рис. 1, 18, а, 29).

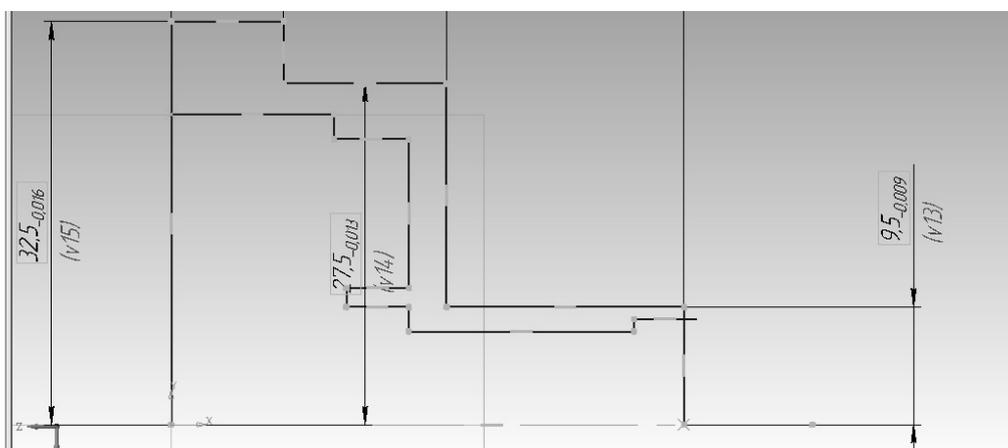


Рис. 29. Внутренний контур детали, проведенный «на глаз»

После проведения контура «на глаз» необходимо проставить размеры, описывающие внутренний контур детали в соответствии с чертежом (заданием, см. рис. 1). Для удобного восприятия информации сначала будет описана простановка радиальных размеров, после — линейных.

Необходимо указать размеры: 25 (D50), 23 (D46), 9 (D18), 7.5 (D15), 6.5 (D13). В качестве точки на оси рекомендуется выбирать начало координат (точку пересечения левого торца детали с осью). При простановке размеров может произойти ситуация, когда одна из прямых после простановки размеров станет непараллельной оси (см. рис. 30, а). В таком случае необходимо воспользоваться набором инструментов «Параметризация» (рис. 30, б), нажать на соответствующий инструмент (под горизонтальность/вертикальность) и выбрать инструмент «Выровнять точки по горизонтали» (рис. 30, в). Для того чтобы появилась подгруппа инструментов, необходимо нажать на соответствующем инструменте левой кнопкой мыши и не отпускать кнопку 1-2 секунды. Далее необходимо последовательно указать первую и вторую точки выравниваемой прямой (рис. 30, г, д)

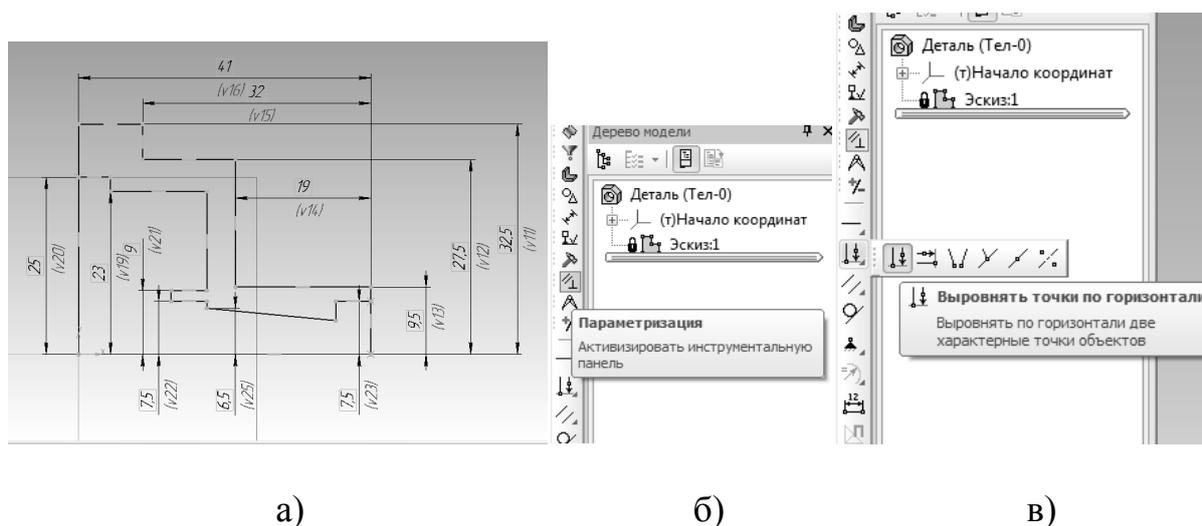


Рис. 30. Выравнивание прямой по горизонтали: а – пример, б – набор инструментов «Параметризация», в – инструмент «Выровнять по горизонтали», г – выбор выравниваемых точек, д – результат выравнивания

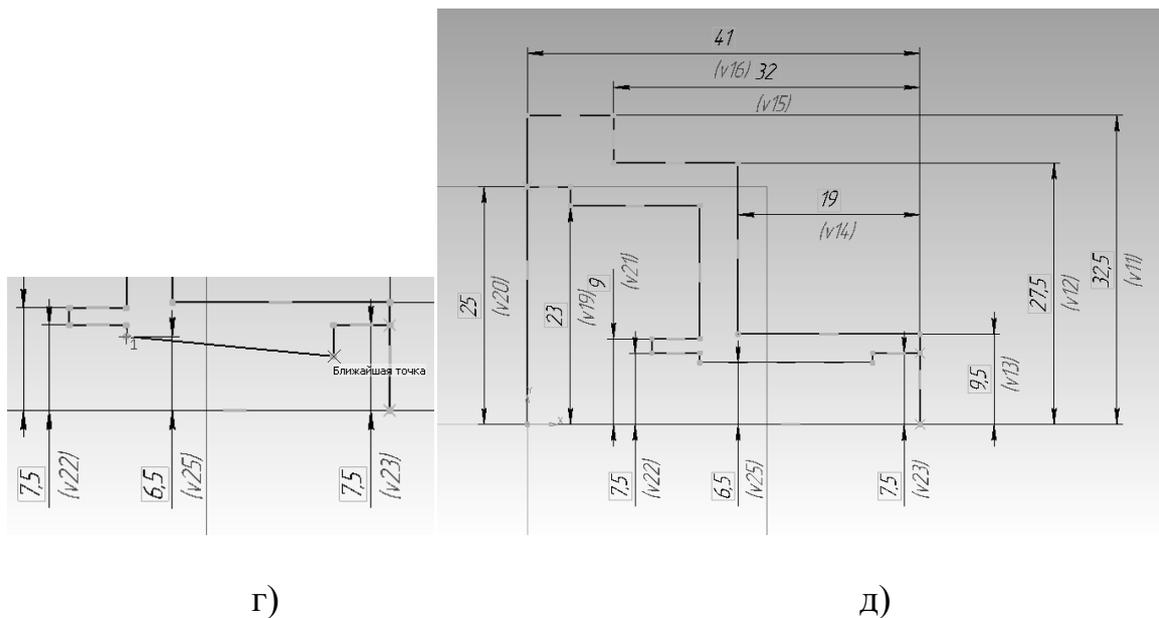


Рис. 30. Окончание

После простановки радиальных размеров, следует проставить линейные размеры согласно заданию: 12.5, 19, 14.5, 7, 14 (рис. 31) и усечь лишние элементы при помощи инструмента «усечь кривую» (см. рис. 21, а, б, 22, 32). На рис. 32, б показан эскиз без размеров для лучшего понимания. Выглядеть эскиз должен так, как показано на рис. 32, а. Следует обратить внимание, что точек пересечения эскиза с осью — нет (см. рис. 32, б).

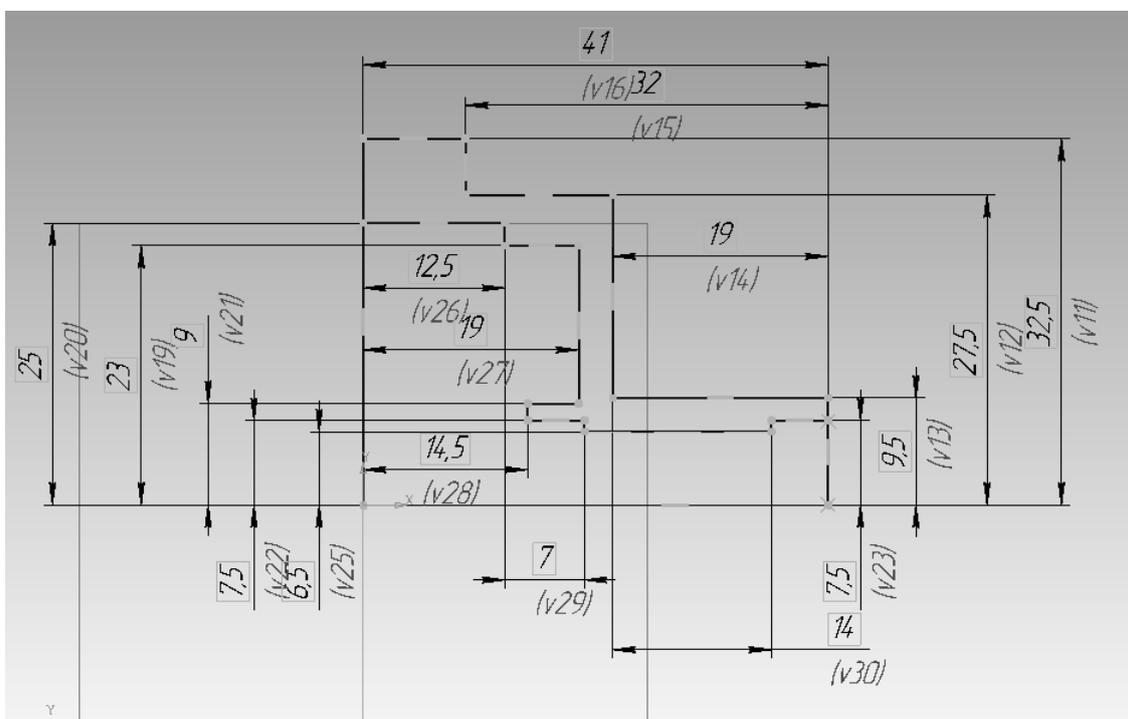
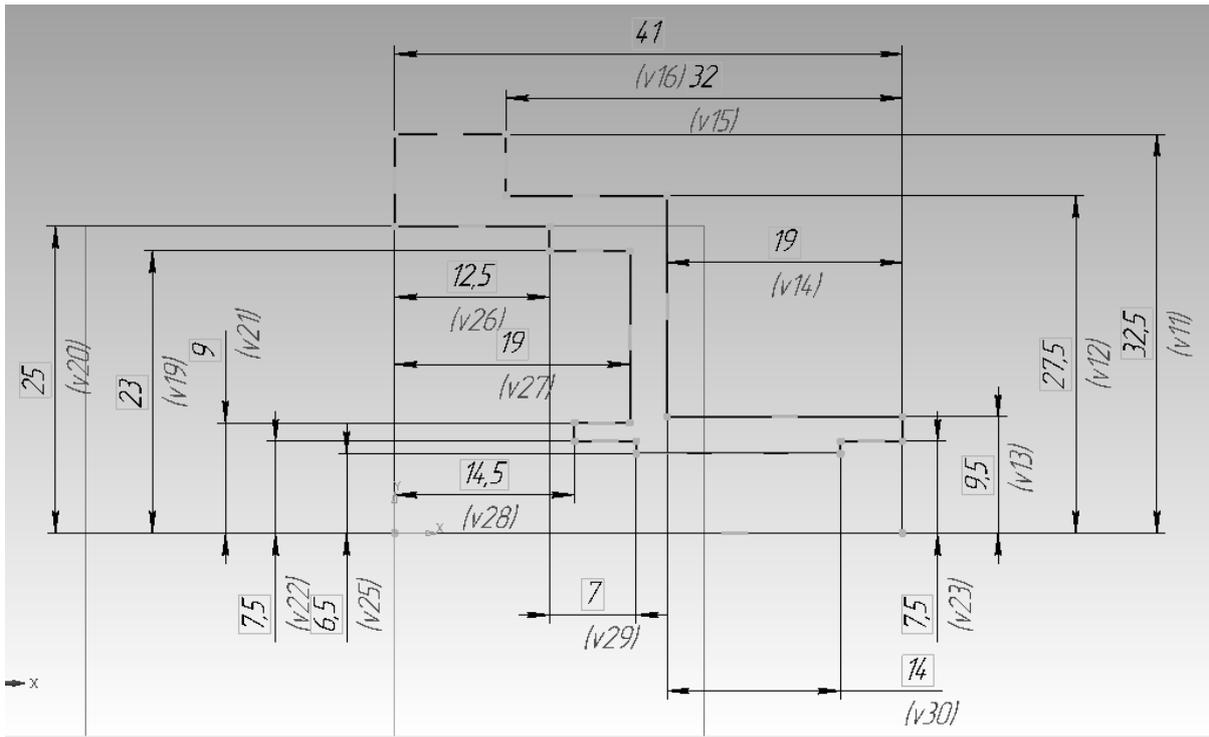
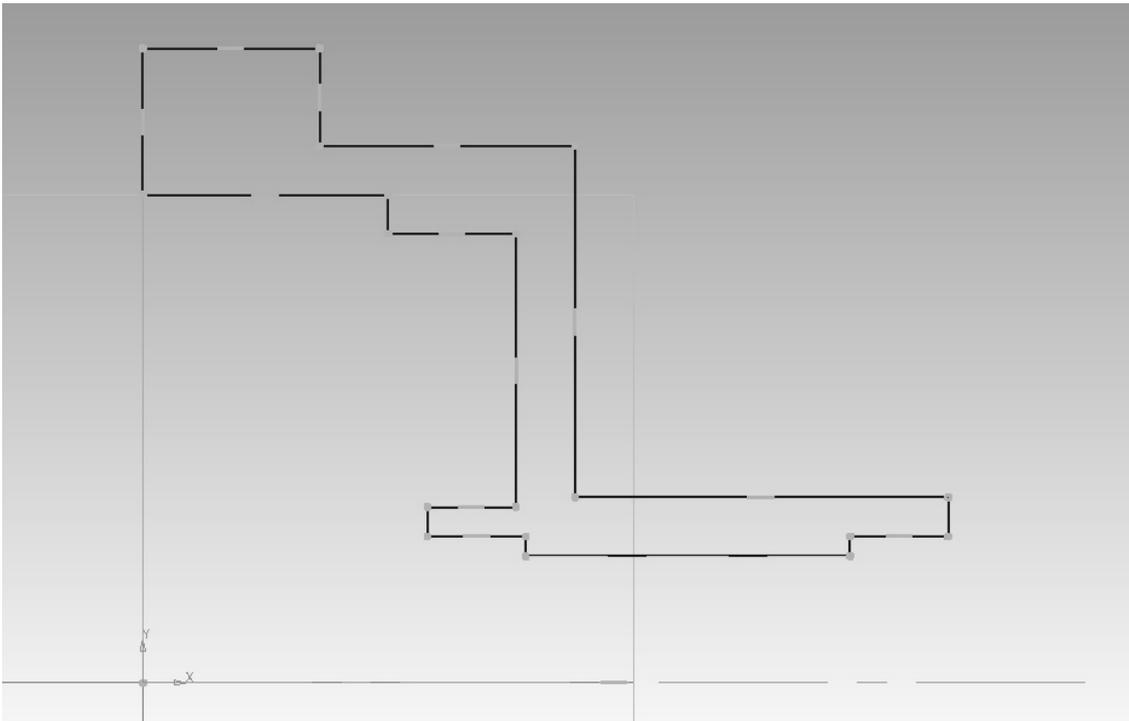


Рис. 31. Простановка линейных размеров на эскизе



a)



б)

Рис. 32. Эскиз детали с усеченными прямыми: а – с размерами, б – без размеров

9. После того, как эскиз выполнен (пока без фасок и скруглений), выполняется операция вращения данного эскиза вокруг оси. Для этого следует нажать кнопку: «Редактирование детали» (синий кубик вверху компактной панели) (рис. 33, а), далее нажать на операции выдавливания (два синих кубика, рис. 33, б) и держать нажатой левую кнопку мыши 1-2 секунды (см. рис. 33, б), выбрать второй пункт – «Операция вращения» и нажать Ctrl+Enter, либо значок подтверждения «Создать объект» в нижнем левом углу (рис. 34).

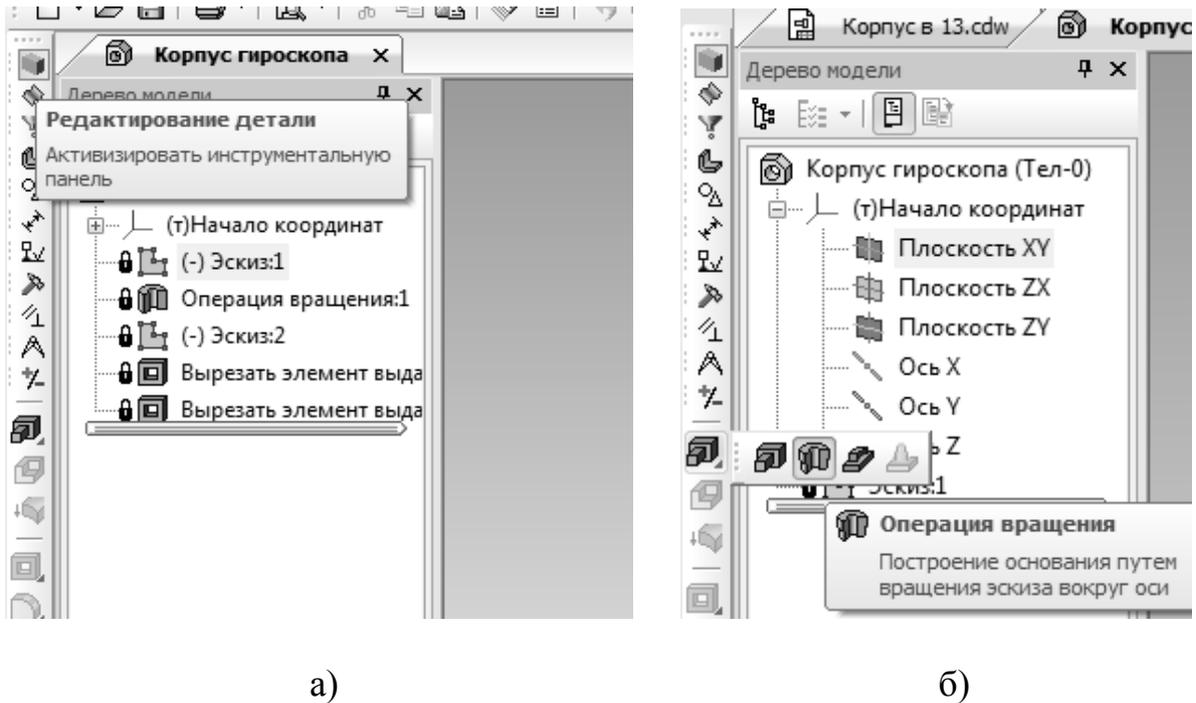


Рис. 33. Операция вращения: а – выбор набора инструментов «Редактирование детали», б – выбор инструмента «Операция вращения»

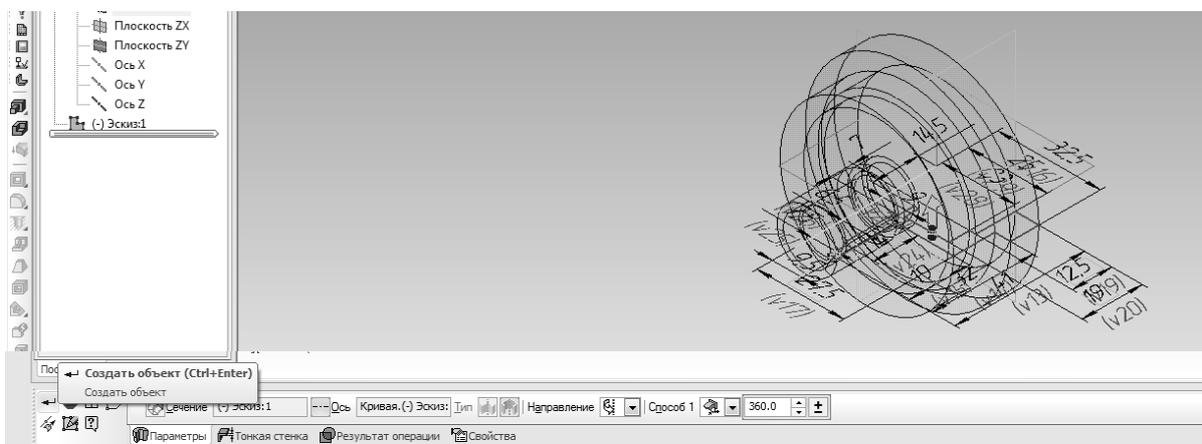


Рис. 34. Операция вращения

NB: до вас кто-то мог пользоваться другими инструментами построения трехмерных моделей, такими как «кинематически» или «по сечениям», в данном случае значок будет выглядеть соответствующе (не как два кубика, см. рис. 12). Для того, чтобы появился нужный инструмент (операция вращения), нужно будет нажать на соответствующий значок и удерживать левую клавишу мыши нажатой 1-2 секунды, после чего выбрать нужный вариант (см. рис. 12, 33)

Приблизить/отдалить получившуюся модель (рис. 35) можно при помощи колеса мышки. Движение мыши с нажатым колесом позволяет вращать модель.

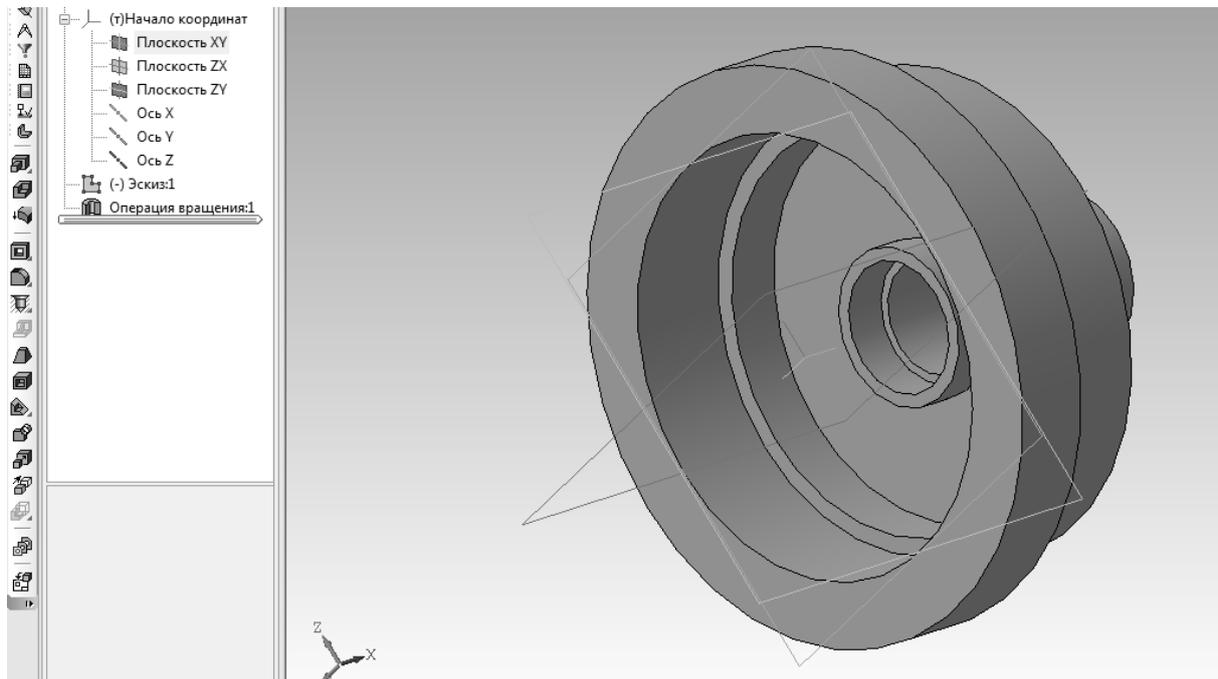


Рис. 35. Результат выполнения операции вращения

На первом эскизе осталось сделать фаски и скругления, для этого необходимо в дереве построения выделить эскиз, нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Редактировать» (рис. 36). Кнопки «фаска» и «скругление» находятся друг под другом (рис. 37, а, б) в наборе инструментов «Геометрия», который включается автоматически при редактировании эскиза. Для того чтобы выполнить фаску или скругление, необходимо нажать соответствующую кнопку, указать в панели свойств размер фаски/скругления и щелкнуть на две линии, между которыми выполняется фаска/скругление поочередно. Выход из операции — Esc. Отмена — Ctrl + Z. Для того чтобы вернуться в трехмерную модель, необходимо нажать кнопку «Эскиз» на инструментальной панели (см. рис. 11, в). Результат выполнения операций фаска/скругление представлен на рис. 38, а, б. Раз-

меры фасок и скруглений желательно указать на эскизе, чтобы они стали параметрическими (см. рис. 38, а).

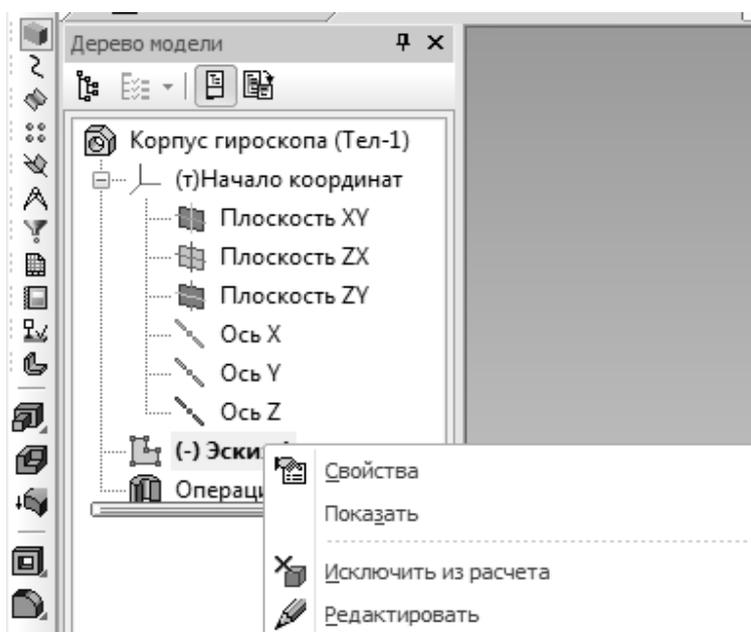
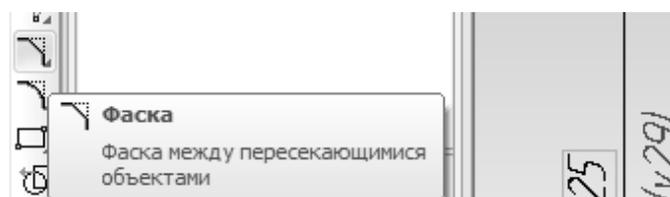
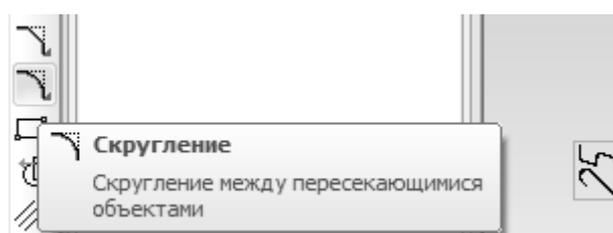


Рис. 36. Редактирование эскиза

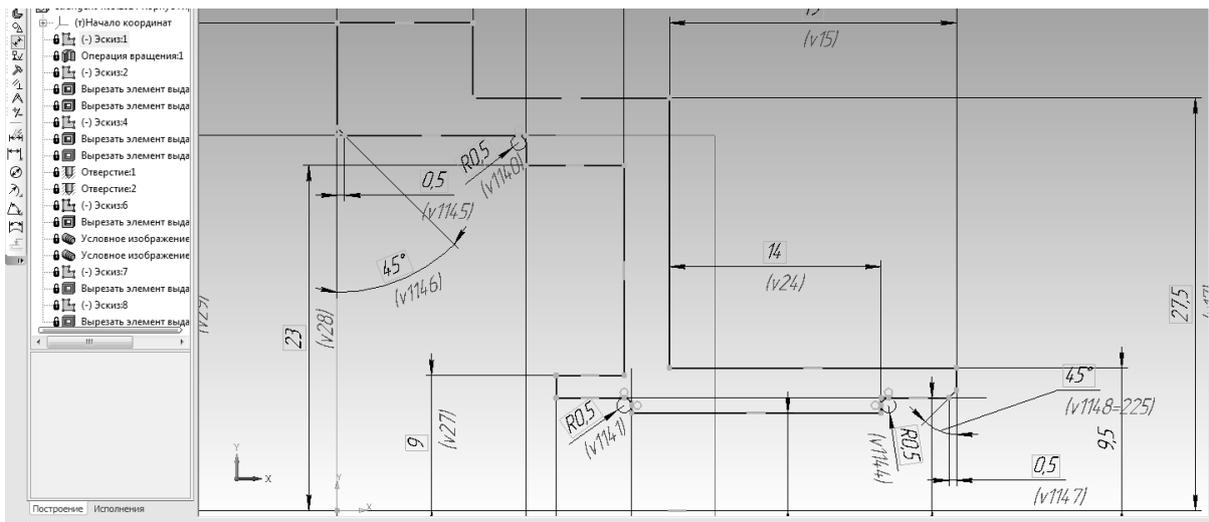


а)

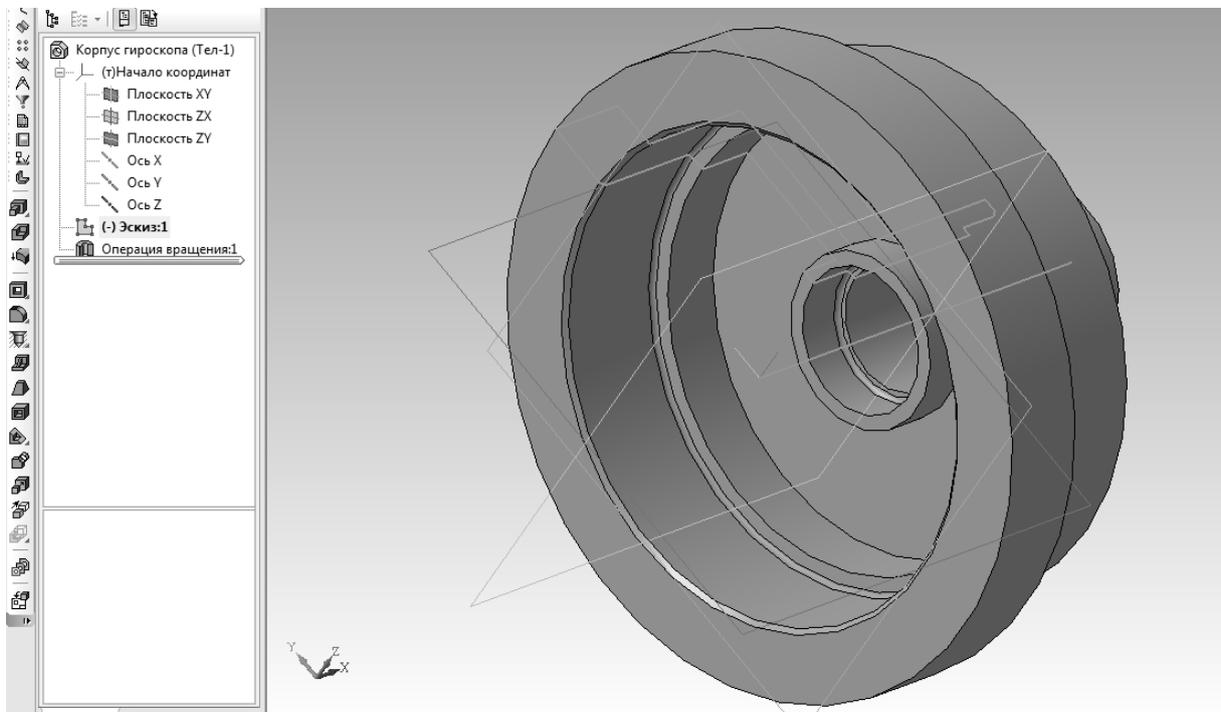


б)

Рис. 37. Фаска и скругление: а – фаска, б – скругление



а)



б)

Рис. 38. Фаски и скругления: а – в эскизе, б – в трехмерной модели

10. Далее необходимо сформировать две плоские поверхности, полученные фрезерованием наружной цилиндрической поверхности, достроить паз и отверстия в полученной трехмерной модели согласно заданию.

Для того чтобы сформировать две плоскости на цилиндрической поверхности, необходимо произвести щелчок левой кнопкой мыши на плоскости торцевой поверхности (на рис. 38 — ближайшей), после чего нажать

правую кнопку мыши и выбрать пункт «Эскиз» (рис. 39). Повернуть деталь можно двигая мышку с нажатым колесом прокрутки.

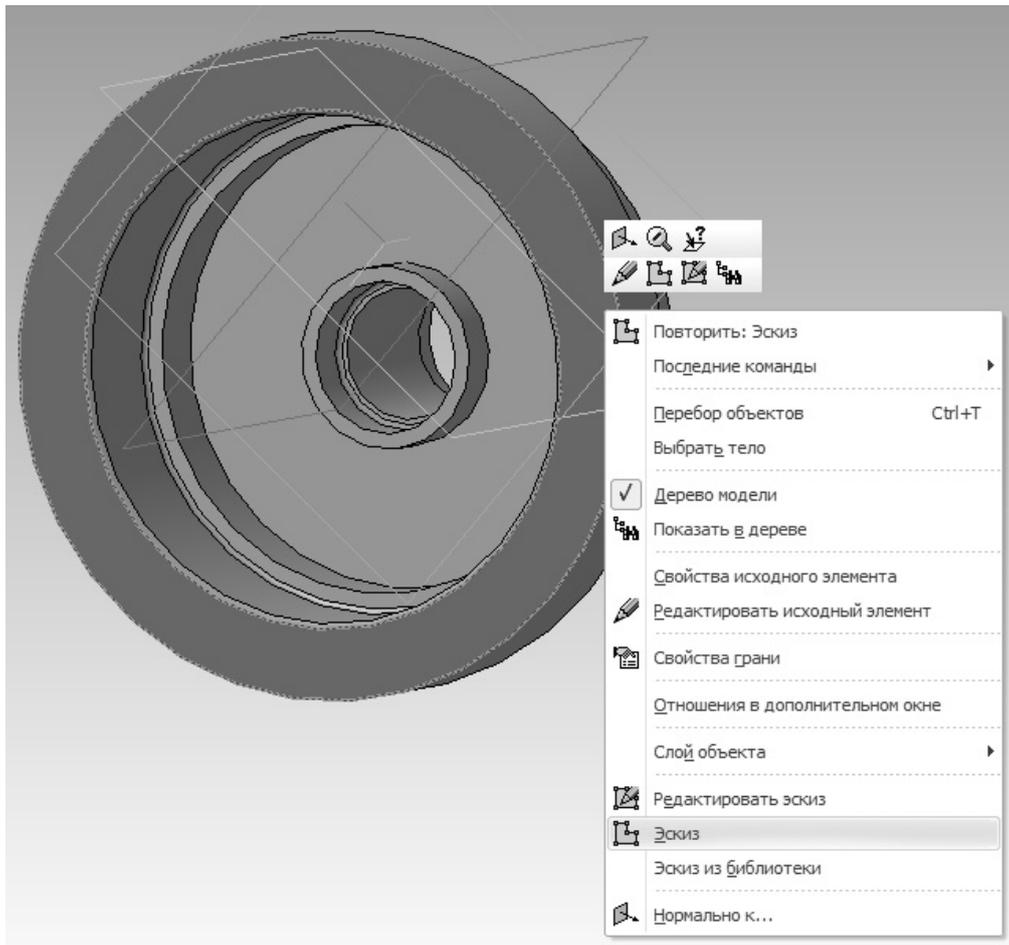


Рис. 39. Построение эскиза на плоскости

После выбора пункта «эскиз» деталь повернется к пользователю плоскостью, на которой будет строиться эскиз, при этом активным будет инструмент «Геометрия» (см. рис. 40). Для построения эскиза будут использоваться инструменты: «вспомогательная прямая», «отрезок», «окружность» (рис. 41 а, б, в).

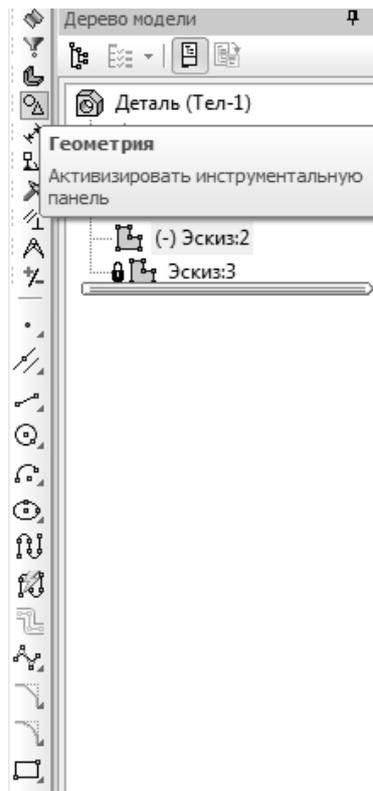


Рис. 40. Создание эскиза. Набор инструментов «Геометрия»

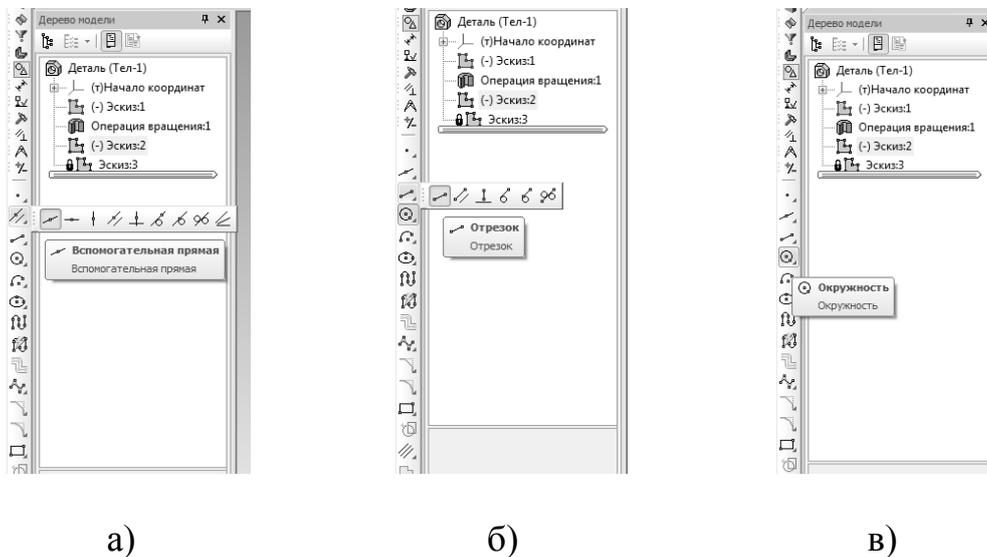


Рис. 41. Меню геометрия: а – вспомогательная прямая, б – отрезок, в – окружность

Первым шагом в создании эскиза является построение окружности. Для того чтобы провести окружность, необходимо выбрать инструмент «окружность» (см. рис. 41, в), щелкнуть в точке на оси детали (на рис. 42, а — «ближайшая точка») и щелкнуть в рабочем поле, в результате построит-

ся окружность со случайным радиусом (рис. 42, б), если нажать кнопку «с осями» (см. рис. 42, б), то на окружности построятся также оси (рис. 42, в).

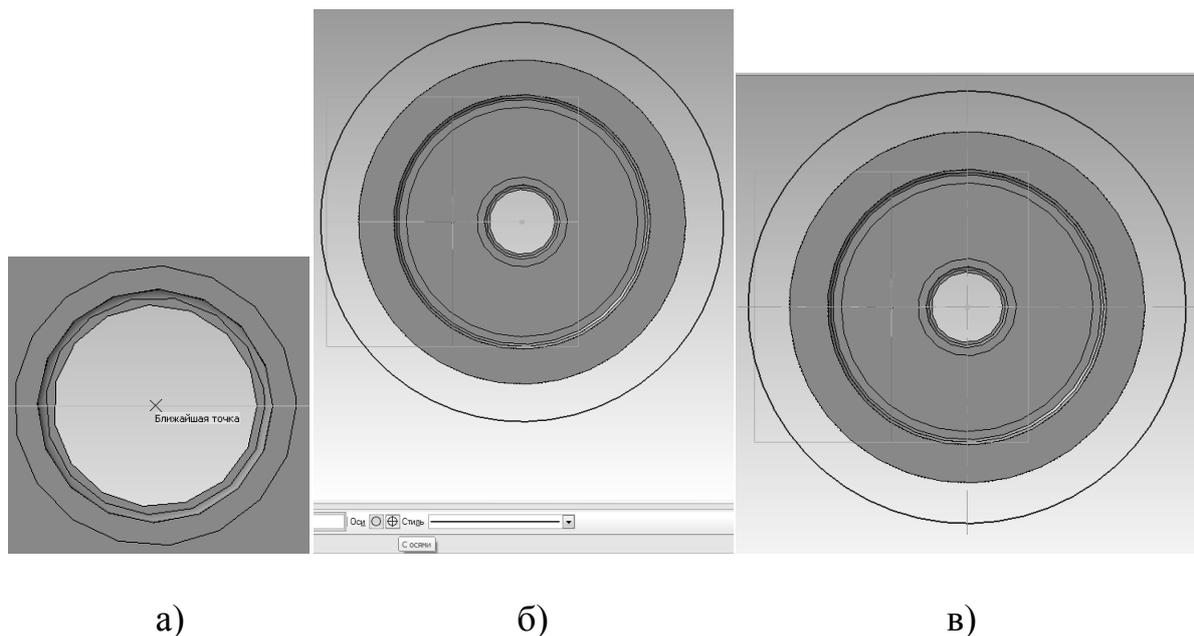


Рис. 42. Проведение окружности: а – выбор центра, б – проведение окружности, в – проведение осей

Осевые линии на окружности также можно достроить при помощи инструмента «Обозначение центра» из группы инструментов «Обозначения», при помощи одного щелчка левой кнопки мыши по окружности (рис. 43).

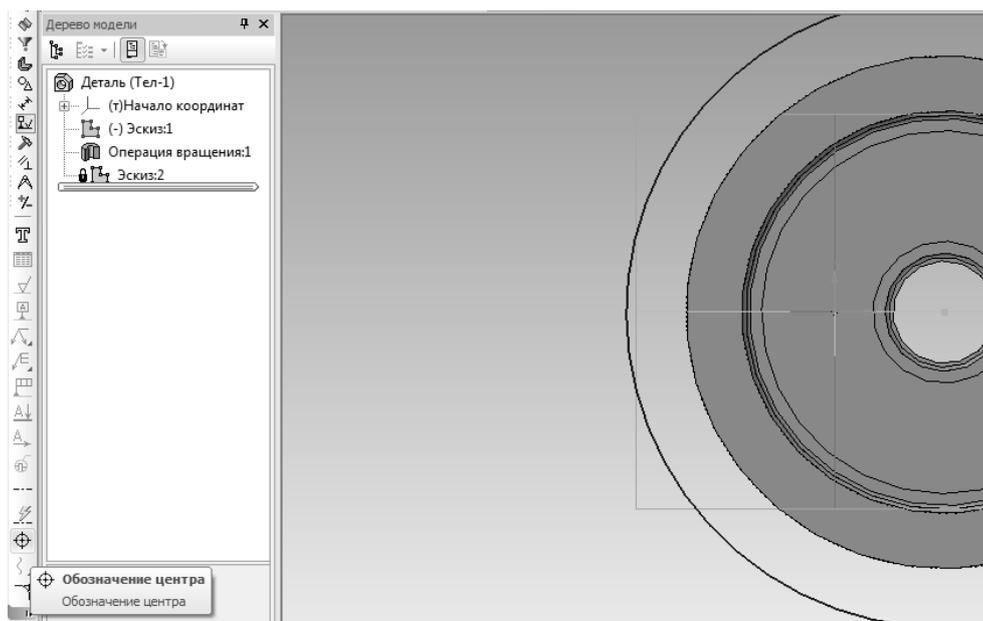


Рис. 43. Обозначение центра окружности

Далее необходимо проставить диаметральный размер на окружности, для этого выбирается соответствующий инструмент (диаметральный размер) группы инструментов «размеры» компактной панели, после чего надо щелкнуть по линии окружности и ввести число 65 в поле выражение; окружность автоматически перестроится до диаметра 65 (рис. 44). Также можно воспользоваться инструментом «авторазмер» (значок размера с молнией, см. рис. 44).

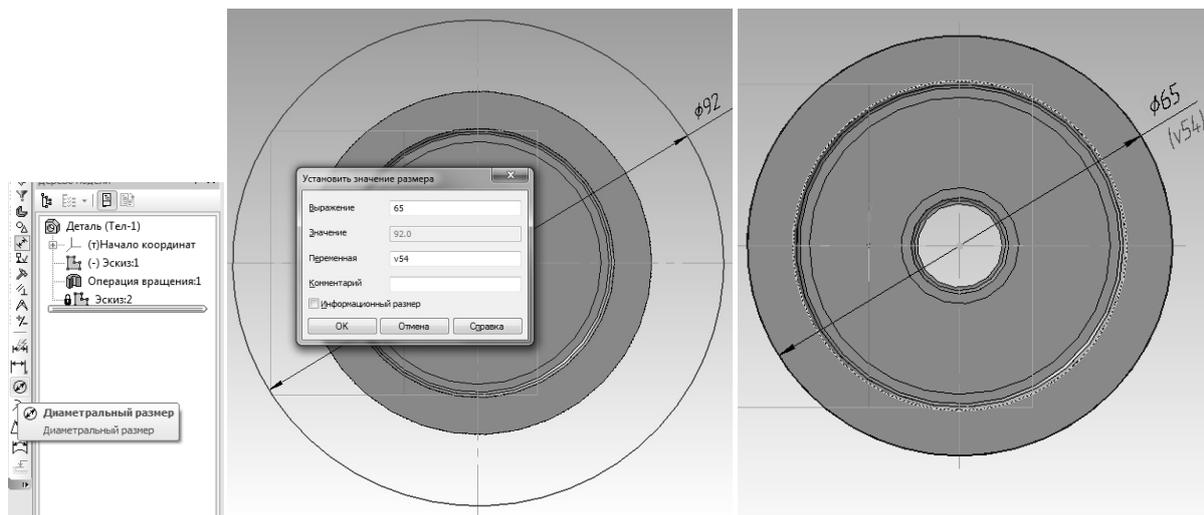


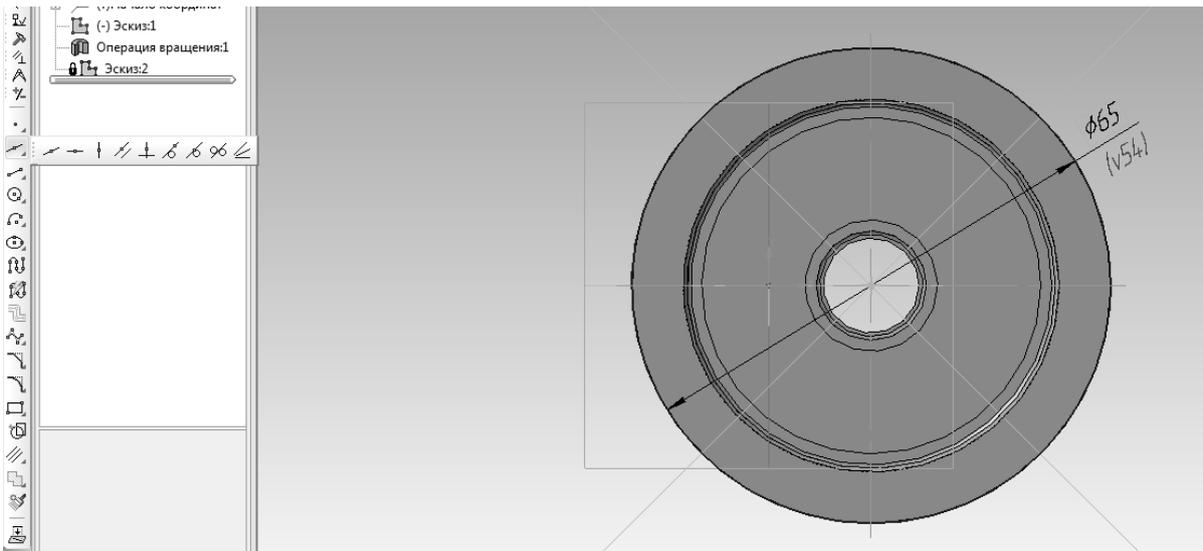
Рис. 44. Простановка диаметрального размера

Далее из начала координат с помощью инструмента «Вспомогательная прямая» следует провести две прямые под углами 45 и 135 градусов (см. рис. 41, а, рис. 45). Значения углов следует вводить в поле «Угол» на панели свойств (рис. 41, б), появляющейся при выборе инструмента «Вспомогательная прямая».

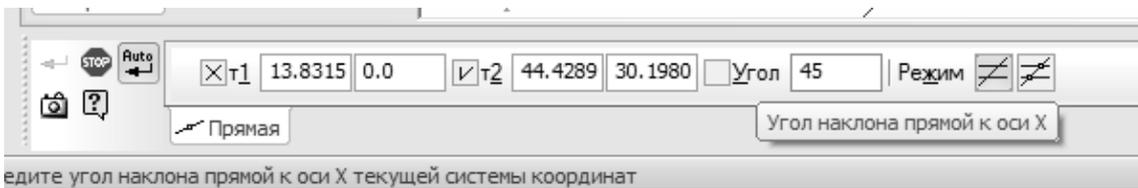
Далее следует провести при помощи инструмента «Параллельная прямая» (рис. 46, а) параллельную прямую относительно прямой, проведенной под углом 135 градусов на расстоянии, равном $59 - (65/2) = 26,5$ мм (см. задание, рис. 1, рис. 46, б).

По умолчанию проводятся две параллельные прямые в обе стороны от исходной (см. рис. 46, б). Ввод второй (в данном случае ненужной) прямой можно отменить нажатием клавиши «Esc», либо можно включить режим проведения одной прямой на панели свойств (рис. 47). Избыточную вторую прямую можно удалить, выделив ее (щелкнув по ней левой кнопкой мыши) и нажав на клавишу Delete.

Далее следует соединить две точки пересечения окружности со вспомогательной прямой отрезком (рис. 48, а, б).

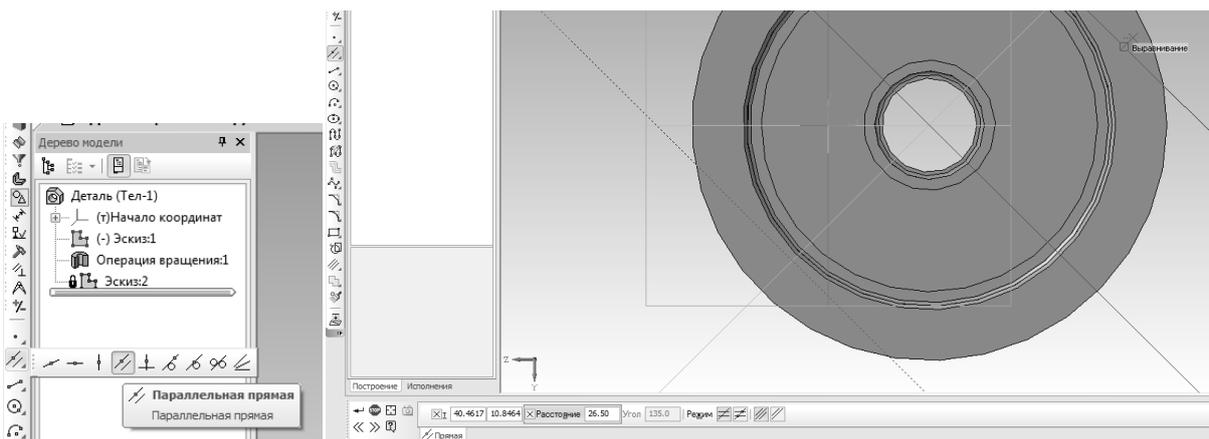


а)



б)

Рис. 45. Проведение вспомогательных прямых: а – внешний вид, б – задание угла наклона прямой



а)

б)

Рис. 46. Проведение параллельной прямой: а – выбор инструмента, б – проведение параллельной прямой

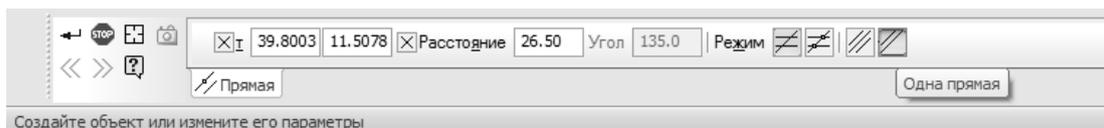


Рис. 47. Включение режима «Одна прямая» на панели свойств

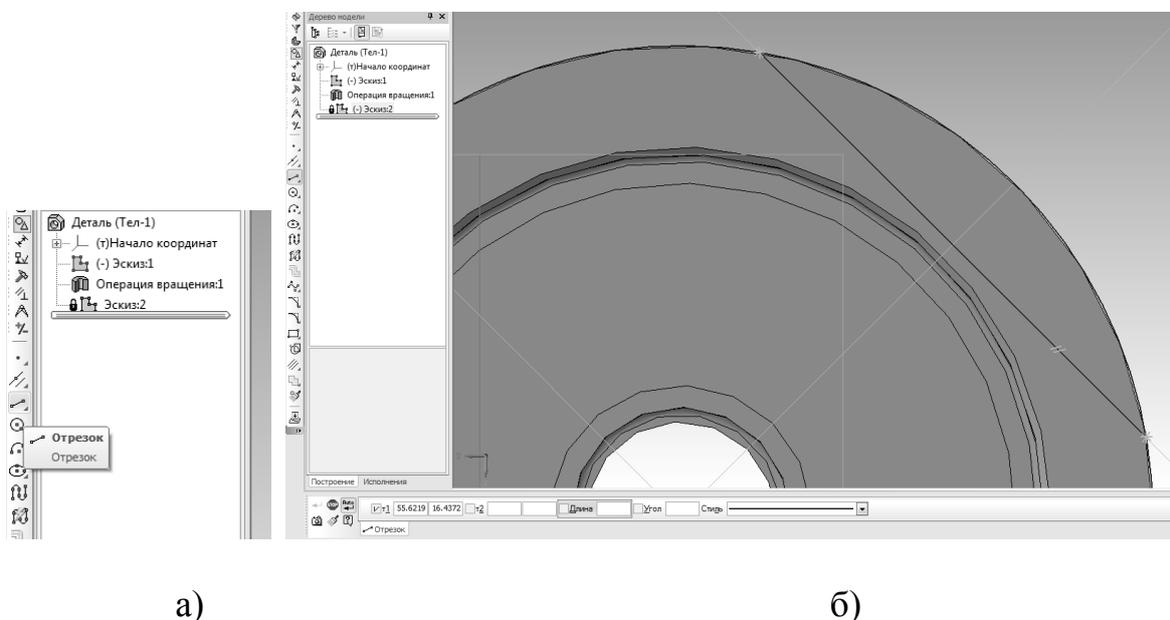
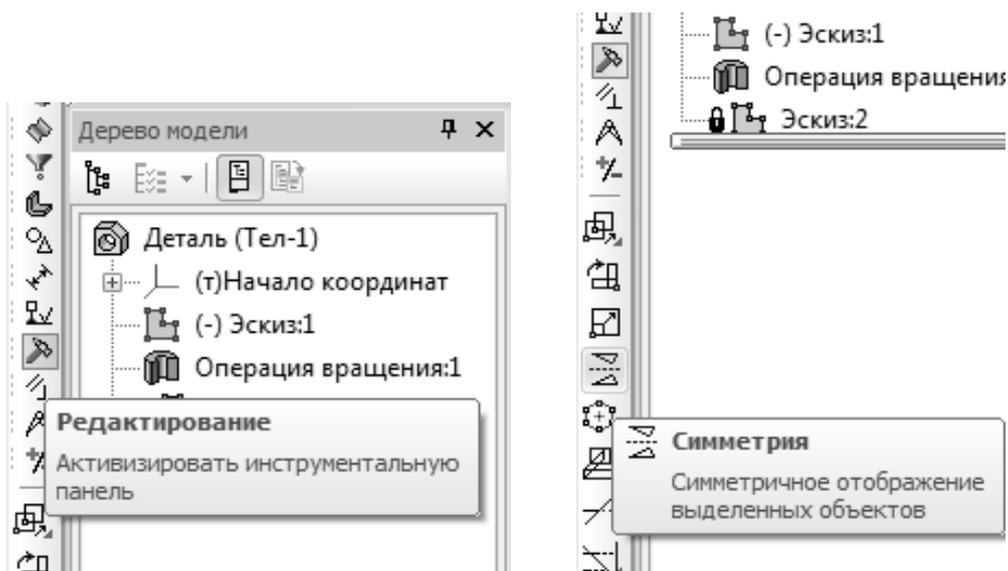


Рис. 48. Проведение отрезка: а – выбор инструмента, б – проведение отрезка по двум точкам

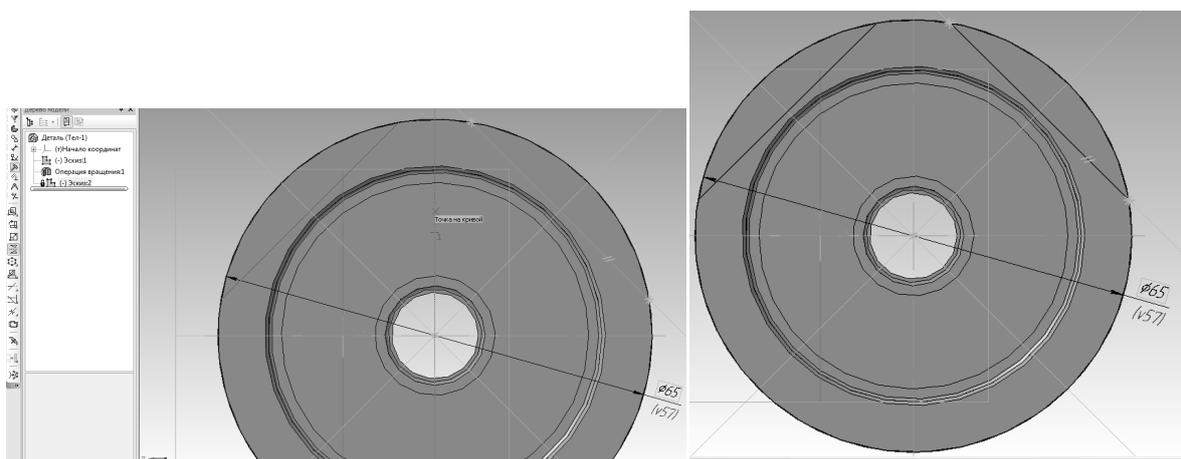
Вслед за первой, необходимо провести вторую прямую, симметричную относительно вертикальной оси окружности. Это можно сделать, либо выполнив набор действий, аналогичный первой прямой, либо при помощи инструмента из набора «Редактирование» (рис. 49, а) «Симметрия» (рис. 49, б). Для этого сначала необходимо выделить отражаемый отрезок (щелкнуть на нем левой клавишей мыши), затем выбрать указанный инструмент (см. рис. 49, б), после чего указать ось симметрии — вертикальную осевую линии окружности (щелкнуть по ней два раза, указав две любые точки на ней, см. рис. 49, в). Результат выполнения операции показан на рис. 49, г.

Далее необходимо усечь лишние элементы окружности, при помощи инструмента «Усечь кривую» из набора инструментов «Редактирование» аналогично усеканию прямой (см. рис. 21, а, б). Для того чтобы произвести данную операцию, необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на наборе «Редактирование», далее выбрать инструмент «Усечь кривую», и щелкнуть левой кнопкой на тех элементах окружности, которые являются избыточными. Должны остаться два несоприкасающихся сегмента (рис. 50).



а)

б)



в)

г)

Рис. 49. Построение второго отрезка при помощи инструмента «Симметрия»: а – набор инструментов, б – инструмент, в – указание оси симметрии, г – результат

После того, как эскиз готов, необходимо нажать на кнопку «Редактирование детали» («синий кубик», см. рис. 33, а) и выбрать инструмент «Вырезание выдавливанием» (рис. 51, а). Толщина поверхности, в которой вырезаются пазы $41-19=22$ мм (см. задание, рис. 1), поэтому глубина паза (пункт «Расстояние» на панели свойств) должна быть 22 мм (рис. 51, б). В результате выполнения операции, фрезеруемые поверхности примут вид согласно чертежу (рис. 51, в). Также в панели свойств вместо опции «На

расстояние» можно выбрать опцию «Через все», тогда необходимость в вычислении расстояния вырезания отпадет.

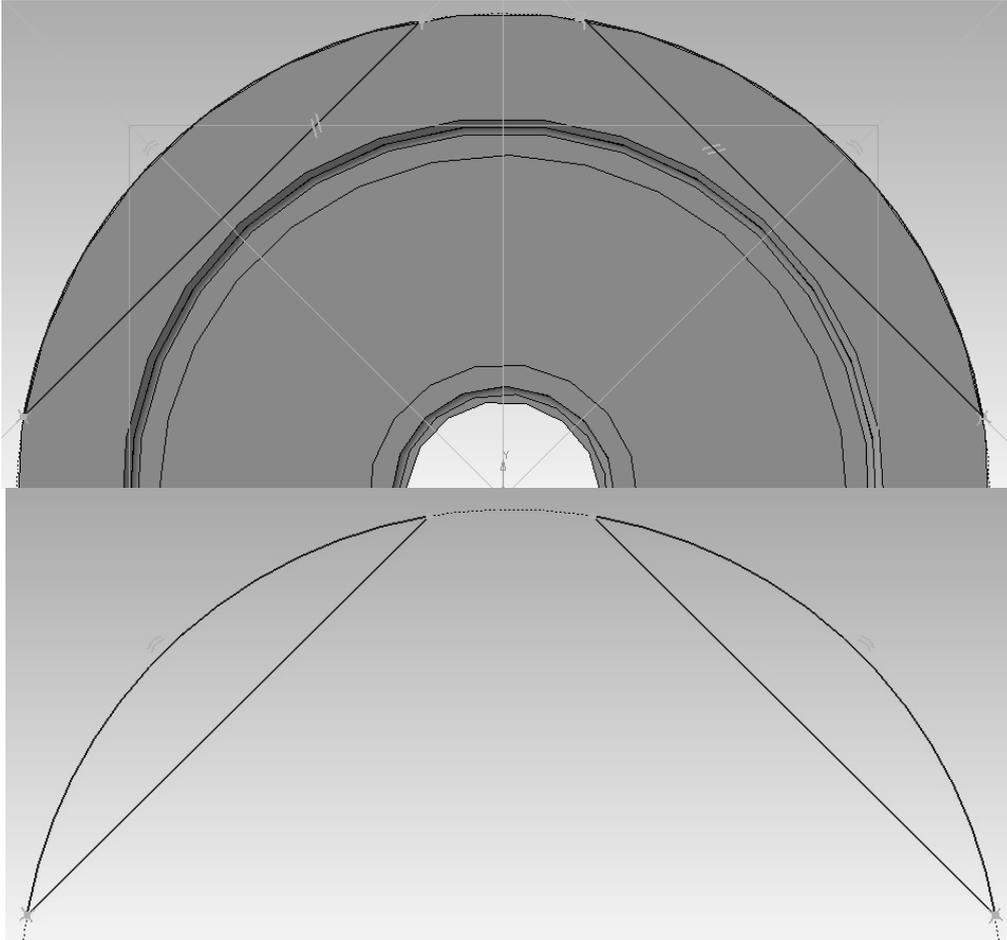
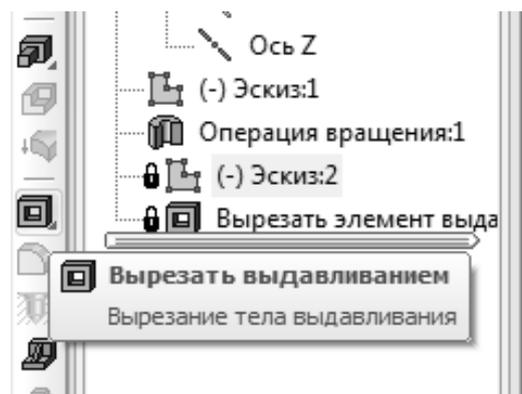
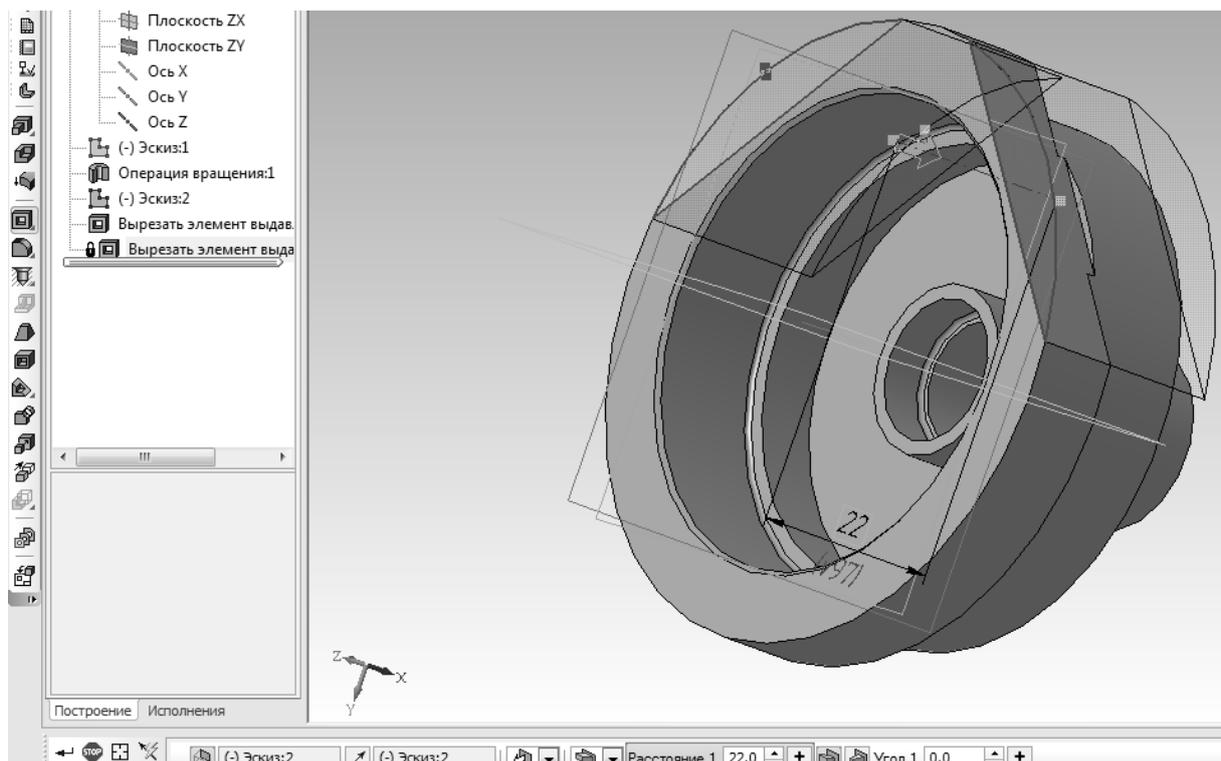


Рис. 50. Усечение лишних элементов окружности

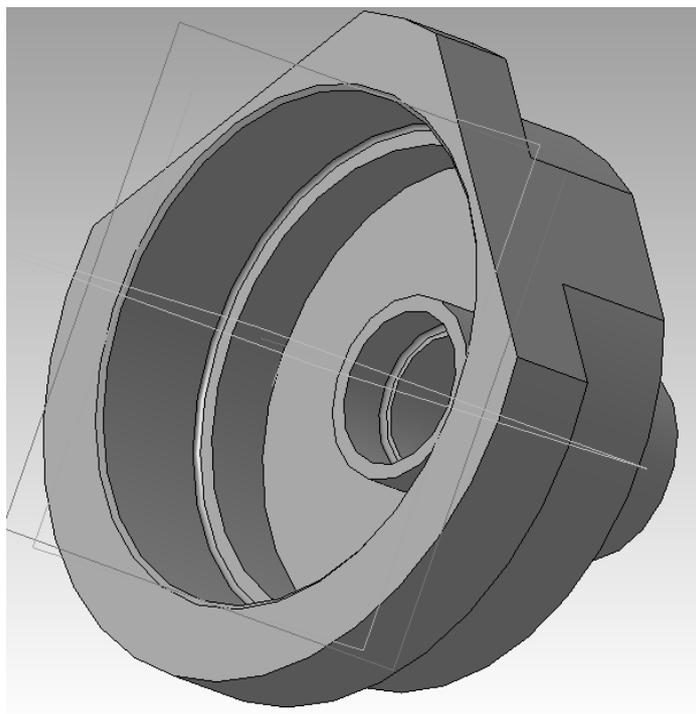


а)

Рис. 51. Вырезание выдавливанием: а – инструмент «вырезать выдавливанием», б – указание глубины вырезания на панели свойств, в – результат вырезания эскиза



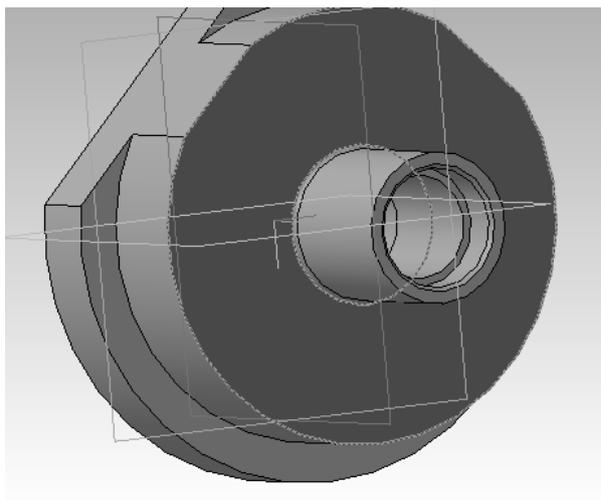
б)



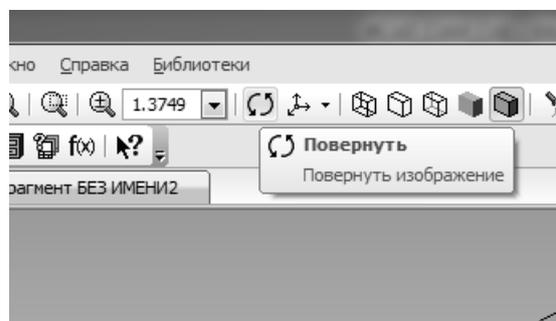
в)

Рис. 51. Окончание

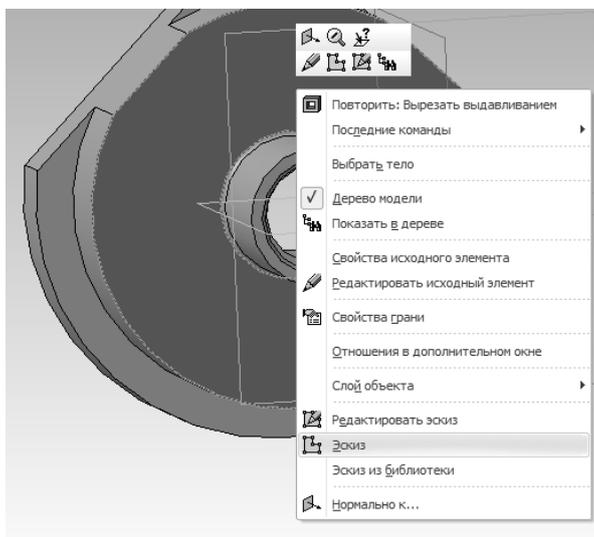
11. Построение паза. Для того чтобы построить паз, необходимо выделить (щелкнуть левой кнопкой мыши) плоскость, на которой будет строиться эскиз (рис. 52, а). Поворот детали удобно осуществлять движением мыши при нажатом колесе, либо с помощью кнопки «Повернуть» инструментальной панели (рис. 52, б). Первый способ удобней, и именно его рекомендуется использовать в дальнейшем. После того, как плоскость выделена, следует нажать кнопку эскиз на инструментальной панели (рис. 11, в), либо при выделенной ранее плоскости нажать на ней правой кнопкой, и выбрать из меню пункт «Эскиз» (рис. 52, в).



а)



б)

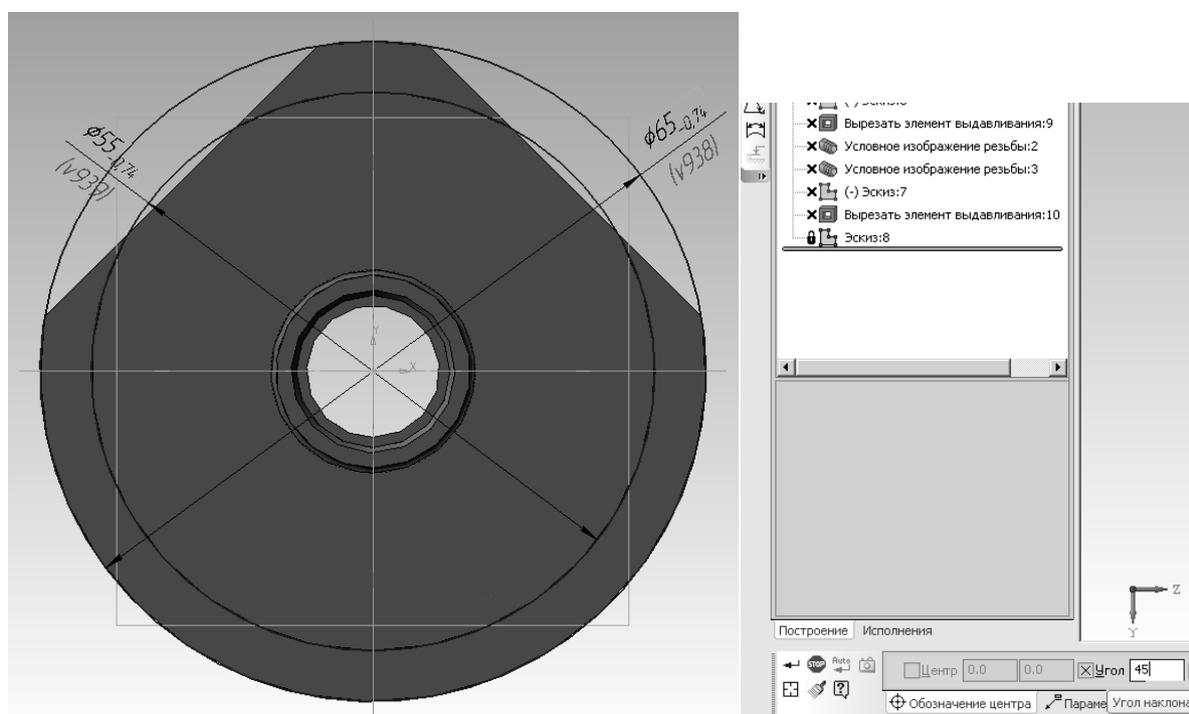


в)

Рис. 52. Выбор плоскости и построение эскиза: а – выбор плоскости, б – альтернативный способ вращения модели, в – альтернативный способ построения эскиза

Сначала следует провести две окружности диаметрами 55 и 65 мм из начала координат (рис. 53, а). Далее можно либо провести вспомогательную прямую из начала координат под углом 135 градусов (см. рис. 45), либо повернуть оси одной из окружностей, для этого необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши два раза по осевой линии и задать угол 45 градусов (рис. 53, б, в).

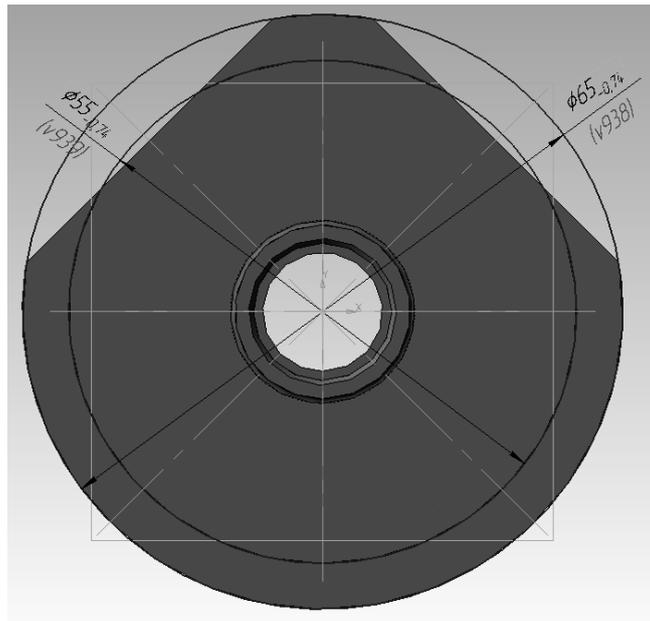
Далее относительно одной из осей окружности, либо вспомогательной прямой (под углом 135 градусов) проводится параллельная прямая на расстоянии $55/2 - 6 = 21,5$ мм (см. задание, рис. 53, г). Точка пересечения этой параллельной прямой с осью окружности, наклоненной под углом 45 градусов (см. рис. 53, г) будет являться центром окружности паза (конечным центром фрезы, формообразующей паз). Из полученного центра строится окружность диаметром 20 мм (рис. 54).



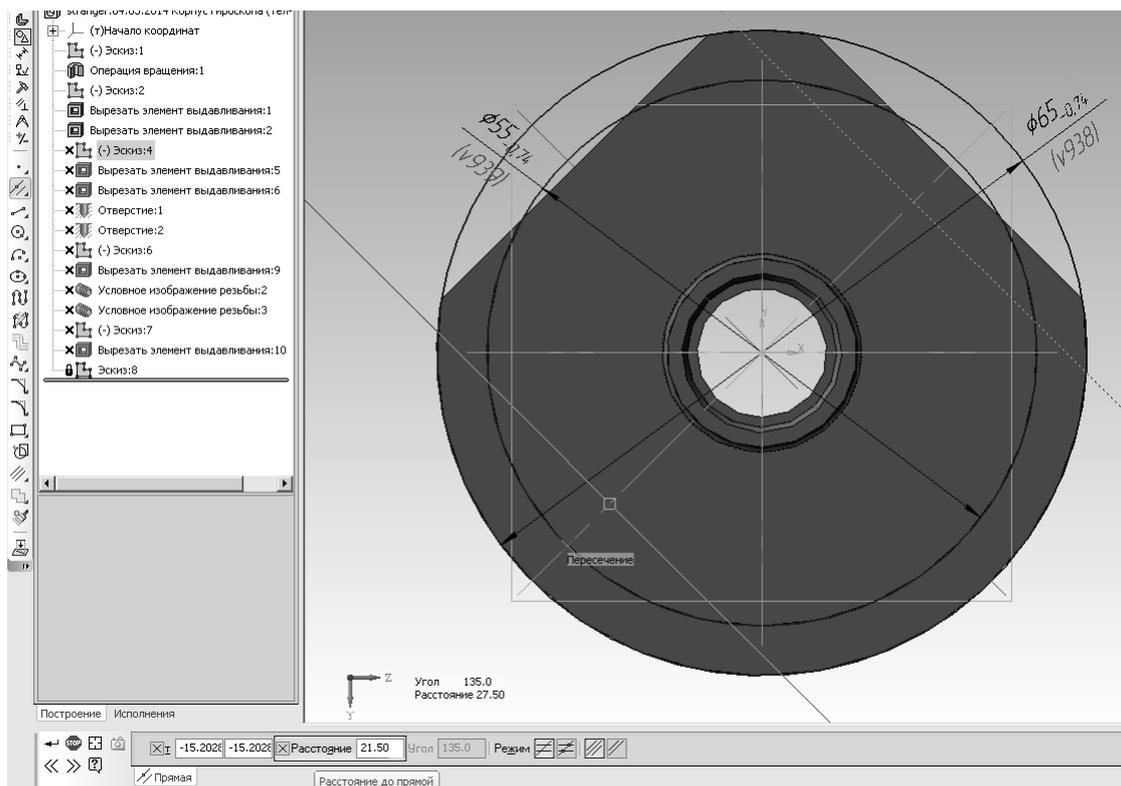
а)

б)

Рис. 53. Построение паза. Определение центра окружности диаметром 20 мм: а – проведение двух окружностей, б – задание угла поворота осей окружности, в – поворот осей окружности, г – проведение параллельной вспомогательной прямой для определения центра окружности диаметром 20 мм



В)



Г)

Рис. 53. Окончание

Из точек пересечения окружности диаметром 20 мм с вспомогательной прямой проводятся два отрезка в направлении «от центра» (рис. 55).

Для того чтобы сделать эти отрезки перпендикулярными, следует зайти в набор инструментов «Параметризация» (см. рис. 30, б), выбрать инструмент «Перпендикулярность» (рис. 55, а) и нажать поочередно сначала на один отрезок, потом на вспомогательную прямую, потом на второй отрезок, и снова на вспомогательную прямую (рис. 55, б). Далее следует усечь все лишние элементы кривых (см. рис. 21, а, б, 56). После того, как выбран инструмент, усечение производится щелчками левой кнопкой мыши на лишние части кривых (см. рис. 56).

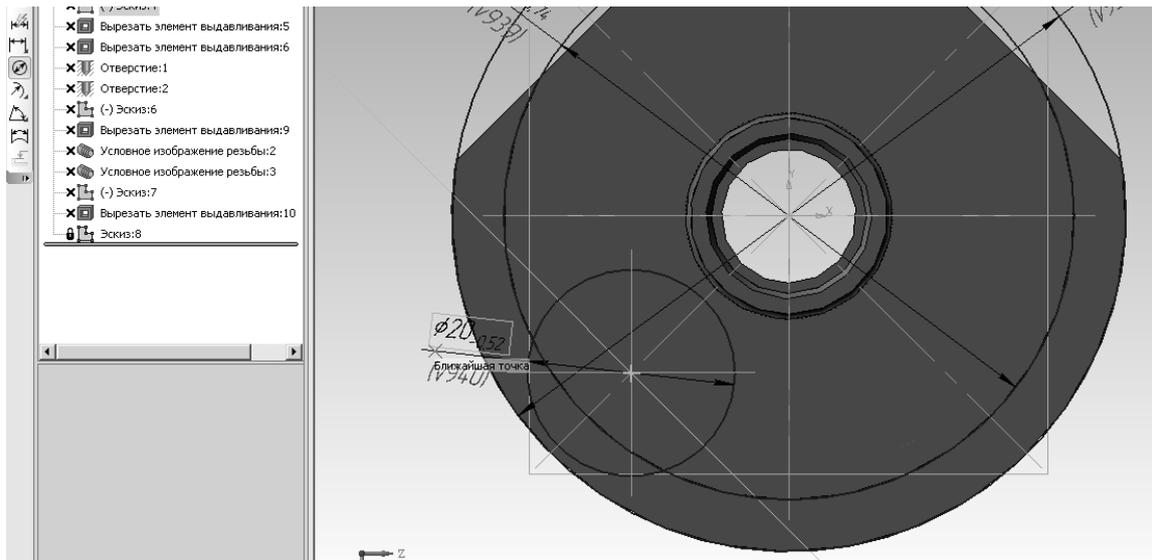
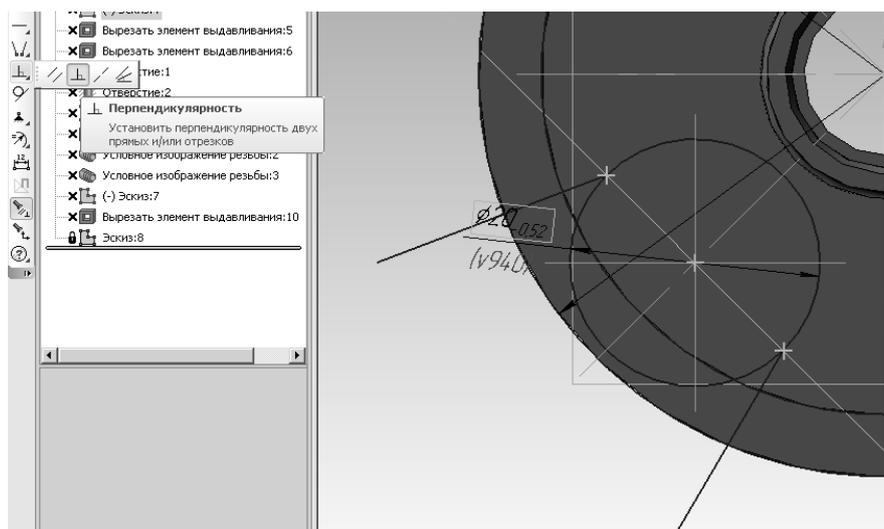
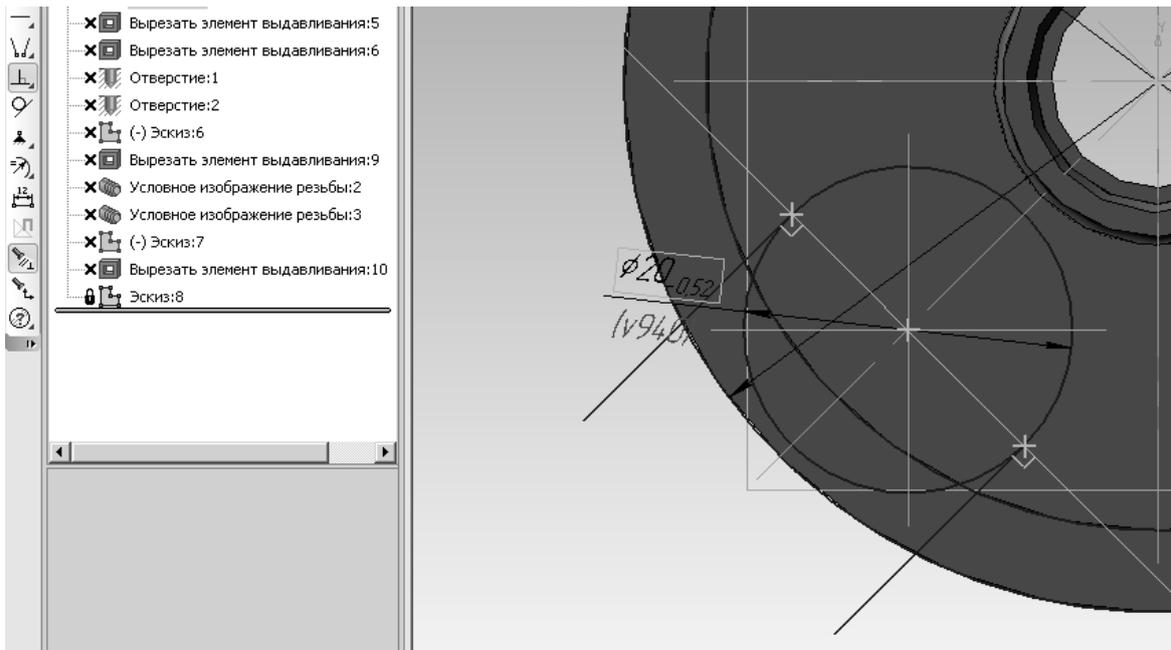


Рис. 54. Построение окружности диаметром 20 мм из найденного ранее центра



а)

Рис. 55. Построение отрезков: а – «на глаз», б – параметризация «перпендикулярность»



б)

Рис. 55. Окончание

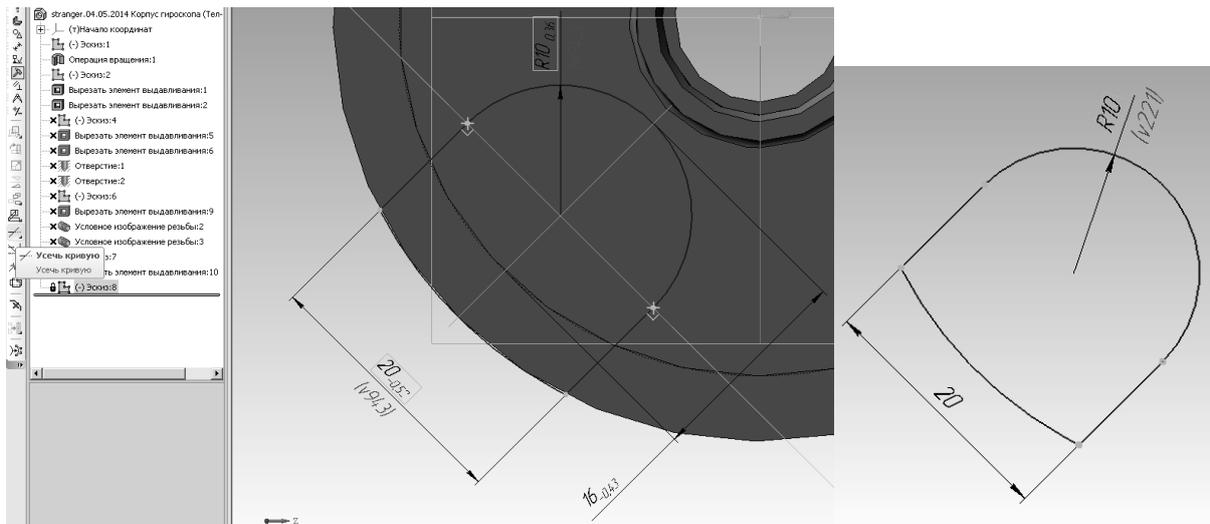
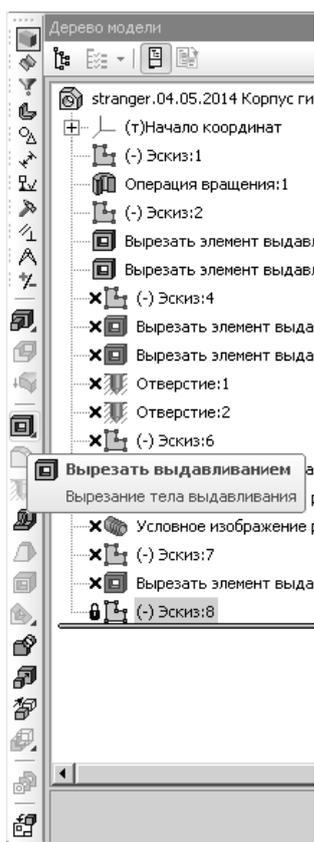
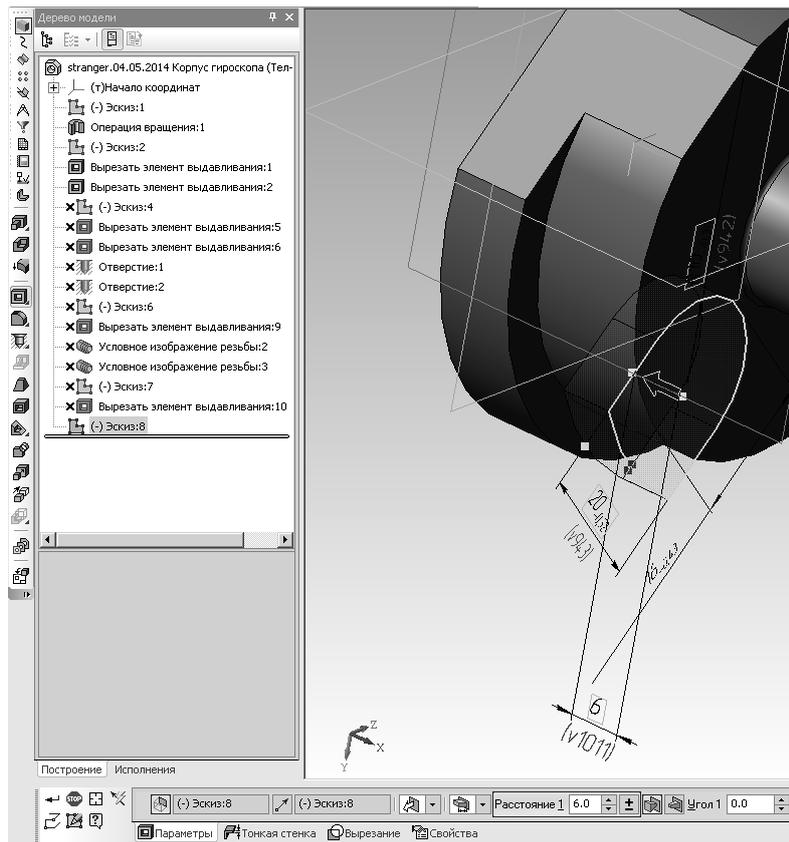


Рис. 56. Усечение лишних элементов кривых

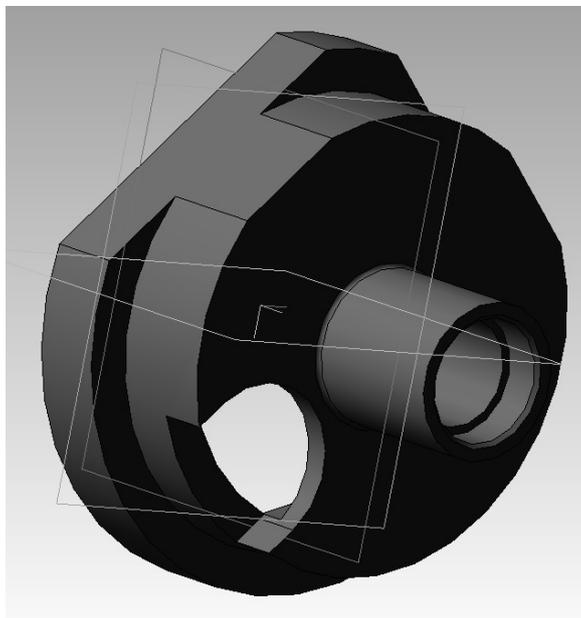
После того, как эскиз готов, необходимо снова осуществить операцию «Вырезать выдавливанием» (см. рис. 51, а, б, в, 57, а) на глубину 6 мм (см. рис 1, рис. 57, б, в).



а)



б)



в)

Рис. 57. Вырезание паза: а – выбор инструмента «Вырезать выдавливанием», б – указание глубины выдавливания, в – результат вырезания выдавливанием

Необходимо отметить, что описанные способы построения эскизов не являются единственными, тем не менее, они позволяют достичь необходимого результата с небольшим количеством построений и позволяют студенту изучить разнообразные функции программы на примере построения модели детали «Корпус гироскопа». Главными критериями оптимальности эскизов являются: а) наименьшее количество построений, б) максимальная параметризация геометрических элементов, в) точность размеров и соответствие геометрии эскиза чертежу.

12. Далее следует построить отверстия под резьбу М3 диаметром 2,5 мм на диаметре 55 мм (см. рис. 1, 58, б, в). Эскизы строятся в плоскости, выделенной на рис. 58, а. Эскиз содержит два отверстия диаметром 2,5 мм, разнесенных относительно друг друга (как показано на рис. 58 б, в) на 55 мм. Операция вырезания выдавливанием производится аналогично предыдущим случаям (см. рис. 57, а, б, в, рис. 58, в).

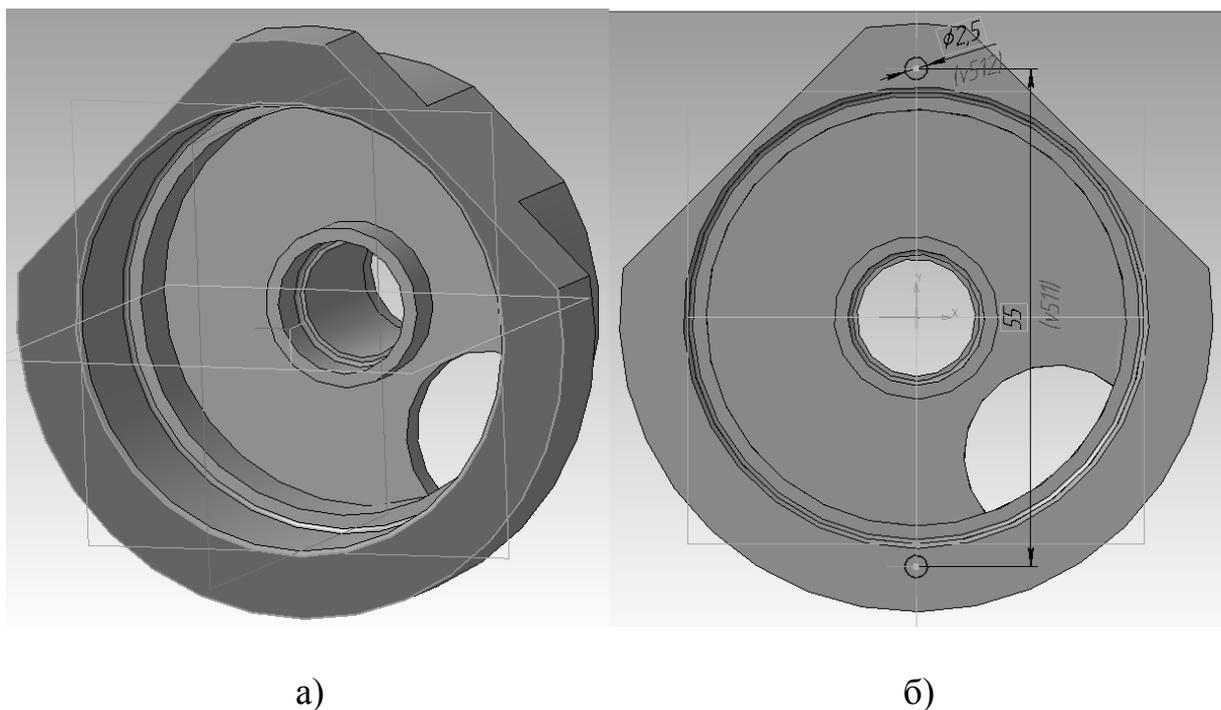
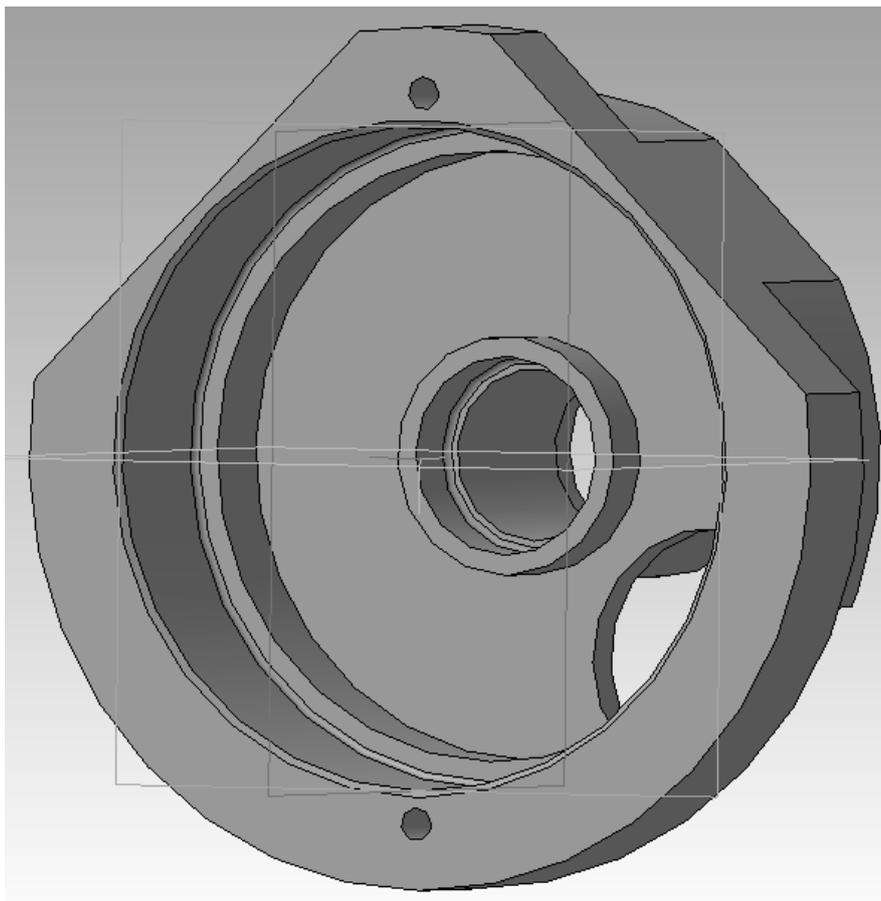


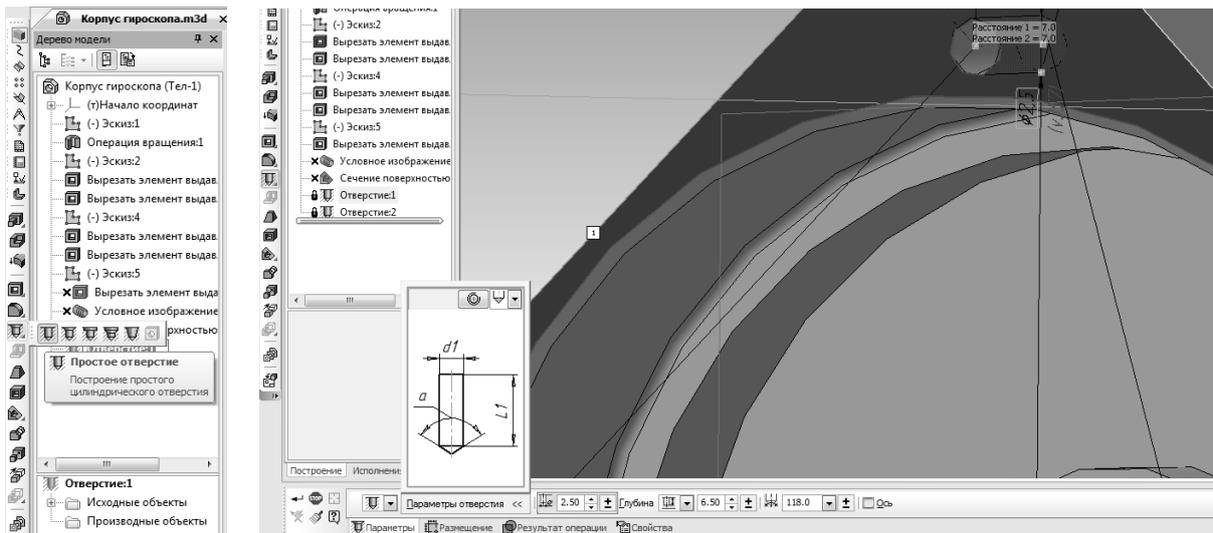
Рис. 58. Построение отверстий с помощью вырезания выдавливанием: а – выбор плоскости, б – построение эскиза отверстий, в – результат вырезания отверстий выдавливанием



в)

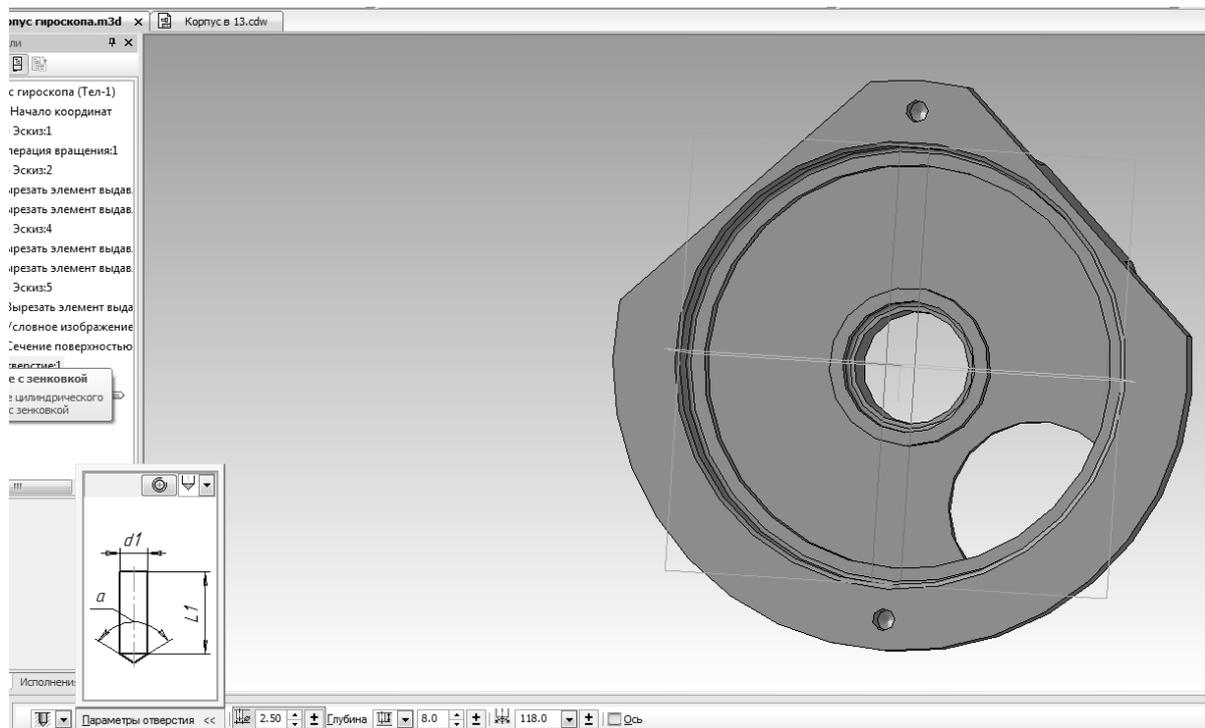
Рис. 58. Окончание

Есть альтернативный способ построения отверстий под резьбу — посредством прикладной библиотеки отверстий (рис. 59, а). В данном случае необходимо выделить плоскость (см. рис. 58, а), затем на компактной панели найти группу инструментов, как показано на рис. 59, а. Выбрать инструмент «Простое отверстие». Заполнить поля: диаметр (2,5), глубина (6,5), угол конуса (на рис. 59, б — значение по умолчанию: 118°), и вручную подвинуть точку, символизирующую ось отверстия в нужное положение (см. рис. 59, б). Результат показан на рис. 59, в. Таким способом можно быстро строить более сложные отверстия. Отверстия будут получаться сразу с фасками и другими поверхностями, образованными инструментом, в том числе конусами.



а)

б)

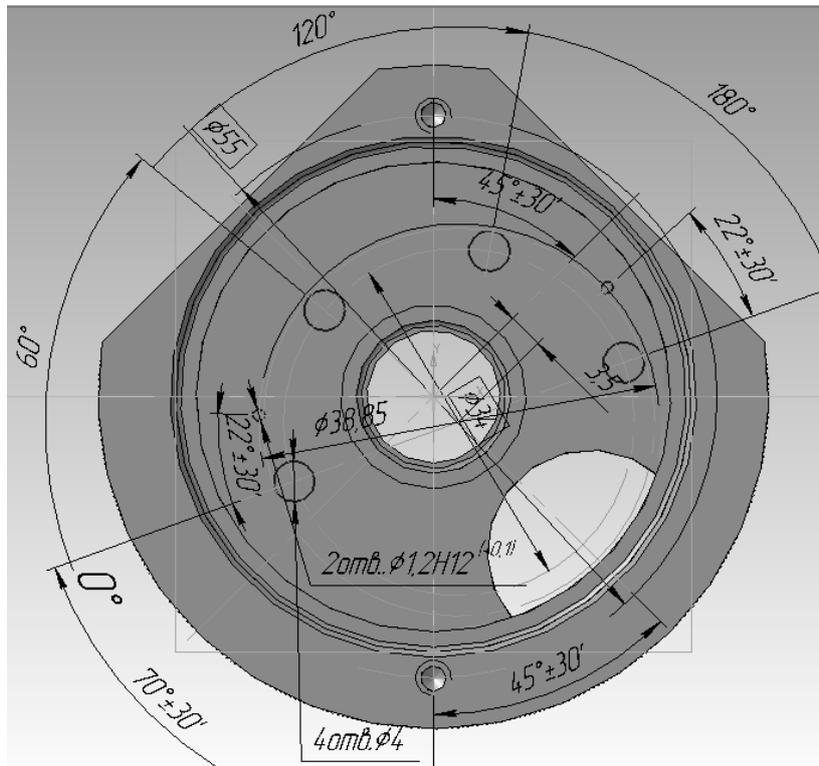


в)

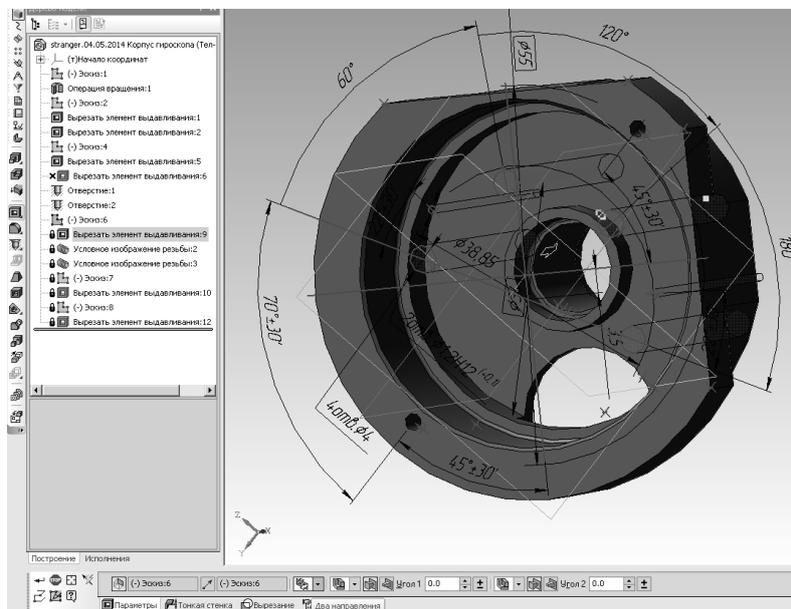
Рис. 59. Альтернативный способ построения отверстий: а – инструмент «Простое отверстие», б – процесс построения, в – результат построения

Остальные отверстия строятся любым из описанных ранее способов, т.к. их глубина нигде в задании (см. рис. 1) не указана, то следует считать их сквозными. Эскиз показан на рис. 60, а, вырезание эскиза «через все»

(отверстия сквозные) — на рис. 60, б, результат — на рис. 60, в. Подходящая для построения эскиза плоскость выделена на рис. 58, а, 59, б.

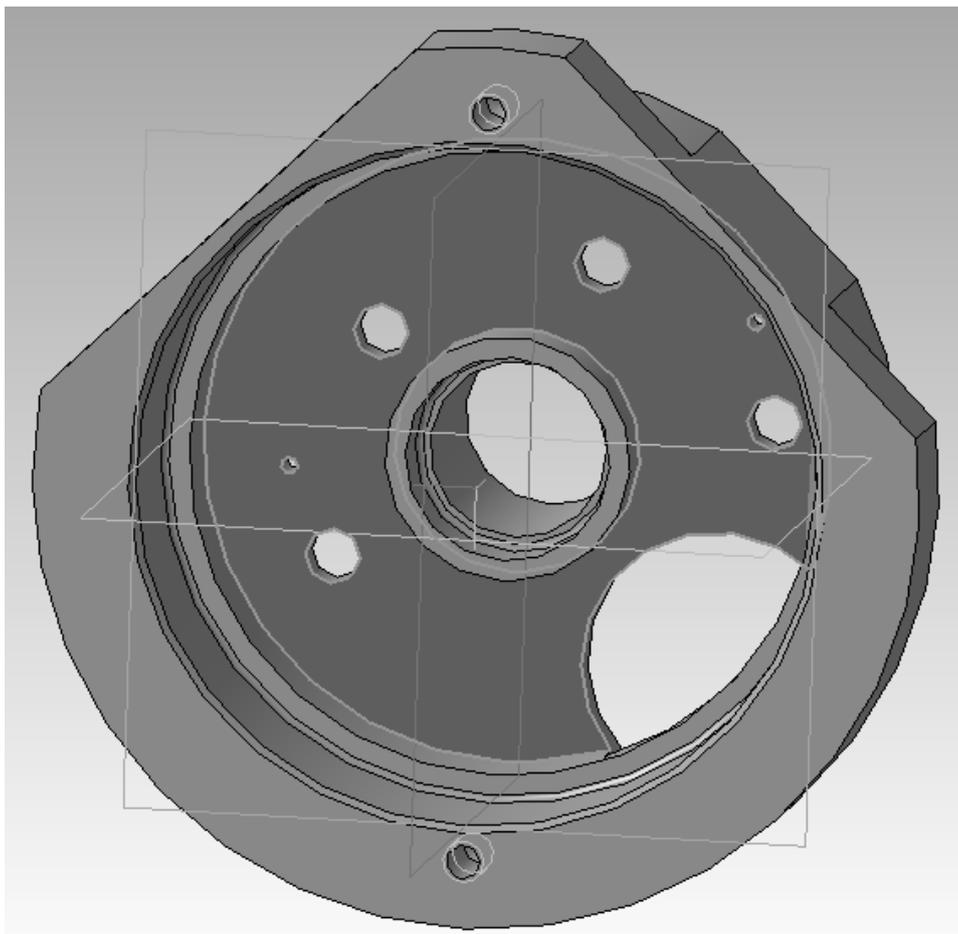


а)



б)

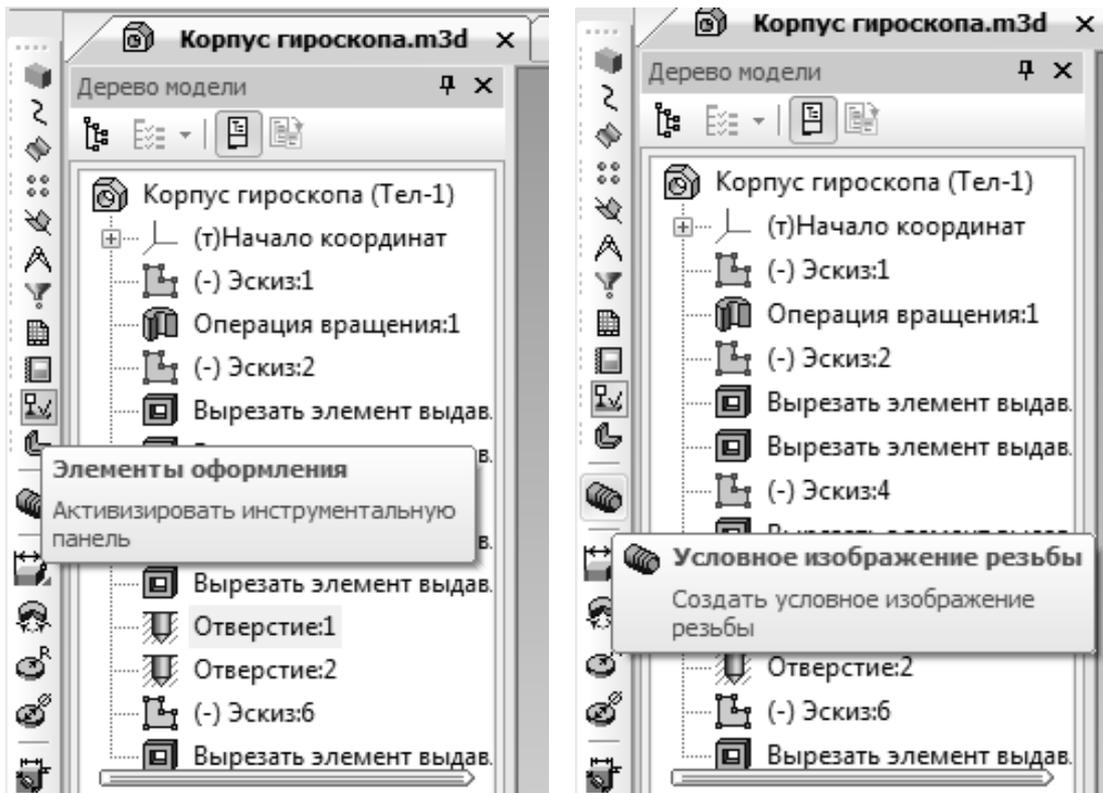
Рис. 60. Вырезание остальных отверстий: а – эскиз, б – настройки операции «Вырезать выдавливанием», в – результат вырезания отверстий



в)

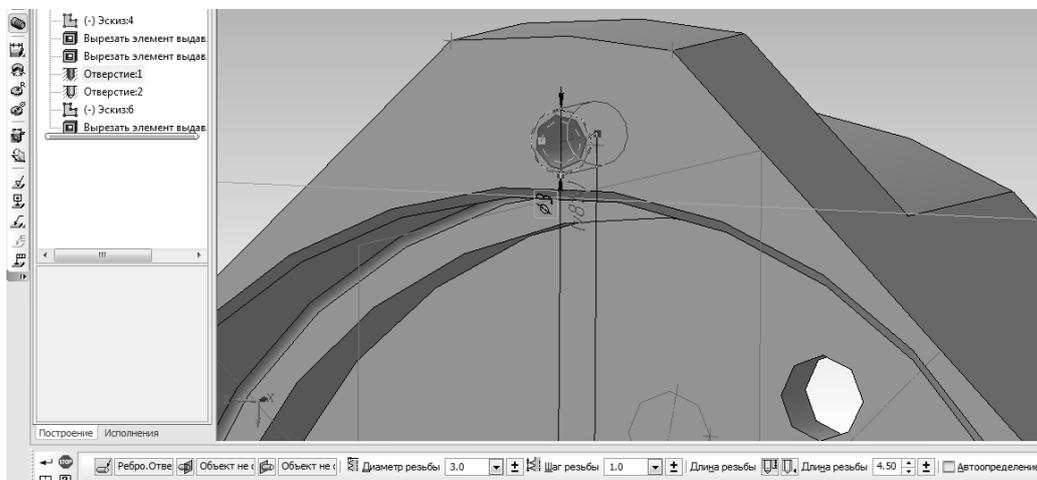
Рис. 60. Окончание

Оставшимся конструктивным элементом из задания является резьба М3 в двух отверстиях на глубину 4,5. Для того чтобы показать резьбу на трехмерной модели следует выбрать группу инструментов «Элементы оформления» (рис. 61, а). Выбрать инструмент «Условное обозначение резьбы» (рис. 61, б) Далее надо нажать на линию диаметра отверстия. Галочку «Автоопределение» следует отключить, после чего заполнить поля с глубиной, диаметром и шагом резьбы (рис. 61, в). Аналогично поступить со вторым отверстием (рис. 62).



а)

б)



в)

Рис. 61. Обозначение резьбы: а – выбор группы инструментов, б – выбор инструмента, в – обозначение резьбы, настройка параметров

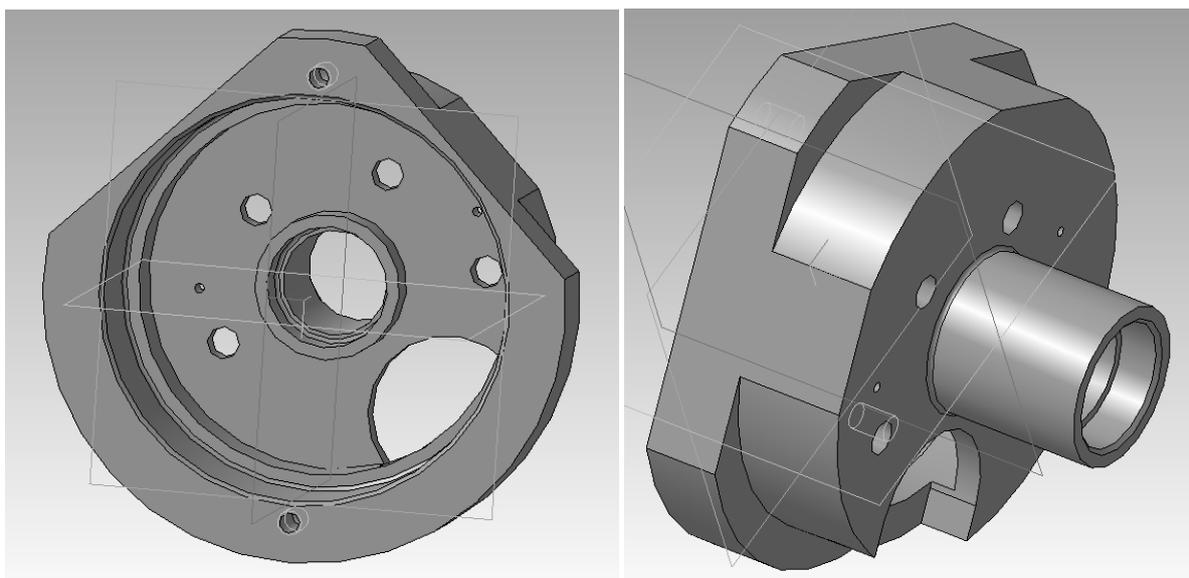
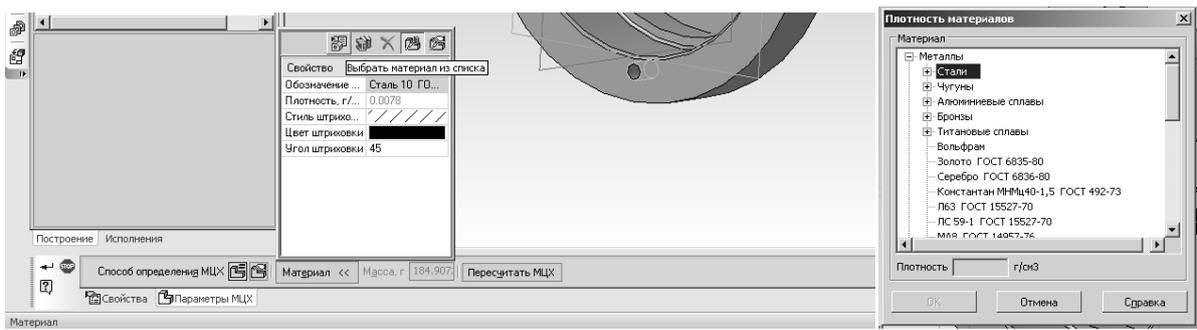


Рис. 62. Трехмерная модель изделия

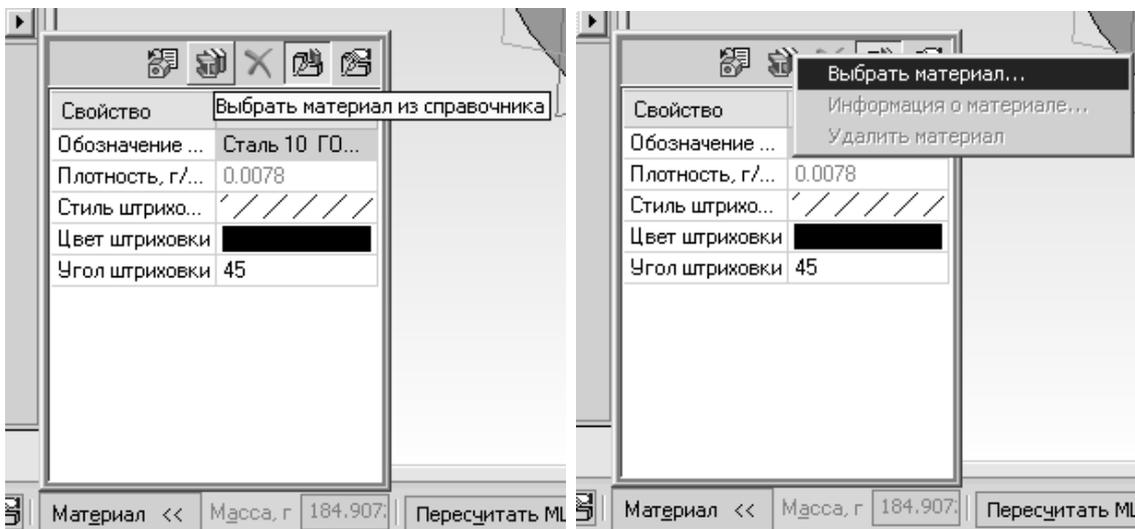
Последним шагом осталось указать материал детали, который может быть выбран и в начале моделирования, но в данном случае, для того, чтобы сразу не загонять студента в «дебри» справочников, — показан в конце. Итак, для того, чтобы выбрать материал детали, необходимо в дереве модели нажать правой кнопкой мыши на заголовке («Корпус гироскопа»), и выбрать пункт «Свойства модели» (см. рис. 7, а, б, в). Далее необходимо выбрать вкладку «Параметры МЦХ (массово-центровочные характеристики)» (см. рис. 7, в). После этого есть два варианта действий: а) простой (плохой) — нажать кнопку «Выбрать материал из списка» (рис. 63, а), найти в открывшемся списке (рис. 63, б) необходимый материал, нажать «ОК» и подтвердить свой выбор сочетанием клавиш «Ctrl+Enter», либо кнопкой подтверждения в нижнем левом углу экрана (изогнутая влево стрелка); б) сложный (хороший большой выбор материалов, подходит для сквозного проектирования) — т.к., согласно заданию (см. рис. 1), материал детали — прецизионный магнитно-мягкий сплав 50Н, и его нет в быстром справочнике материалов (рис. 63, б), то необходимо воспользоваться справочником «Материалы и сортаменты». Для его запуска необходимо нажать кнопку «Выбрать материал из справочника» (рис. 64, а), нажать «Выбрать материал» (рис. 64, б) и нажать в появившемся окне кнопку «Добавить объект из справочника» (рис. 64, в).



а)

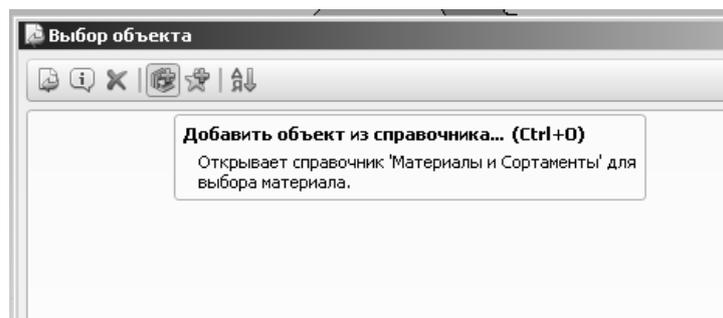
б)

Рис. 63. Быстрый выбор материала модели детали: а – выбор подпрограммы, б – выбор материала из списка



а)

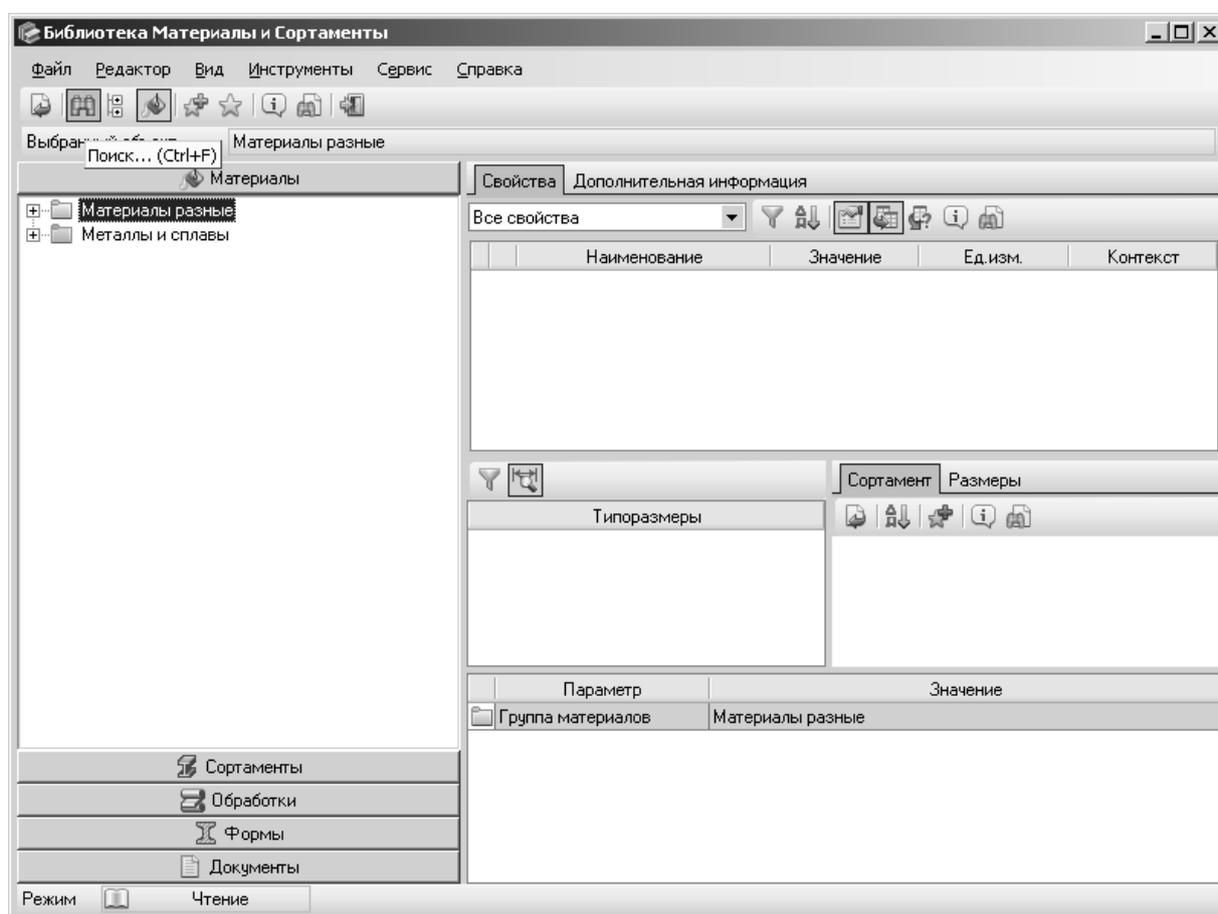
б)



в)

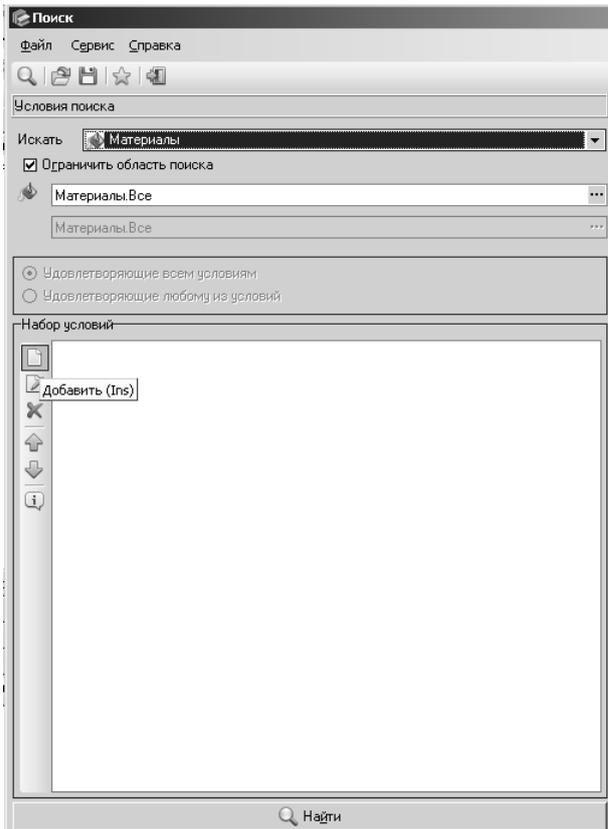
Рис. 64. Запуск справочника «Материалы и сортаменты»: а – запуск, б – выбор материала, в – добавление объекта

В появившемся окне справочника можно найти материал вручную по группам «Материалы», «Сортаменты» и др. (рис. 65, а), или воспользоваться поиском — нажать сочетание клавиш «Ctrl+F», либо нажать соответствующую кнопку с биноклем (см. рис. 65, а). В появившемся окне следует нажать кнопку «Добавить набор условий» (рис. 65, б), и указать в появившемся окне значение «50Н» (рис. 65, в, либо ГОСТ из задания, см. рис. 1) и нажать кнопку «ОК». Далее необходимо нажать кнопку с лупой «Найти» (рис. 65, г) или снова сочетание клавиш «Ctrl+F». Через несколько секунд появится отчет о найденных соответствиях (рис. 65, д). Из данного отчета заданию соответствует первый результат поиска. Можно предварительно добавить его в «избранное» нажатием значка со звездочкой (см. рис. 65, д), после чего двойным щелчком мыши перейти к материалу в справочник, нажать правую кнопку мыши и выбрать в контекстном меню одноименный пункт (рис. 65, е), либо нажать Ctrl+Enter.

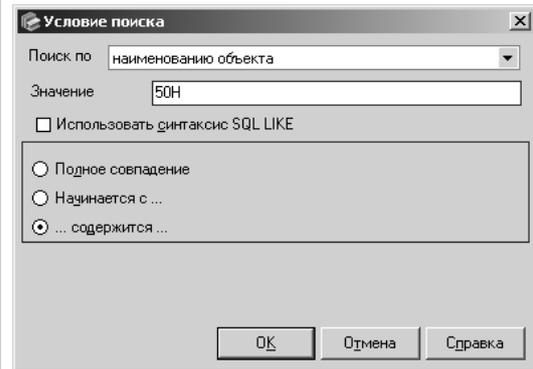


а)

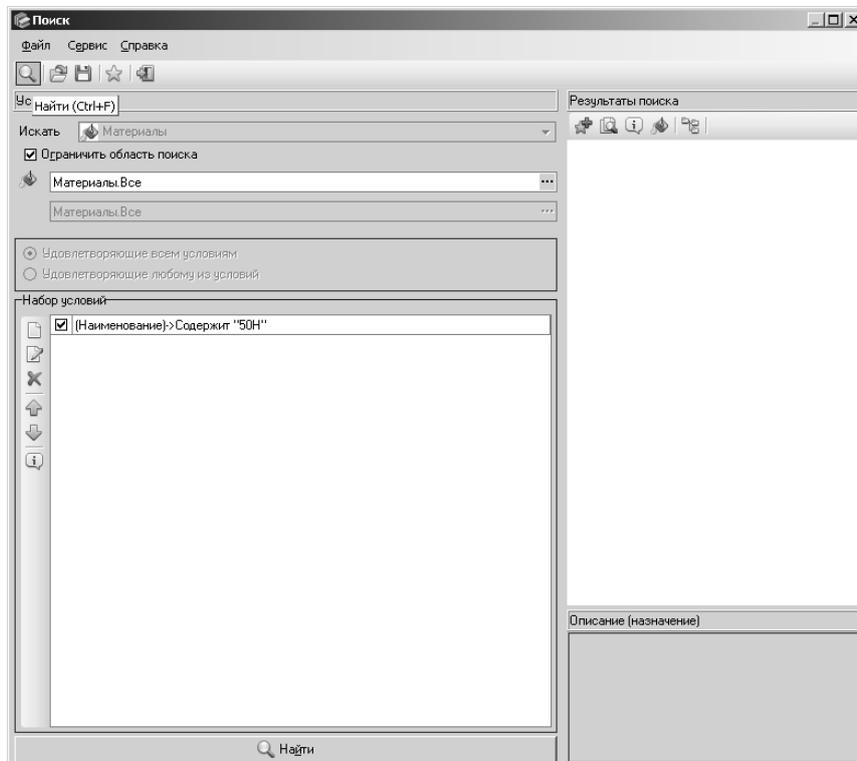
Рис. 65. Выбор материала из справочника «Материалы и сортаменты»: а – интерфейс справочника, б – меню «Поиск», в – задание условий поиска, г – подменю «поиск», д – результат поиска, е – выбор материала



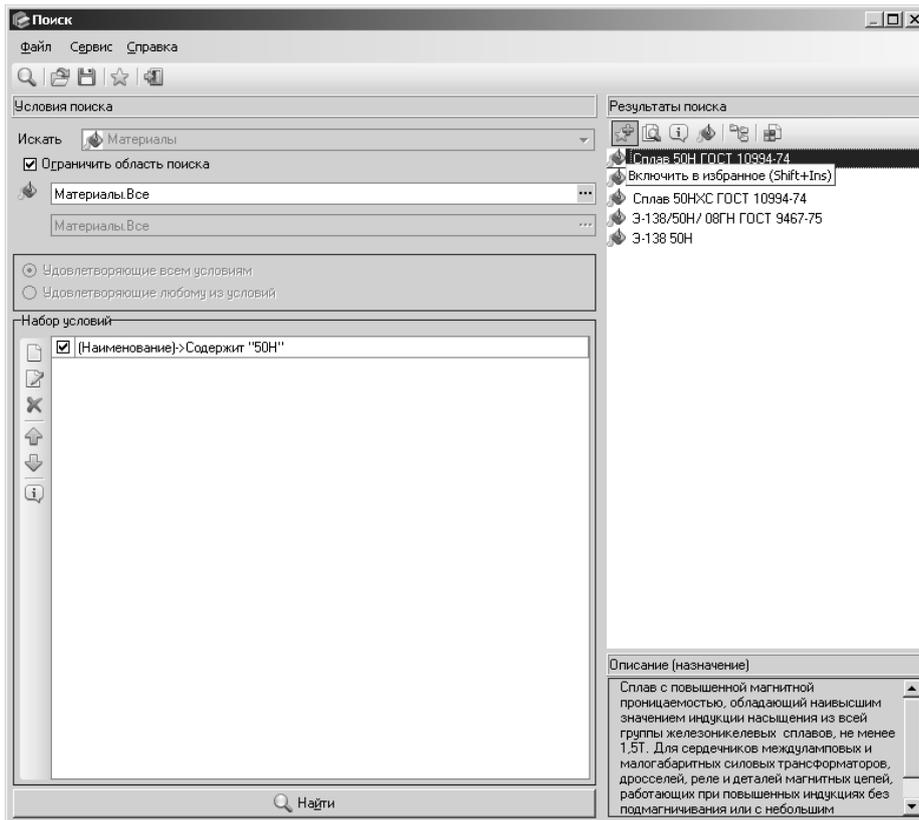
б)



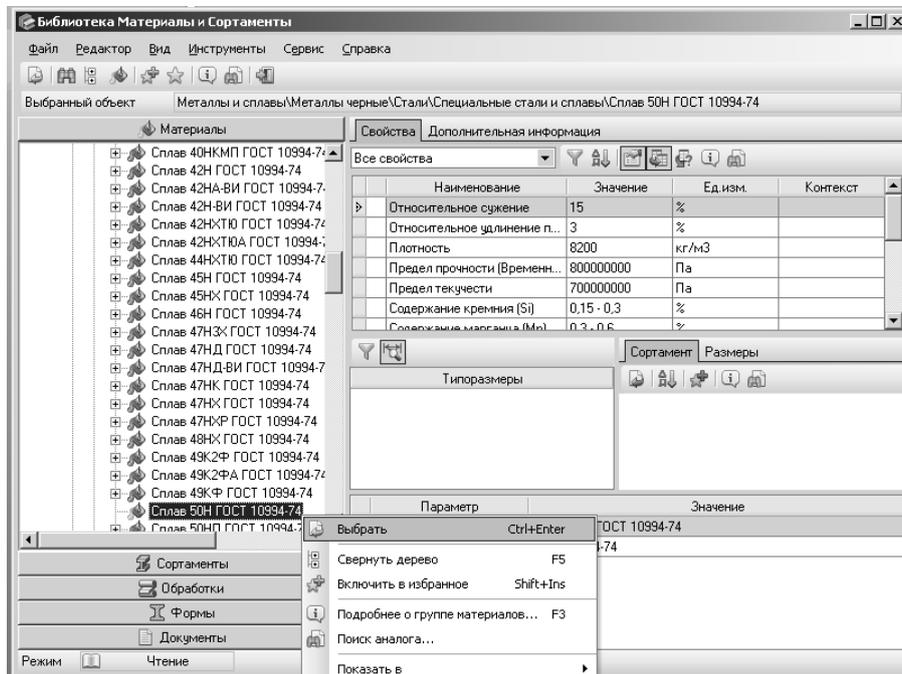
в)



г)



д)



е)

Рис. 65. Окончание

После того, как выбранный пользователем материал появится в поле «Обозначение материала» (рис. 66), необходимо вновь подтвердить его выбор нажатием сочетания клавиш «Ctrl+Enter», либо соответствующего значка (см. рис 66.)

Далее можно посмотреть МЦХ детали при помощи инструмента «МЦХ модели» из набора инструментов «Измерения и диагностика» (рис. 67). В отчет МЦХ входят такие полезные данные о модели, как материал, плотность, объем, масса, площадь и др. (см. рис. 67).

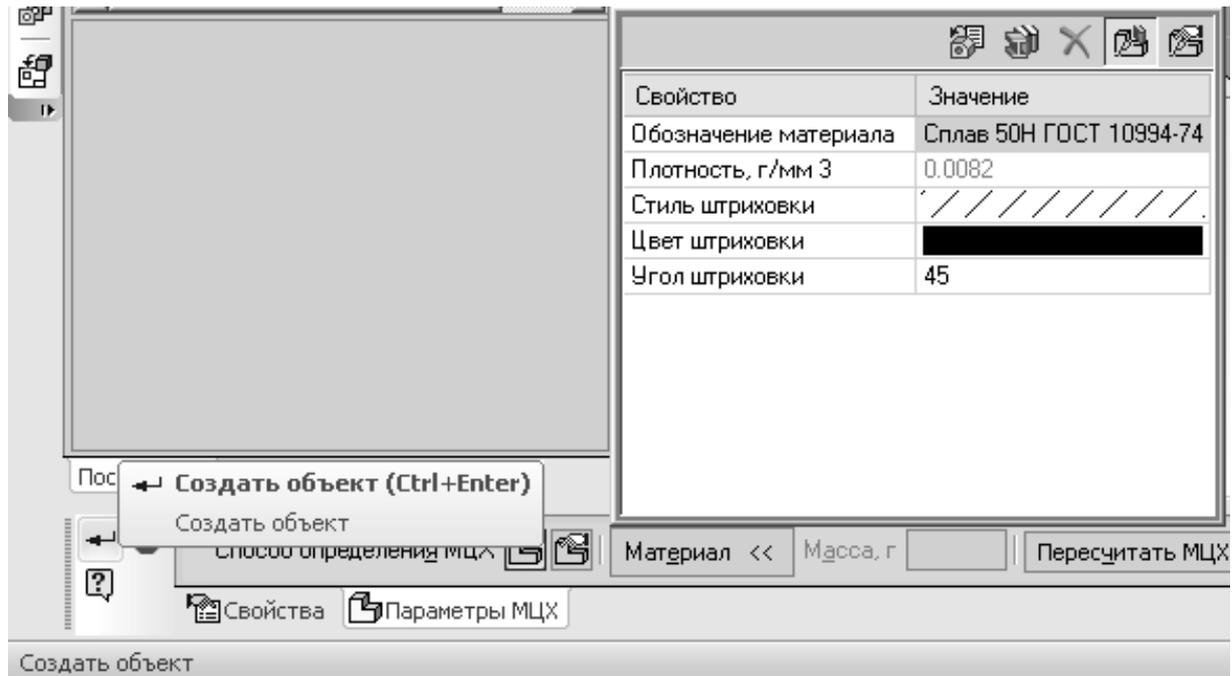


Рис. 66. Окончательный выбор материала из справочника

Таким образом, была решена первая из поставленных перед данным методическим пособием задача — построение трехмерной модели детали «Корпус гироскопа».

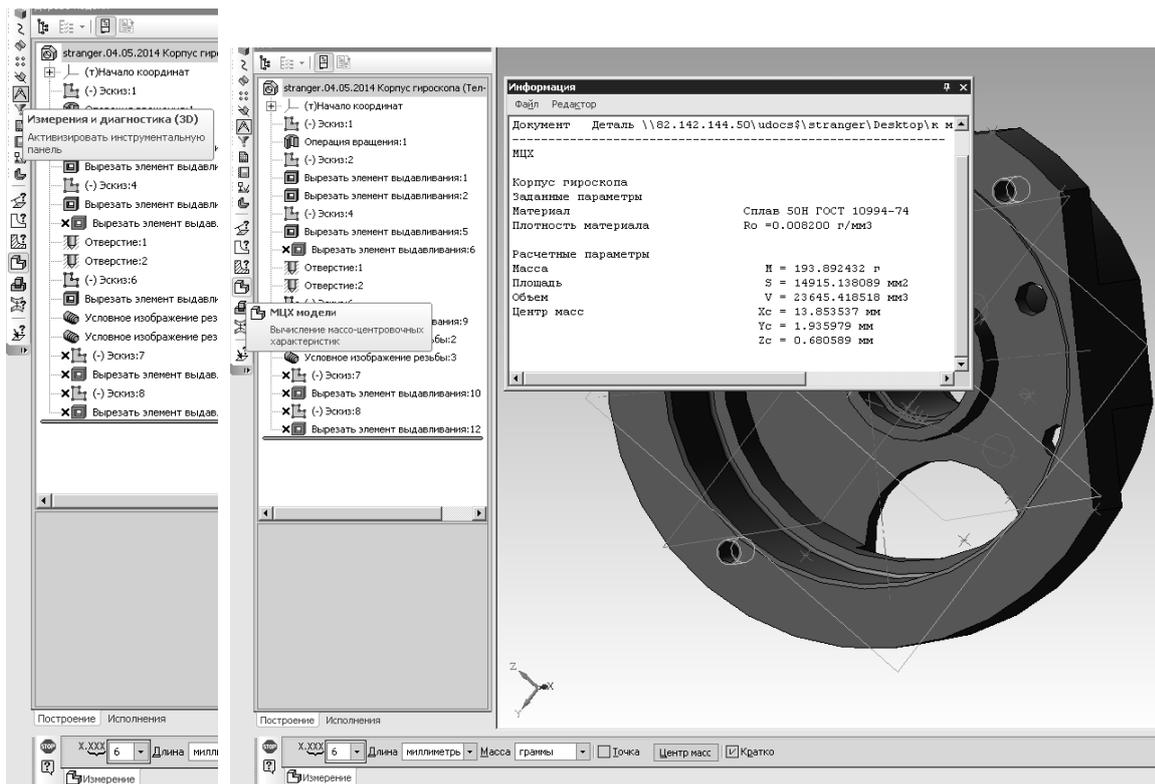


Рис. 67. ИМЦХ модели детали

1.2. Создание трехмерной модели детали «Шестерня ведущая цилиндрическая» автомобиля «Урал» в «Компас-3D»

Трехмерная модель детали «Шестерни ведущей цилиндрическая» автомобиля «Урал» будет построена согласно чертежу (рис. 68).

Данную деталь удобнее всего построить с помощью библиотеки «Компас-3D» «Валы и механические передачи 2D». Для того чтобы вызвать данную библиотеку, необходимо:

1. Создать документ «Чертеж» (рис. 69, а, б).
2. Вызвать менеджер библиотек (рис. 70).

3. Найти раздел «Расчет и построение» (рис. 71, а), в нем найти раздел «Валы и механические передачи 2D» (в ранних версиях «Shaft 2D»). Данная библиотека включает три инструмента: настройка, построение и расчет (рис. 71, б). В «настройке» можно настроить различные параметры работы с передачами, в том числе упрощенную генерацию зубьев и шлицев и др. (рис. 71, в). Основным инструментом данной библиотеки является «Построение модели». При его запуске (двойной щелчок мыши) появляется новое окно (рис. 71, г).

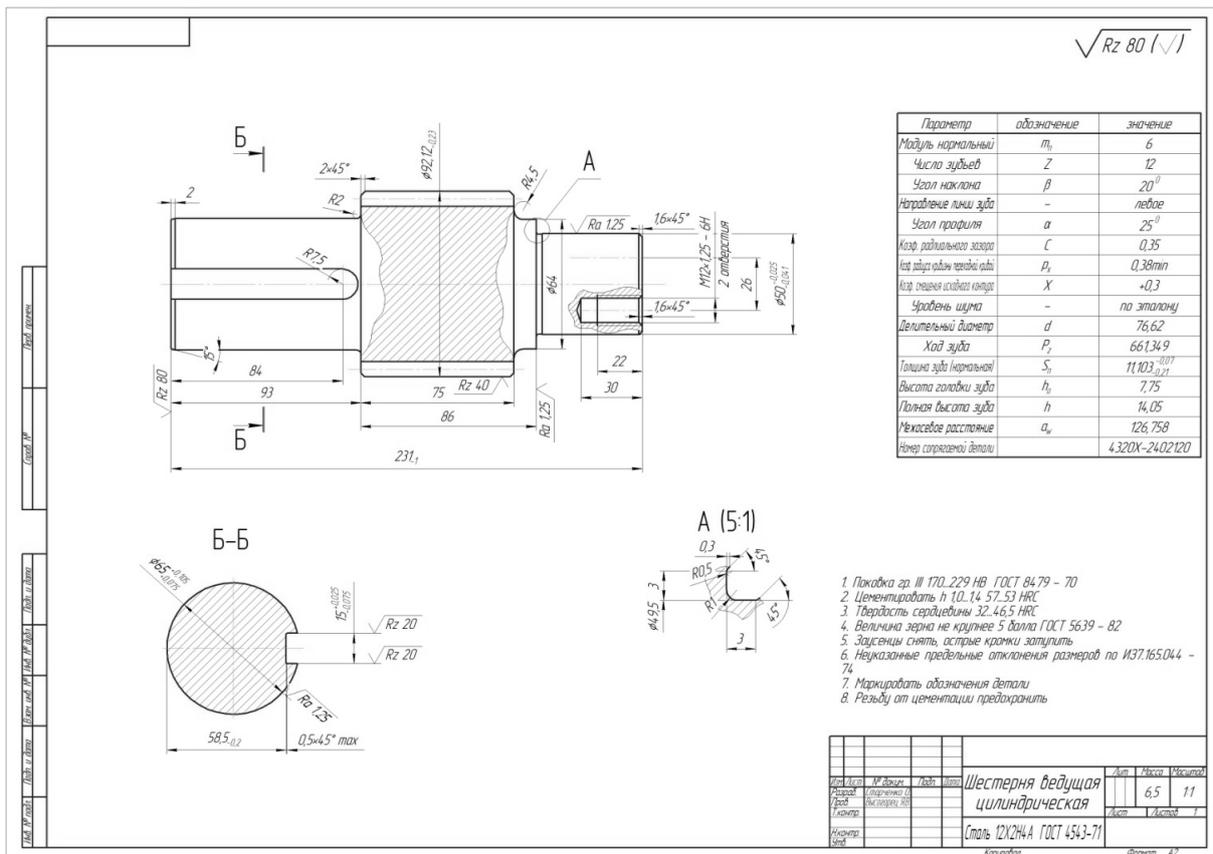
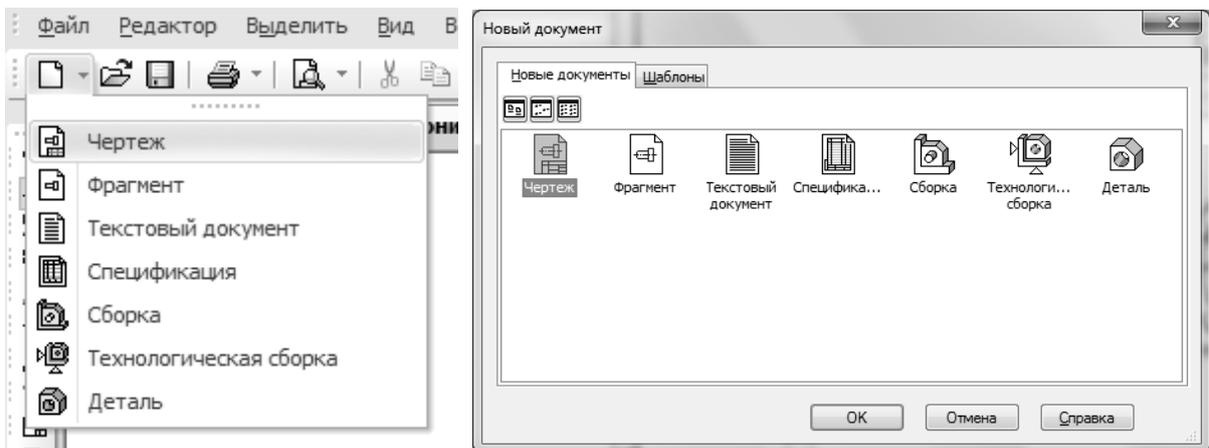


Рис. 68. Чертеж детали «Шестерня ведущая цилиндрическая автомобиля «Урал»



а)

б)

Рис. 69. Создание нового чертежа: а – с помощью значка на инструментальной панели, б – с помощью сочетания клавиш «Ctrl+N», либо меню «Файл»

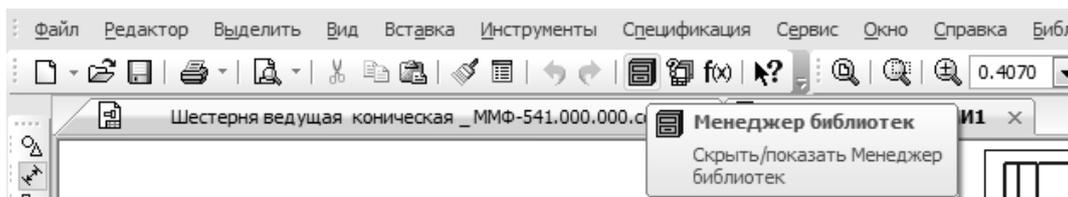
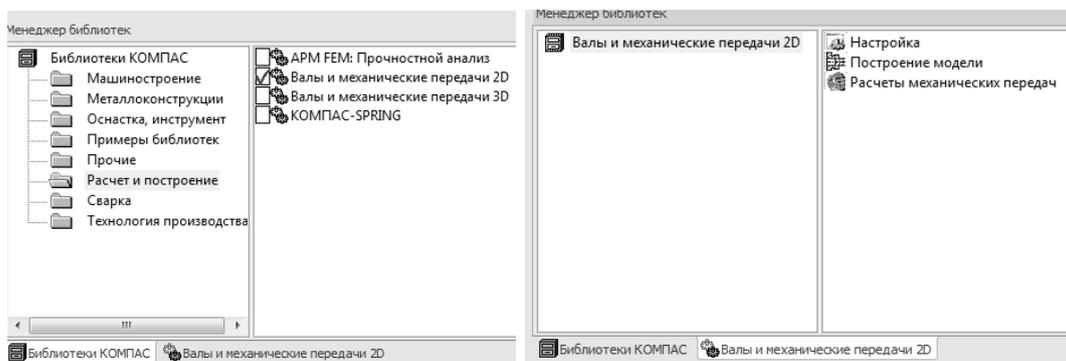
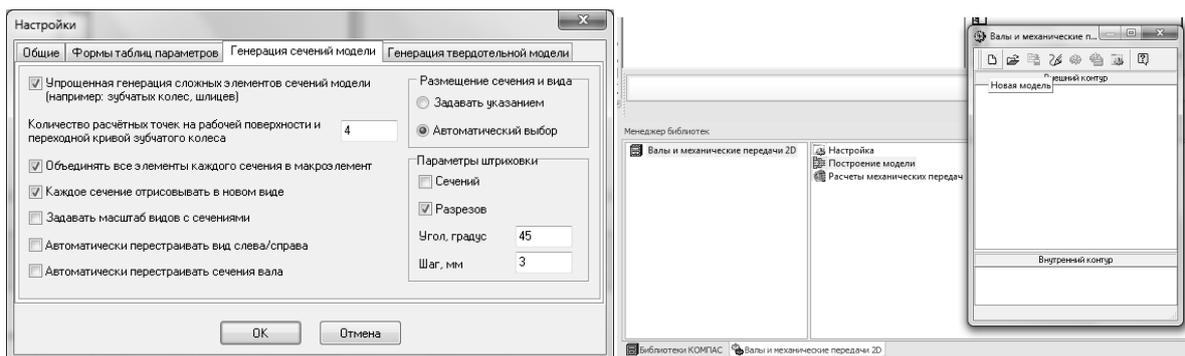


Рис. 70. Менеджер библиотек



а)

б)



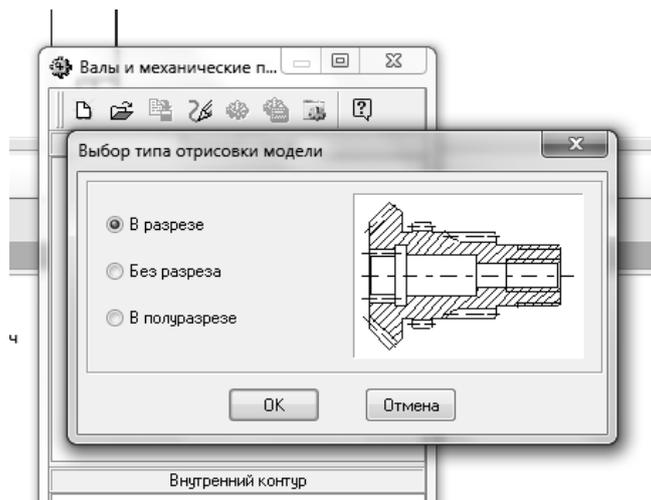
в)

г)

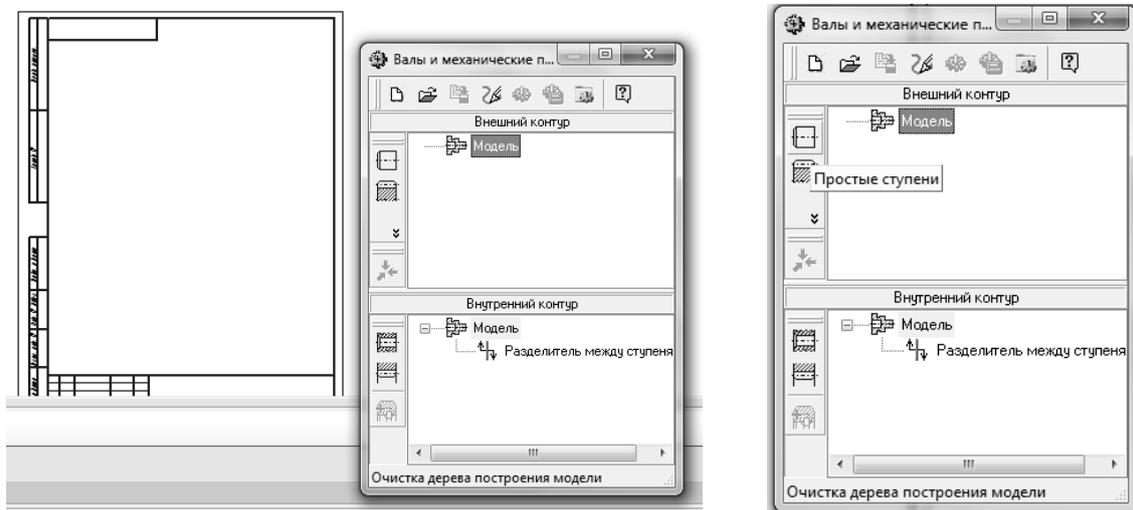
Рис. 71. Библиотека «Валы и механические передачи 2D»: а – «Расчет и построение», б – «Валы и механические передачи 2D», в – «Настройки», г – «Построение модели»

В появившемся окне необходимо нажать иконку «Новая модель» (белый лист с загнутым уголком), в следующем появившемся окне (рис. 72, а) — необходимо нажать «ОК» (опция «В разрезе», активирующаяся по умолчанию, — оптимальная). Далее необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши в произвольном месте чертежа, после чего загрузится интерфейс библиотеки расчета валов и передач (рис. 72, б). Следующим шагом необходимо нажать на картинку с изображением цилиндрической ступени вала («Простые ступени») (рис. 72, в) и выбрать первый пункт («Цилиндрическая ступень», рис. 72, г). Появившееся окно следует заполнить данными с

чертежа: длина ступени (93), диаметр ступени (65), ширина (2) и угол (45°) фаски (рис. 72, д). После того, как ступень описана, следует нажать на клавиатуре клавишу «Enter», или значок с зеленой галочкой в меню. Следующая ступень представляет собой цилиндрическую шестерню (см. задание, рис. 68). Под простыми ступенями находится кнопка с изображением зубчатого колеса (рис. 72, е), необходимо нажать ее и выбрать в появившемся окне первый пункт (Шестерня цилиндрической зубчатой передачи, см. рис. 72, е).



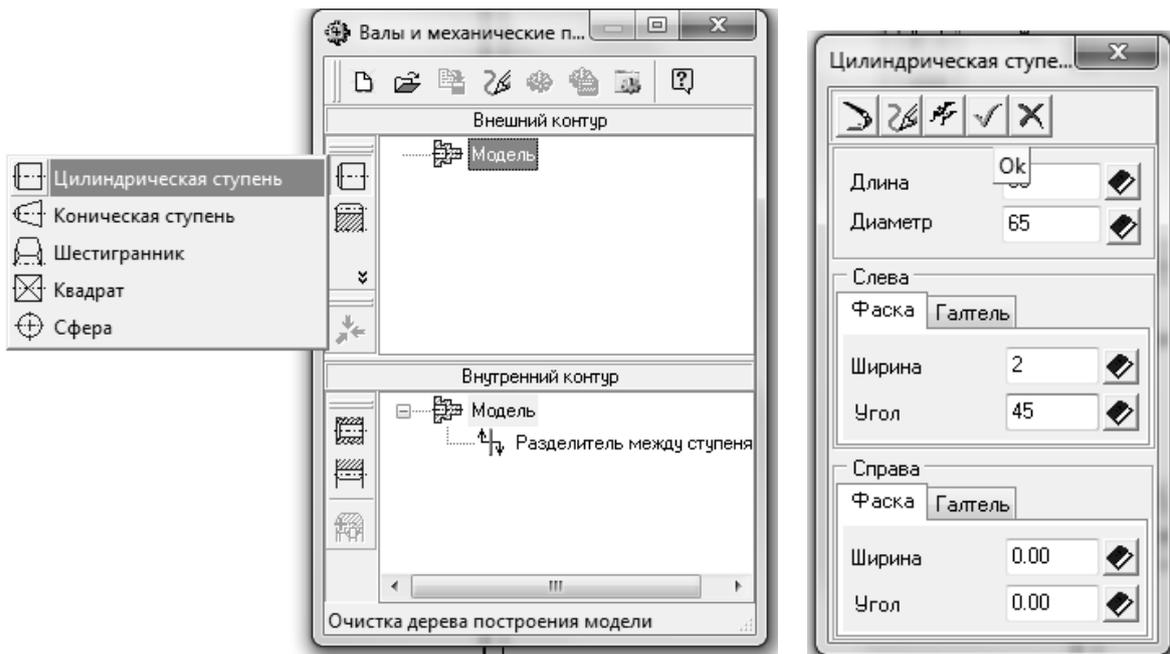
а)



б)

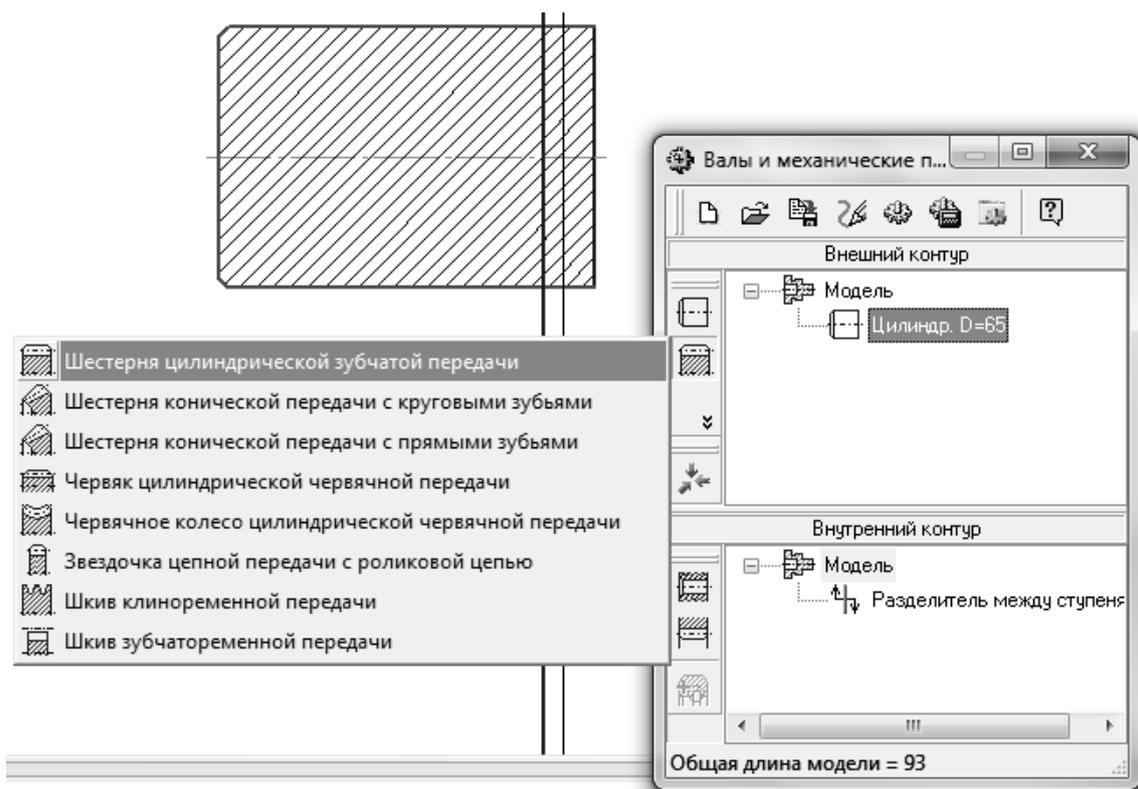
в)

Рис. 72. Построение вала с помощью библиотеки: а – выбор типа отрисовки модели, б – интерфейс библиотеки расчета валов и передач, в – «Простые ступени», г – «Цилиндрическая ступень», д – формирование цилиндрической ступени, е – Шестерня цилиндрической зубчатой передачи



в)

г)



г)

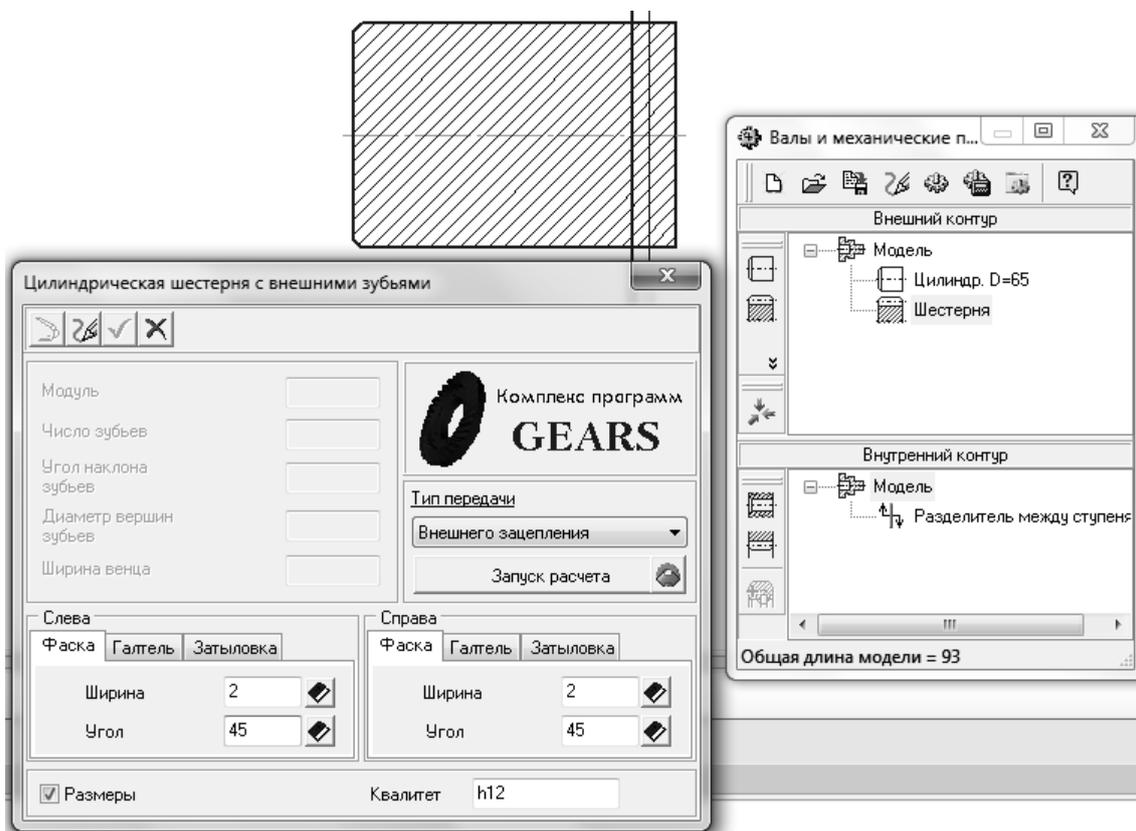
д)

е)

Рис. 72. Окончание

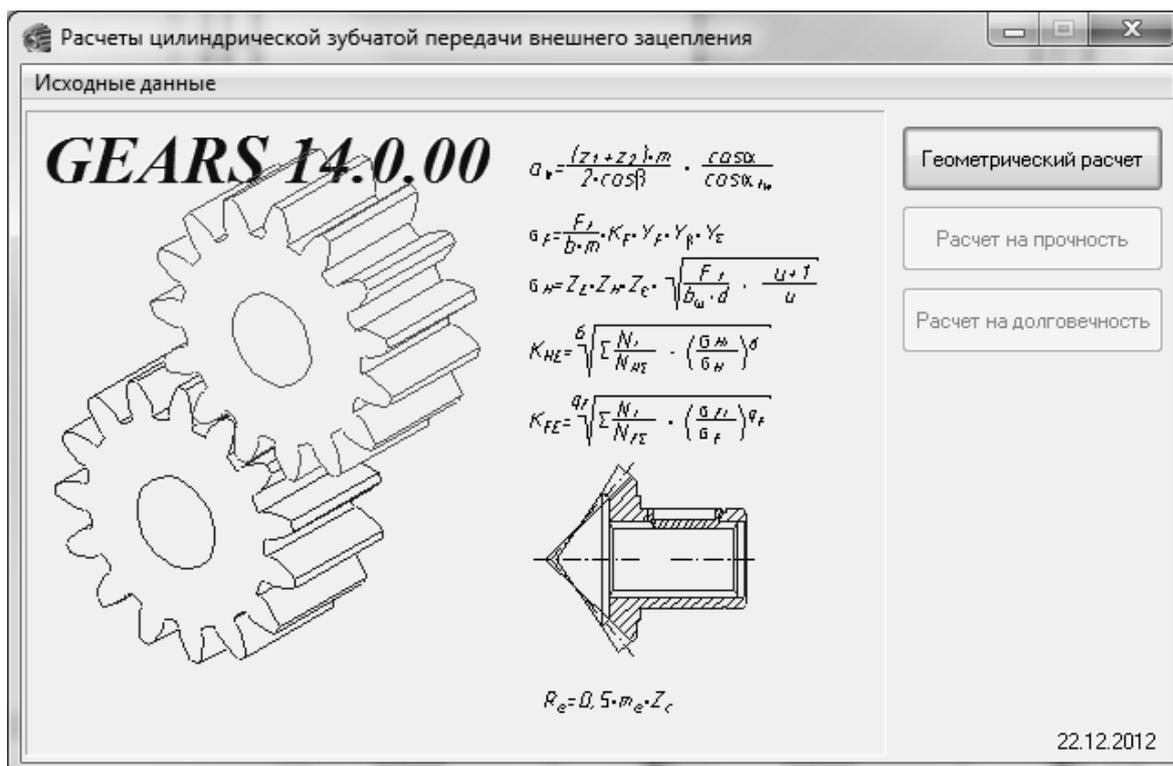
В появившемся окне подпрограммы следует заполнить параметры фасок ступени, указать квалитет и размеры, после чего нажать кнопку «Запуск расчета» (рис. 73, а). В появившемся окне следует нажать единственную доступную кнопку «Геометрический расчет» (рис. 73, б). Далее необходимо выбрать тот способ расчета зубчатого колеса, данные для которого присутствуют на чертеже детали. В чертеже содержатся данные о коэффициенте смещения и о межосевом расстоянии (см. рис. 68), следовательно, можно выбрать любой из этих двух способов расчета. Расчет будет производиться по коэффициенту смещения (рис. 73, в).

Далее следует заполнить данные в таблице согласно чертежу (рис. 73, г). Данные о ведомом колесе, если они неизвестны, можно продублировать с ведущего. Чтобы определить диаметр шарика/ролика, следует нажать кнопку с изображением калькулятора, и он определится автоматически. После того, как данные в таблицах заполнены, следует нажать вкладку «Страница 2» (см. рис. 73, г).



а)

Рис. 73. Построение зубчатого колеса: а – интерфейс библиотеки расчета зубчатого колеса, б – геометрический расчет, в – вариант расчета, г – заполнение табличных данных



б)



в)

Рис. 73. Продолжение

Геометрический расчет

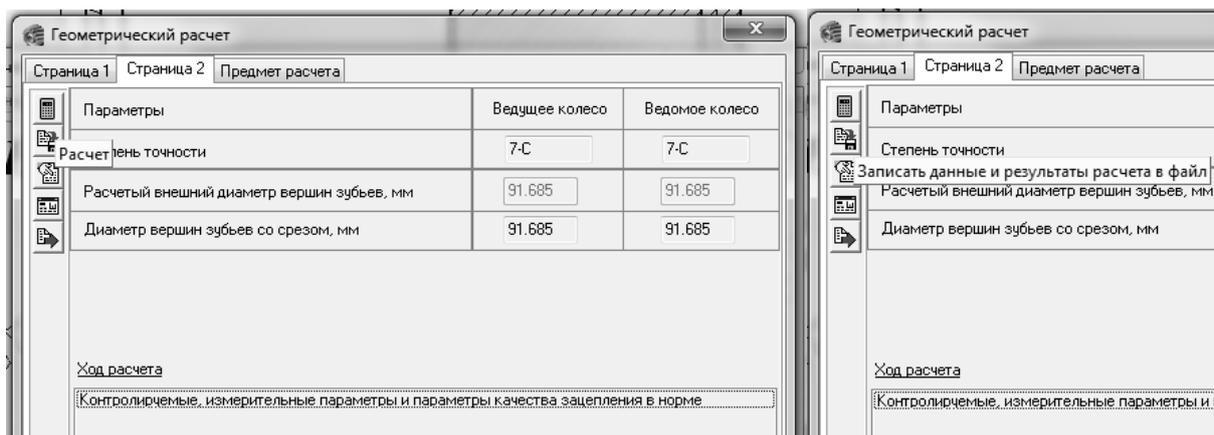
Страница 1 | Страница 2 | Предмет расчета

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	12	12
2. Модуль, мм	6.000	
3. Угол наклона зубьев, °	20 ° 0 ' 0 "	
4. Направление линии зуба ведущего колеса	левое	
5. Угол профиля зубьев, °	25 ° 0 ' 0 "	
6. Коэффициент высоты головки зуба	1	
7. Коэффициент радиального зазора	0.35	
8. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.38	
9. Ширина зубчатого венца, мм	75	75
10. Коэффициент смещения исходного контура	0.3	0.3
11. Диаметр ролика (шарика), мм	10.319	10.319
12. Вид обработки	рейка	рейка
13. Характеристика инструмента		

г)

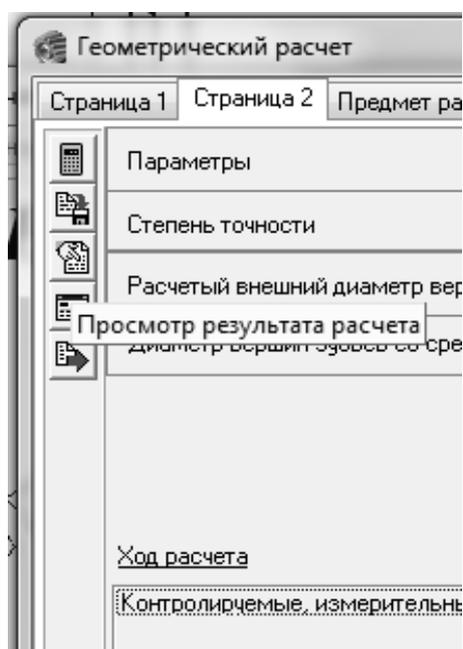
Рис. 73. Окончание

В следующем подменю (рис. 74, а) следует изменить данные о степени точности, если они известны, и нажать первую сверху кнопку («Расчет», см. рис. 74, а). Если введенные данные верны и зубчатое колесо спроектировано корректно, то в поле для данных о ходе расчета появится надпись черного цвета, о том, что контролируемые параметры в норме (см. рис. 74, а). В противном случае данные о характере ошибок и конфликтов появятся в том же самом поле, но цвет текста будет красным. Данные о расчете зубчатого колеса можно сохранить в файл, нажав соответствующую кнопку (рис. 74, б). Также данные о расчете можно просмотреть, нажав третью по счету кнопку сверху (рис. 74, в). Четвертая по счету кнопку возвращает пользователя в главное меню (рис. 74, г). Если расчеты на прочность и долговечность не требуются, можно выйти в предшествующее этим расчетам меню (см. рис. 73, а), нажав на последнюю кнопку (со стрелкой).

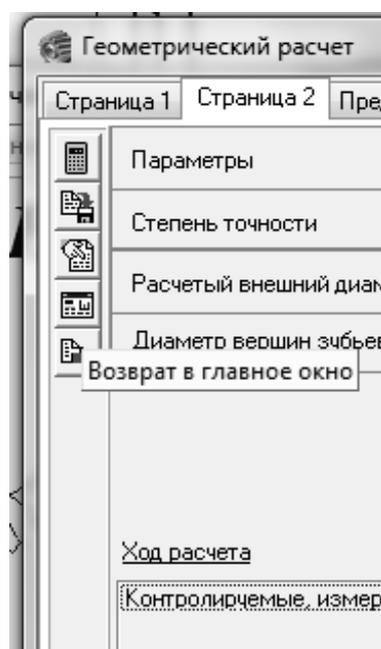


а)

б)



в)



г)

Рис. 74. Проектирование зубчатой передачи: а – расчет, б – сохранение данных, в – просмотр данных, г – возврат в главное меню, д, е – данные расчета передачи

Таблица 1. Геометрический расчет цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Исходные данные</i>		
Число зубьев	12	12
Модуль, мм	6	
Угол наклона зубьев	20°00'00"	
Угол профиля исходного контура	25°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба	1	
Коэффициент радиального зазора	0,35	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	0,38	
Ширина зубчатого венца, мм	75	75
Коэффициент смещения исходного контура	+0,3	+0,3
Степень точности	7-С	7-С
<i>Определяемые параметры</i>		
Передаточное число	1	
Межосевое расстояние, мм	79,953	
Делительный диаметр, мм	76,621	76,621
Диаметр вершин зубьев D_a , мм	91,685	91,685
Диаметр впадин зубьев D_f , мм	64,021	64,021
Диаметр начальной окружности D_w , мм	79,953	79,953
Угол зацепления	30°51'29"	
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>		
Постоянная хорда, мм	9,12	9,12
Высота до постоянной хорды, мм	5,406	5,406
Радиус кривизны профиля R_{os} , мм	21,813	21,813
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм	10,614	10,614
Условие $R_{os} > R_{op}$	выполнено	выполнено

д)

Рис. 74. Продолжение

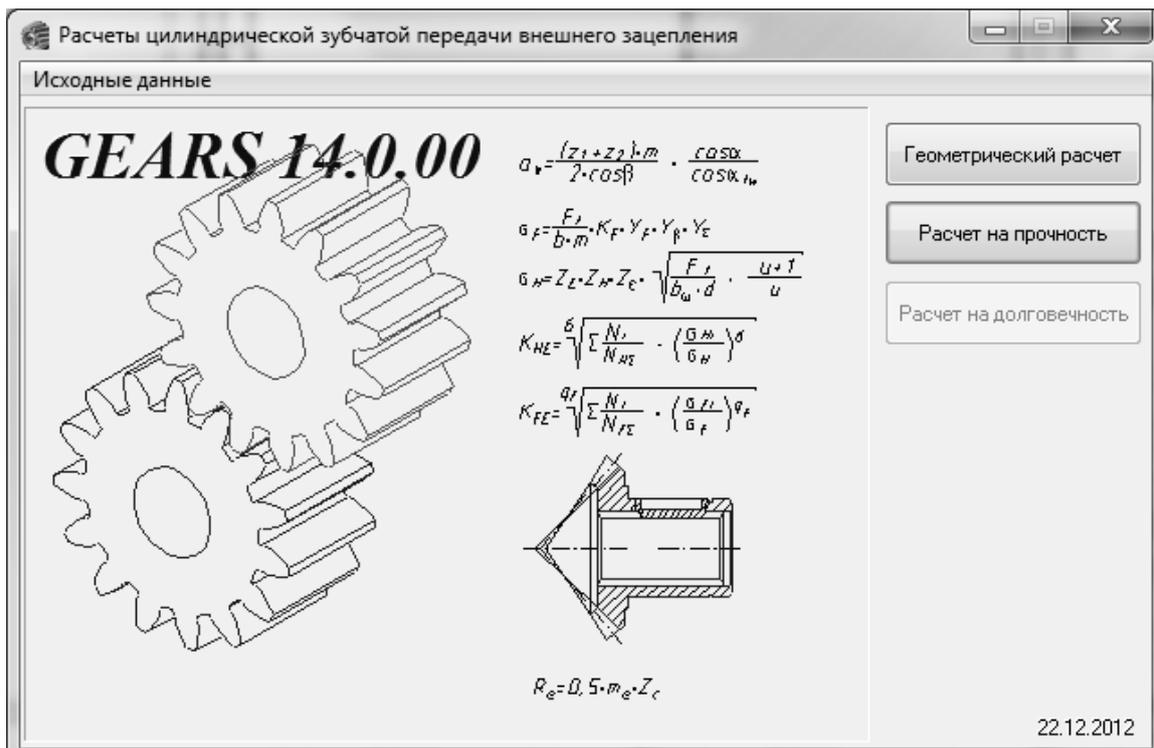
Продолжение табл. 1.

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
Радиус кривизны профиля R_{ow} , мм	22,13	22,13
Радиус кривизны профиля R_{oa} , мм	30,395	30,395
Условие $R_{ow} < R_{oa}$	выполнено	выполнено
Диаметр шарика D_r , мм	10,319	10,319
Угол профиля на окружности центра шарика	34°37'20"	34°37'20"
Диаметр окружности через центр шарика, мм	83,404	83,404
Радиус кривизны профиля R_{om} , мм	18,845	18,845
Условие $R_{om} < R_{oa}$	выполнено	выполнено
Размер по шарикам, мм	93,723 -0,102 -0,25	93,723 -0,102 -0,25
Условие $D_d + D_r > D_a$	выполнено	выполнено
Условие $D_d - D_r > D_f$	выполнено	выполнено
Нормальная толщина, мм	11,103	11,103
<i>Проверка качества зацепления по геометрическим показателям</i>		
Коэффициент наименьшего смещения X_{min}	-0,262	-0,262
Условие $X > X_{min}$	выполнено	выполнено
Радиус кривизны в граничной точке профиля R_{ol} , мм	7,581	7,581
Условие отсутствия интерференции $R_{ol} < R_{op}$	выполнено	выполнено
Условие отсутствия подрезания $R_{ol} > 0$	выполнено	выполнено
Нормальная толщина на поверхности вершин, мм	2,436	2,436
Коэффициент перекрытия	2,462	

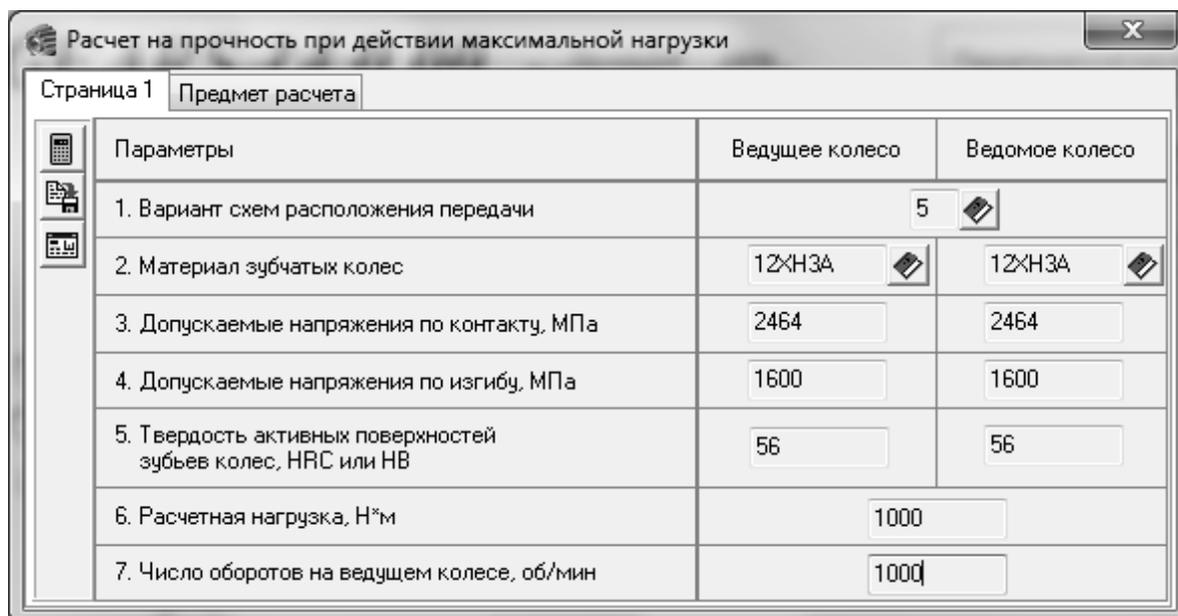
е)

Рис. 74. Окончание

Далее спроектированную шестерню следует рассчитать (САЕ) на прочность (рис. 75, а, б, в) и на долговечность (рис. 76, а, б, в, г). Расчет на прочность становится доступным после геометрического расчета, на долговечность — после расчета на прочность. При расчете на долговечность необходимо задать также режимы нагружения (рис. 76, в). Также Компас-3D позволяет проводить более качественные и интеллектуальные расчеты любых 3D моделей на прочность методом конечных элементов, для этого используется модуль «АРМ FEM» (Библиотеки Компас/Расчет и построение/АРМ FEM: Прочностной анализ) (рис. 76, г).



а)



б)

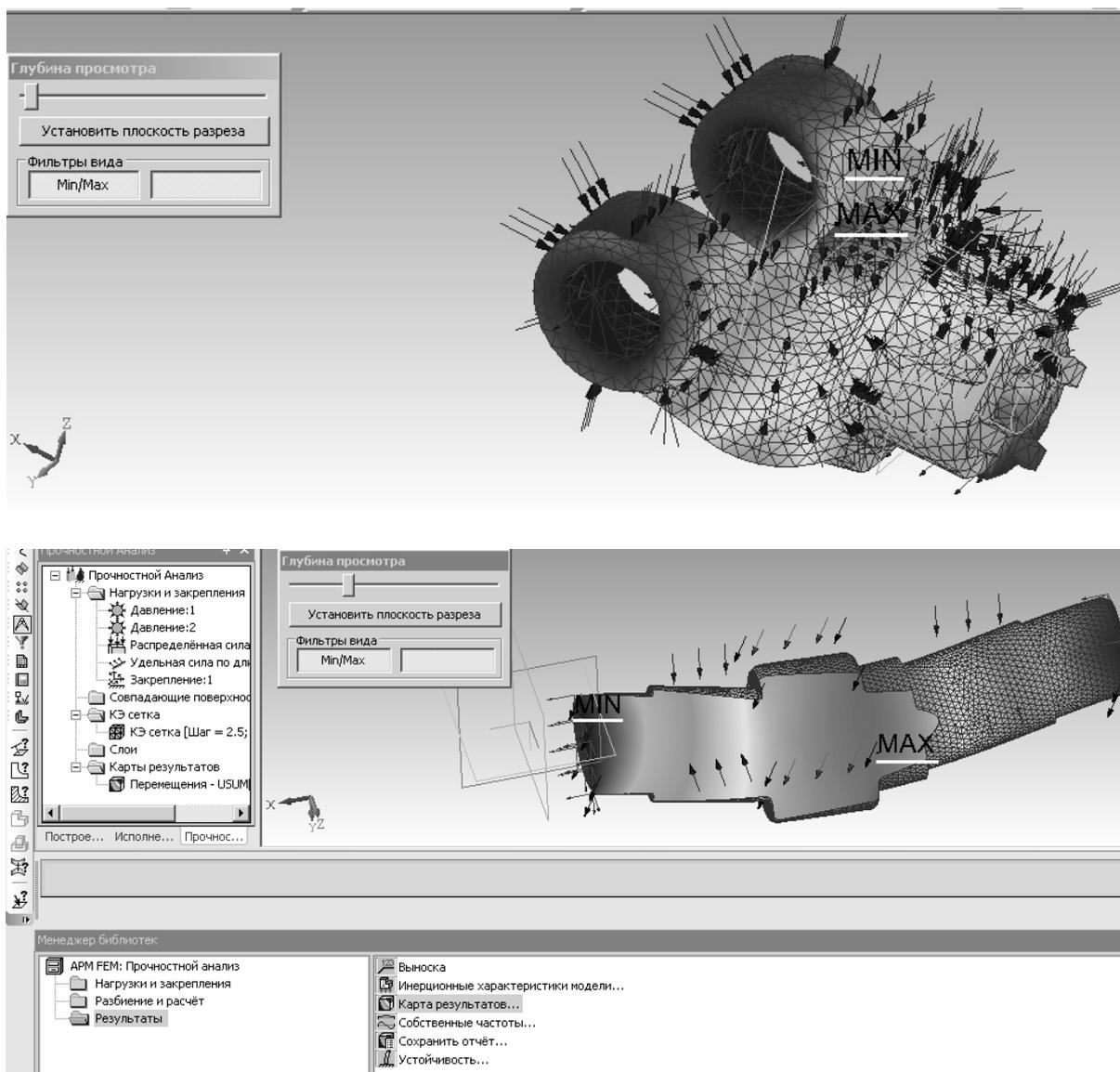
Рис. 75. Расчет на прочность: а – запуск, б – таблицы для заполнения и кнопки для расчета/сохранения/выхода, в – просмотр результатов расчета, г – APM FEM

Таблица 1. Расчет на прочность при действии максимальной нагрузки цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Исходные данные</i>		
Число зубьев	12	12
Модуль, мм	6	
Угол наклона зубьев	20°00'00"	
Угол профиля исходного контура	25°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	75	75
Коэффициент смещения исходного контура	+0,3	+0,3
Степень точности	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	5	
Марка материала	12ХН3А	12ХН3А
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	56	56
Расчетная нагрузка, Н*м	1000	
Частота вращения ведущего зубчатого колеса, об/мин	1000	
<i>Определяемые параметры</i>		
Окружная скорость в зацеплении, м/с	4,012	
<i>Расчет на контактную прочность</i>		
Коэффициент, учитывающий распределение нагрузки	1,201	
Удельная окружная сила, Н/мм	7,605	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку	1,022	
Исходная сила, Н	26102,573	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	444,243	
Расчетное контактное напряжение, МПа	1228,065	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	2464	2464
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	2,006	2,006
<i>Расчет на прочность при изгибе</i>		
Коэффициент, учитывающий распределение нагрузки	1,276	
Удельная окружная сила, Н/мм	11,407	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку	1,033	
Исходная сила, Н	26102,573	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	437,765	
Расчетное напряжение изгиба, МПа	236,075	236,075
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	1600	1600
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	6.476	6.476

в)

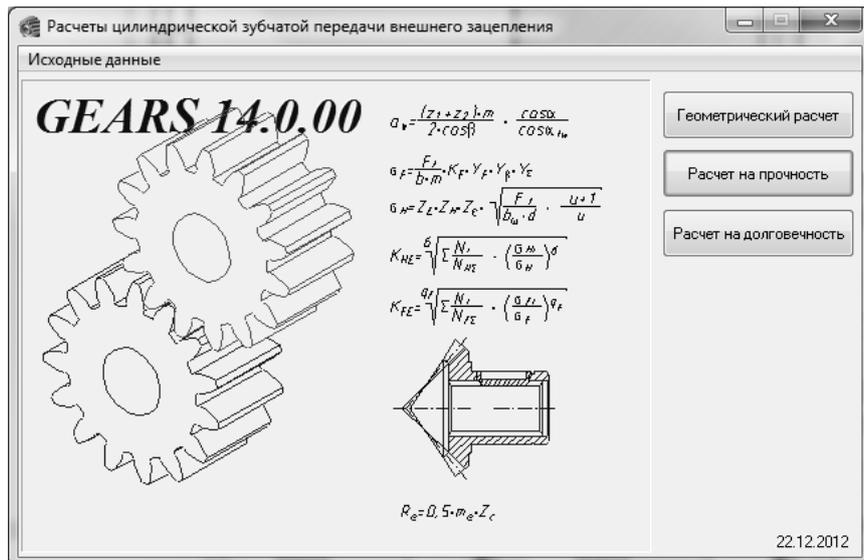
Рис. 75. Продолжение



г)

Рис. 75. Окончание

После того, как выполнены все необходимые расчеты передачи, следует нажать на кнопку «Заккрыть» (крестик справа вверху), после чего появится меню с выбором колеса для дальнейшего проектирования (рис. 77). Следует выбрать пункт шестерня, нажать кнопку «ОК», заполнить данные о фасках и квалитете, если они еще не заполнены, и **нажать на кнопку с изображением зеленой галочки (ОК)**.



а)

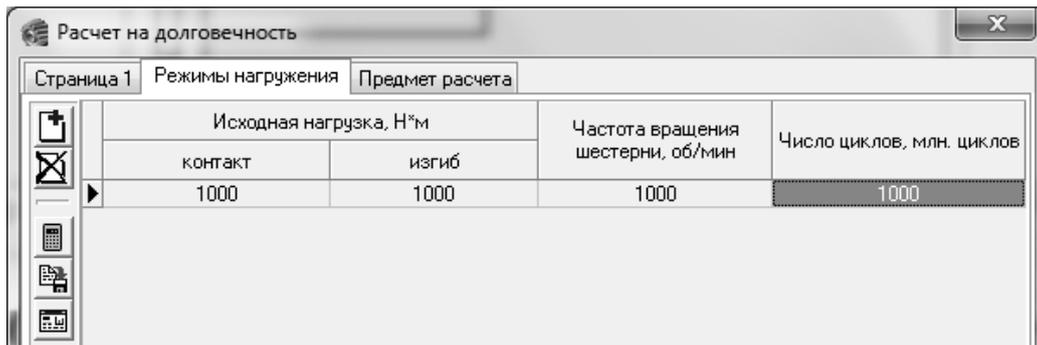
Расчет на долговечность

Страница 1 | Режимы нагружения | Предмет расчета

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Материал зубчатых колес	12ХН3А	12ХН3А
2. Предел выносливости по контакту, МПа	1288	1288
3. Предел выносливости по изгибу, МПа	820	820
4. Базовый ресурс и его размерность	30000	час
5. Тип передачи	Обычная	
6. Количество сателлитов	1	
7. Функциональное назначение ведущего колеса	Солнечная шестерня	
8. Коэффициент ограничения усталостных повреждений	контакт	0.6
	изгиб	0.6
9. Коэффициент безопасности	контакт	1.2
	изгиб	1.55
10. Показатель кривой выносливости	контакт	6
	изгиб	9
11. Коэффициент, учитывающий шероховатость	1	1
12. Базовое число циклов при изгибе, млн. циклов	4	4
13. Коэффициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки	<input checked="" type="checkbox"/> Учесть	<input checked="" type="checkbox"/> Учесть
	Сталь: Отожженная, нк 0.35	Сталь: Отожженная, нк 0.35

б)

Рис. 76. Расчет на долговечность: а – запуск, б – таблица с исходными данными, страница 1, в – режимы нагружения, г – результаты расчета



в)

Таблица 1. Расчет на выносливость по ГОСТ 21354-87 цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо	
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	12	12	
Модуль, мм	6		
Угол наклона зубьев	20°00'00"		
Угол профиля исходного контура	25°00'00"		
Ширина зубчатого венца, мм	75	75	
Коэффициент смещения исходного контура	+0,3	+0,3	
Степень точности	7-C	7-C	
Вариант схемы расположения передачи	5		
Марка материала	12ХНЗА	12ХНЗА	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	56	56	
Число сателлитов	1		
Функциональное назначение ведущего колеса	Солнечная шестерня		
Базовое число циклов перемены напряжений, миллионы	контакт	114,726	114,726
	изгиб	4	4
Предел выносливости по контакту, соответствующий базовому числу циклов, МПа	1288		
Коэффициент безопасности (контакт)	1,2		
Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов, МПа	820		
Коэффициент безопасности (изгиб)	1,55		
Коэффициент учитывающий шероховатость	1		
Базовый ресурс, час	30000		

Продолжение табл. 1.

<i>Режимы нагружения передачи</i>						
Исходная нагрузка, Н*м		Частота вращения ведущего колеса, об/мин	Число циклов нагружения, миллионы	Контактное напряжение, МПа	Напряжение изгиба, МПа	
контакт	изгиб				Ведущее колесо	Ведомое колесо
1000	1000	1000	1000	1228,07	184,96	184,96
<i>Определяемые параметры</i>						
Ресурс по контакту, час					1534	1534
Ресурс по изгибу, час					999999	999999

г)

Рис. 76. Окончание

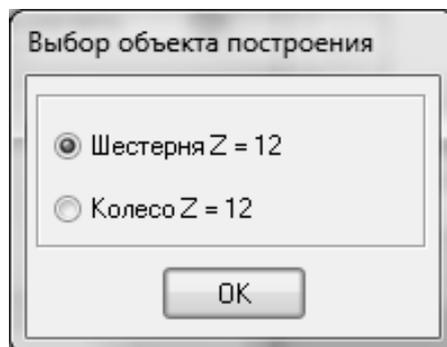


Рис. 77. Выбор объекта построения

Далее необходимо ввести данные о следующих цилиндрических ступенях (рис. 78, 79).

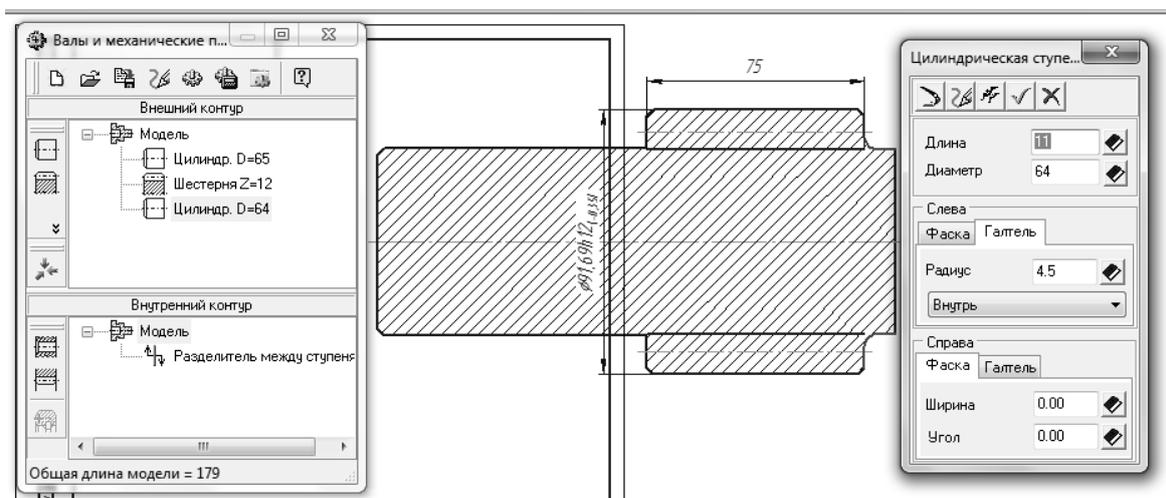


Рис. 78. Третья ступень

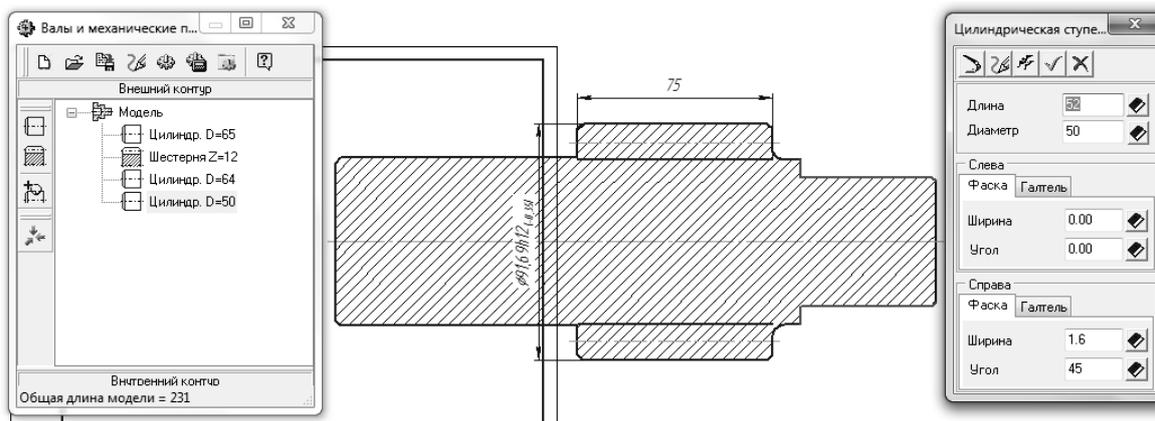
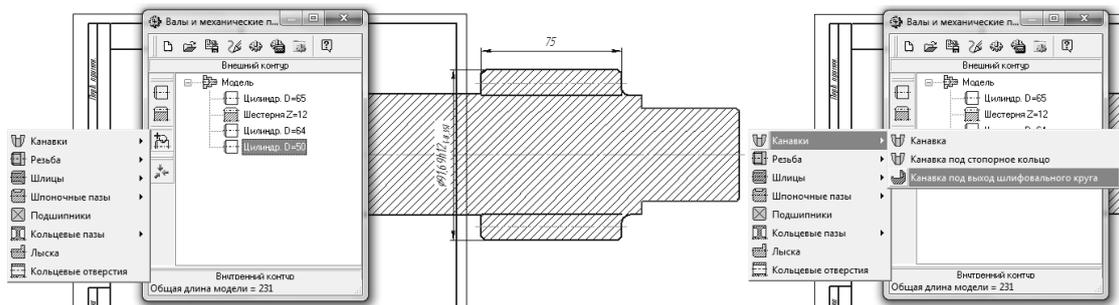


Рис. 79. Четвертая ступень

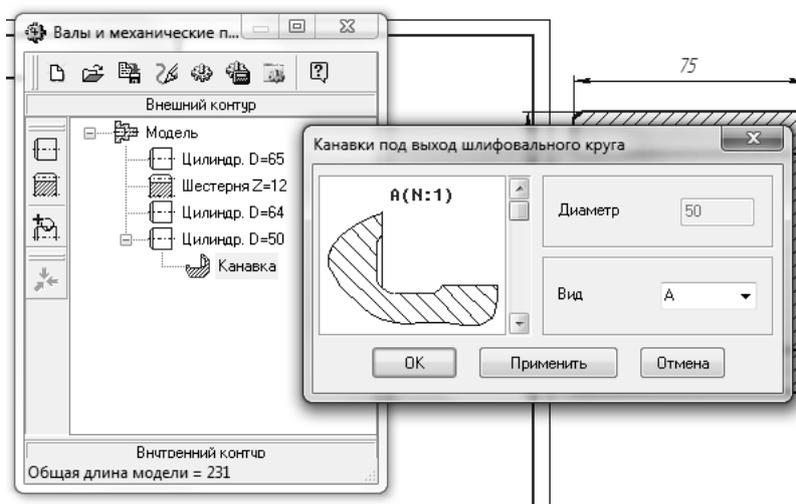
После того, как описаны цилиндрические и зубчатые ступени вала, следует добавить шпоночный паз и канавку для выхода шлифовального круга. Чтобы построить канавку для выхода шлифовального круга, необходимо выбрать соответствующую ступень (четвертую) в дереве модели и нажать на кнопку «Дополнительные элементы ступеней», которая находится под кнопками «Простые ступени» и «Элементы механических передач», на кнопке изображена цилиндрическая ступень с плюсом (рис. 80, а). Там следует выбрать раздел «канавки/канавка для выхода шлифовального круга» (рис. 80, б). Далее следует выбрать внешний вид канавки (по цилиндру, по торцу, по цилиндру и по торцу), а также ее ориентацию (сле-

ва/справа, рис. 80, в), после чего нажать «Применить», «ОК». Внешний вид условного обозначения канавки на чертеже показан на рис. 80, г.

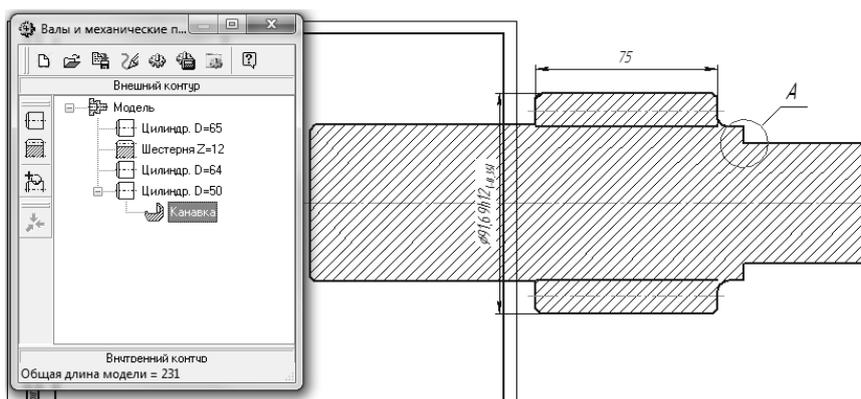


а)

б)



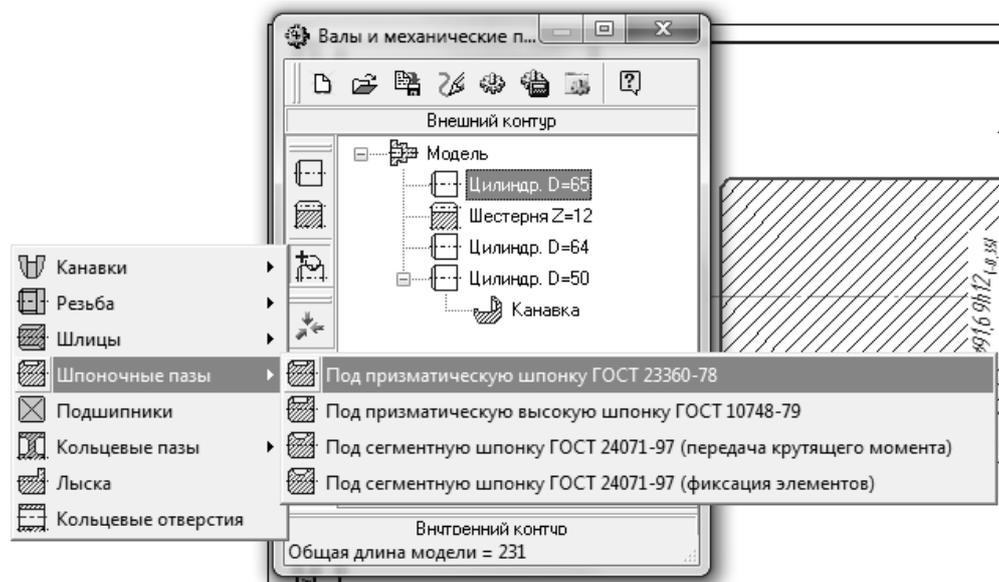
в)



г)

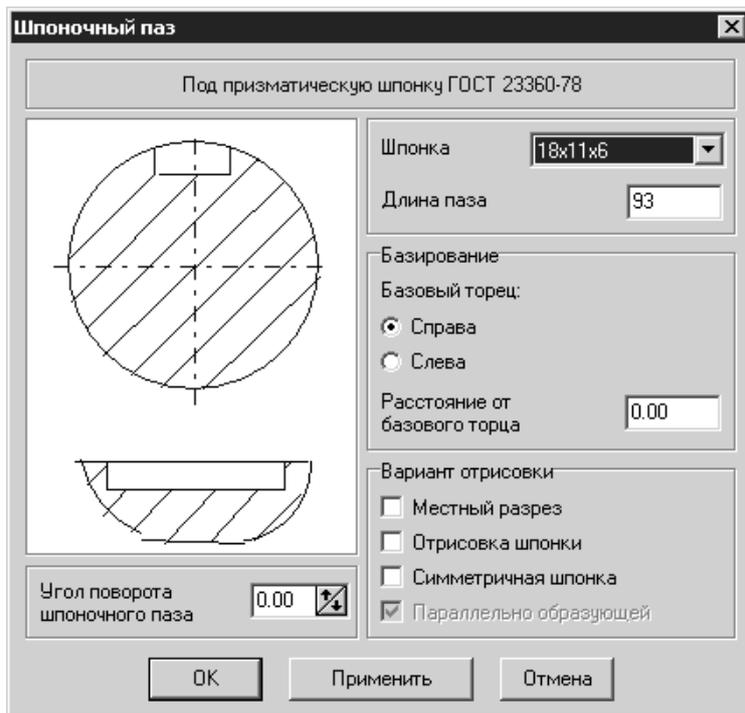
Рис. 80. Построение канавки: а – выбор ступени и канавки, б – выбор типа канавки, в – выбор вида канавки, г – отображение канавки на эскизе вала

Следующим шагом является построение шпоночного паза (см. задание). Сначала необходимо выбрать соответствующую ступень (первую) в дереве модели. После чего следует вновь нажать кнопку «Дополнительные элементы ступеней» (находится под кнопками «Простые ступени» и «Элементы механических передач», на кнопке изображена цилиндрическая ступень с плюсом (рис. 81, а)), выбрать пункт «Шпоночные пазы»/«Под призматическую шпонку ГОСТ 23360-78» (см. рис. 81, а). Далее необходимо заполнить таблицу с данными для построения (рис. 81, б). В обозначении шпонки цифрами через значок «х» записываются ширина/длина/высота паза, следовательно, необходимо выбрать паз с параметрами «18x11x90». Длину паза следует немного увеличить (до 93 мм). Если задавать большее значение длины паза, чтобы достроить поверхность, образованную выходом фрезы, то программа автоматически изменит ее до максимального размера в пределах детали (93, см. рис. 81, б). После того как таблица заполнена, следует нажать «Применить» и «ОК», после чего закрыть приложение «Валы и механические передачи» (рис. 81, в). На вопрос «Сохранить модель» следует ответить «да» (рис. 81, г). Далее необходимо сохранить сам файл с чертежом (рис. 81, д, е, ж).

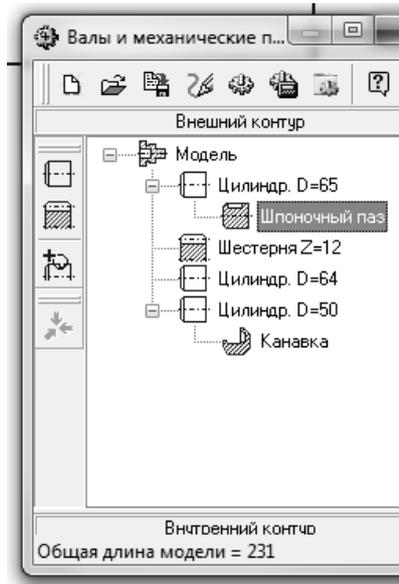


а)

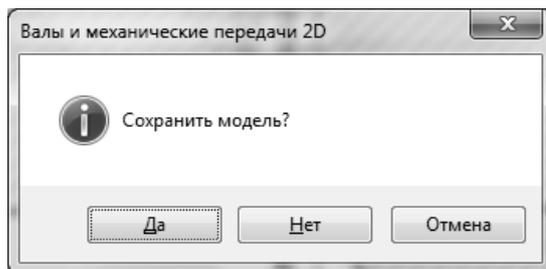
Рис. 81. Построение шпоночного паза, сохранение: а – выбор паза, б – заполнение параметров паза, в – закрытие библиотеки, сохранение библиотечной модели, д – сохранение файла, е – выбор способа сохранения, ж – указание имени файла



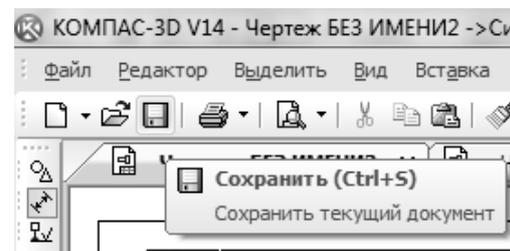
б)



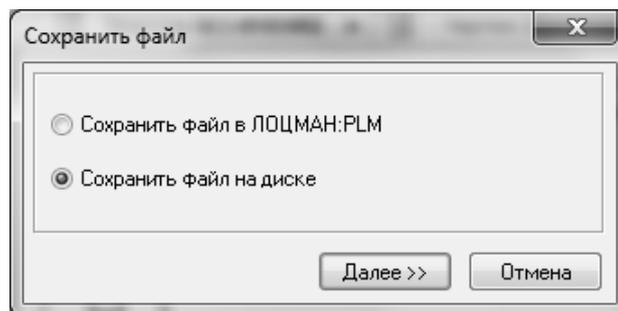
в)



г)

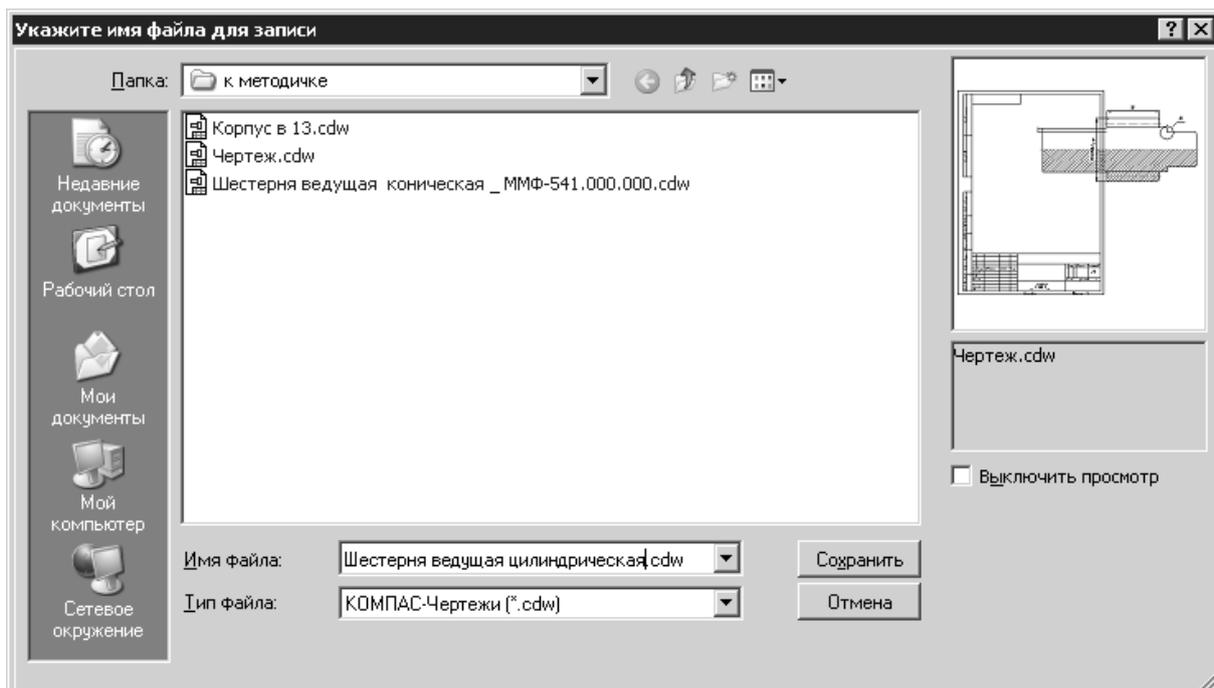


д)



е)

Рис. 81. Продолжение



ж)

Рис. 81. Окончание

После того, как файл сохранен, следует щелкнуть два раза по области, где расположен рисунок с валом, после чего снова появится окно библиотеки «Валы и механические передачи 2D». В этом окне следует нажать кнопку с желтым зубчатым колесом и выбрать первый пункт из выпадающего списка — «Генерация твердотельной модели» (рис. 82).

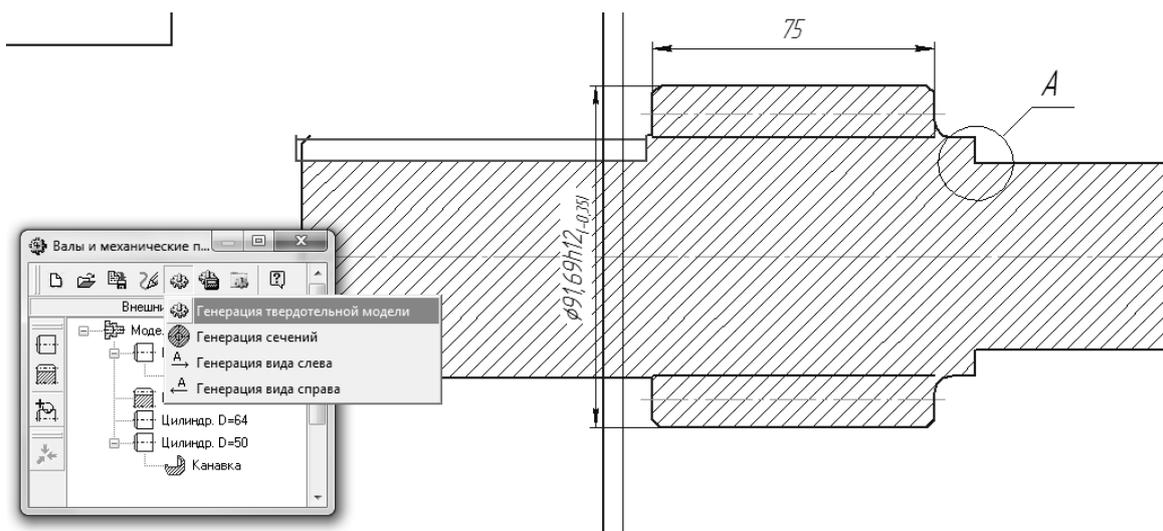


Рис. 82. Генерация твердотельной модели

После того, как запущена генерация трехмерной модели, компьютер может «подвиснуть» на некоторое время (до 1 мин.), это связано с отрисовкой массивов геометрических элементов, таких как зубья или шлицы. По завершении построения модели перед пользователем снова появится окно с двухмерным эскизом вала. Для того чтобы увидеть трехмерную модель, нужно сначала закрыть окно библиотеки «Валы и механические передачи», после чего можно нажать «Ctrl+Tab», либо зайти в меню «Окно» (рис. 83) и выбрать окно с моделью («Деталь без имени»), либо выбрать пункт «Показать закладки». В последнем случае можно будет переключаться между окнами, щелкая на закладки сверху, аналогично тому, как переключаются вкладки в браузере. Этот способ переключения между окнами является наиболее удобным (см. рис. 83).

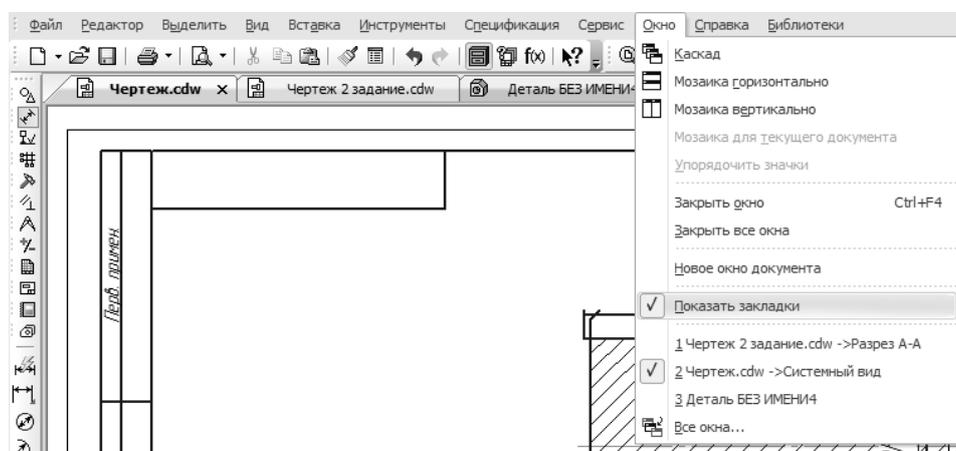


Рис. 83. Закладки

Из окон следует выбрать окно «Деталь без имени», в нем содержится почти готовая модель детали «Шестерня ведущая цилиндрическая» (рис. 84).

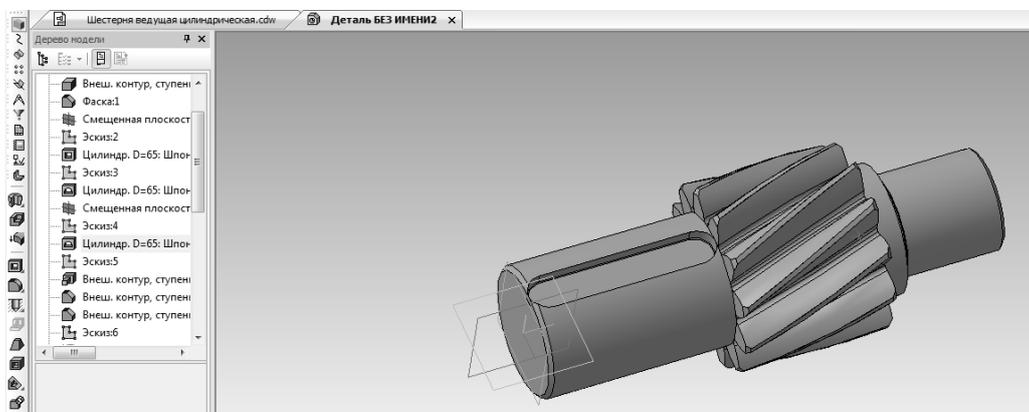


Рис. 84. Трехмерная модель, построенная с помощью библиотеки

В данной модели осталось: удлинить шпоночный паз для выхода фрезы, построить два отверстия в торце и поменять материал детали.

Для того чтобы удлинить шпоночный паз, необходимо найти в дереве модели операцию «Вырезать выдавливанием», в дереве она записана как: «Цилиндр. D=65: Шпоночный паз: Шпоночный паз». Пиктограмма выглядит как «квадратное отверстие, вырезанное в кубе» (рис. 85). Далее следует щелкнуть по найденной строке в дереве правой кнопкой мыши и выбрать пункт «Редактировать» (рис. 86). В панели свойств необходимо поменять расстояние вырезания с 75 на 84 ($75+9$) (рис. 87). Готовый паз представлен на рис. 88.

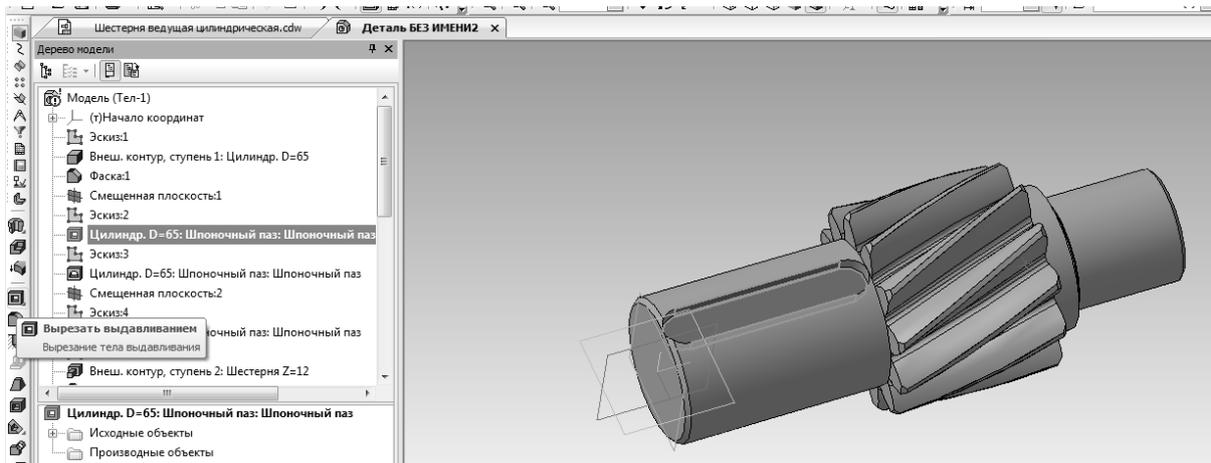


Рис. 85. «Вырезать выдавливанием»

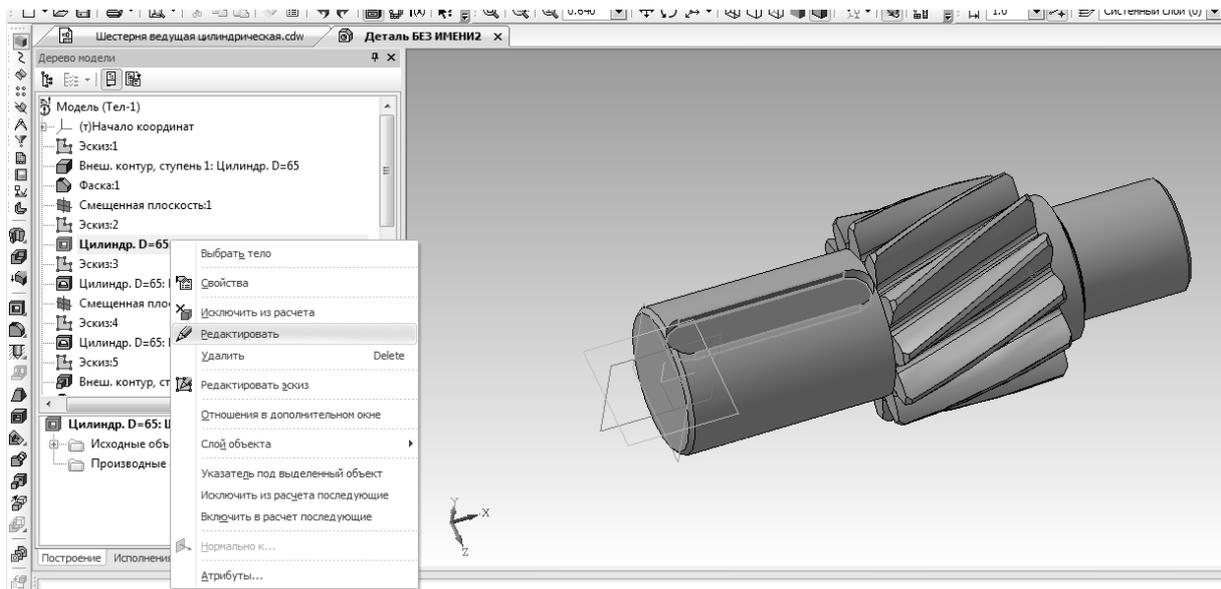


Рис. 86. Редактирование паза

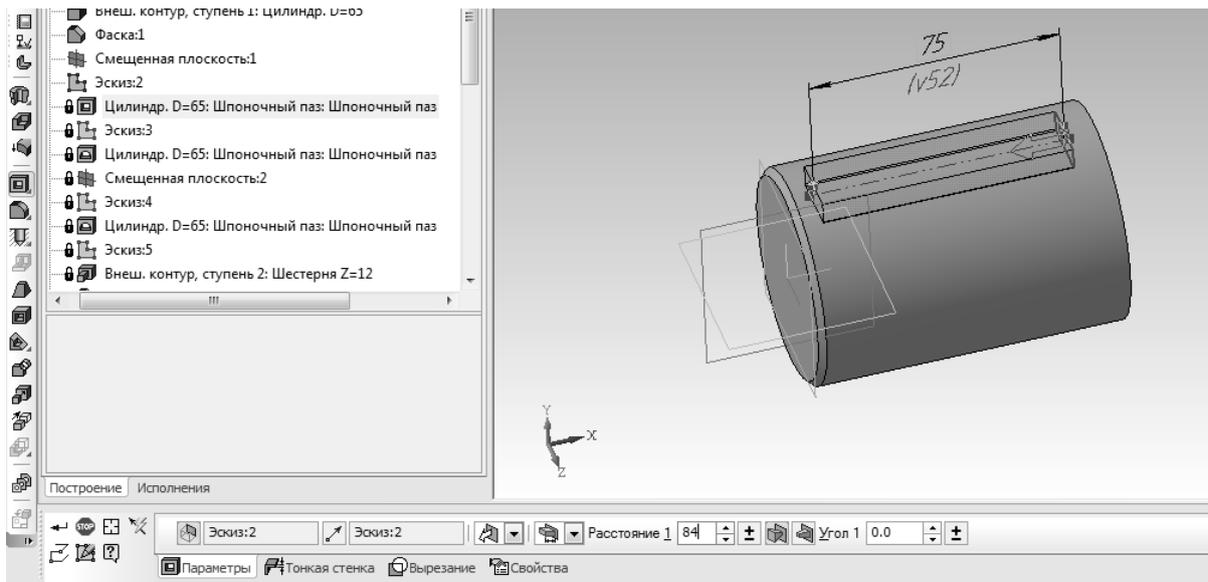


Рис. 87. Редактирование длины паза

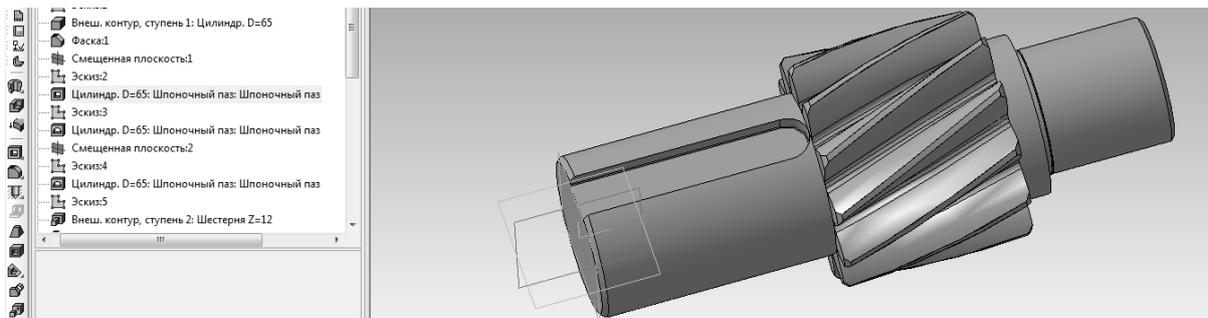


Рис. 88. Готовый паз

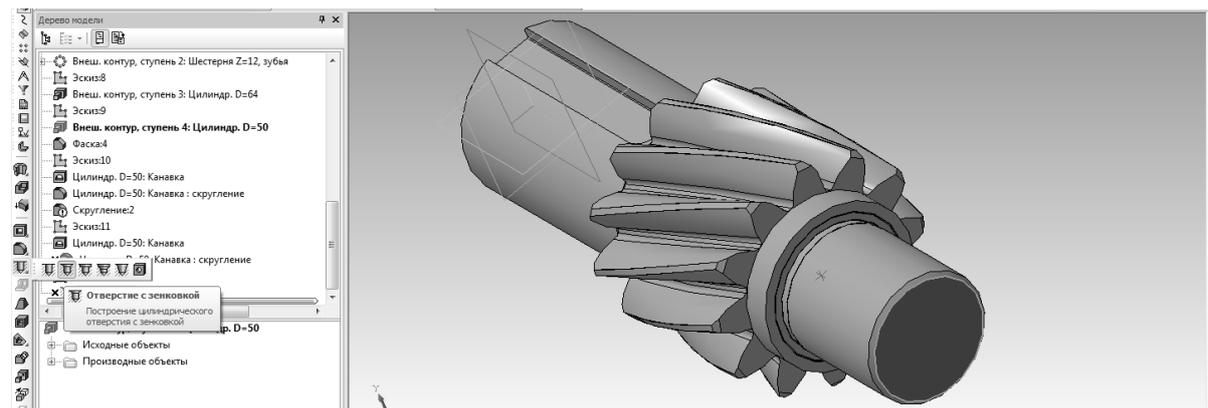


Рис. 89. Выделение торца детали, выбор инструмента «Отверстие с зенковкой»

Далее вырезаются два отверстия в торце детали. Первое отверстие будет построено с помощью инструмента «Отверстие с фаской». Сначала

необходимо выделить торец детали, на котором будет строиться отверстие (рис. 89), после чего выбрать в компактной панели инструмент «Отверстие с зенковкой» (см. рис. 89). Параметры в панели свойств следует заполнить так, как показано на рис. 90, ось отверстия следует указать в точке с координатами (13;0). На рис. 90 эти координаты указаны как «Расстояние 1» и «Расстояние 2». Результат показан на рис. 91.

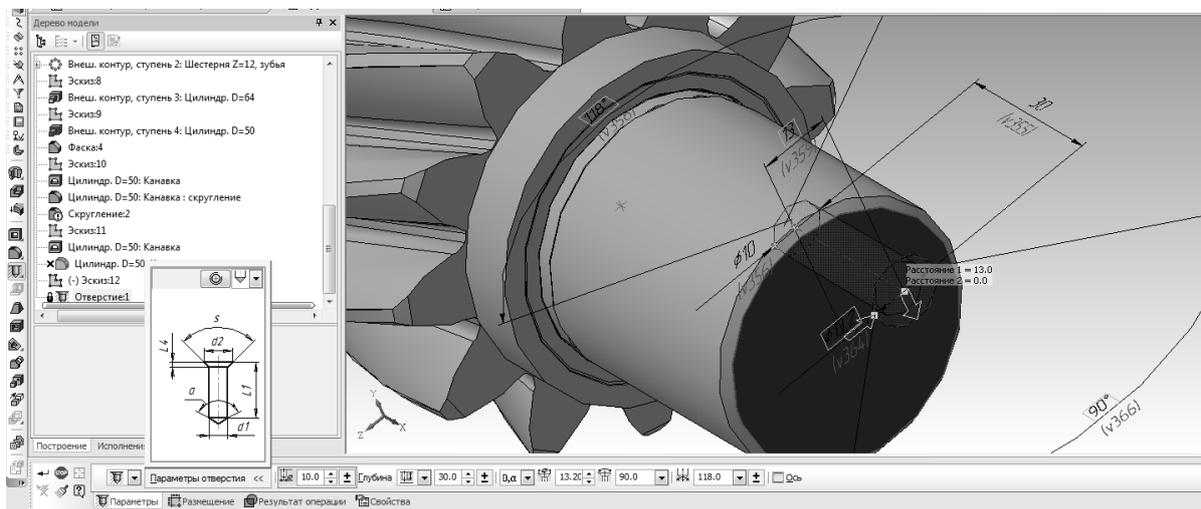


Рис. 90. ГОТОВЫЙ паз

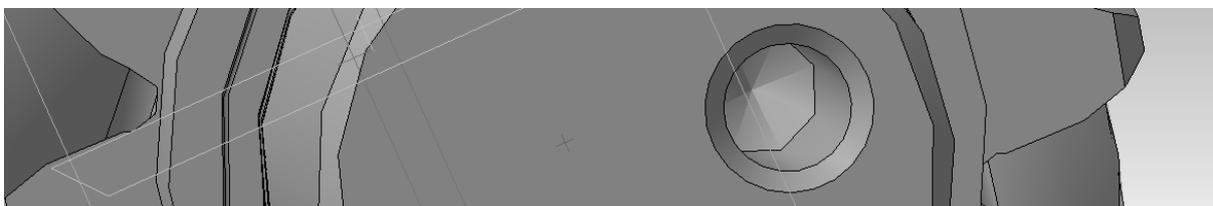


Рис. 91. Отверстие с фаской

Второе отверстие будет построено другим способом, в целях расширения творческого/конструкторского кругозора студентов. Способ построения отверстия называется «Вырезание вращением». Чтобы реализовать данный способ, необходимо сначала выбрать соответствующую плоскость. На рис. 92 — плоскость «ZX» (с квадратными маркерами по углам и в серединах сторон). Далее следует щелкнуть по этой плоскости правой кнопкой мыши и нажать «эскиз» (рис. 93), либо нажать кнопку эскиз на инструментальной панели.

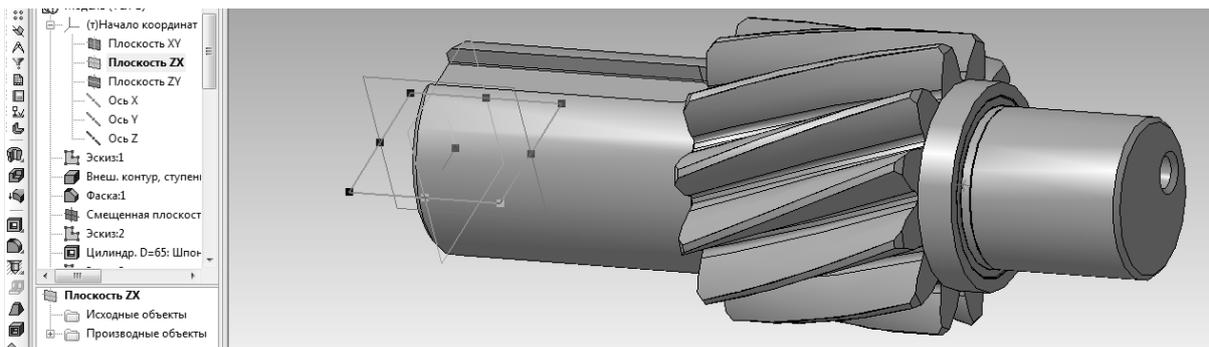


Рис. 92. Выбор плоскости для эскиза

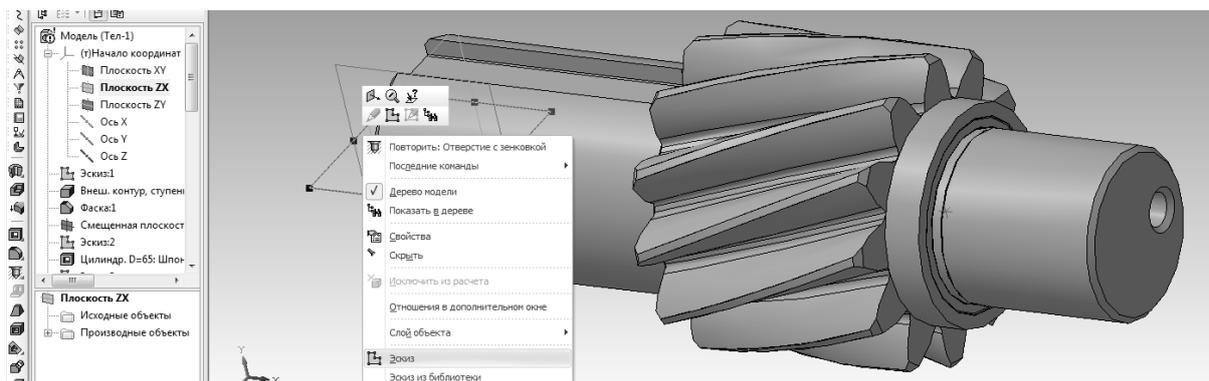


Рис. 93. Команда «Эскиз»

После чего следует показать эскиз вырезаемого контура отверстия (рис. 94). Желательно, чтобы все размеры были параметрическими, так, как это показано на рис. Следует обратить внимание, что в эскизе присутствует ось, а нижняя часть контура и вертикальные линии отсутствуют (см. рис. 94).

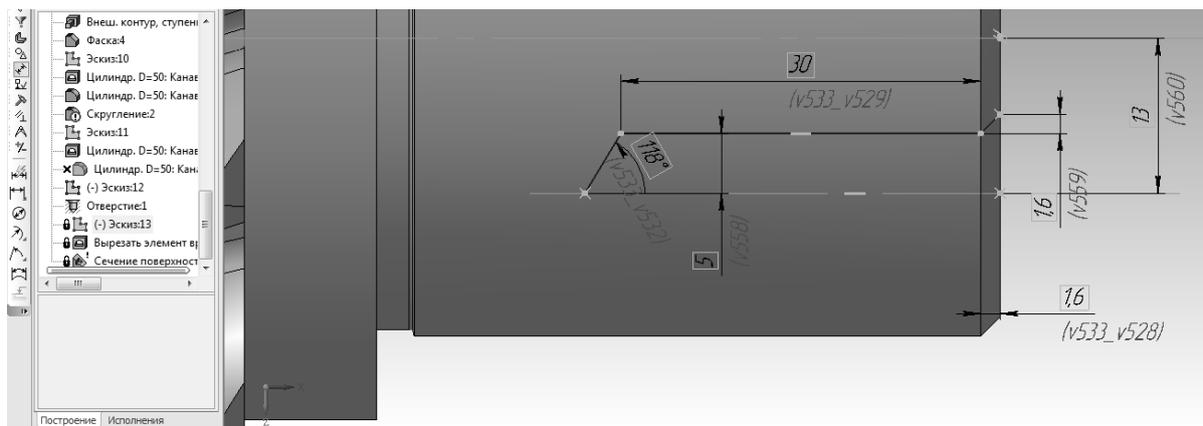


Рис. 94. Эскиз отверстия

Далее следует выбрать инструмент «Вырезать вращением» в наборе инструментов «Редактирование». Чтобы появились все инструменты операции «Вырезать» нужно нажать соответствующий значок и подержать левую кнопку мыши нажатой 1-2 сек (рис. 95).

Результат выполнения операции показан на рис. 96.

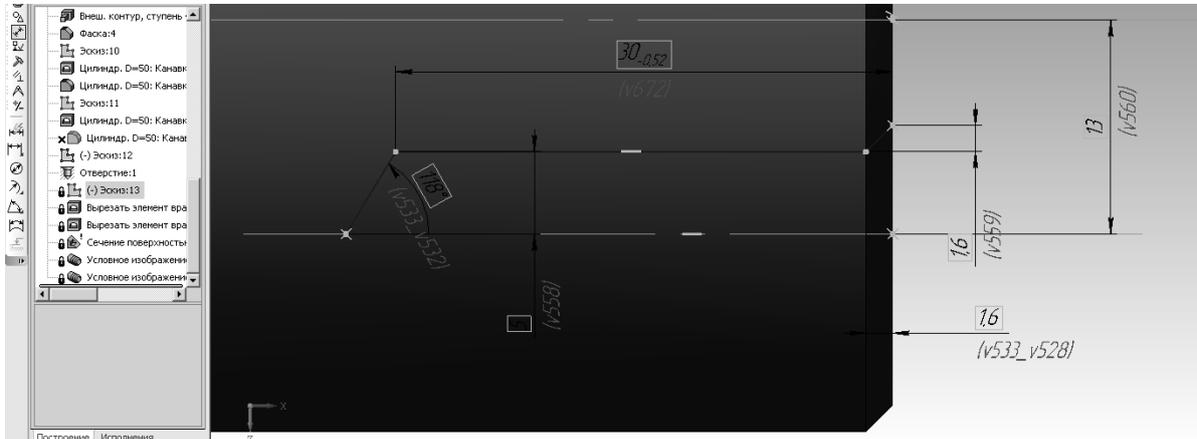


Рис. 95. Операция «Вырезать вращением»

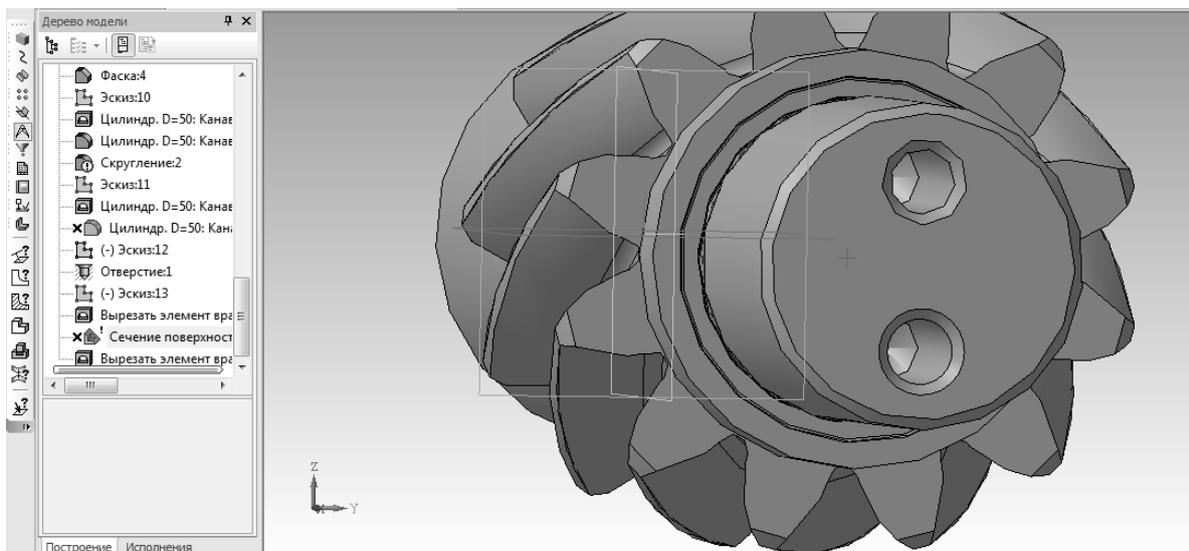


Рис. 96. Результат выполнения операции «Вырезать вращением»

Для сравнения полученных двумя разными способами отверстий, можно разрезать полученную модель детали пополам, для этого необходимо выбрать нужную плоскость в дереве модели, либо в рабочем поле и нажать на инструмент «Сечение поверхностью» (рис. 97). Если инструмент не удастся найти в инструментах компактной панели, его можно вызвать при помощи команды «Операции – Сечение» (рис. 98). Результат построения отверстий двумя разными способами показан на рис. 99.

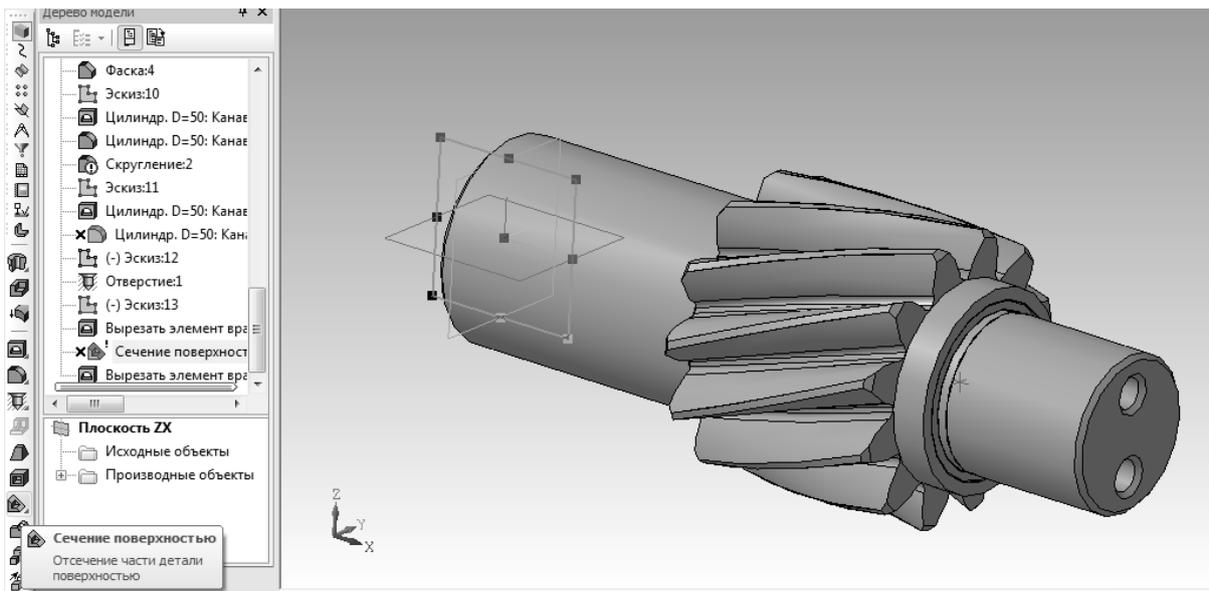


Рис. 97. Сечение поверхностью. Способ 1

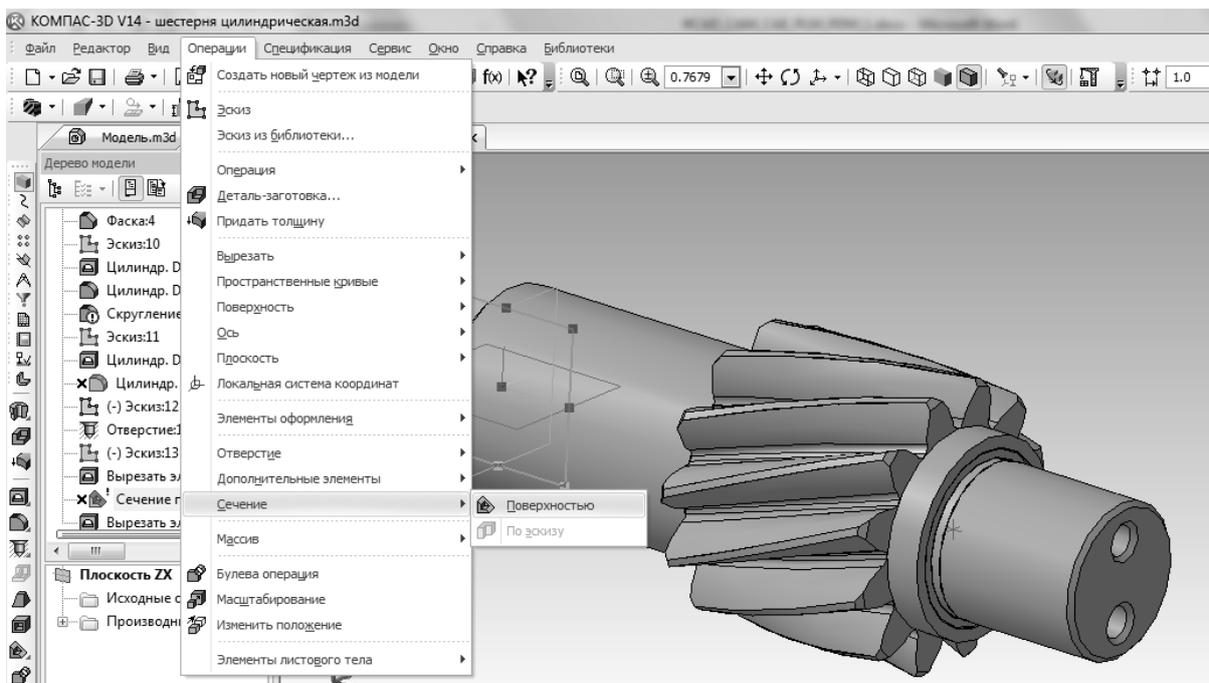


Рис. 98. Сечение поверхностью. Способ 2

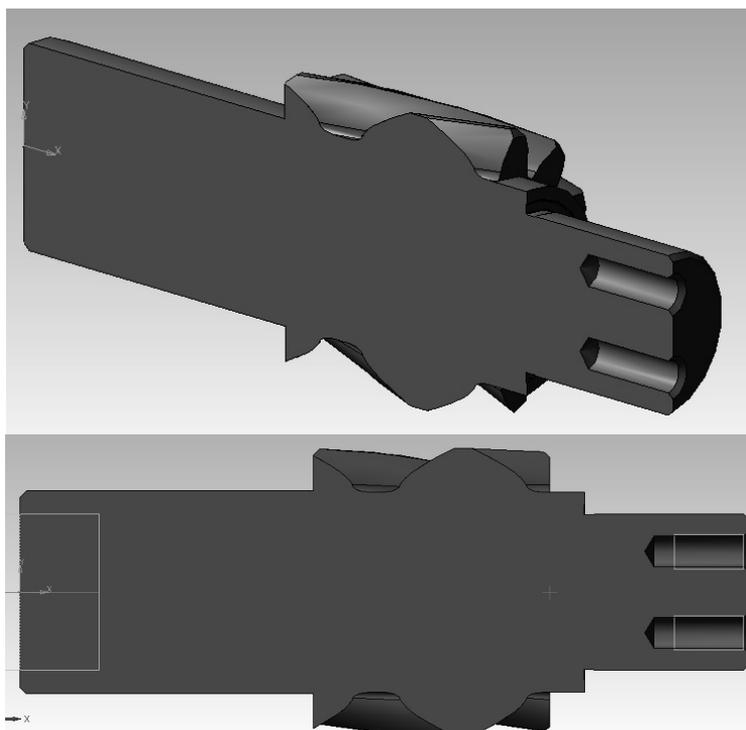


Рис. 99. Отверстия, вырезанные двумя различными способами

Чтобы снова вернуться к виду детали целиком, нужно в дереве модели найти операцию «Сечение поверхностью», нажать на ней правой кнопкой мыши (рис. 100) и исключить ее из расчета. Удалять данную операцию не стоит, т.к. часто бывает необходимо посмотреть деталь/сборочную единицу в разрезе, и для того, чтобы не строить новые сечения, достаточно будет включить данную операцию в дереве.

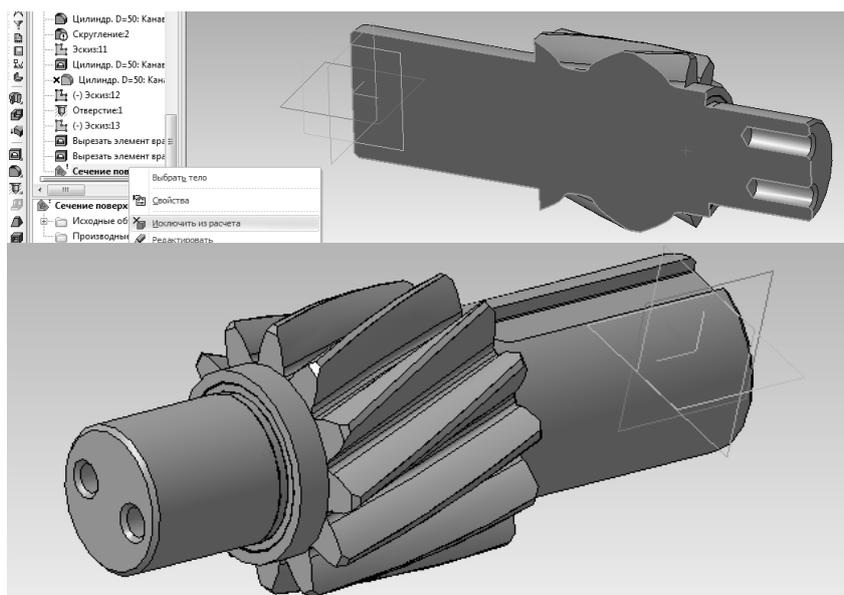
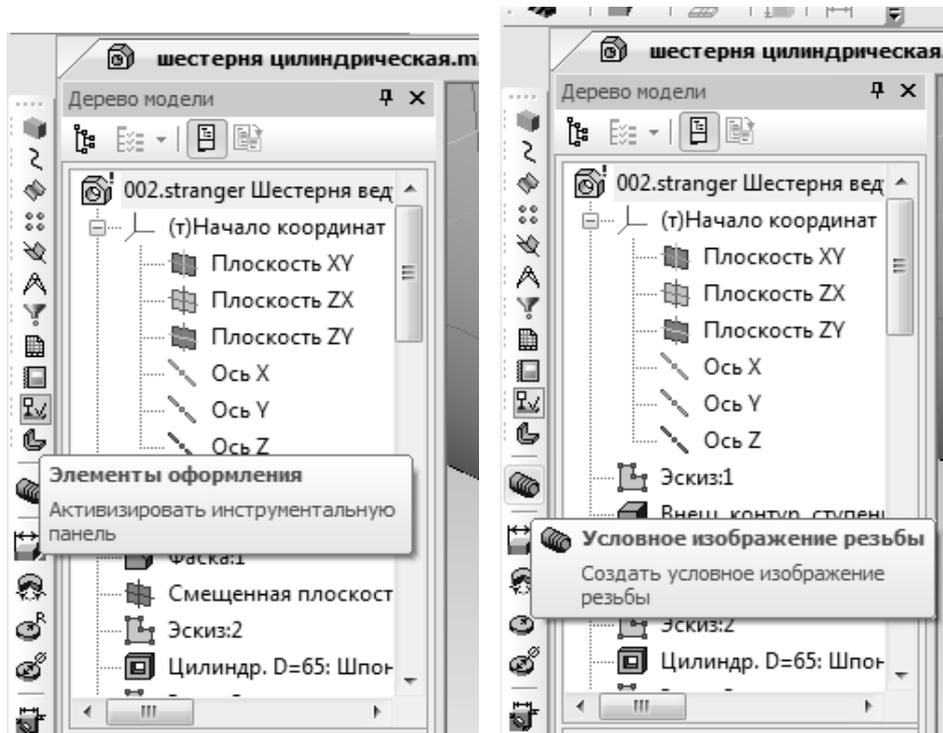


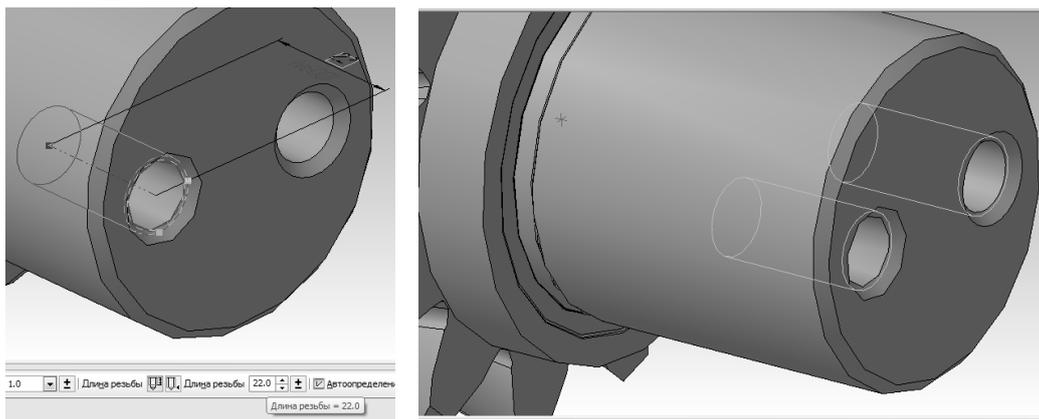
Рис. 100. Исключение сечения из расчета

Далее следует показать резьбу в отверстиях, для этого необходимо нажать кнопку «Элементы оформления» (рис. 101, а), выбрать в появившемся списке инструмент «Условное изображение резьбы» (рис. 101, б), указать на модели грань, откуда будет строиться резьба (рис. 101, в) и нажать Ctrl+Enter или значок подтверждения на панели свойств, после чего на модели появится условное изображение резьбы (рис. 101, г).



а)

б)



в)

г)

Рис. 101. Условное изображение резьбы: а – выбор группы инструментов «Элементы оформления», б – инструмент «Условное изображение резьбы», в – указание длины резьбы, г – внешний вид

Следующим шагом является изменение свойств модели. Для этого необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши на заголовке дерева модели (рис. 102).

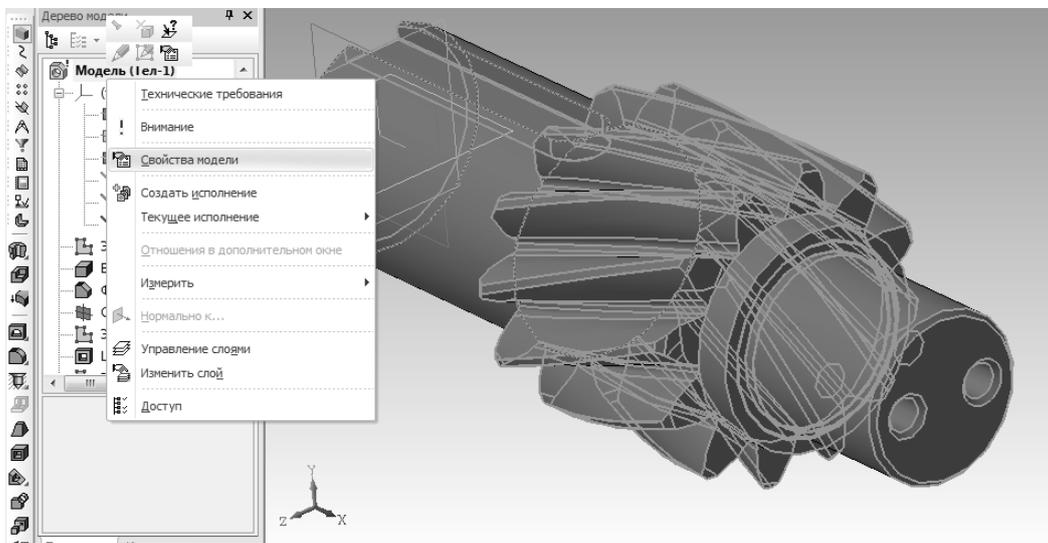


Рис. 102. Изменение свойств модели

После этого на панели свойств необходимо нажать кнопку «Список свойств» и заполнить все необходимые свойства детали, такие как «Автор», «Наименование», «Обозначение», «Организация» и т.д. (рис. 103).

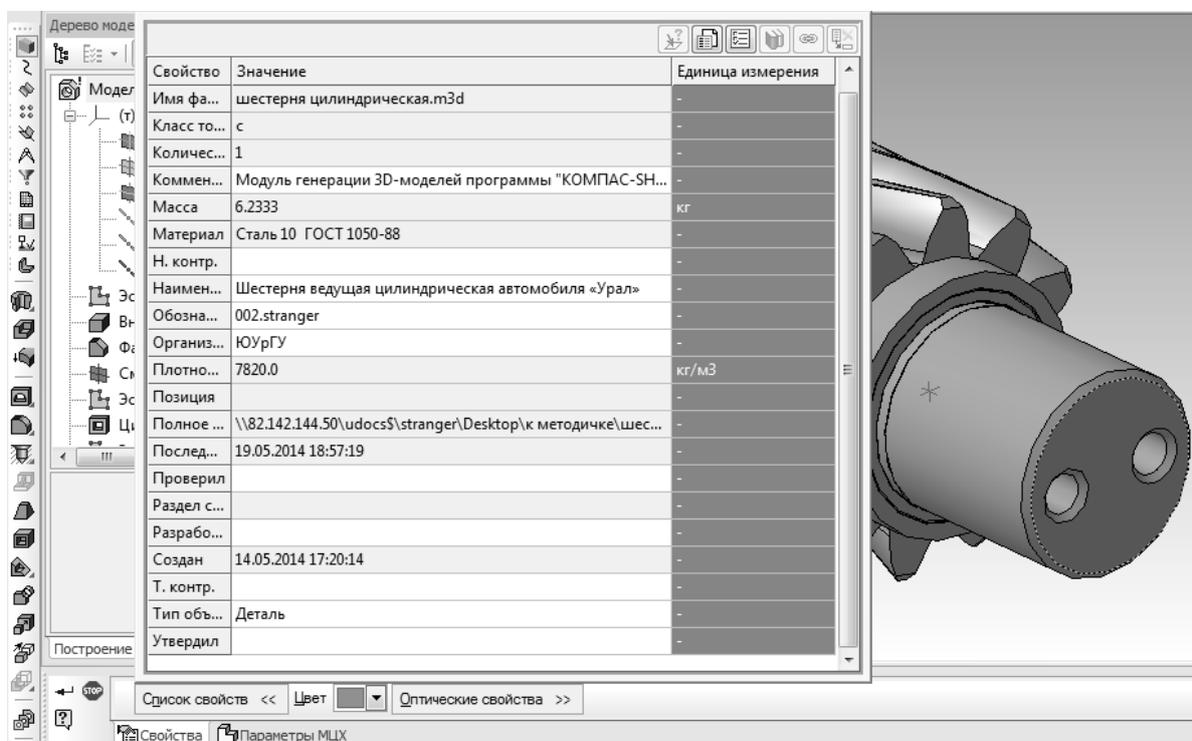


Рис. 103. Список свойств модели

Далее следует изменить материал детали, согласно заданию — 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71. Для этого необходимо нажать вкладку «Параметры МЦХ» (см. рис. 103, 104), после чего нажать кнопку «Материал» (см. рис. 104). Далее следует воспользоваться справочником «Материалы и сортаменты» (см. стр. 37-40, рис. 64-67, рис. 104). На рис. 104 показан упрощенный способ поиска материала, где название искомого материала (12Х2Н4А) вводится в пустое поле внизу страницы, после чего следует нажать Enter, и далее выбрать найденный материал из списка (см. рис. 104). Или можно воспользоваться методикой, описанной в первом примере (см. стр. 37-40, рис. 64-67).

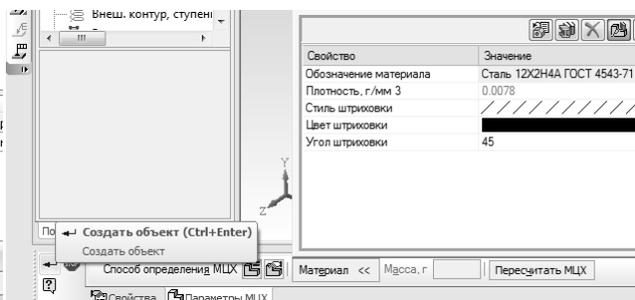
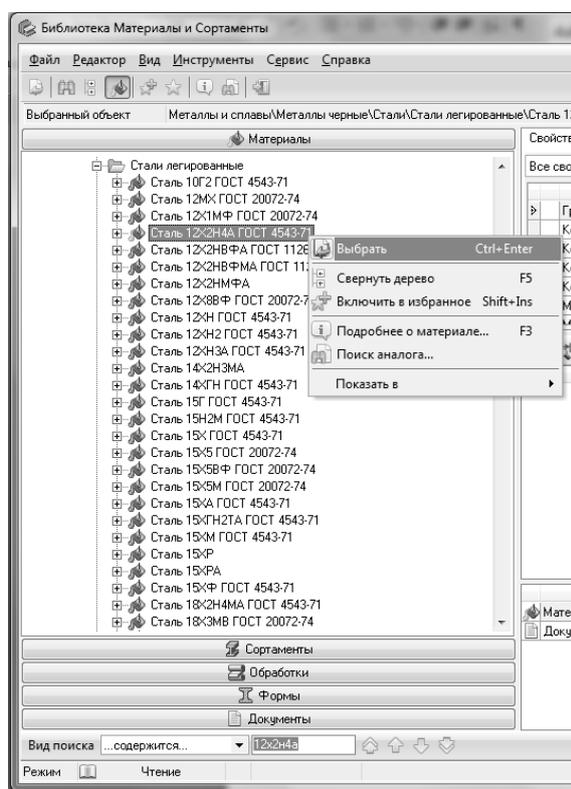
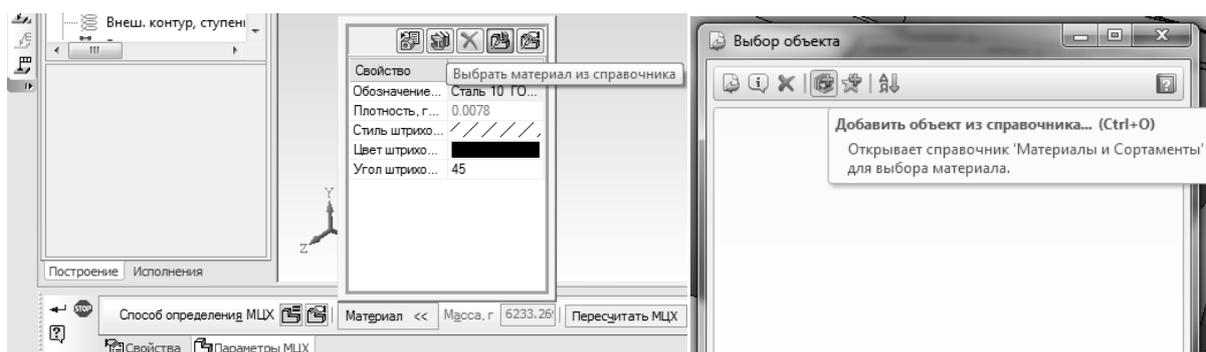


Рис. 104. Выбор материала детали

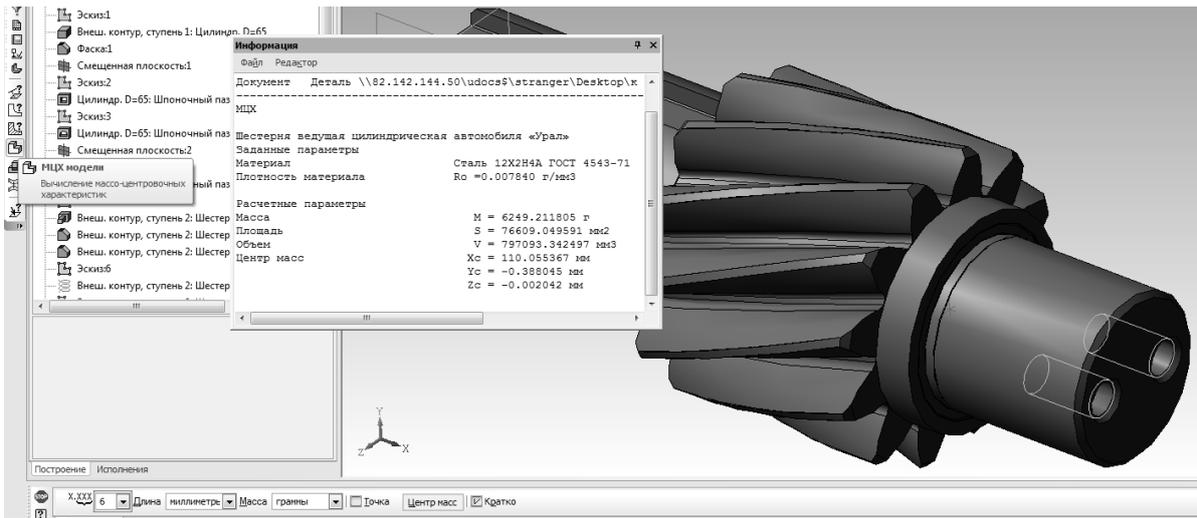


Рис. 104. Окончание

1.3. Создание трехмерной модели детали «Шестерня высшей передачи промежуточного вала» автомобиля «Урал» в «Компас-3D»

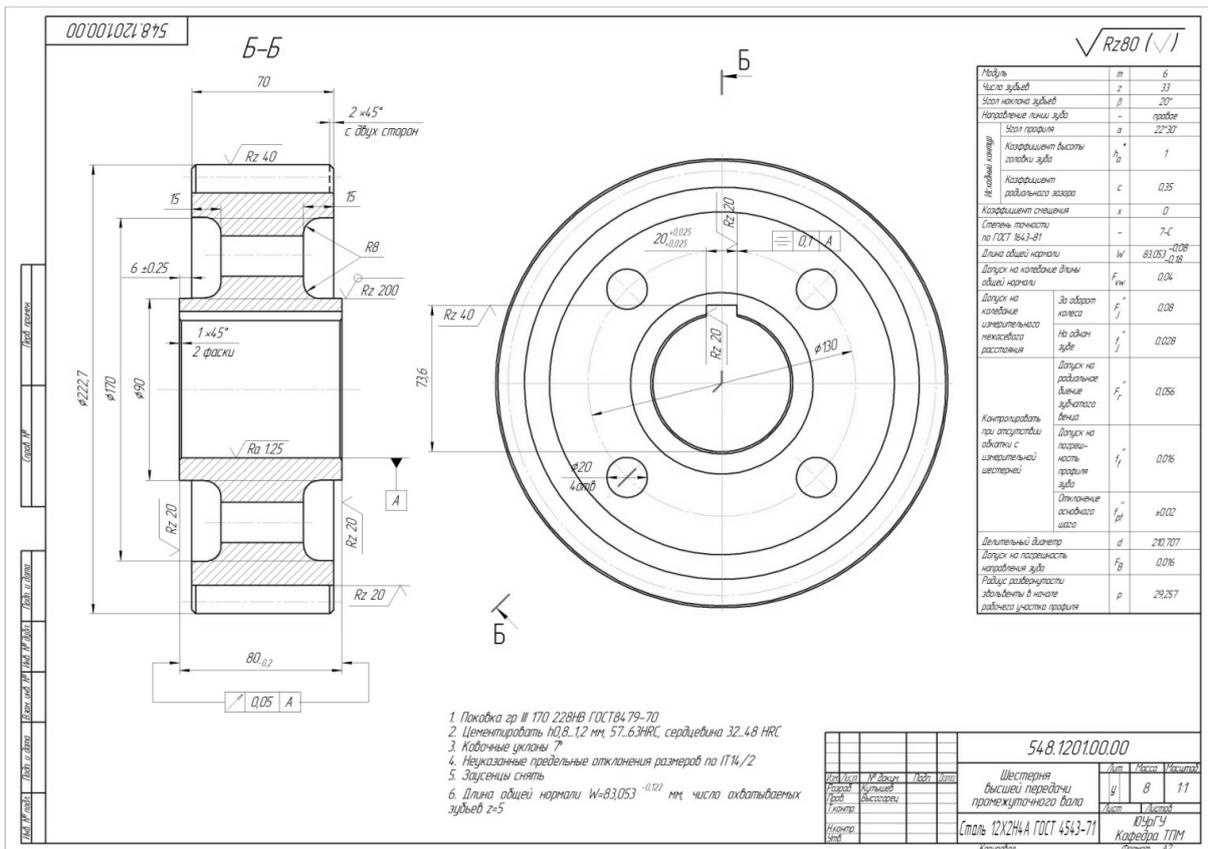


Рис. 105. Шестерня высшей передачи промежуточного вала автомобиля «Урал»

Данная шестерня будет построена с помощью библиотеки «Валы и механические передачи 2D». Для построения необходимо создать документ типа «чертеж», вызвать соответствующую библиотеку, создать новую модель с типом построения «в разрезе» (см. стр. 41-43, рис. 69-72). Далее в группе инструментов «Элементы механических передач» необходимо выбрать инструмент «Шестерня цилиндрическая зубчатой передачи» (рис. 106), в появившемся окне указать размеры фасок и качество (см. рис. 106) и нажать кнопку «Запуск расчета»/«Геометрический расчет»/«По коэффициентам смещения». В появившемся окне заполнить таблицу согласно чертежу и переключиться на вкладку «Страница 2», где нажать на значок калькулятора (инструмент «Расчет»). После того, как расчет произведен, появится надпись о том, что контролируемые параметры в норме. Если какие-то из параметров приводят к ошибкам в построении, то необходимо вернуться на вкладку 1 и скорректировать ошибочные данные. Далее необходимо нажать на 4 сверху кнопку «Возврат в главное меню» и выполнить расчеты на прочность (см. предыдущий пример, рис. 75, а, б, в) и на долговечность (рис. 76, а, б, в, г). Расчет на прочность становится доступным после геометрического расчета, на долговечность — после расчета на прочность. При расчете на долговечность необходимо задать также режимы нагружения (рис. 76, в).

Далее следует нажать кнопку с красной стрелкой «Закончить расчеты». В меню выбора объекта построения необходимо оставить выбранный по умолчанию объект «Шестерня» и нажать «ОК», после чего **подтвердить построение, нажав на значок с зеленой галочкой** (см. рис. 106).

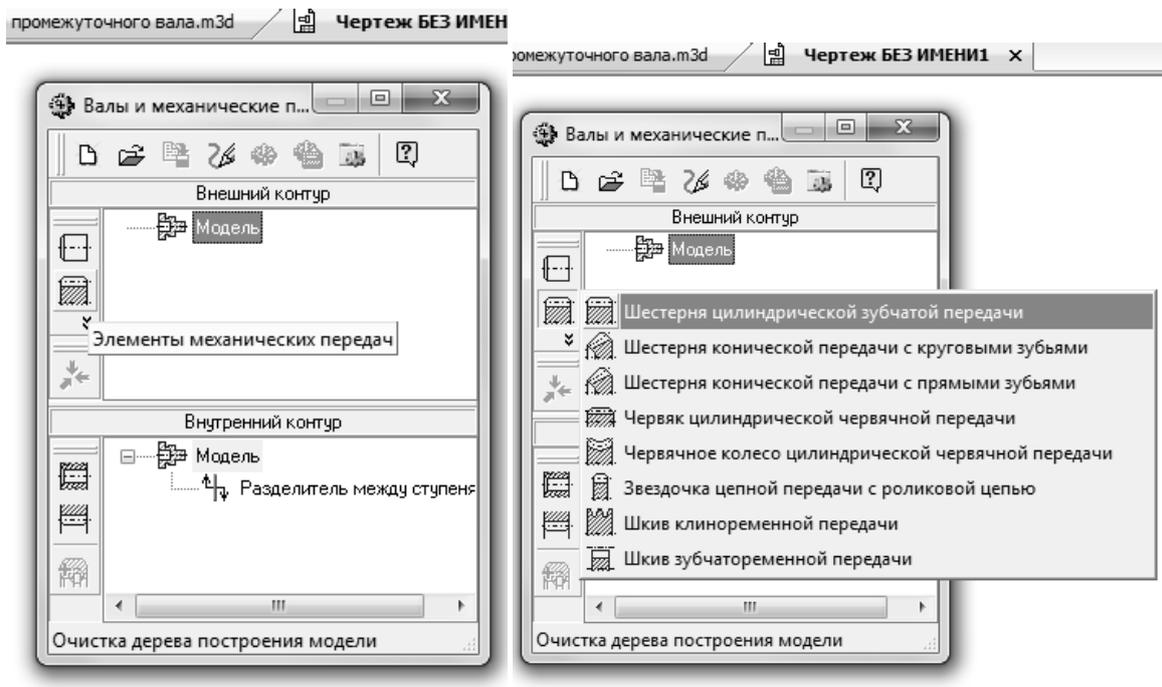


Рис. 106. Построение зубчатого колеса, 1

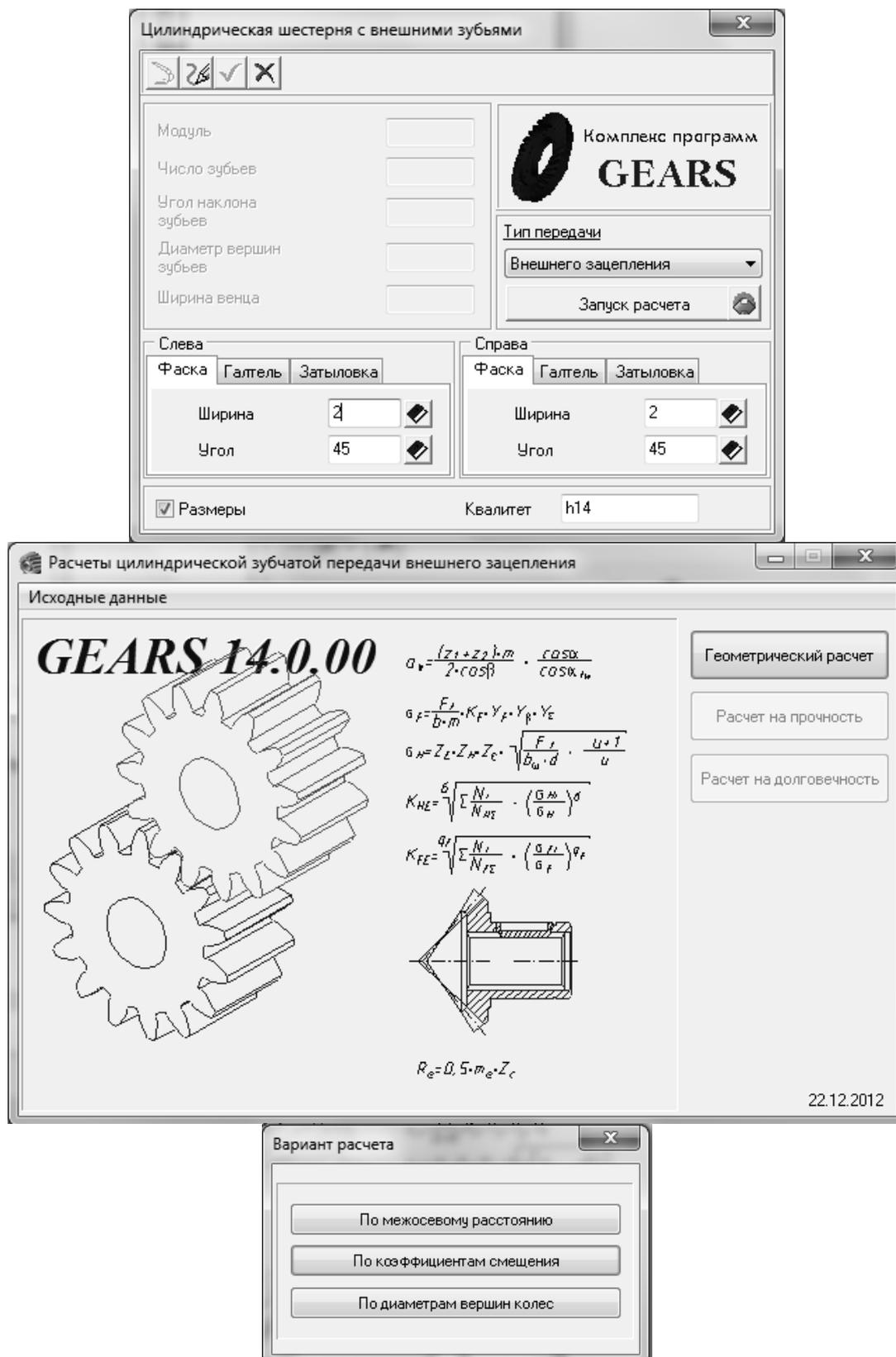


Рис. 106. Продолжение

Геометрический расчет

Страница 1 | Страница 2 | Предмет расчета

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	33	33
2. Модуль, мм	6.000	
3. Угол наклона зубьев, °	20 ° 0 ' 0 "	
4. Направление линии зуба ведущего колеса	правое	
5. Угол профиля зубьев, °	20 ° 30 ' 0 "	
6. Коэффициент высоты головки зуба	1	
7. Коэффициент радиального зазора	0.35	
8. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.38	
9. Ширина зубчатого венца, мм	70	70
10. Коэффициент смещения исходного контура	0	0
11. Диаметр ролика (шарика), мм	10	10
12. Вид обработки	рейка	рейка
13. Характеристика инструмента		

Геометрический расчет

Страница 1 | Страница 2 | Предмет расчета

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
Расчет	7-C	7-C
Точность		
Расчетный внешний диаметр вершин зубьев, мм	222.707	222.707
Диаметр вершин зубьев со срезом, мм	222.707	222.707

Ход расчета

Контролируемые, измерительные параметры и параметры качества зацепления в норме

Выбор объекта построения

Шестерня Z = 33

Колесо Z = 33

OK

Цилиндрическая шестерня с внешними зубьями

Модуль: 6

Число зубьев: 33

Угол наклона зубьев: 20°00'00"

Диаметр вершин зубьев: 222.707

Ширина венца: 70

Комплекс программ GEARs

Тип передачи: Внешнего зацепления

Запуск расчета

Слева: Фаска, Галтель, Затыловка

Справа: Фаска, Галтель, Затыловка

Ширина: 2

Угол: 45

Размеры:

Квалитет: h14

Рис. 106. Окончание

До этого момента построение шестерни описывается кратко, т.к. все действия аналогичны построению зубчатого профиля на валу из пункта 1.2.

После всех описанных действий пользователь должен увидеть в окне эскиз зубчатого колеса (рис. 107, а). На нем нужно достроить сквозное отверстие длиной 80 и диаметром 70 с двумя фасками по 1 мм (рис. 107, б, в). Также необходимо построить ступицы с помощью инструмента «Цилиндрическая ступень» с параметрами длина/диаметр 6/90 и 4/90 (рис. 107, г, д). Поместить одну из ступиц перед зубчатой ступенью можно перетаскив элемент «Цилиндр» в дерево выше элемента «Шестерня» (см. рис. 107, д).

Далее необходимо построить шпоночный паз, для этого во внутреннем цилиндре необходимо выбрать группу инструментов «Дополнительные элементы ступеней» (рис. 107, е), в группе выбрать инструмент «Шпоночные пазы»/«Под призматическую шпонку ГОСТ 23360-78» и выбрать из списка подходящий шпоночный паз (20x12x70, рис. 107, ж). Если паз на чертеже не соответствует ГОСТ, надо сделать его соответствующим ГОСТ, или, в крайнем случае, достроить паз на 3D модели вручную.

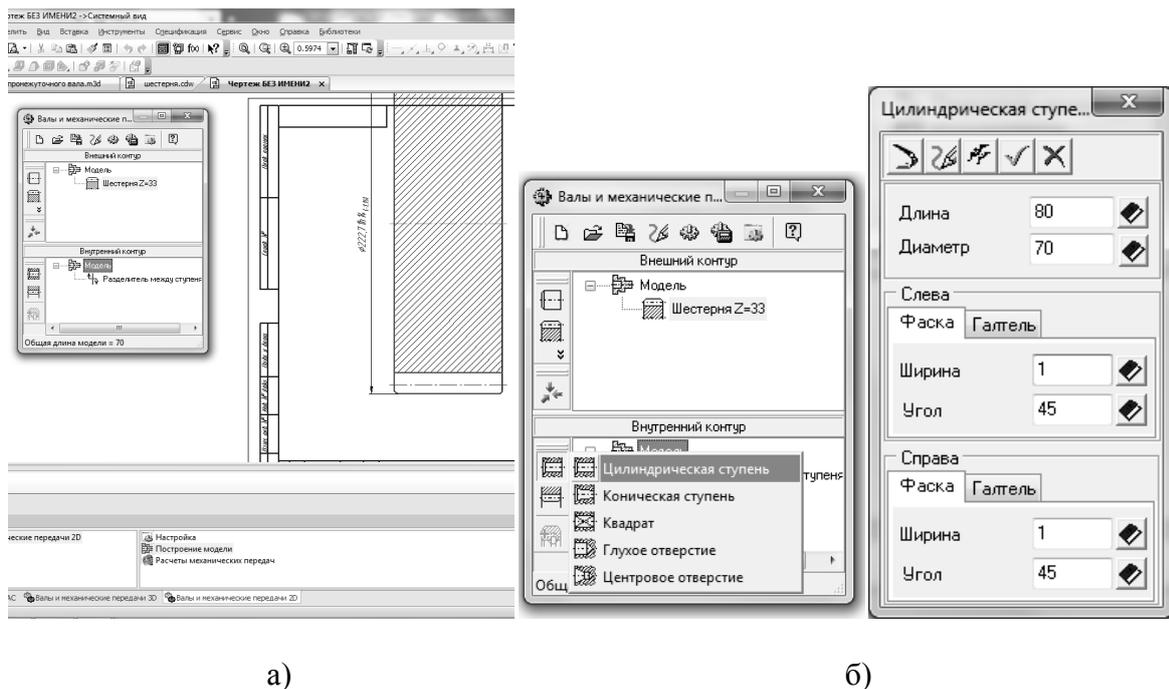
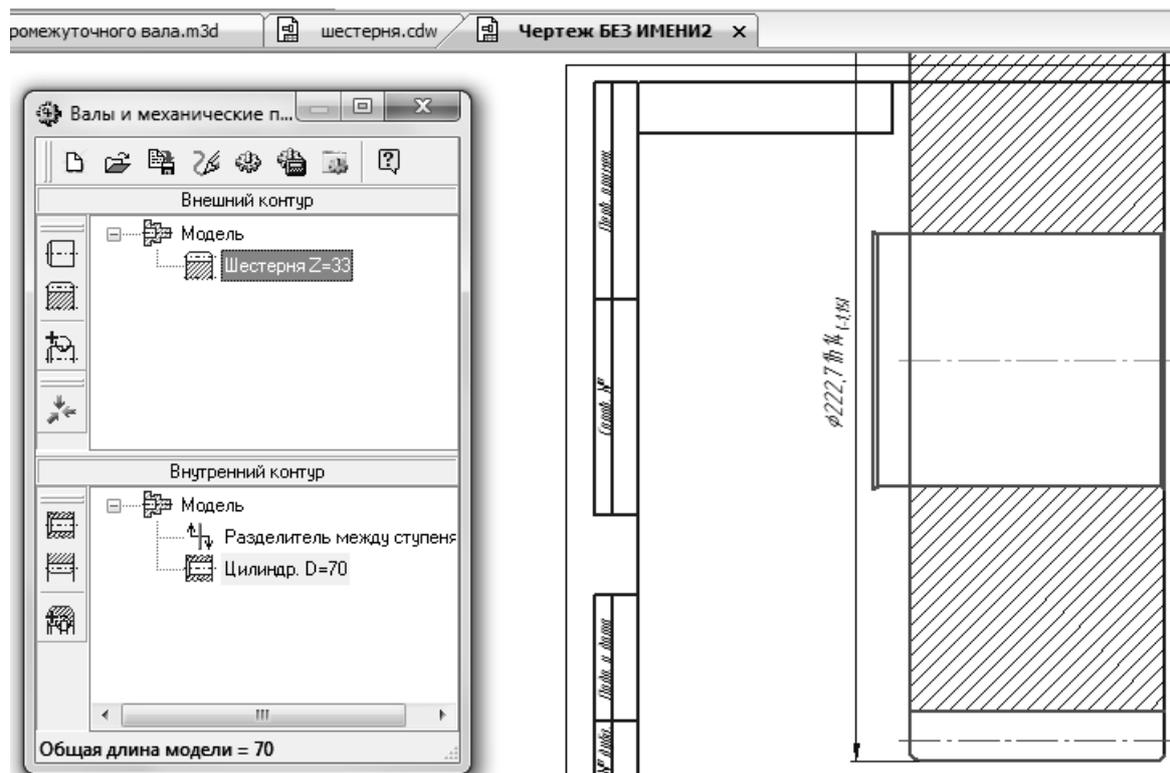
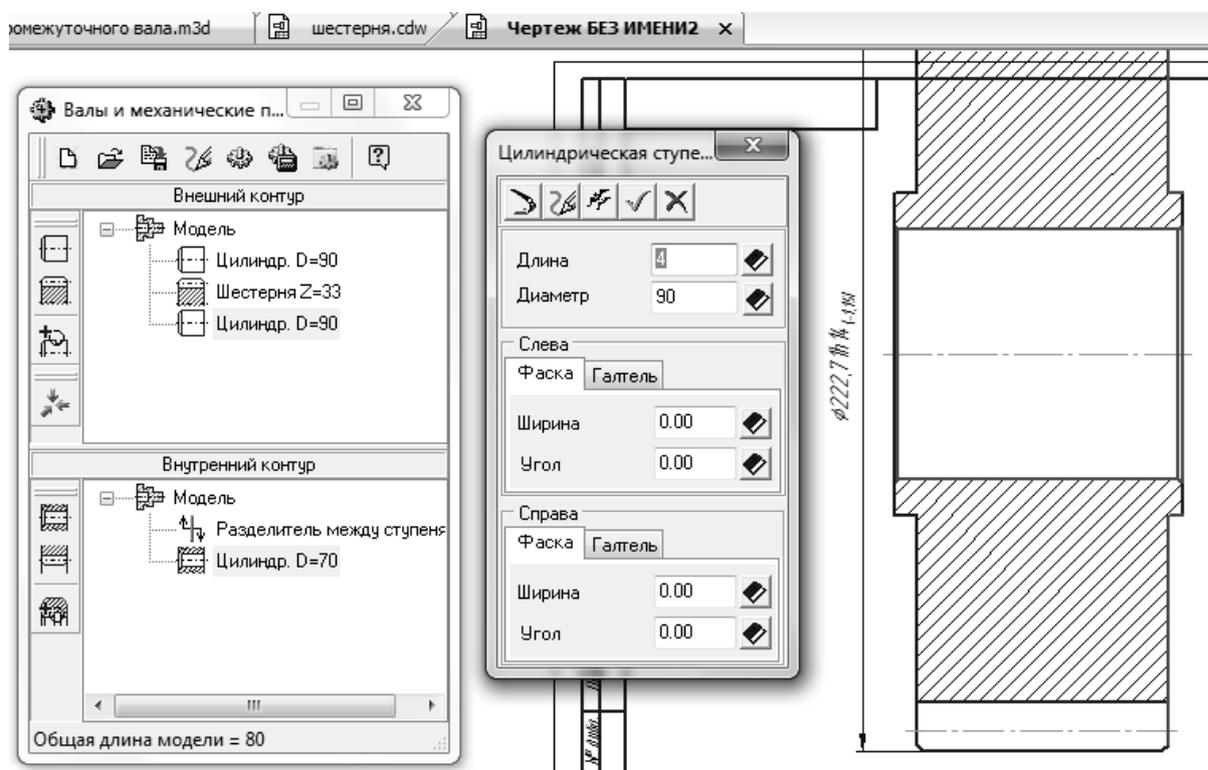


Рис. 107. Построение зубчатого колеса, 2: а – внешний вид заготовки шестерни после ее расчета в библиотеке, б – выбор и описание цилиндрического отверстия, в – внешний вид отверстия, г – построение ступиц, д – дерево модели (ступица-колесо-ступица), е – добавление шпоночного паза, ж – выбор параметров шпоночного паза

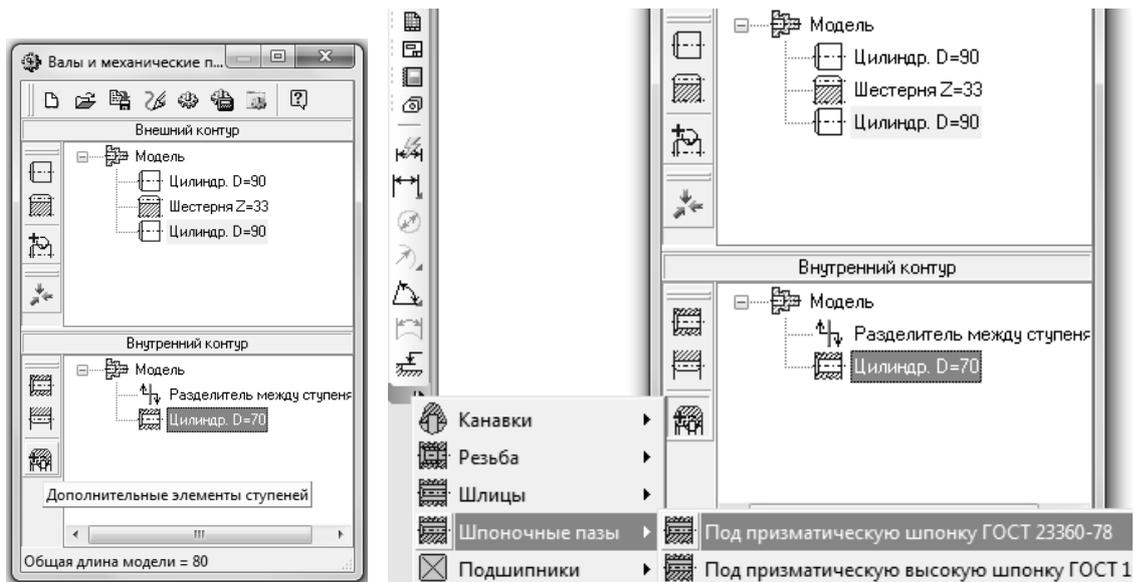


в)



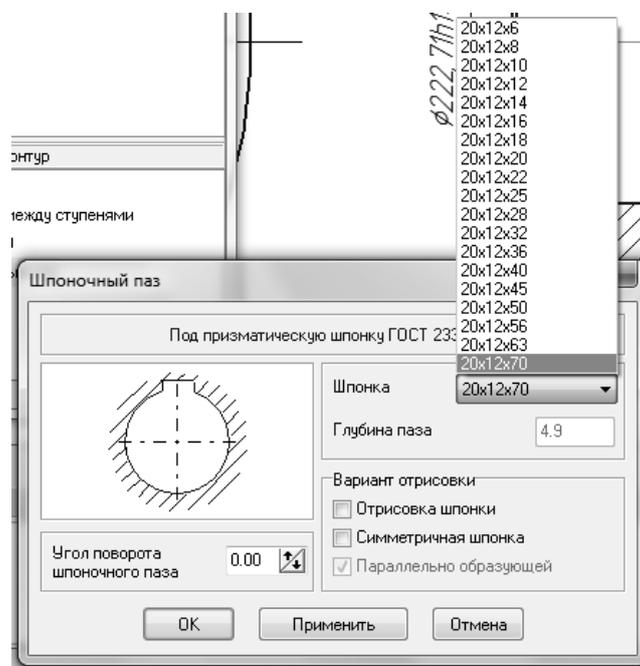
г)

Рис. 107. Продолжение



д)

е)



ж)

Рис. 107. Окончание

После того, как паз построен (рис. 108, а), необходимо построить кольцевые пазы и отверстия. Для этого необходимо в дереве выбрать элемент «Шестерня» (рис. 108, б), нажать на группу инструментов «Дополнительные элементы ступеней» (рис. 108, в) и выбрать там инструмент «Кольцевые пазы». Далее нужно описать параметры паза в диалоговом окне (рис. 108, г). Следует обратить внимание, что наверху есть две вкладки: «слева» и «справа», необходимо заполнить обе вкладки (таблицы). В дан-

ном примере используется кольцевой паз типа 1, иногда используется и паз типа 2, в этом случае следует указать соответствующий тип паза (см. рис. 108, в). Если пазы нестандартные, то их следует строить в трехмерной модели с помощью операции «вырезать вращением».

Последним шагом в двумерном построении осталось построение кольцевых отверстий. Они строятся при помощи группы инструментов «Дополнительные элементы ступеней», также как и кольцевые пазы (рис. 108, д). Количество отверстий: 4, радиус: 10, радиус центра: 65 (рис. 108, д, е, ж).

Далее необходимо сохранить файл с построениями, закрыв библиотеку, выбрав пункт сохранить модель, сохранить сам файл документа. После сохранения следует вызвать библиотеку построения элементов зубчатых передач, дважды щелкнув по эскизу, после чего нажать на картинку с шестеренкой и выбрать пункт генерация твердотельной модели (рис. 3, и).

После того, как построение завершится, надо не забыть переключиться на вкладку с новой моделью (Ctrl+Tab), либо через меню «Окно», не забыть заполнить свойства модели (наименование, обозначение, автор и т.д.) и не забыть выбрать материал детали (Сталь 12Х2Н4А). Эти операции полностью идентичны двум предыдущим примерам, поэтому вновь не описываются.

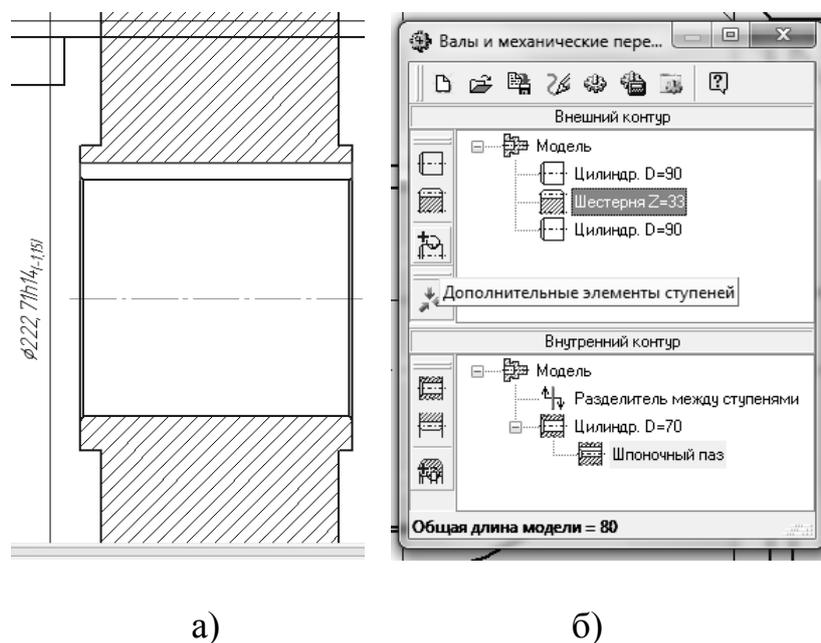


Рис. 108. Построение зубчатого колеса, 3: а – вид шестерни после построения шпоночного паза, б – выбор в дереве элемента «шестерня», в – выбор кольцевого паза, тип 1, г – описание параметров кольцевого паза, д – построение кольцевых отверстий, е – описание параметров кольцевых отверстий, ж – внешний вид шестерни, з – генерация трехмерной модели, и – трехмерная модель шестерни

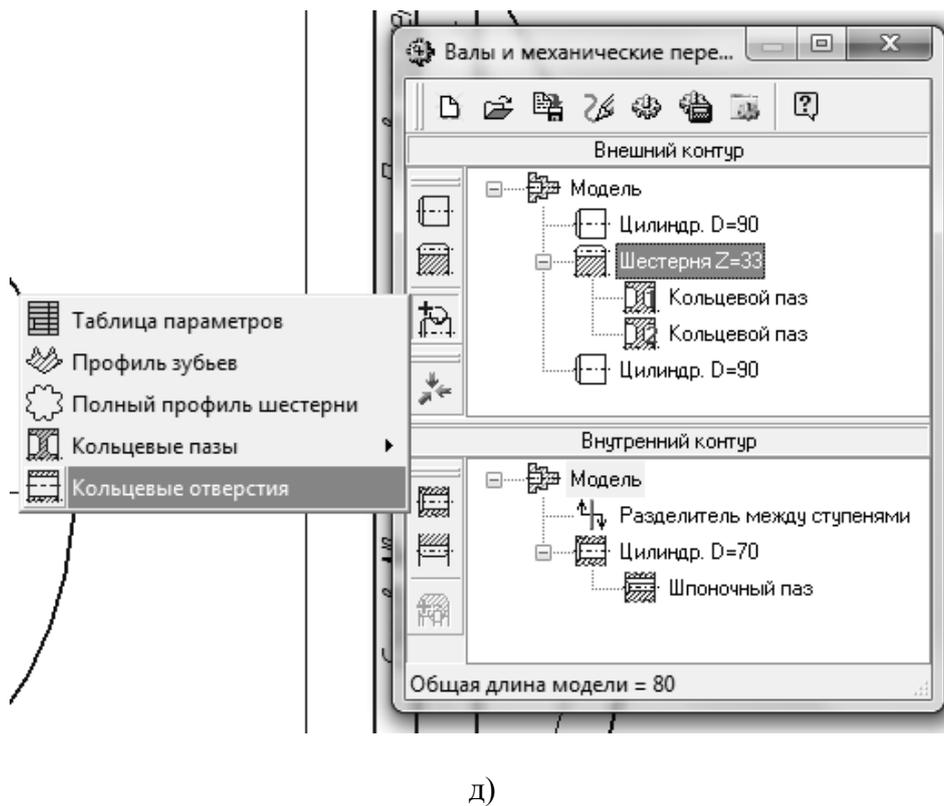
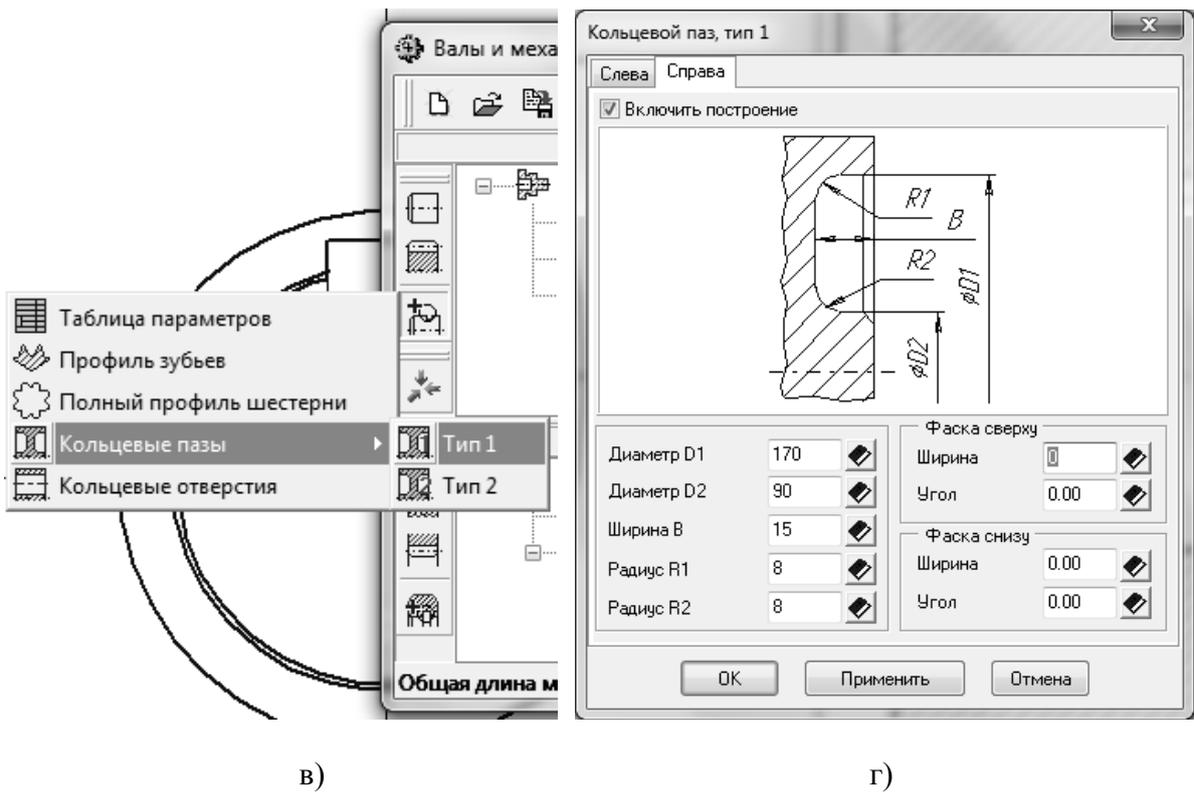
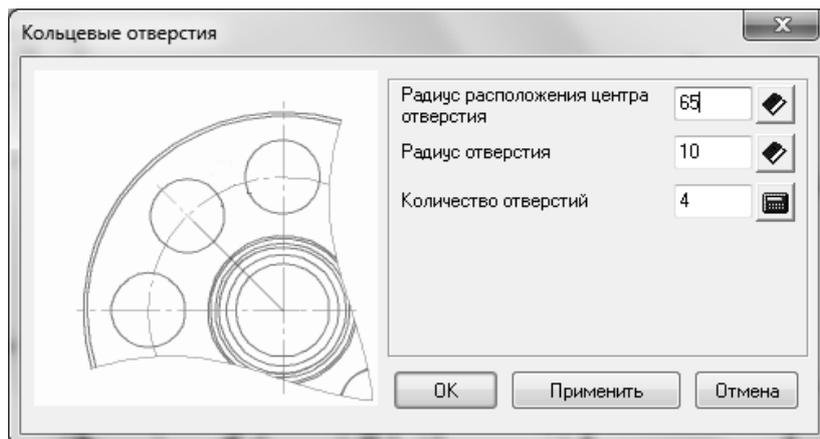
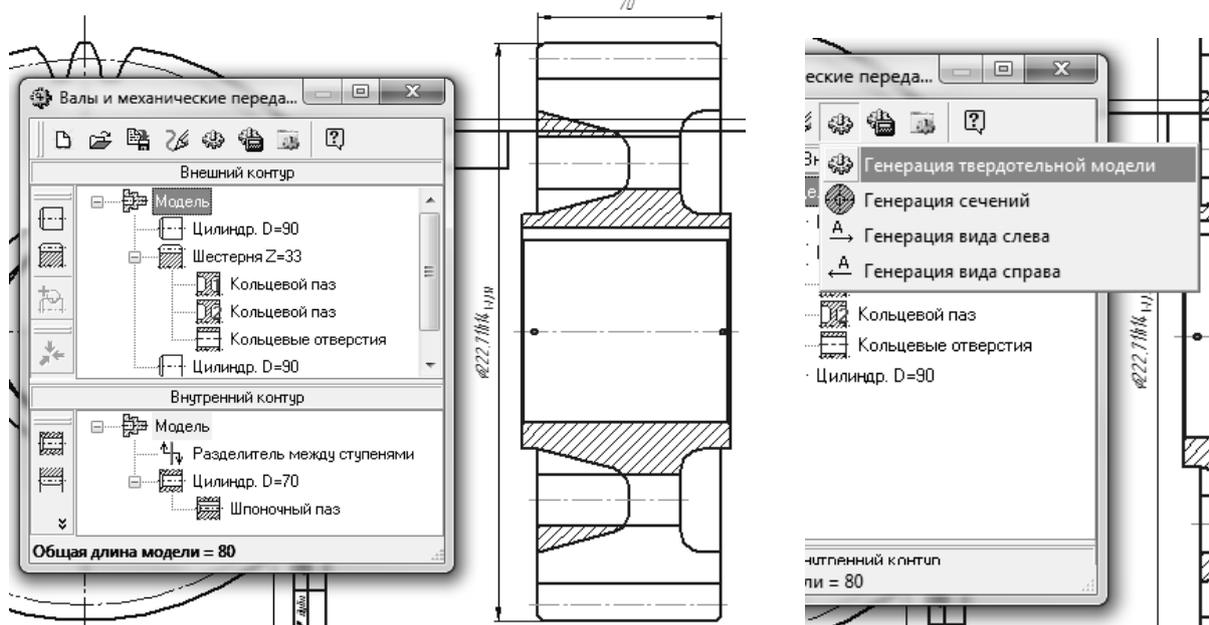


Рис. 108. Продолжение



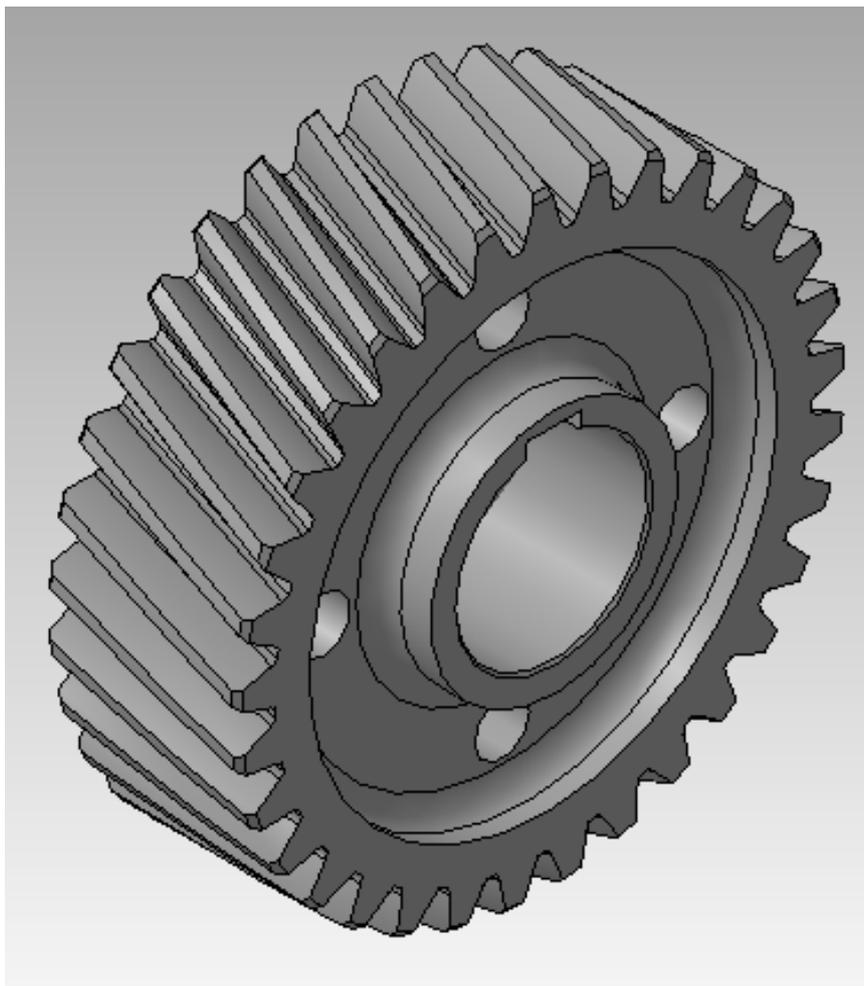
е)



ж)

з)

Рис. 108. Продолжение



и)

Рис. 108. Окончание

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное пособие решает задачи создания различными способами трехмерных моделей деталей: *«Корпус гироскопа»*, *«Шестерня ведущая цилиндрическая автомобиля «Урал»*, *«Шестерня высшей передачи промежуточного вала автомобиля «Урал»*.

В следующих частях пособия будут описаны: получение ассоциативных видов с моделей и доработка их до чертежей, создание сборочных единиц, автоматическое получение спецификаций и ассоциативных видов для сборочных чертежей, технологические возможности современных САМ и САРР систем, взаимодействие САД, САМ, САЕ, САРР в рамках РЛМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов / Под ред. Н. М. Капустина. – М.: Высшая школа, 2004. – 415 с.
2. Азбука КОМПАС-3D V14. – Изд-во ЗАО Аскон, 2013. – 412 с.
3. Волчкевич, Л.И. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие / Л.И. Волчкевич. – М.: Машиностроение, 2005. – 380 с.
4. Высогорец, Я.В. САПР ТП «Вертикаль»: учебное пособие для самостоятельной работы / Я.В. Высогорец, С.Г. Чиненов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 48 с.
5. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – Спб.: Питер, 2004. – 560 с.
6. Чиненов, С.Г. Основы САПР. Часть 2. Трехмерное моделирование: учебное пособие к практическим занятиям / С.Г. Чиненов, Я.В. Высогорец. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 68 с.
7. Чиненов, С.Г. Основы САПР: учебное пособие к практическим занятиям / С.Г. Чиненов, Я.В. Высогорец, Е.С. Шапранова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 61 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Создание трехмерных моделей деталей в «Компас-3D»	
1.1. Создание трехмерной модели детали «Корпус гироскопа» в «Компас-3D»	5
1.2. Создание трехмерной модели детали «Шестерня ведущая цилиндрическая» автомобиля «Урал» в «Компас-3D»	54
1.3. Создание трехмерной модели детали «Шестерня высшей передачи промежуточного вала» автомобиля «Урал» в «Компас-3D»	86
Заключение	96
Библиографический список.....	97

Учебное издание

Высогорец Ярослав Владимирович

CAD, CAM, CAE, PLM, PDM

Часть 1

CAD, CAE в КОНСТРУКТОРСКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Учебное пособие для самостоятельной работы студентов

Под редакцией Ю.Г. Микова

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 18.12.2014. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 5,81. Тираж 50 экз. Заказ 764/86.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.