

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»**

Кафедра авиационной теплотехники и теплоэнергетики

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В САПР КОМПАС-3D

**Лабораторный практикум
по дисциплине «Основы прикладного
графического проектирования»**



Уфа 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

Кафедра авиационной теплотехники и теплоэнергетики

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В САПР КОМПАС-3D

Лабораторный практикум
по дисциплине «Основы прикладного
графического проектирования»

Учебное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ

Уфа 2022

Авторы-составители: П. В. Соловьев, К. Е. Рожков

Моделирование и конструирование деталей и узлов машин и оборудования в САПР Компас-3D : лабораторный практикум по дисциплине «Основы прикладного графического проектирования» [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т ; [авт.-сост. : П. В. Соловьев, К. Е. Рожков]. – Уфа : УГАТУ, 2022. – URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022-28.pdf

Цель лабораторного практикума – закрепление и совершенствование знаний студентов в области трехмерного твердотельного моделирования по дисциплине «Основы прикладного графического проектирования».

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов.

Рецензент д-р техн. наук, профессор И. А. Кривошеев

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Авторы-составители: *Соловьев Павел Владимирович*
Рожков Кирилл Евгеньевич

Компьютерная верстка *О. А. Соколова*
Программирование и компьютерный дизайн *О. М. Толкачёва*

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Подписано к использованию: 15.03.2022
Объем: 11,8 Мб.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»
450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.
Тел.: +7-908-35-05-007
e-mail: rik@ugatu.su

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Подготовка студента к каждому лабораторному занятию включает:

- проработку конспектов лекций и соответствующих разделов основной и дополнительной рекомендованной литературы;

- изучение методических рекомендаций к данной лабораторной работе;

- повторение необходимых понятий и определений из ранее изученных курсов: «Детали машин и основы конструирования», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Прикладная механика».

Лабораторное занятие предполагает:

- экспресс опрос в устной или письменной форме;

- обсуждение наиболее сложных вопросов раздела в форме семинара;

- выполнение практического задания;

Некоторые задания могут быть выданы до проведения практической части работы. В этом случае студент обязан представить свой вариант выполнения задания и его объяснение, а на занятии проводится анализ предложенных ответов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОСВОЕНИЕ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ ТРЕХМЕРНОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ КОМПАС-3D

Цель работы: освоение основных формообразующих операций для создания трехмерных моделей элементов конструкций на примере программного продукта КОМПАС-3D.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

«Компас» – семейство систем автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС [1].

Разрабатывается российской компанией «Аскон». Название линейки является акронимом от фразы «комплекс автоматизированных систем». В торговых марках используется написание заглавными буквами: «КОМПАС». Первый выпуск «Компаса» (версия 1.0) состоялся в 1989 году. Первая версия под Windows – «Компас 5.0» – вышла в 1997 году.

Компас 3D относится к так называемым САД системам.

– *CAD* (англ. *computer-aided design/drafting*) – средства автоматизированного проектирования, в контексте указанной классификации термин обозначает средства САПР, предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации, и САПР общего назначения.

– *CADD* (англ. *computer-aided design and drafting*) – проектирование и создание чертежей.

– *CAGD* (англ. *computer-aided geometric design*) – геометрическое моделирование.

Наряду с КОМПАС-3D к САД системам также относятся Unigraphics NX, Autocad, Autodesk inventor, Solidworks, T-Flex CAD и др.

Программы данного семейства автоматически генерируют ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе *разрезы*, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с

разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже.

Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи. Данные в основной надписи чертежа (обозначение, наименование, масса) синхронизируются с данными из трёхмерной модели. Имеется возможность связи трёхмерных моделей и чертежей со спецификациями, то есть при «надлежащем» проектировании спецификация может быть получена автоматически; кроме того, изменения в чертеже или модели будут передаваться в спецификацию, и наоборот.

Система «Компас-3D» предназначена для создания трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей (в том числе, деталей, формируемых из листового материала путём его гибки) и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе проектированного ранее прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Система «Компас-3D» включает следующие компоненты: система трёхмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования «Компас-График» и модуль формирования спецификаций. Ключевой особенностью «Компас-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий.

Все трехмерные операции в КОМПАС-3D делятся на основные (то есть собственно формообразующие) и дополнительные. Основные операции включают команды для добавления и удаления материала детали, булевы операции, команду создания листового тела, а также команду Деталь-заготовка. Дополнительные операции представляют собой команды для реализации тех или иных конструкторских элементов на теле детали (фаски, скругления, отверстия, уклона, ребра жесткости и т. д.). В отдельную группу можно отнести команды построения массивов трехмерных элементов как в детали, так и в сборке. Есть также некоторые специфические команды, доступные только для сборки [2].

В соответствии с изложенной классификацией мы будем дальше рассматривать инструменты трехмерного редактора КОМПАС-3D.

Существует **четыре основных подхода** к формированию трехмерных формообразующих элементов в твердотельном моделировании [3,4]. Эти подходы практически идентичны во всех современных системах твердотельного 3D-моделирования (есть, конечно, небольшие различия в их программной реализации, но суть остается той же). Рассмотрим их.

– *Выдавливание*. Форма трехмерного элемента образуется путем смещения эскиза операции (рис. 1.1, а) строго по нормали к его плоскости (рис. 1.1, в). Во время выдавливания можно задать уклон внутрь или наружу. Контур эскиза выдавливания не должен иметь самопересечений. Эскизом могут быть: один замкнутый контур, один незамкнутый контур или несколько замкнутых контуров (они не должны пересекаться между собой). Если вы формируете основание твердого тела выдавливанием и используете в эскизе несколько замкнутых контуров, то все эти контуры должны размещаться внутри одного габаритного контура, иначе вы не сможете выполнить операцию. При вырезании или добавлении материала выдавливанием замкнутые контуры могут размещаться произвольно. Пример операции выдавливания представлен на рис. 1.1.

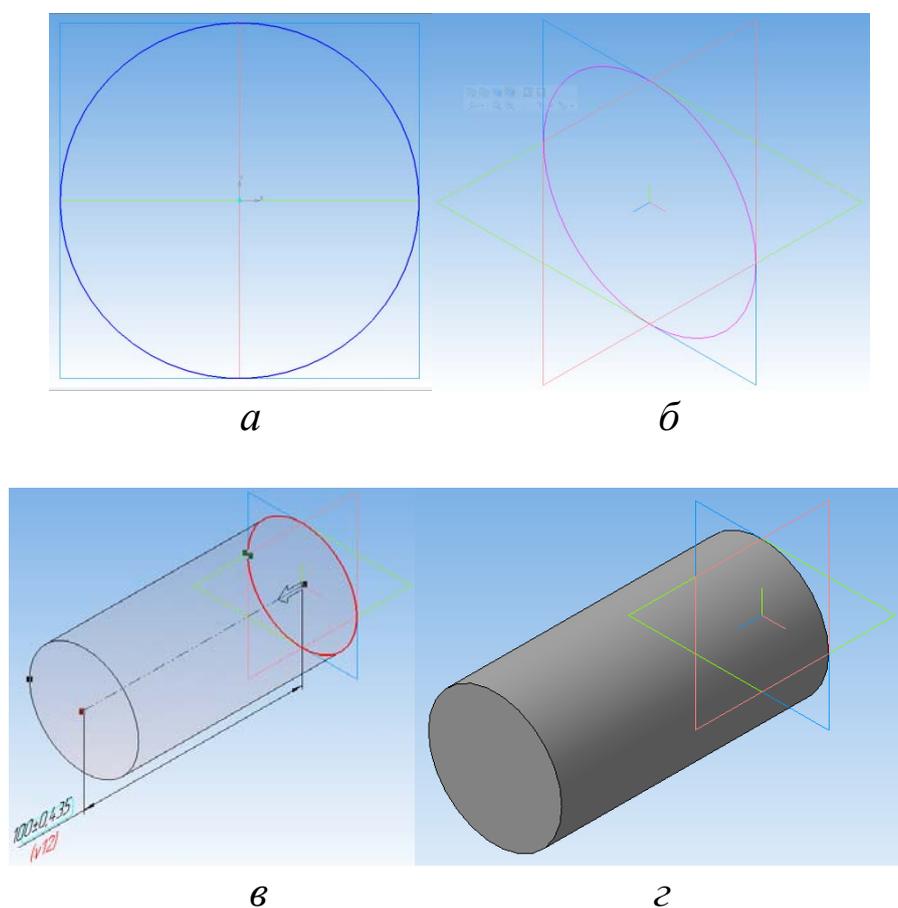


Рис. 1.1. Пример выполнения операции выдавливания

– *Вращение*. Формообразующий элемент является результатом вращения эскиза (рис. 1.2, а) в пространстве вокруг произвольной оси (рис. 1.2, б). Вращение может происходить на угол 360° или меньше. Обратите внимание, ось вращения ни в коем случае не должна пересекать изображение эскиза!

Если контур в эскизе незамкнут, то создание тела вращения возможно в двух различных режимах: сфероид или тороид (переключение производится с помощью одноименных кнопок панели свойств). При построении сфероида конечные точки контура соединяются с осью вращения отрезками, перпендикулярными к оси, а в результате вращения получается сплошное тело. В режиме тороида перпендикулярные отрезки не создаются, а построенный трехмерный элемент принимает вид тонкостенного тела с отверстием вдоль оси вращения.

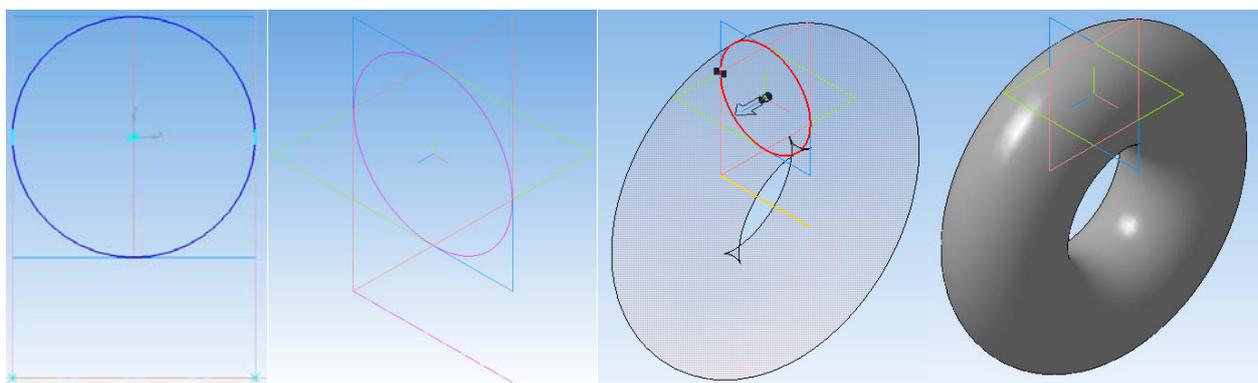


Рис. 1.2. Пример выполнения операции вращения

– *Кинематическая операция*. Поверхность элемента формируется в результате перемещения эскиза операции вдоль произвольной трехмерной кривой (рис. 1.3). Эскиз должен содержать обязательно замкнутый контур, а траектория перемещения – брать начало в плоскости эскиза. Разумеется, траектория должна не иметь разрывов.

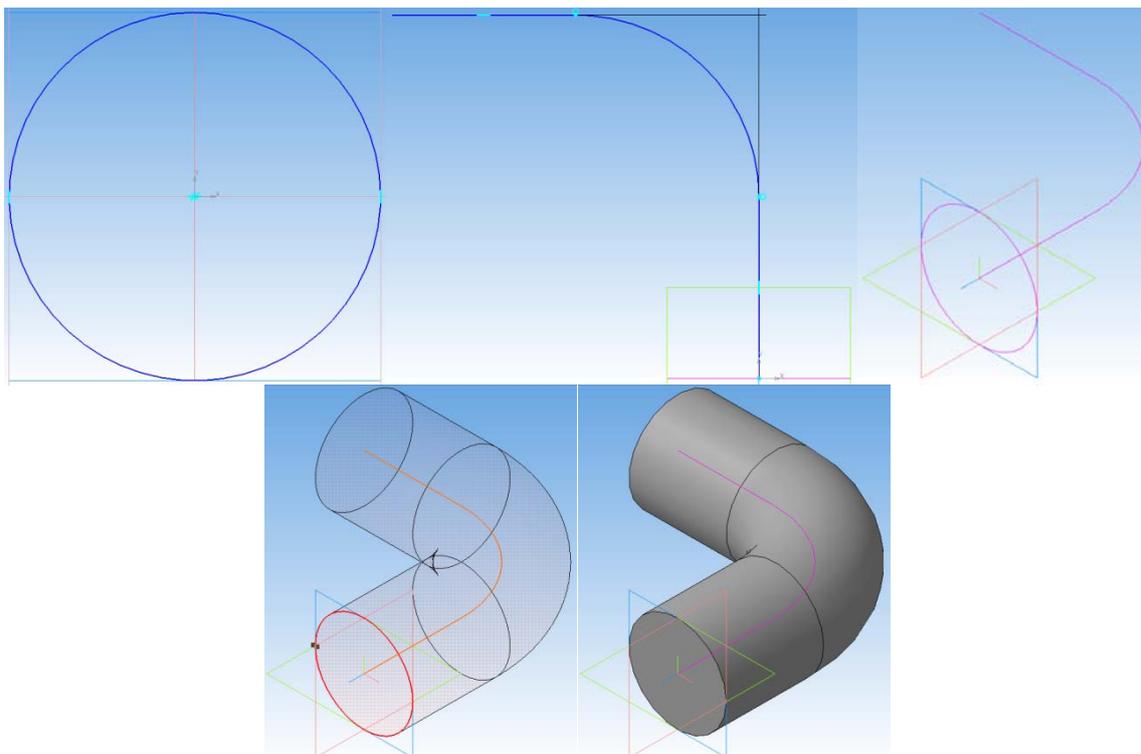


Рис. 1.3. Пример выполнения кинематической операции

– *Операция по сечениям.* Трехмерный элемент создается по нескольким сечениям-эскизам (рис. 1.4). Эскизов может быть сколько угодно, и они могут быть размещены в произвольно ориентированных плоскостях. Эскизы должны быть замкнутыми контурами или незамкнутыми кривыми. В последнем эскизе может размещаться точка.

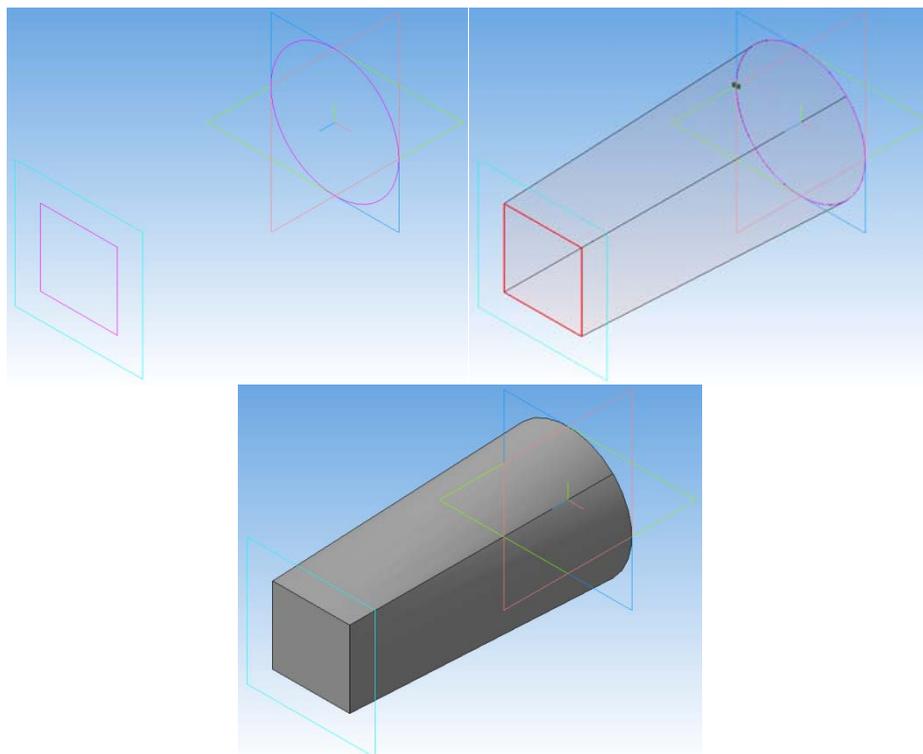


Рис. 1.4. Пример выполнения операции по сечениям

Перечисленных четырех способов обычно хватает для формирования сколь угодно сложных форм неорганического мира [5]. Иногда, правда, бывает значительно легче сформировать объект, используя другие методы моделирования в других графических системах (речь идет о полигональном или NURBS-моделировании). Однако в 90 % случаев твердотельного инструментария достаточно для построения неживых объектов [6].

Все команды для построения и редактирования детали расположены на панели инструментов «Редактирование детали». Для перехода к этой панели щелкните на одноименной кнопке компактной панели (разумеется, активным должен быть документ КОМПАС-Деталь).

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Освоение вышеуказанных формообразующих операций происходит через выполнение следующих четырех заданий.

2.1. Операция выдавливания

Задание: построить модель двутавра с помощью операции выдавливания по заданным размерам. Длина двутавра составляет **1000 мм**.

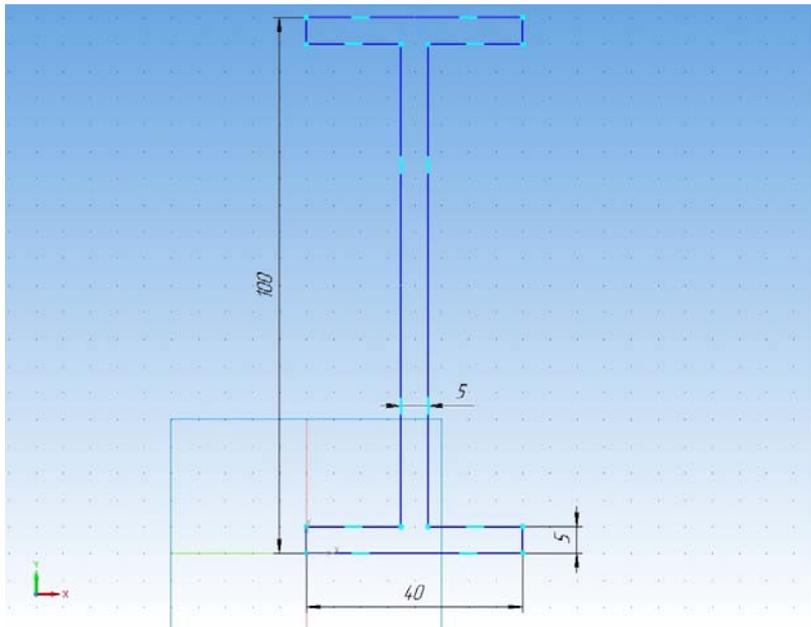


Рис. 2.1. Чертеж двутавра

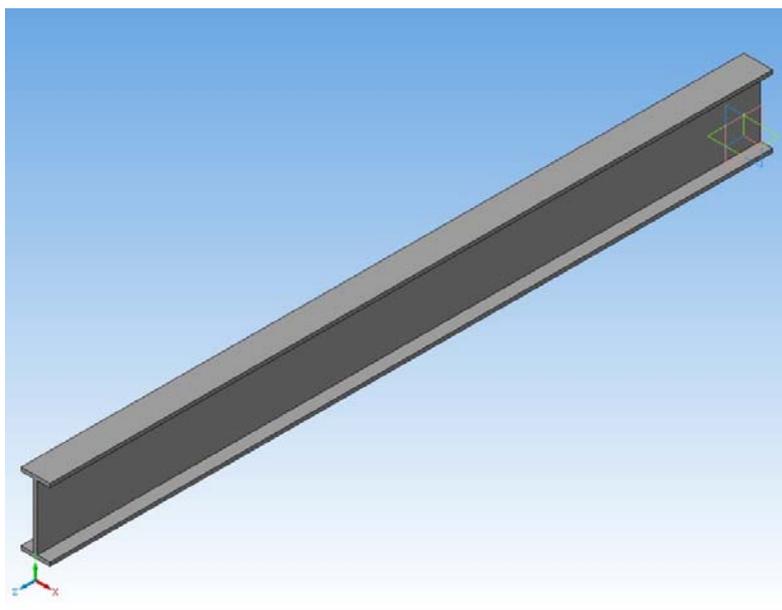


Рис. 2.2. Модель двутавра

2.2. Операция вращения

Задание: построить модель тела вращения (вазы) с помощью операции вращения по заданным размерам.

Обратите внимание – на эскизе обязательно должна быть ось вращения, причем только одна!

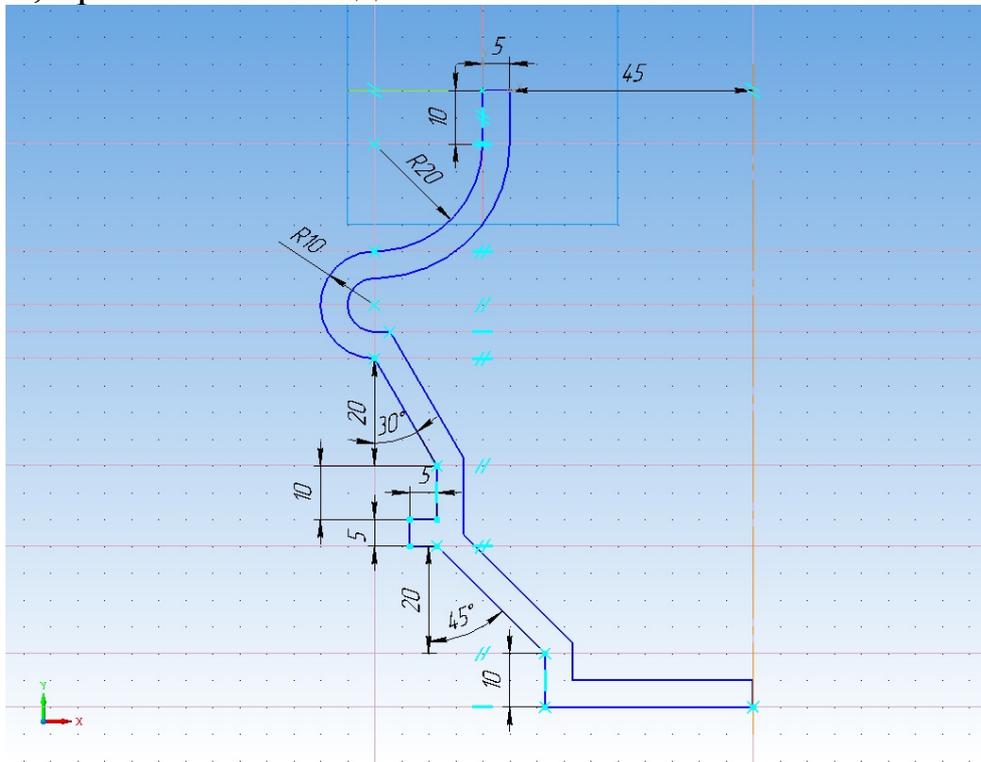


Рис. 2.3. Чертеж вазы

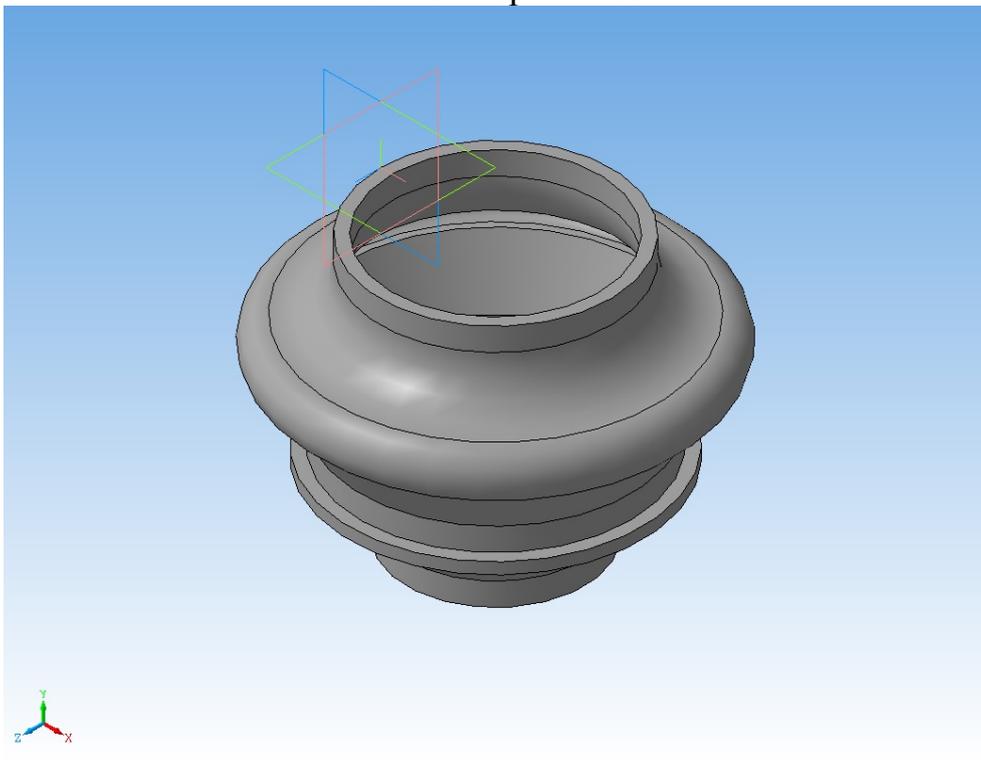


Рис. 2.4. Модель вазы

2.3. Кинематическая операция

Задание: построить модель изогнутого швеллера с помощью кинематической операции по заданным размерам.

Обратите внимание – эскизы поперечного сечения и траектории рисуются во взаимно перпендикулярных плоскостях, причем траектория должна брать свое начало в плоскости эскиза!

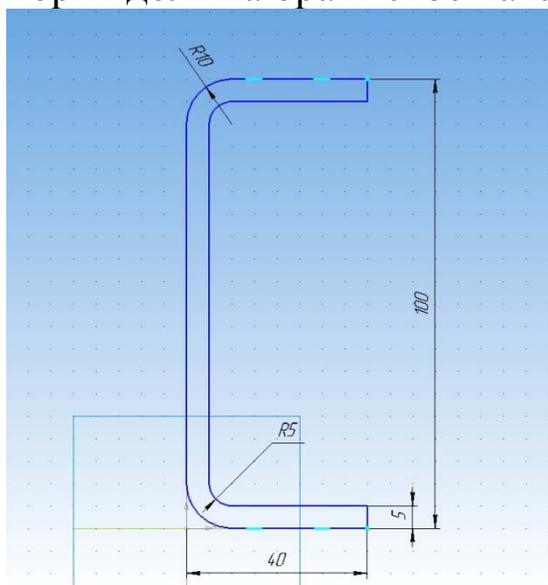


Рис. 2.5. Чертеж швеллера

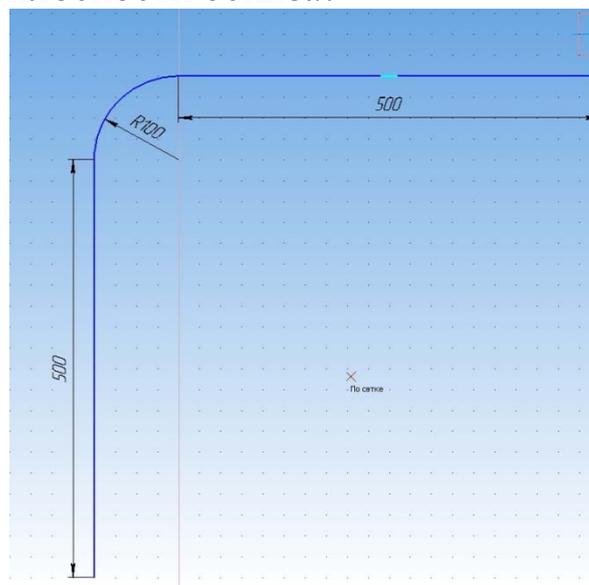


Рис. 2.6. Чертеж направляющей швеллера

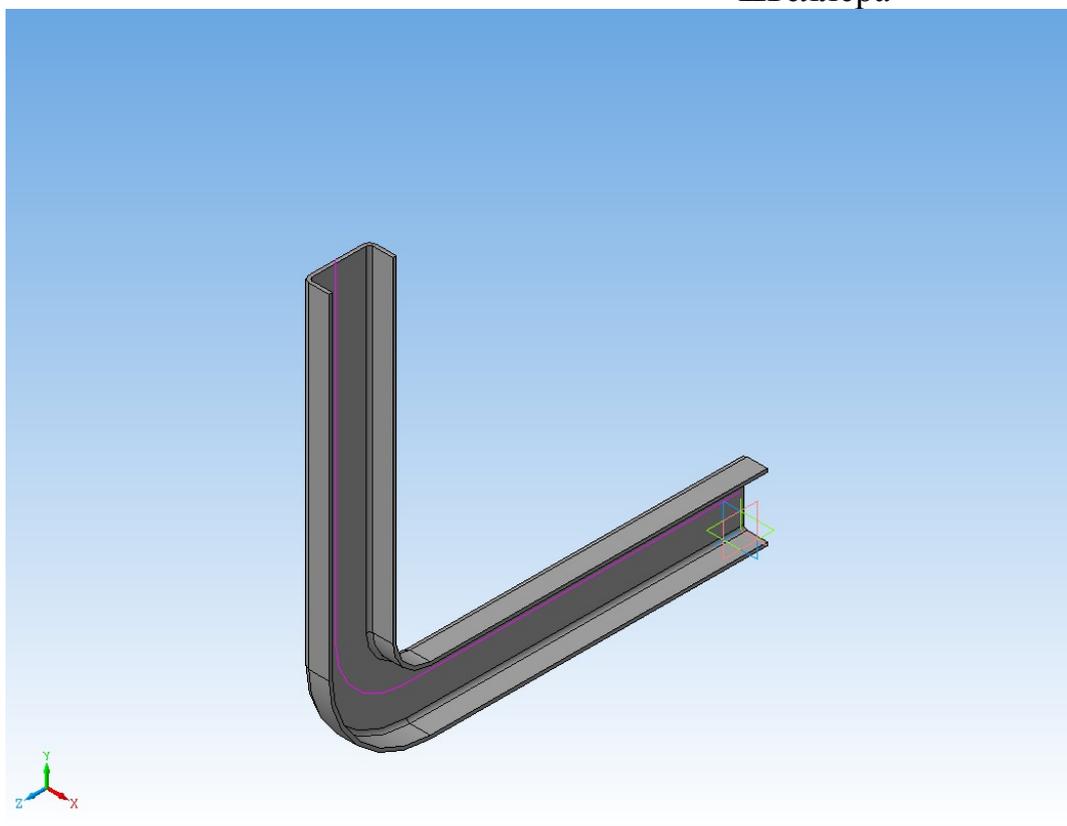


Рис. 2.7. Модель швеллера

2.4. Операция по сечениям

Задание: построить модель пера лопатки компрессора с помощью операции по сечениям по заданным размерам. *Недостающие размеры можно выбрать произвольно, сохраняя сходство внешнего вида лопатки.* Расстояние между плоскостями корневого и периферийного сечения составляет **200 мм**.

Обратите внимание – второе сечение должно быть построено во вспомогательной плоскости, которую также необходимо построить с помощью операции «смещенная плоскость»!

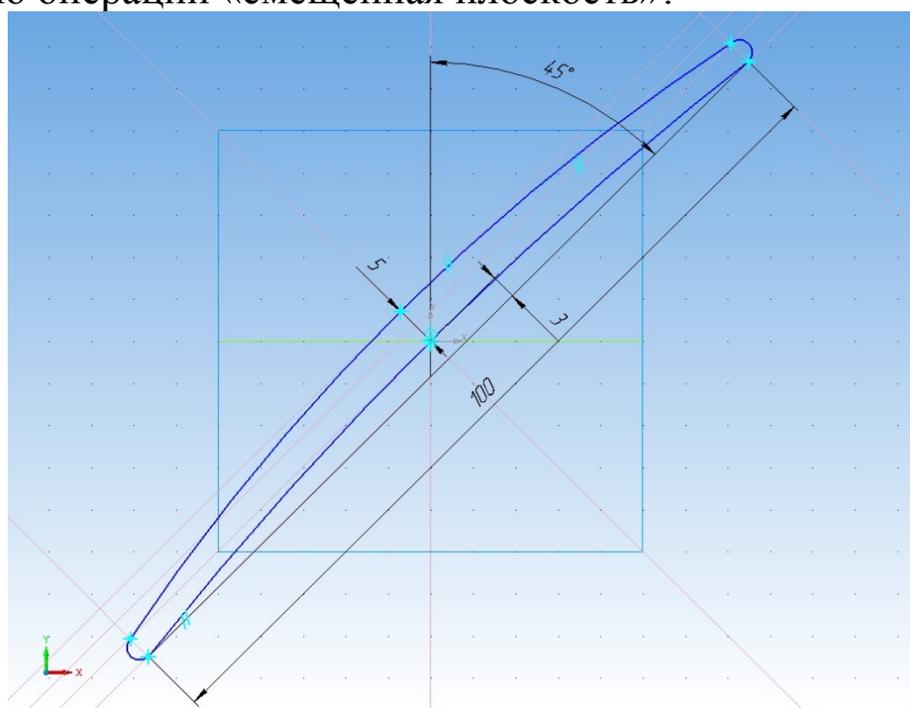


Рис. 2.8. Чертеж корневого сечения лопатки

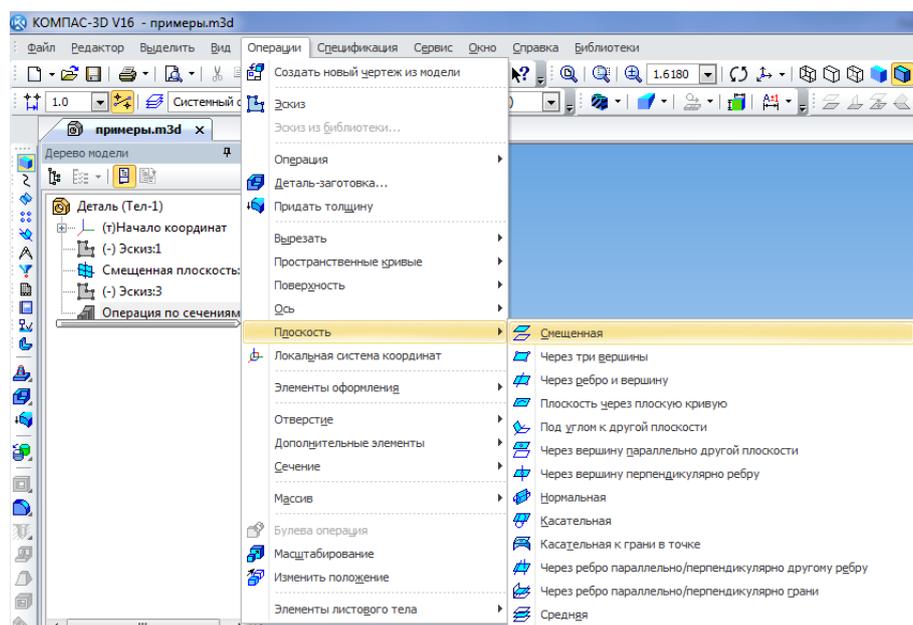


Рис. 2.9. Аспекты построения вспомогательной плоскости

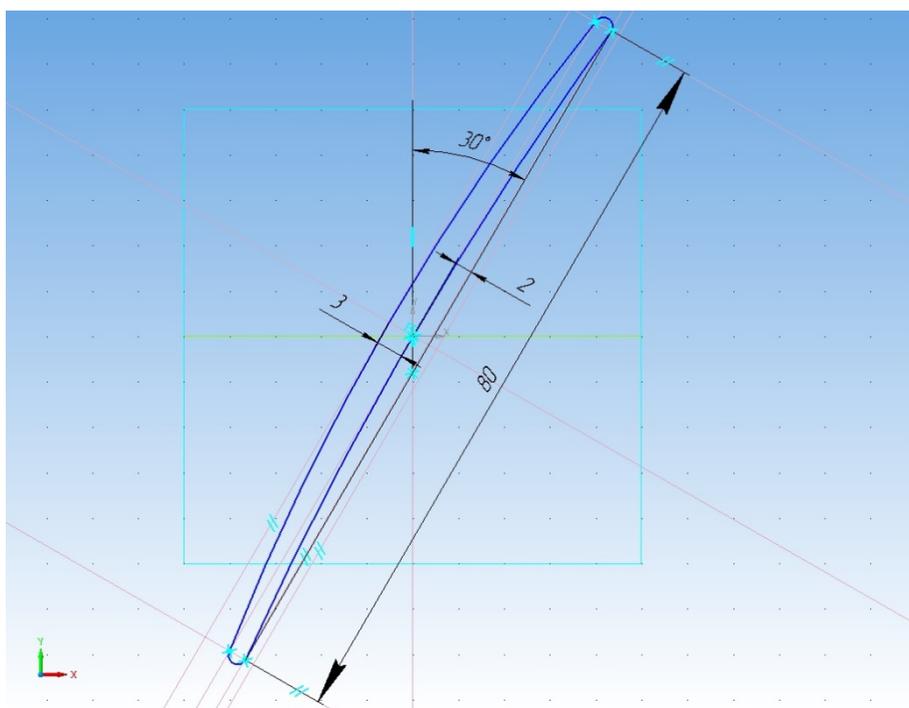


Рис. 2.10. Чертеж периферийного сечения лопатки

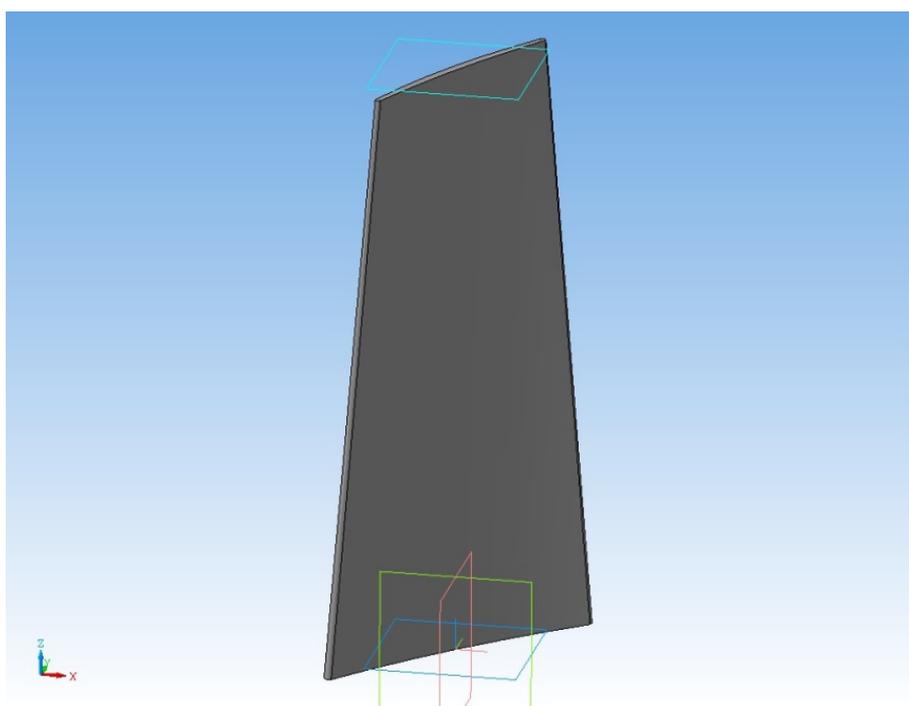


Рис. 2.11. Модель лопатки

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет по лабораторной работе предоставляется в электронном виде в формате документа Microsoft Word (.doc или .docx), и должен содержать следующие основные пункты:

- 3.1. Скриншоты построенных эскизов
- 3.2. Скриншоты полученных 3D моделей
- 3.3. Краткое описание алгоритмов получения моделей
- 3.4. Выводы по лабораторной работе

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.1. Для чего предназначен программный продукт «Компас-3D»?
- 4.2. Что такое САD системы?
- 4.3. Какие еще САD системы, кроме «Компас-3D», существуют?
- 4.4. Сколько и какие основные формообразующие операции используются в САD системах для построения трехмерных моделей элементов конструкций?
- 4.5. В каком направлении осуществляется движение эскиза в операции «выдавливание» для получения трехмерной модели?
- 4.6. Какие дополнительные опции есть в операции «выдавливание» для получения трехмерных моделей?
- 4.7. Допускается ли в «Компас-3D» самопересечение контура? Что называют самопересечением контура? Как решить подобную проблему?
- 4.8. Сколько осей может быть на эскизе, предваряющим операцию «вращение»?
- 4.9. Где должна быть расположено начало траектории в кинематической операции?
- 4.10. Зависит ли форма получаемой детали от расположения начала траектории относительно рассматриваемого исходного сечения?
- 4.11. Почему для развития инженерных навыков трехмерного проектирования достаточно освоить одну САD систему (например, «Компас-3D»)?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 5.1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%81_\(%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%81_(%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0))
- 5.2. https://www.e-reading.by/chapter.php/127274/56/Kidruk_-_KOMPAS-3D_V10_na_100_.html
- 5.3. <https://autocad-lessons.ru/samouchitel-kompas-3d-v16/>
- 5.4. https://edu.ascon.ru/main/library/study_materials/
- 5.5. http://trinosoft.com/index.php?page=kompas§ion=2840&cur_page=2
- 5.6. <http://booktech.ru/books/sapr-i-soft/kompas>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОСВОЕНИЕ ОСНОВНЫХ БУЛЕВЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПРОГРАММЕ КОМПАС-3D

Цель работы: освоение основных булевых операций для создания сложных трехмерных моделей элементов конструкций на примере программного продукта КОМПАС-3D.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рассмотренные ранее четыре основные формообразующие операции САД систем позволяют строить относительно простые трехмерные объекты. Реальные детали машиностроительных производств зачастую имеют более сложную форму, получить которую пользуясь только ранее рассмотренными операциями невозможно. Необходимо комбинировать эти простые операции, что как раз и позволяют булевы операции.

Булевы операции над объектами – это набор *булевых операций* (AND, OR, NOT, XOR, ...) с одним или несколькими наборами объектов в компьютерной графике. Эти наборы операций широко используются в *компьютерной графике, САПР* и в *проектировании электронных схем* (физическое расположение элементов *интегральных схем* и программы проверки) [1,2].

Примеры булевых операций над двумерными объектами представлены на рис. 1.1.

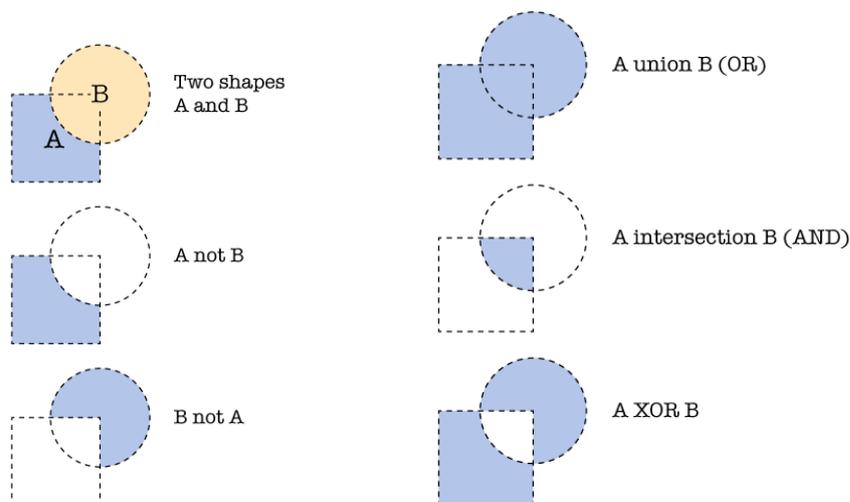


Рис. 1.1. Пример булевых операций над двумерными объектами в САПР

Своим существованием наука «алгебра логики» (или так называемая «булева» логика») обязана английскому математику *Джорджу Булю*, который исследовал **логику высказываний**. Первый в России курс по алгебре логики был прочитан *П. С. Порецким* в *Казанском государственном университете* [1].

В CAD системах используются 3 основных булевых операции из всех возможных: **объединение, вычитание и пересечение** [3-6].

1.1. Операция **объединения** характеризуется тем, что имеются два исходных объекта **A** (в примере ниже – квадрат) и **B** (в примере – круг), которые имеют область взаимного пересечения (или по крайней мере касаются друг друга); после булевой операции «объединение» вместо двух объектов получится третий объект **A+B**, объем которого будет состоять из объемов двух исходных объектов (рис. 1.2).

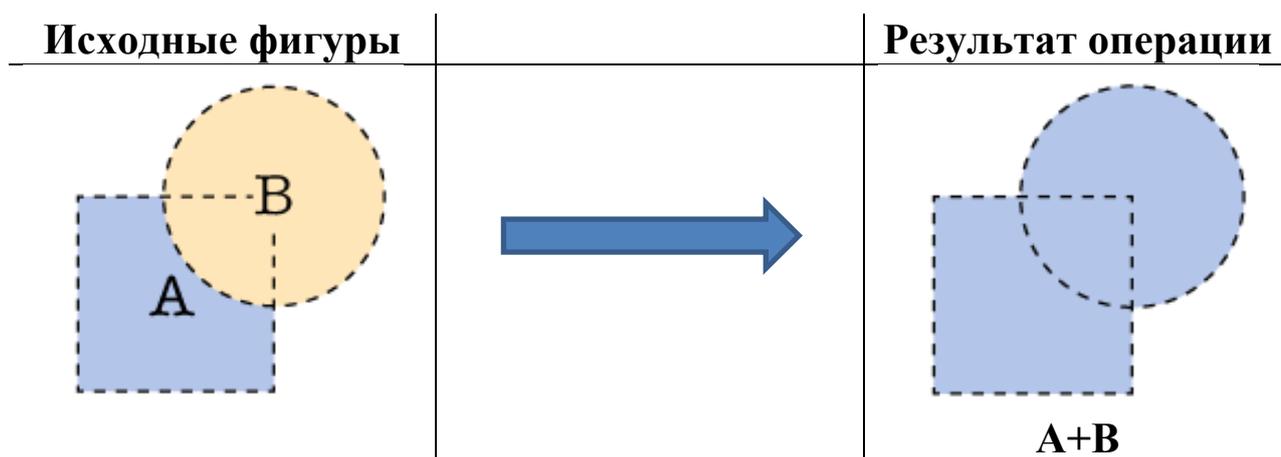


Рис. 1.2. Пример булевой операции «объединение»

Обратите внимание – исходные объекты обязательно должны пересекаться или хотя бы касаться друг друга, в противном случае выполнение булевой операции «объединение» невозможно! Порядок выбора исходных объектов в данной операции роли не играет!

1.2. Операция **вычитания** характеризуется тем, что имеются также два исходных объекта **A** (в примере ниже – квадрат) и **B** (в примере – круг), которые имеют область взаимного пересечения (или по крайней мере касаются друг друга); после булевой операции «вычитание» вместо двух объектов получится третий объект **A-B**, объем которого будет состоять из объема первого объекта за исключением области его пересечения со вторым (рис. 1.3).

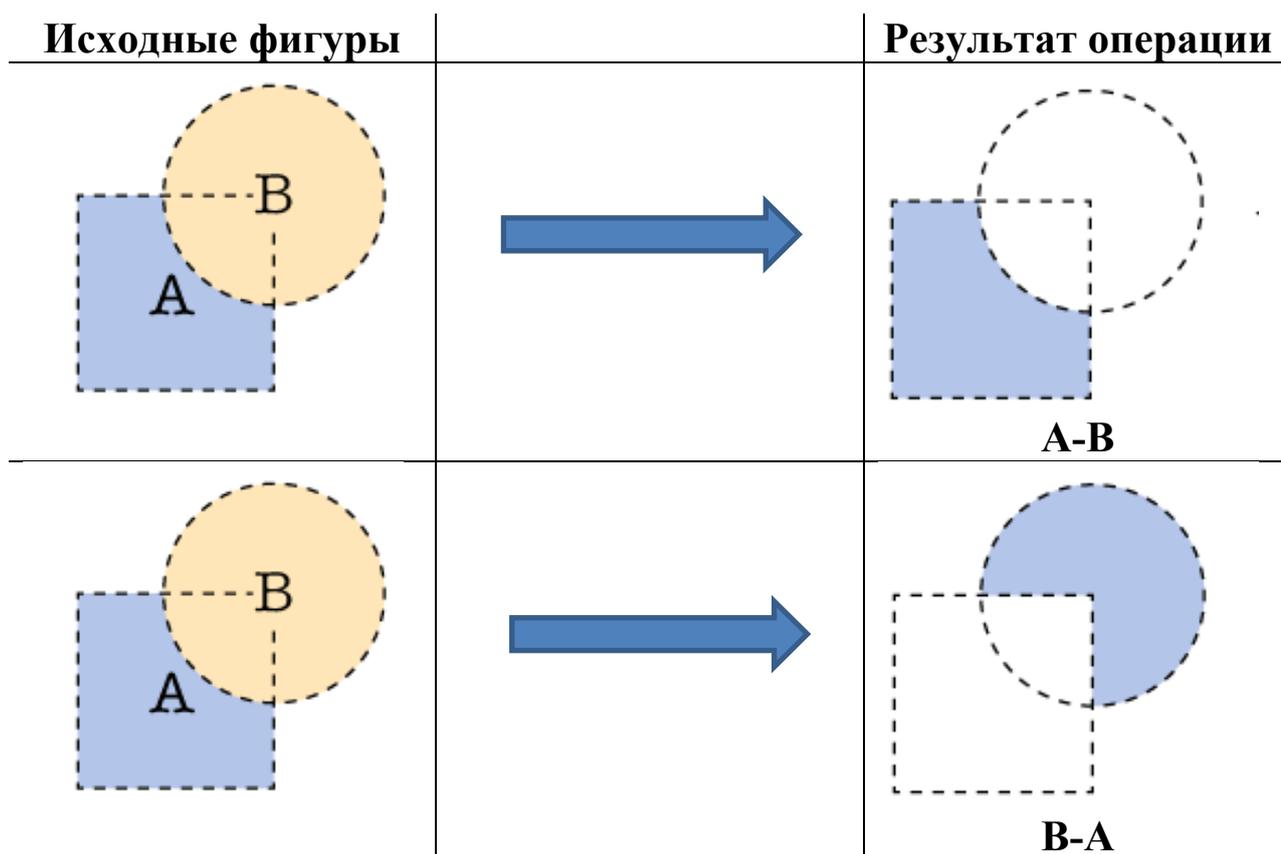


Рис. 1.3. Пример булевой операции «вычитание»

Обратите внимание – исходные объекты также обязательно должны пересекаться или хотя бы касаться друг друга, в противном случае выполнение булевой операции «вычитание» невозможно! Порядок выбора исходных объектов в данном случае играет очень важную роль: первый выбранный объект будет исходным, из объема которого соответственно будет вычитаться объем второго выбранного объекта!

1.3. Операция **пересечения** характеризуется тем, что имеются два исходных объекта **A** (в примере ниже – квадрат) и **B** (в примере – круг), которые имеют область взаимного пересечения (или по крайней мере касаются друг друга); после булевой операции «пересечение» вместо двух объектов получится третий объект **C**, объем которого будет состоять из объема, исходно принадлежащего обоим объектам (рис. 1.4).

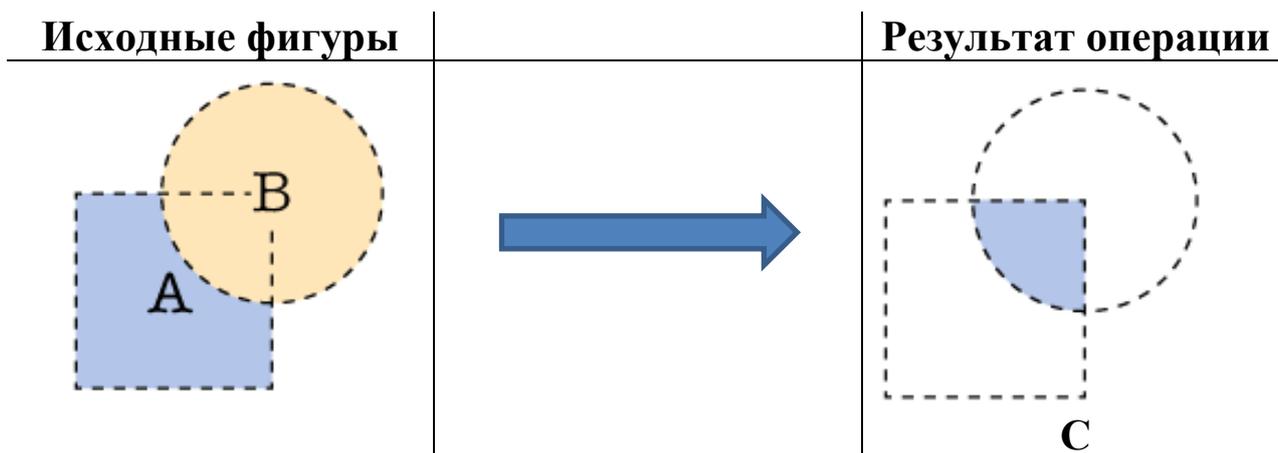


Рис. 1.4. Пример булевой операции «пересечение»

Обратите внимание – исходные объекты обязательно должны пересекаться или хотя бы касаться друг друга, в противном случае выполнение булевой операции «пересечение» невозможно! Порядок выбора исходных объектов в данной операции роли не играет!

Сочетание трех булевых операций с четырьмя основными формообразующими операциями позволяет получить практически любую геометрию деталей и узлов машин и оборудования, используемых в условиях реального производства [3,5,6].

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Операция объединения

Задание: построить ручку для вазы, полученной на лабораторной работе №1, создать вторую с помощью зеркального массива и объединить их с вазой в одно твердое тело. В поперечном сечении ручка представляет собой *окружность* диаметра **6 мм**. Ручку строим с помощью *кинематической операции*, для построения второй ручки используем команду «*Зеркально отразить тело или поверхность*». После все вместе объединяется с помощью команды «*Булева операция → Объединение*» или объединяем тела на этапе создания ручек с помощью встроенных в *кинематическую операцию булевых операций*.

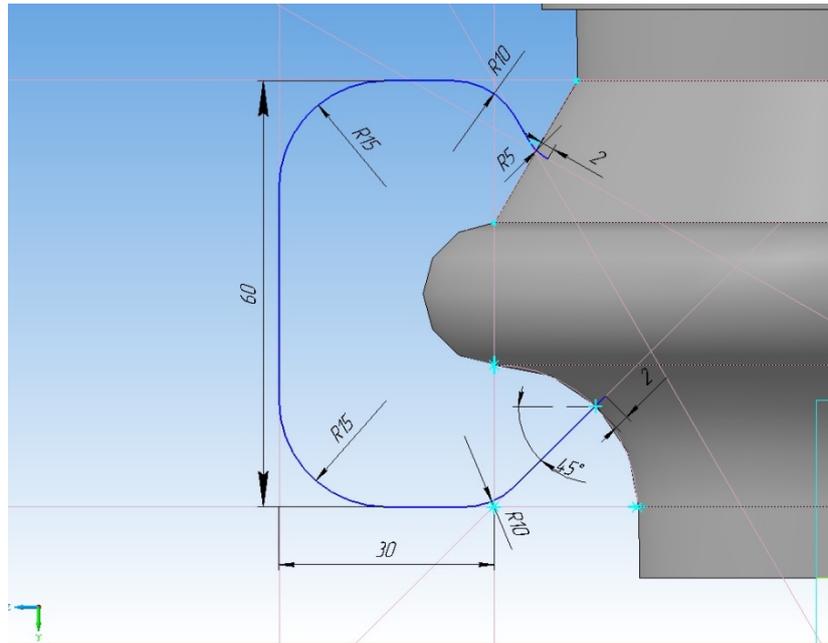


Рис. 2.1. Чертеж ручки

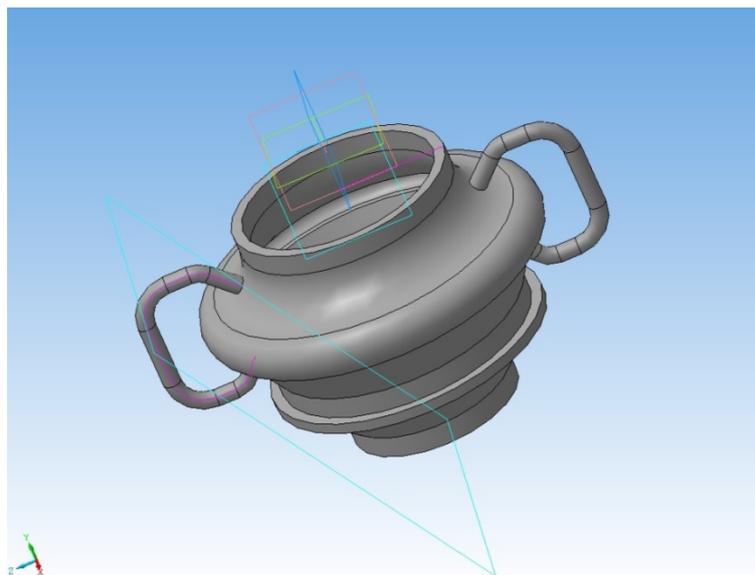


Рис. 2.2. Модель вазы с ручками

2.2. Операция вычитания

Задание: построить штампованный автомобильный диск с отверстиями по заданным размерам. Отверстие в диске получается также по заданным размерам с помощью операции «Вырезать выдавливанием». Количество отверстий – 6, получаются с помощью команды «Массив по concentric сетке», где необходимо указать объект, ось и количество копий. После построения модели

диска острые кромки притупить с помощью операций «Скругление» и «Фаска». Размеры фасок и скруглений – от 5 до 20 мм, для фасок – угол 45° .

Обратите внимание – фаски и скругления должны быть сделаны в надлежащих местах с точки зрения технологичности изготовления и сборки!

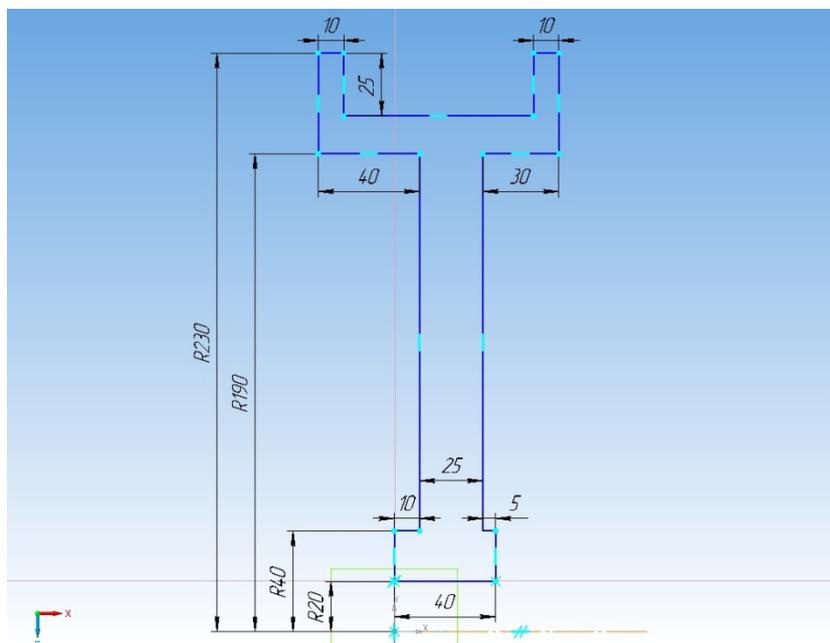


Рис. 2.3. Чертеж диска

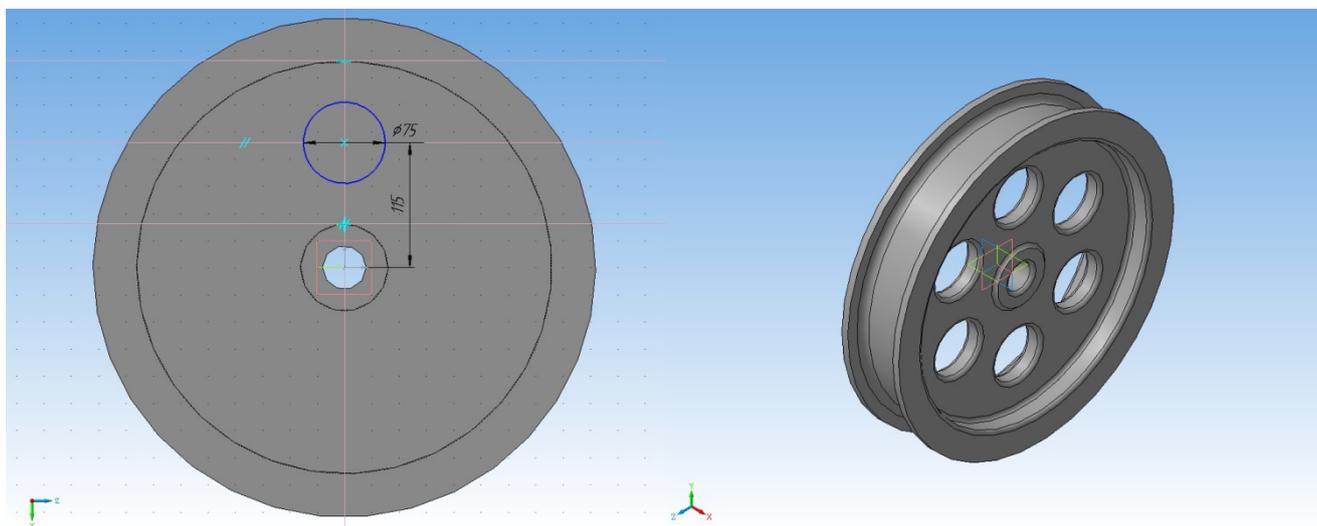


Рис. 2.4. Параметры отверстия

Рис. 2.5. Модель диска

2.2.1. Творческое задание. Вместо штампованного сделать красивый литой диск с узором на свой выбор.

2.3. Операция пересечения

Задание: построить модель гайки по заданным размерам. Толщина гайки – 5 мм. Острые кромки притупляются фасками 0,6 мм. Далее строится сфера заданного диаметра с центром в центре симметрии гайки. Затем с помощью булевой операции *пересечения* получается окончательная модель.

Обратите внимание – сфера должна быть построена в центре симметрии гайки, таким образом изначально необходимо построить вспомогательную плоскость, проходящую через центр симметрии гайки, и только потом в ней выполнять эскиз полусферы!

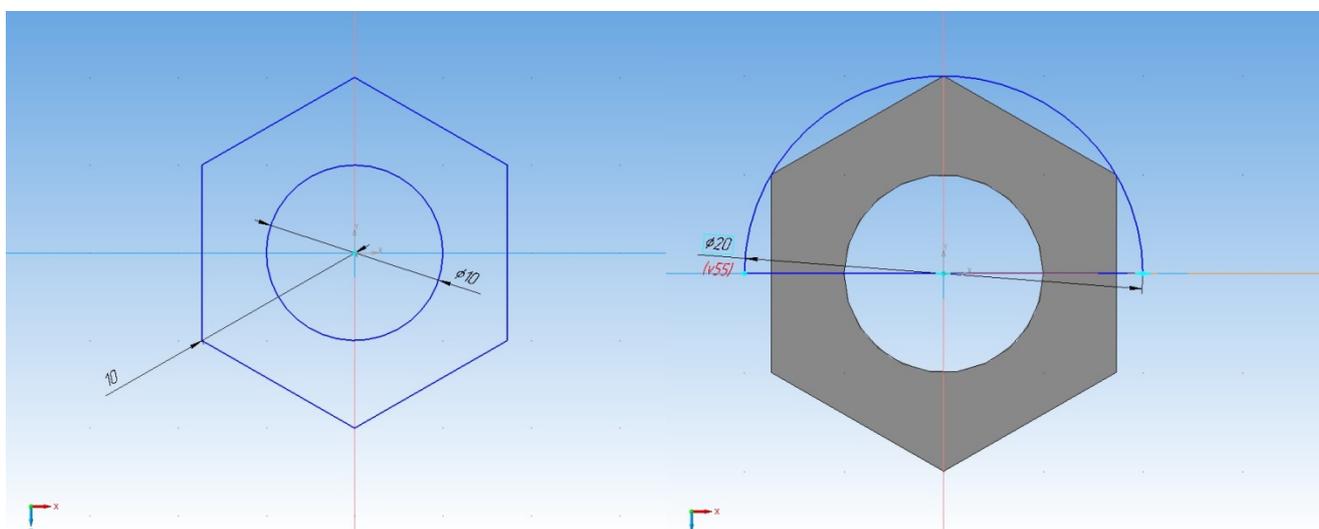


Рис. 2.6. Чертеж гайки

Рис. 2.7. Чертеж сферы

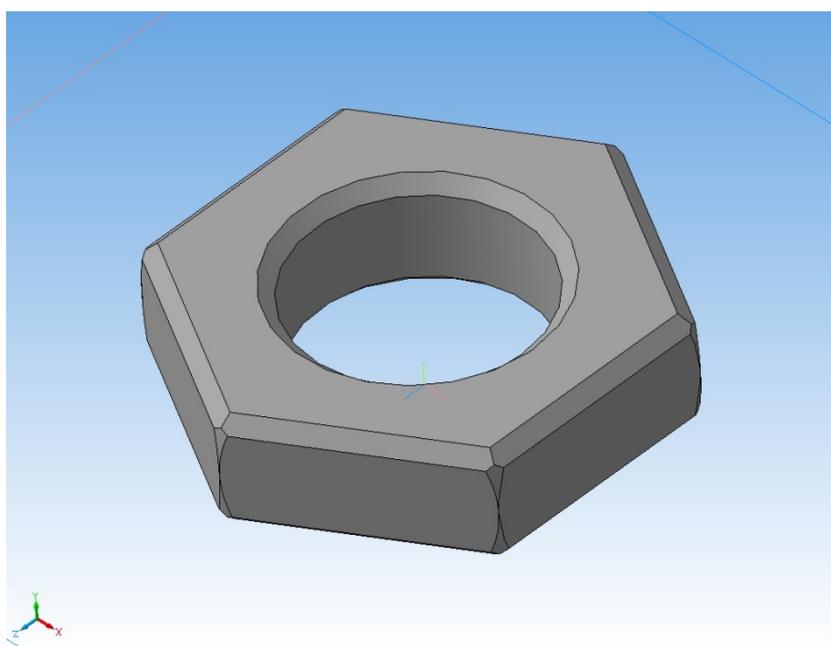


Рис. 2.8. Модель гайки

Построение замка типа «*ласточкин хвост*».

Задание: достроить модель пера лопатки компрессора по заданным размерам. Полка получается операцией вращения на 6° и чертится в корневом сечении лопатки. Расстояние до оси вращения от нижней части полки – **747 мм**. Хвостовик чертится ниже полки по заданным размерам. Выдавливание хвостовика осуществляется с функцией «*через все*». Далее все объединяется с помощью булевой операции «*объединение*».

Обратите внимание – полка обязательно должна быть получена операцией «*вращение*», соответственно на эскизе полки должна быть изображена осевая линия!

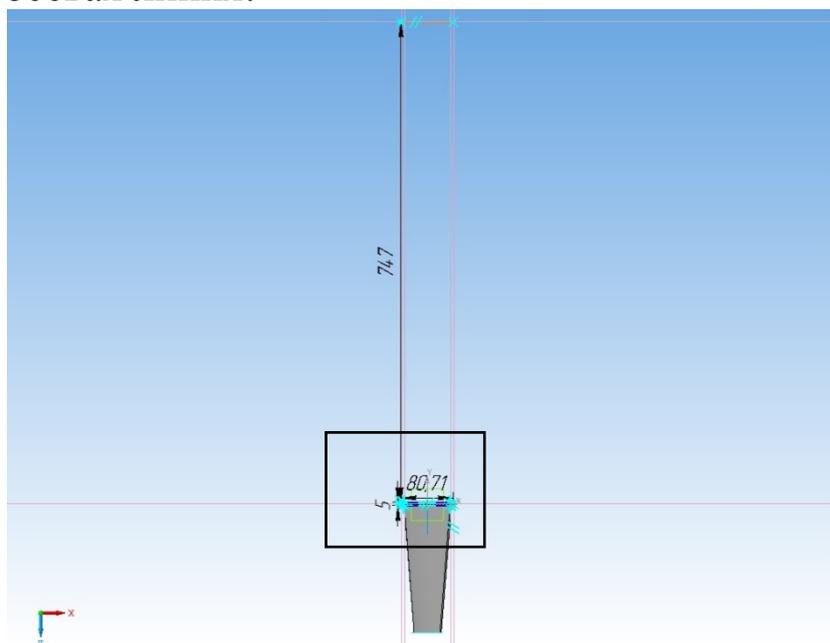


Рис. 2.9. Общий вид полки лопатки

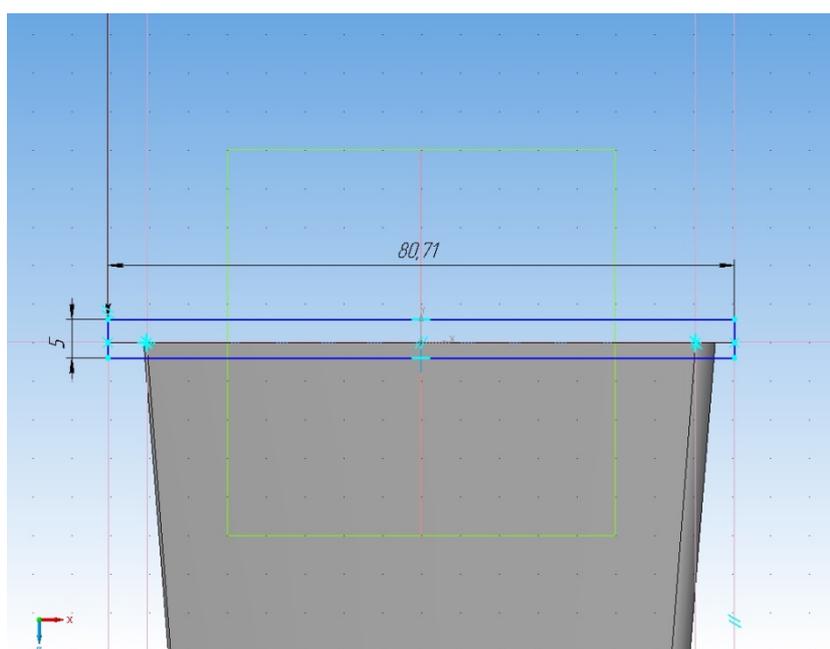


Рис. 2.10. Увеличенный чертеж полки лопатки

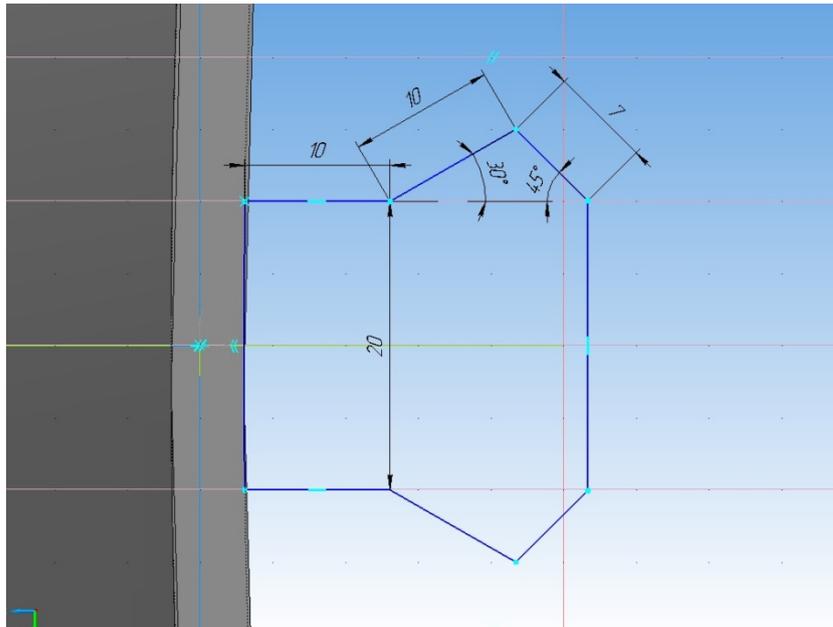


Рис. 2.11. Чертеж хвостовика

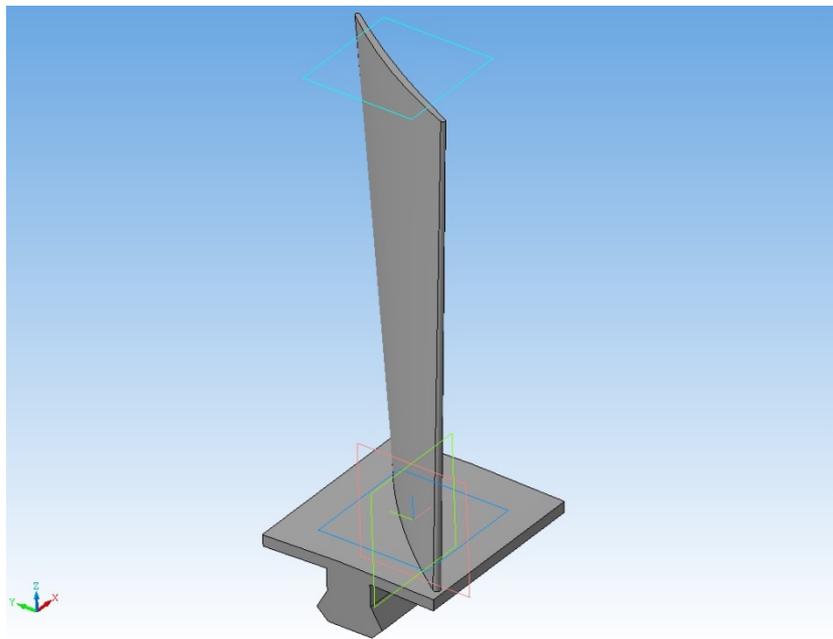


Рис. 2.12. Модель лопатки с полкой и хвостовиком

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет по лабораторной работе предоставляется в электронном виде в формате документа Microsoft Word (.doc или .docx), и должен содержать следующие основные пункты:

- 3.1. Скриншоты построенных эскизов
- 3.2. Скриншоты полученных 3D моделей
- 3.3. Краткое описание алгоритмов получения моделей
- 3.4. Выводы по лабораторной работе

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.1. Для чего нужны булевы операции в САД системах?
- 4.2. Что такое САД системы?
- 4.3. Сколько булевых операций имеется в булевой логике?
- 4.4. Сколько и какие булевы операции используются в САД системах для построения трехмерных моделей элементов конструкций?
- 4.5. Какое условие необходимо выполнять, чтобы можно было осуществить булеву операцию?
- 4.6. Играет ли порядок выбора объектов роль в булевых операциях «объединение», «вычитание», «пересечение»?
- 4.7. Чем литые автомобильные диски отличаются от штампованных? Преимущества и недостатки каждого вида дисков?
- 4.8. Какой из размеров на рис. 2.11 можно и нужно изменить в большую сторону для обеспечения построения более качественной трехмерной модели?
- 4.9. Для чего нужны фаски и скругления в машиностроении?
- 4.10. Как визуально проконтролировать, была ли успешно осуществлена операция «пересечение» на модели гайки?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 5.1. <https://ru.wikipedia.org>
- 5.2. https://www.e-reading.by/chapter.php/127274/56/Kidruk_-_КОМПАС-3D_V10_na_100_.html
- 5.3. <https://autocad-lessons.ru/samouchitel-kompas-3d-v16/>
- 5.4. https://edu.ascon.ru/main/library/study_materials/
- 5.5. http://trinosoft.com/index.php?page=kompas§ion=2840&cur_page=2
- 5.6. <http://booktech.ru/books/sapr-i-soft/kompas>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОСВОЕНИЕ ОСНОВ СБОРКИ В ПРОГРАММЕ КОМПАС-3D

Цель работы: освоение основ позиционирования деталей для создания сборок узлов и агрегатов из трехмерных моделей элементов конструкций на примере программного продукта КОМПАС-3D.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Ранее было рассмотрено, что, комбинируя четыре основных формообразующих операции САД систем с тремя основными булевыми операциями, можно получить трехмерную модель детали практически любой геометрической сложности. Следующим этапом является получение моделей узлов и агрегатов деталей машин на основе ранее построенных деталей. Это осуществляется в САД системах с помощью сборочных операций.

Сборка – это трехмерная модель объекта, состоящая из нескольких деталей. Количество деталей в сборке не ограничено. Известны трехмерные сборки, насчитывающие до нескольких тысяч компонентов. *Компонентом сборки* может быть твердотельная или листовая деталь КОМПАС-3D, вставленная в сборку или созданная прямо в ней, собственное тело или тела, принадлежащие документу сборки, трехмерный библиотечный элемент, деталь или поверхность, импортированные из другой системы трехмерного моделирования (с помощью одного из обменных форматов), а также другая сборка (в таком случае она называется подсборкой). В сборке также можно выполнять формообразующие операции, которые используются при построении деталей, и, самое главное, – формировать массивы компонентов [1].

Процесс формирования трехмерной сборки в системе КОМПАС-3D состоит из нескольких этапов.

1. Вставка компонентов сборки. Отдельные компоненты могут создаваться прямо в сборке.

2. Размещение каждого компонента определенным образом и задание нужной ориентации в пространстве сборки, а также при необходимости фиксация компонента.

3. Создание отдельных деталей прямо в сборке, то есть тел, которые будут сохранены вместе с файлом сборки.

4. Применение завершающих операций, таких как создание отверстий, фасок и пр., которые стали доступны для выполнения в документе сборки в десятой версии КОМПАС-3D [2].

Основные команды для управления объектами сборки размещены на панели инструментов Редактирование сборки (рис. 1.1). По умолчанию эта панель расположена первой на компактной панели инструментов для активного документа КОМПАС-Сборка.



Рис. 1.1. Пример панели «Редактирование сборки»

Рассмотрим наиболее полезные опции данного меню [2,3].

Главным способом формирования сборки является простое добавление полностью готовой детали из файла и ее размещение в трехмерной сцене. Для этой цели предназначена кнопка **«Добавить из файла»**.

Перед окончательной фиксацией точки вставки компонента из файла он отображается в виде фантома, который можно свободно перемещать в пространстве модели. Причем при вставке детали фантом полностью отвечает форме добавляемой детали, а при вставке сборки фантом представляет собой лишь ее габаритный параллелепипед. Для вставки компонента достаточно просто щелкнуть в нужной точке окна документа. Первый компонент сборки после вставки всегда автоматически фиксируется, все последующие – нет.

Обычно модель просто вставляется в любую точку пространства, после чего с помощью команд поворота, перемещения и наложения сопряжений должным образом размещается в сборке. Для изменения положения компонента в сборке существуют команды перемещения и поворота.

«Переместить компонент» – предназначена для перемещения (без изменения ориентации) компонента сборки. Для перемещения достаточно щелкнуть на данной кнопке (при этом указатель примет форму четырехнаправленной стрелки), нажать кнопку мыши на

нужном объекте и переместить его. Передвигать можно сразу несколько компонентов, предварительно выбрав их в окне модели или дереве построения. Во время перемещения можно включить режим контроля соударений, при котором система будет информировать вас о столкновении перемещаемой детали или под сборки с другими компонентами сборки. Точно разместить компонент в трехмерном пространстве с помощью перемещения невозможно, однако вы можете использовать автосопряжение (автоматическое наложение сопряжений между перемещаемым компонентом и близлежащими трехмерными объектами сборки). Переместить зафиксированный компонент нельзя.

«Повернуть компонент» – позволяет вращать (изменять ориентацию в пространстве) выбранный компонент вокруг центральной точки его габаритного параллелепипеда.

При вращении компонентов, как и при их перемещении, можно включить режимы контроля соударений и автосопряжений.

Кнопки перемещения и вращения компонентов неактивны, если в сборке еще нет ни одного вставленного объекта. Кроме того, чтобы стали доступными команды вращения вокруг оси или точки, в модели должен быть выделен соответствующий трехмерный элемент [4,5].

«Массив по образцу» – предназначается для построения массива компонентов сборки, который точно повторяет указанный массив-образец в детали, то есть копии базового компонента размещаются в узлах элементов массива-образца. Порядок работы с командой таков. Сначала указываются компоненты для копирования, затем выбирается в дереве модели в одном из узлов, отвечающем любой вставленной детали, массив, по подобию которого требуется разместить копии. Команда «Массив по образцу» очень полезна, когда необходимо разместить в сборке элементы крепежа в отверстиях, созданных с помощью одной из команд построения массивов в детали (например, крепежные винты в отверстиях фиксирующей крышки подшипника).

После размещения детали в сборке ее необходимо точно расположить относительно других компонентов сборки (например, привести зубчатые колеса передачи в зацепление, насадить колесо или подшипник на вал и т. п.). В автоматизированном проектировании это называется «наложить сопряжения на компоненты». На одну и ту же деталь можно наложить сразу несколько сопряжений.

Иногда из-за ошибки проектировщика или при неправильном перестроении сборки действия некоторых сопряжений противоречат друг другу (то есть система не может разместить компонент таким образом, чтобы удовлетворить требованиям сразу нескольких сопряжений). При этом возникает ошибка – деталь не будет расположена должным образом, а в дереве построений соответствующая ветвь будет отмечена восклицательным знаком в красном кружке.

Все сопряжения, наложенные на компоненты сборки, отображаются в дереве построения в одном узле под названием *Группа сопряжений*. Этот узел находится в самом низу дерева сборки.

Все функции для создания различных типов сопряжений представлены на панели инструментов Сопряжения (рис. 1.2) [3,6].



Рис. 1.2. Панель инструментов Сопряжения

Рассмотрим основные виды сопряжений:

Параллельность – размещает деталь таким образом, чтобы ее выбранная грань (ребро) была параллельна плоской грани (ребру) другого компонента сборки. Порядок наложения сопряжения: вызываете команду и по очереди указываете элементы, которые необходимо разместить параллельно. Если элементы выбраны правильно и накладываемое сопряжение не конфликтует с другими сопряжениями, то сборка будет перестроена, а выбранные элементы окажутся параллельными друг другу (рис. 1.3) [4,5].

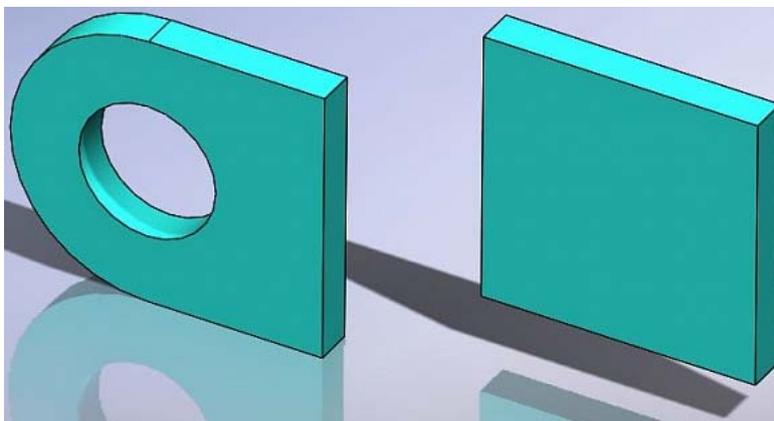


Рис. 1.3. Пример сопряжения «параллельность»

Перпендикулярность – действие этого сопряжения подобно установлению параллельности, только выбранные элементы моделей (плоские грани или прямолинейные ребра) размещаются перпендикулярно.

На расстоянии – данный тип сопряжения употребляется чаще, чем два предыдущих, поскольку позволяет более точно задать относительное размещение компонентов. После вызова этой команды сначала указываются элементы двух компонентов, на которые накладывается сопряжение (плоские грани, ребра или вершины), после чего в поле *Расстояние* на панели свойств задается величина расстояния между компонентами. Если в качестве исходных элементов выбраны грани или ребра, то детали размещаются так, чтобы эти элементы оказались параллельны друг другу (и при этом удалены на заданное расстояние).

Под углом – позволяет разместить компоненты сборки таким образом, чтобы их элементы (грани или ребра), выбранные при вызове команды, находились под определенным углом. С помощью кнопок в группе *Ориентация* на панели свойств можно задавать направление отсчета угла.

Касание – устанавливает касание выбранных элементов. Следует отметить, что это не означает обязательный контакт двух тел. Например, если при вызове этой команды были указаны плоская и сферическая грани двух деталей, размещенных достаточно далеко одна от другой, то сборка перестроится так, что сферическая грань будет касаться плоскости (условной), в которой лежит плоская грань.

Соосность – одно из двух наиболее употребляемых сопряжений. Позволяет установить соосность выбранных элементов: осей, цилиндрических или конических граней. Эта команда применяется для посадки деталей на вал, центрирования отверстий в разных деталях, установки элементов крепежа (вставки болтов и винтов в отверстия, насадки шайб и гаек на болты и пр.) (рис. 1.3).



Рис. 1.4. Пример сопряжения «соосность»

Совпадение объектов – второе из наиболее используемых сопряжений. Служит для размещения деталей таким образом, чтобы они соприкасались по указанным при вызове команды граням или ребрам. Этот тип сопряжений позволяет установить, например, опорные поверхности шапочек болтов точно на поверхности одной из соединяемых деталей, упереть колесо, шкив или звездочку, посаженные на вал, в буртик вала и т. п. (рис. 1.4).

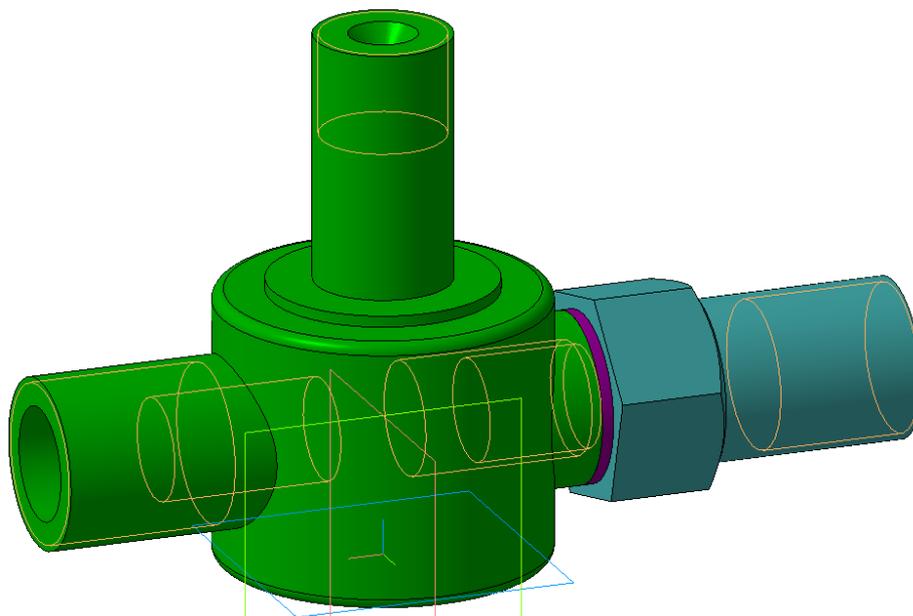


Рис. 1.5. Пример сопряжения «совпадение»

Обратите внимание:

– при наложении сопряжений одна из деталей всегда остается неподвижной, а другая изменяет свое положение в процессе перестроения сборки. Иногда по ошибке или по невнимательности можно задать сопрягаемые компоненты в неправильной последовательности, что приведет к непредвиденному перестроению сборки. По этой причине перед наложением сопряжений всегда лучше фиксировать компоненты, которые должны оставаться неподвижными. Рекомендуется всегда фиксировать тот компонент, который вообще не предполагается больше перемещать в пространстве сборки;

– наложение слишком большого количества сопряжений на пару деталей чревато ошибками при перестроении сборки или при добавлении новых сопряжений. По данной причине лучше применять

только самые необходимые сопряжения (обычно хватает сопряжений **Соосность** и **Совпадение объектов**). Для этого при вставке новой детали из файла в сборку следует стараться разместить ее как можно ближе к тому месту, где она должна быть зафиксирована в сборке. Используйте команды вращения и перемещения компонентов для того, чтобы придать как можно более точное положение в пространстве компоненту без применения сопряжений, и лишь после этого накладывайте сопряжения [6].

Умело комбинируя ручное позиционирование деталей с автоматическими сопряжениями, можно достаточно быстро организовать сборку даже достаточно сложного узла, состоящего из большого количества деталей.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Построение резьбового соединения

Задание: построить сборку резьбового соединения, состоящего из болта, гайки, шайбы и двух пластин. Гайка берется из лабораторной работы №2, остальные детали строятся по заданным размерам. *Величины фасок и радиусов скруглений выбираются произвольно в требуемых конструкции местах. Также в необходимых местах должно присутствовать условное обозначение резьбы.*

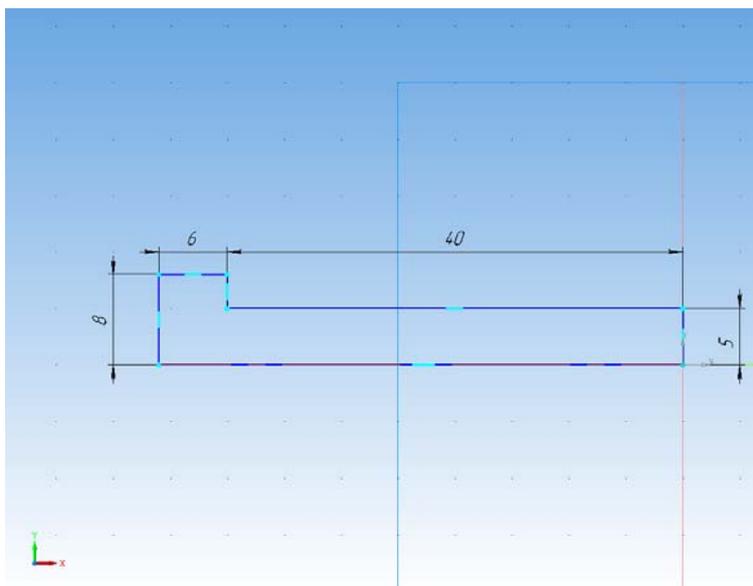


Рис. 2.1. Чертеж болта

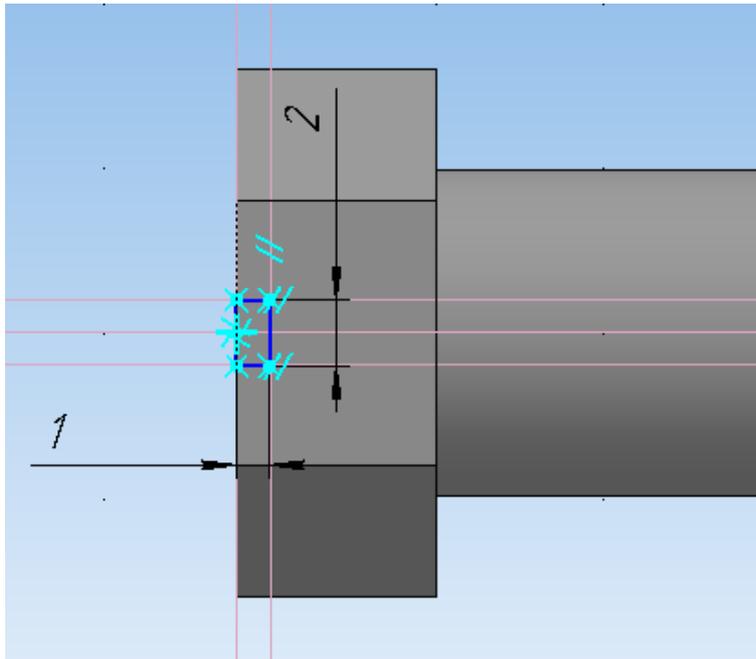


Рис. 2.2. Чертеж паза

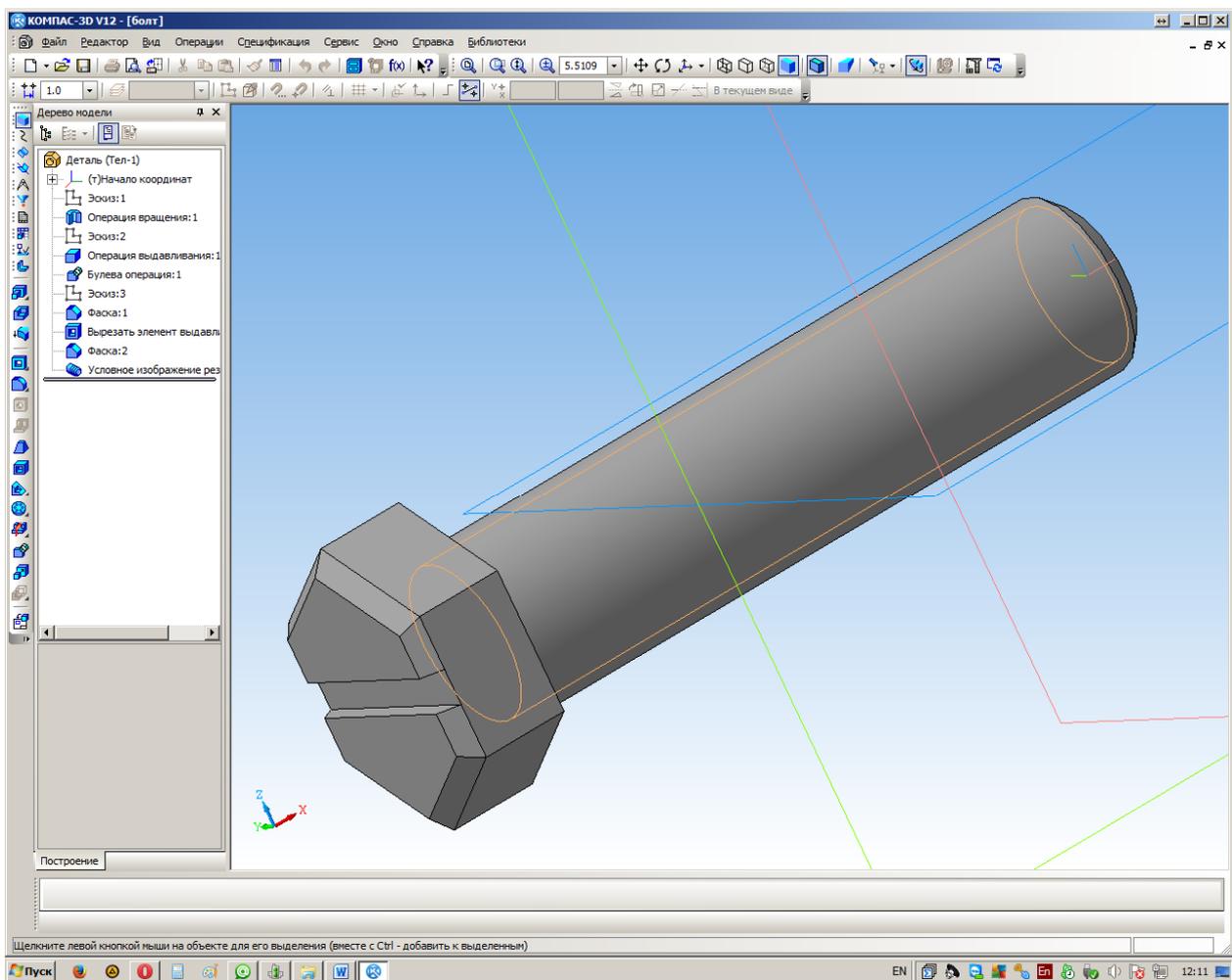


Рис. 2.3. Модель болта

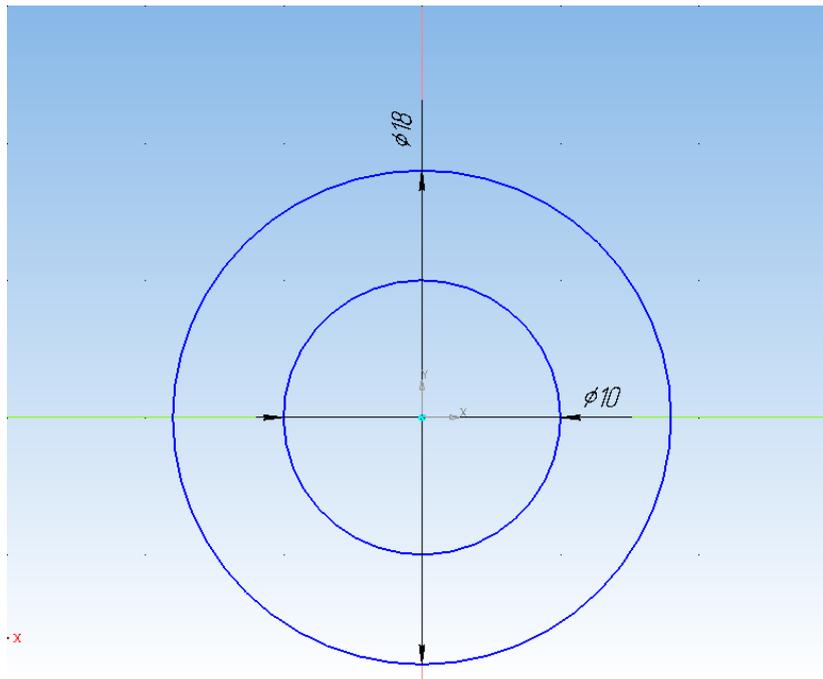


Рис. 2.4. Чертеж шайбы

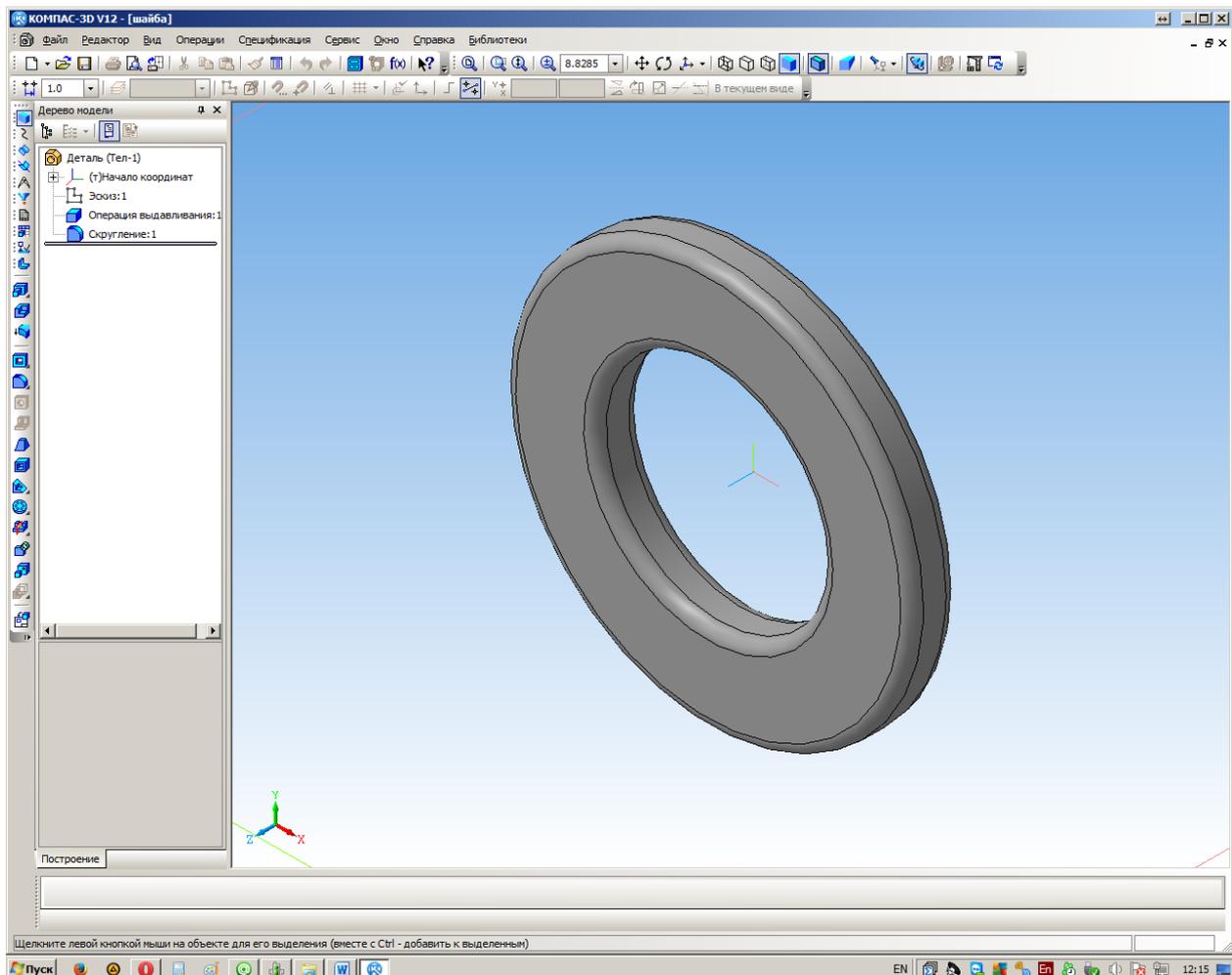


Рис. 2.5. Модель шайбы (толщина шайбы $h = 2$ мм)

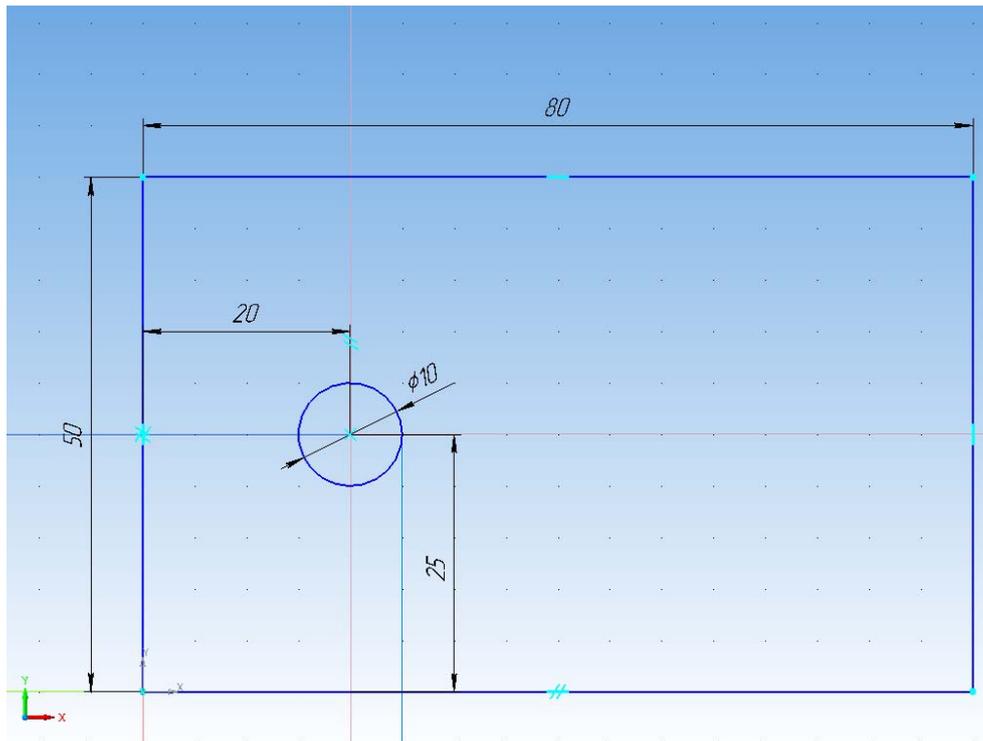


Рис. 2.6. Чертеж пластины

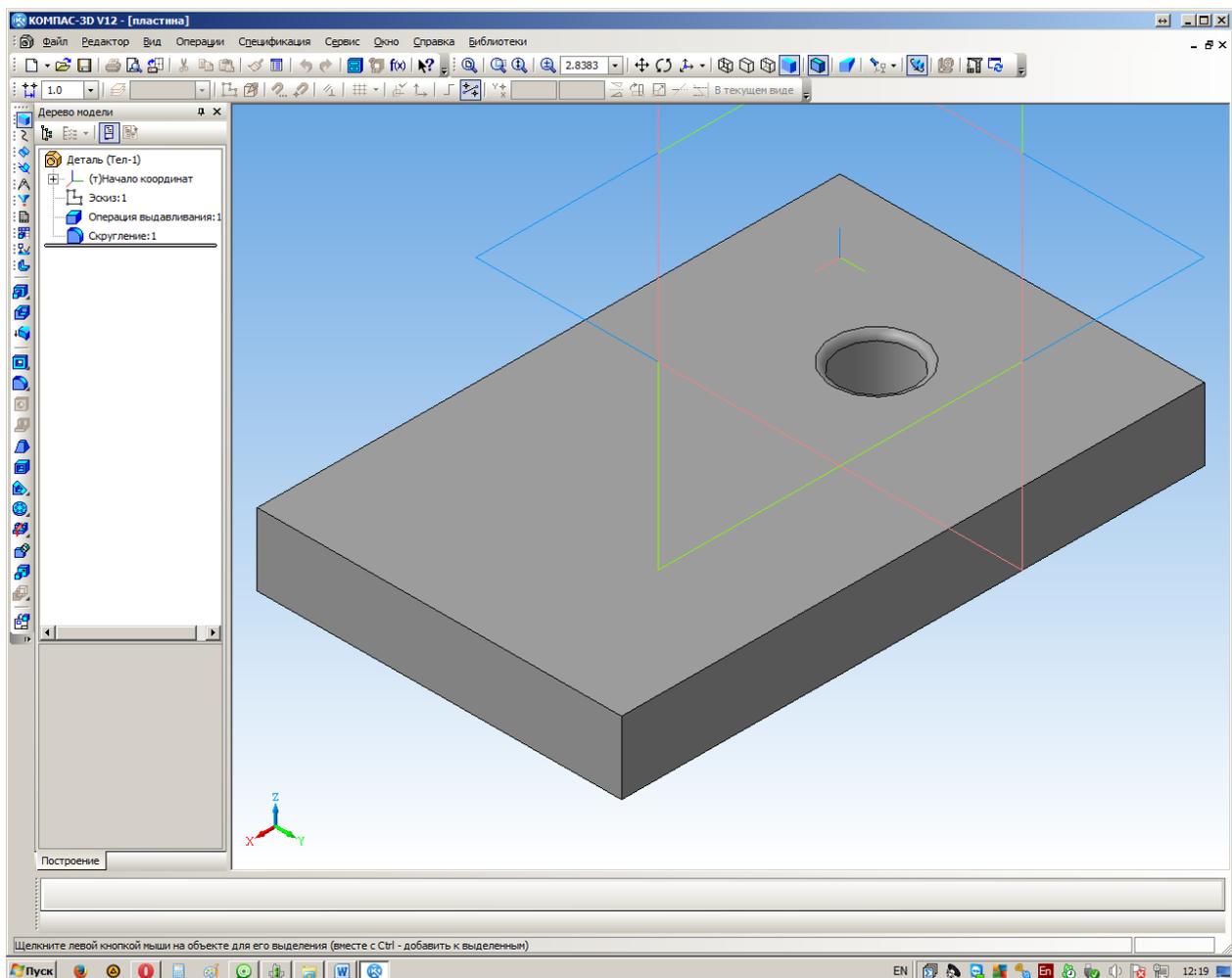


Рис. 2.7. Модель пластины (толщина пластины $h = 10$ мм)

Сохранив все детали, создаем сборку, добавляем модели с помощью верхней панели меню и команд *операции* → *добавить компонент из файла...*

Первичное позиционирование деталей друг относительно друга осуществляется с помощью верхней панели меню и команд *сервис* → *переместить компонент* и *сервис* → *повернуть компонент* → *вокруг центральной точки*.

Окончательное позиционирование деталей друг относительно друга осуществляется с помощью верхней панели меню и команд *операции* → *сопряжения компонентов*. Рекомендуется использовать следующие типы сопряжений: *совпадение*, *соосность*.

Пластины, присутствующие в сборке, одинаковые.

Результат сборки представлен на следующем рисунке. В дереве модели представлены все используемые сопряжения.

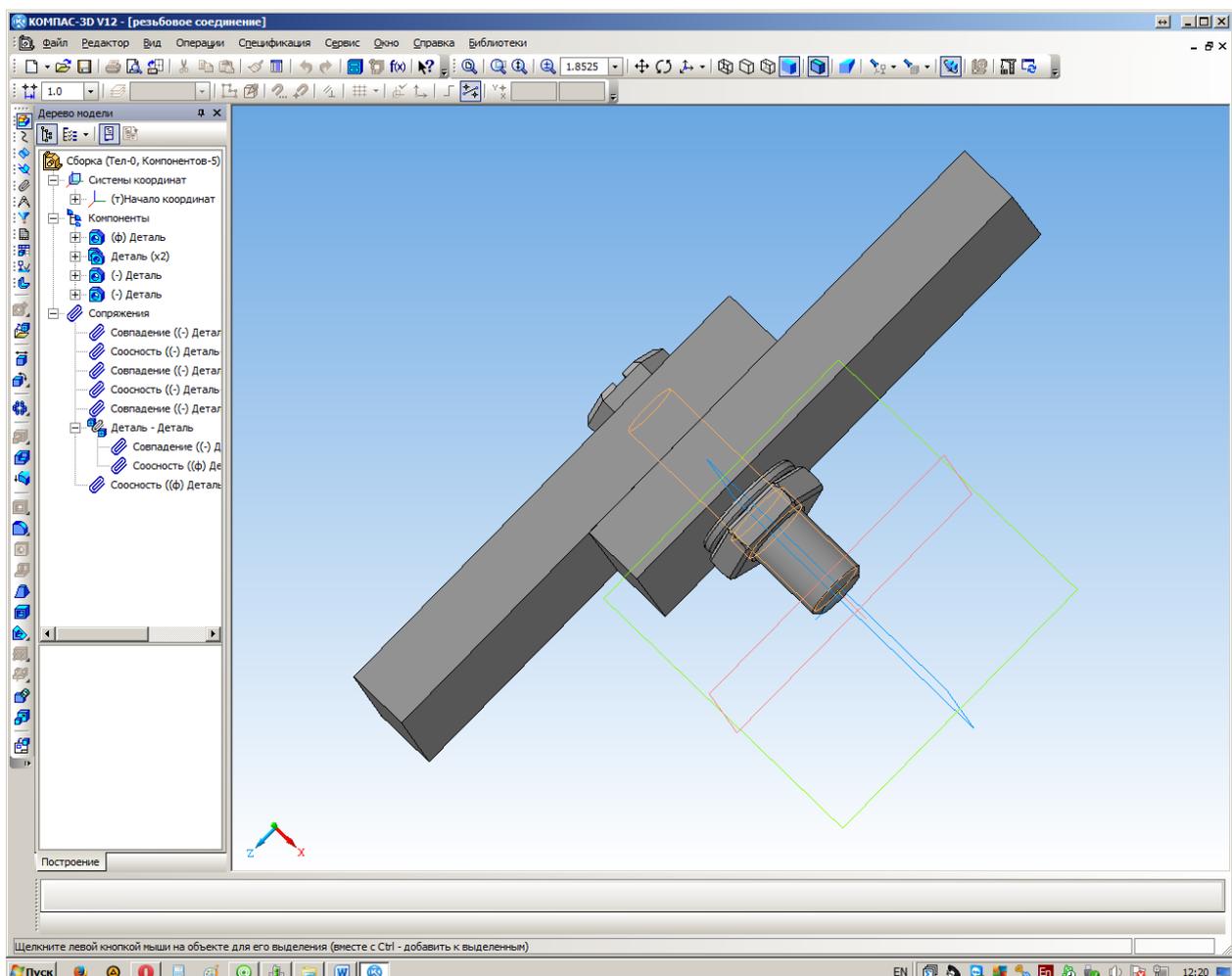


Рис. 2.8. Резьбовое соединение

а. Сборка задней оси автомобиля

Задание: взять построенный в лабораторной работе №2 штампованный автомобильный диск с отверстиями. Добавить в него отверстия под крепежные болты в соответствии с чертежом. Построить заднюю ось и крепежные винты по заданным размерам. Произвести сборку. *Величины фасок и радиусов скруглений выбираются произвольно в требуемых конструкцией местах. Также в необходимых местах должно присутствовать условное обозначение резьбы.*

Размеры глухих крепежных отверстий в дисках задней оси должны быть *сопрягаемы* с размерами крепежных отверстий в диске. Глубина глухих отверстий в дисках задней оси $h = 25 \text{ мм}$.

На чертеже задней оси показана только половина эскиза и расстояние до оси симметрии.

Головка крепежного винта, высотой $h = 10 \text{ мм}$, состоит из гладкого участка и шестигранного участка, протяженностью $h_6 = 8 \text{ мм}$.

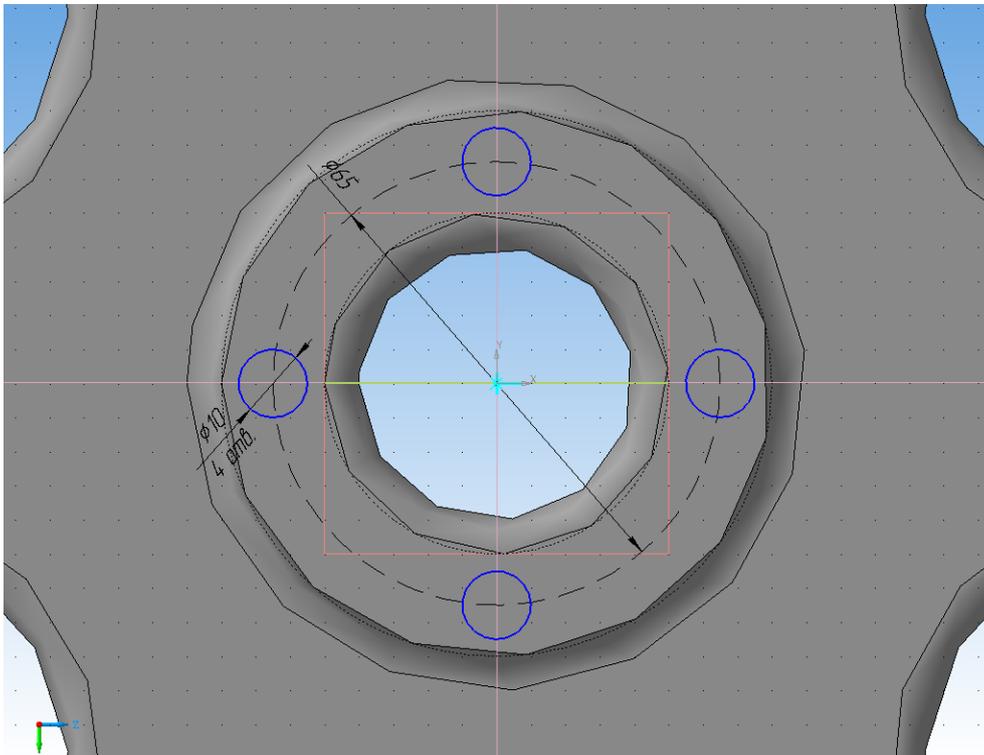


Рис. 2.9. Чертеж крепежных отверстий

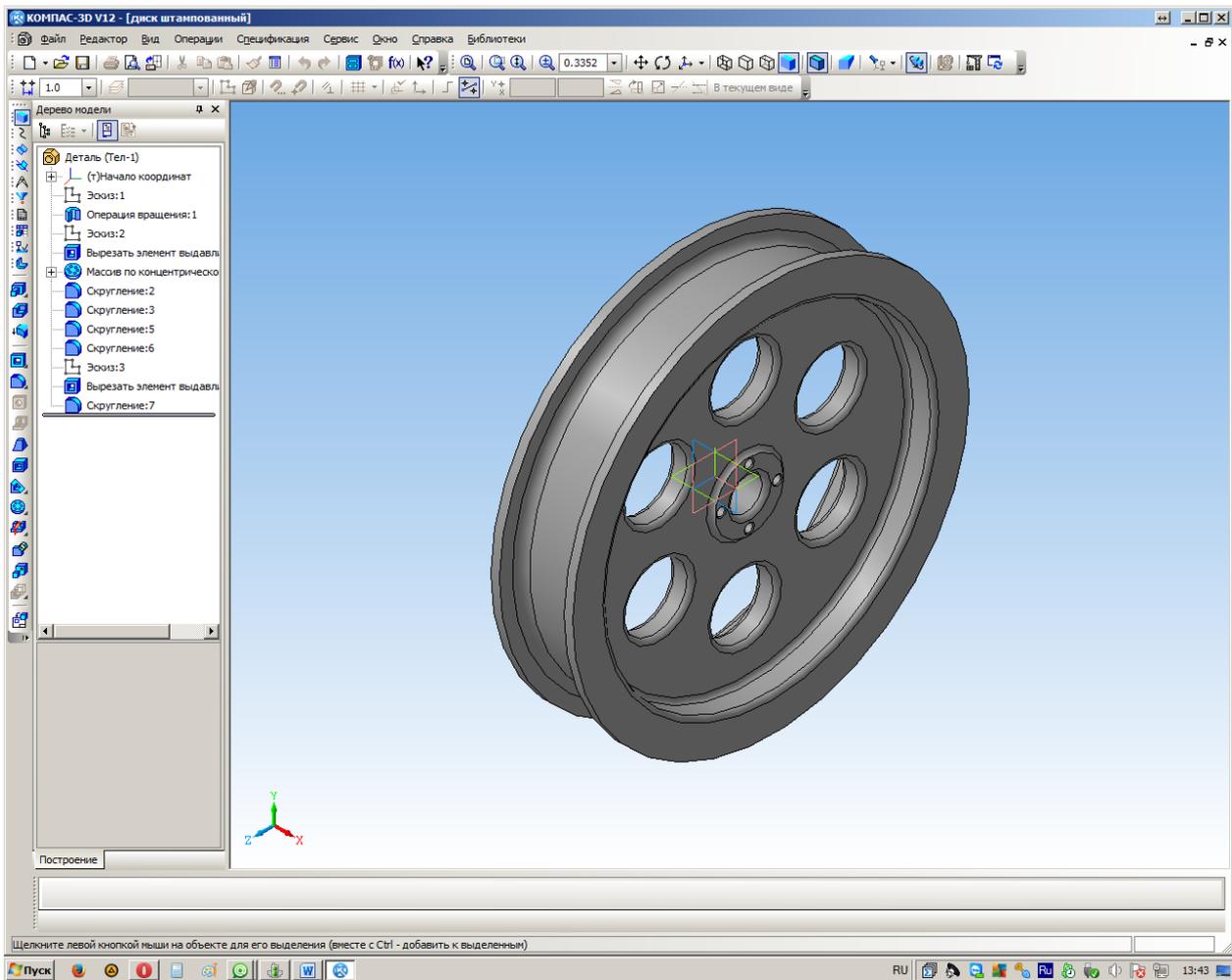


Рис. 2.10. Модель диска с отверстиями под крепеж

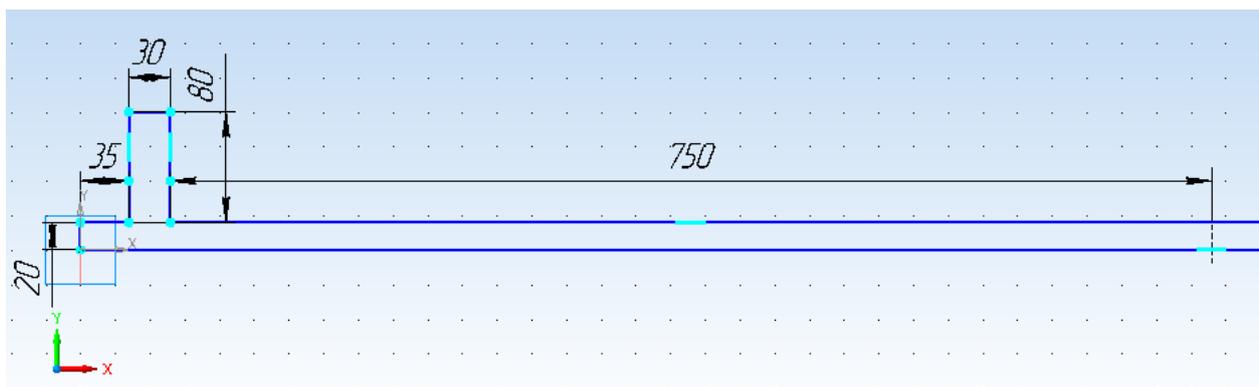


Рис. 2.11. Чертеж оси автомобиля

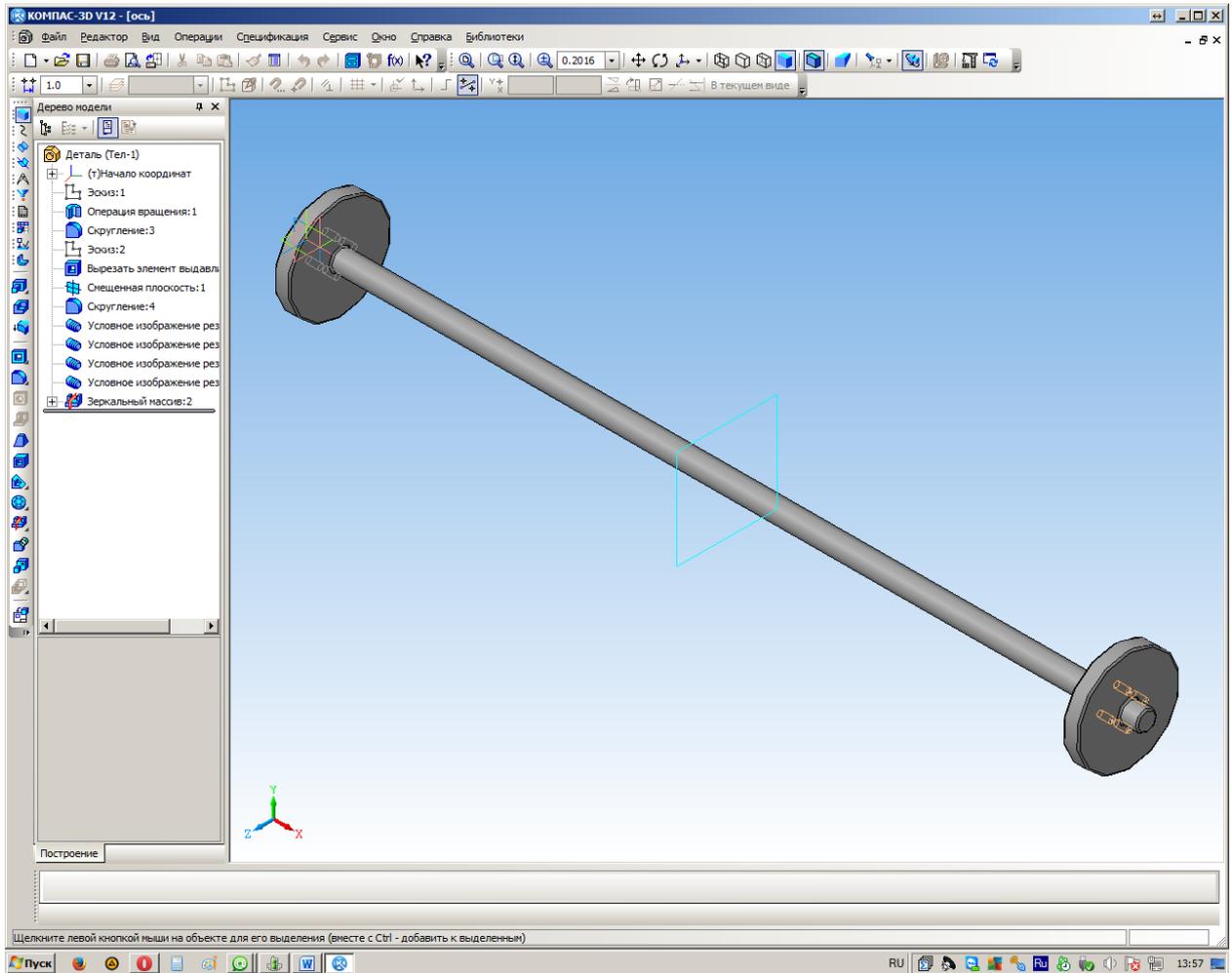


Рис. 2.12. Модель оси автомобиля

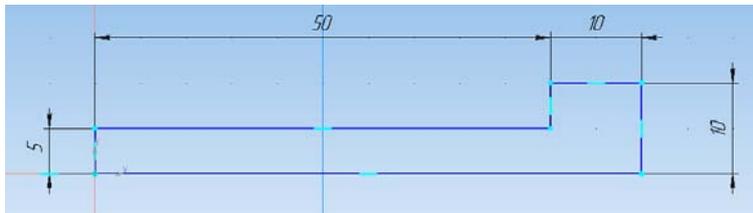


Рис. 2.13. Чертеж крепежного винта

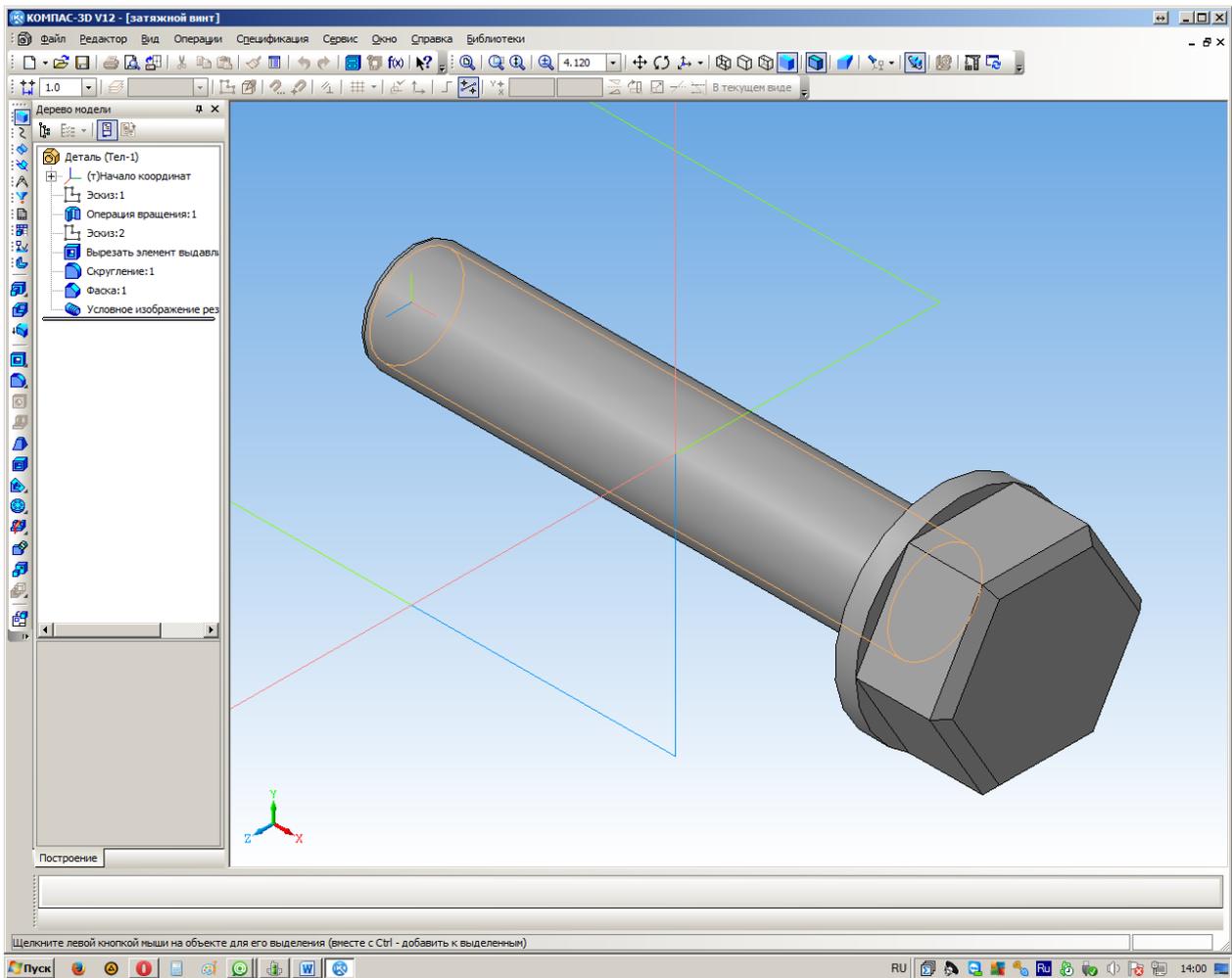


Рис. 2.14. Модель крепежного винта

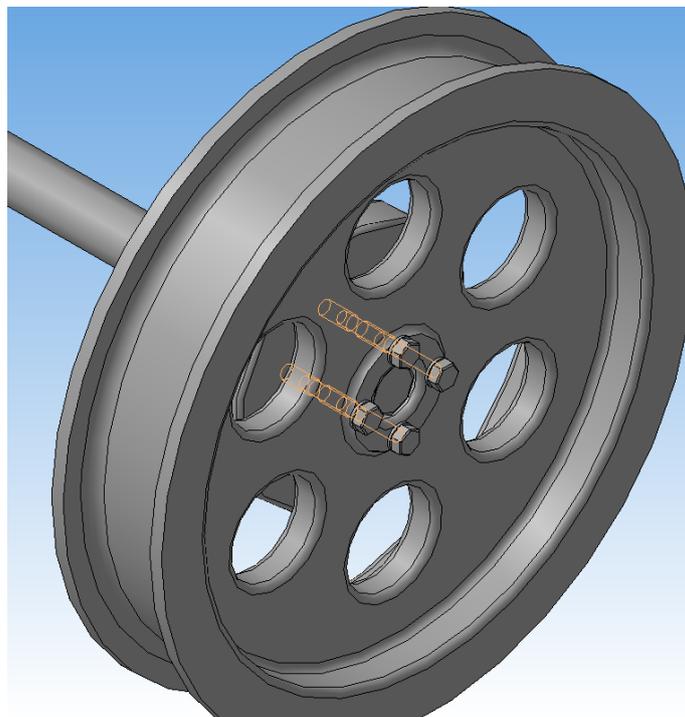


Рис. 2.15. Элемент сборки задней оси авто

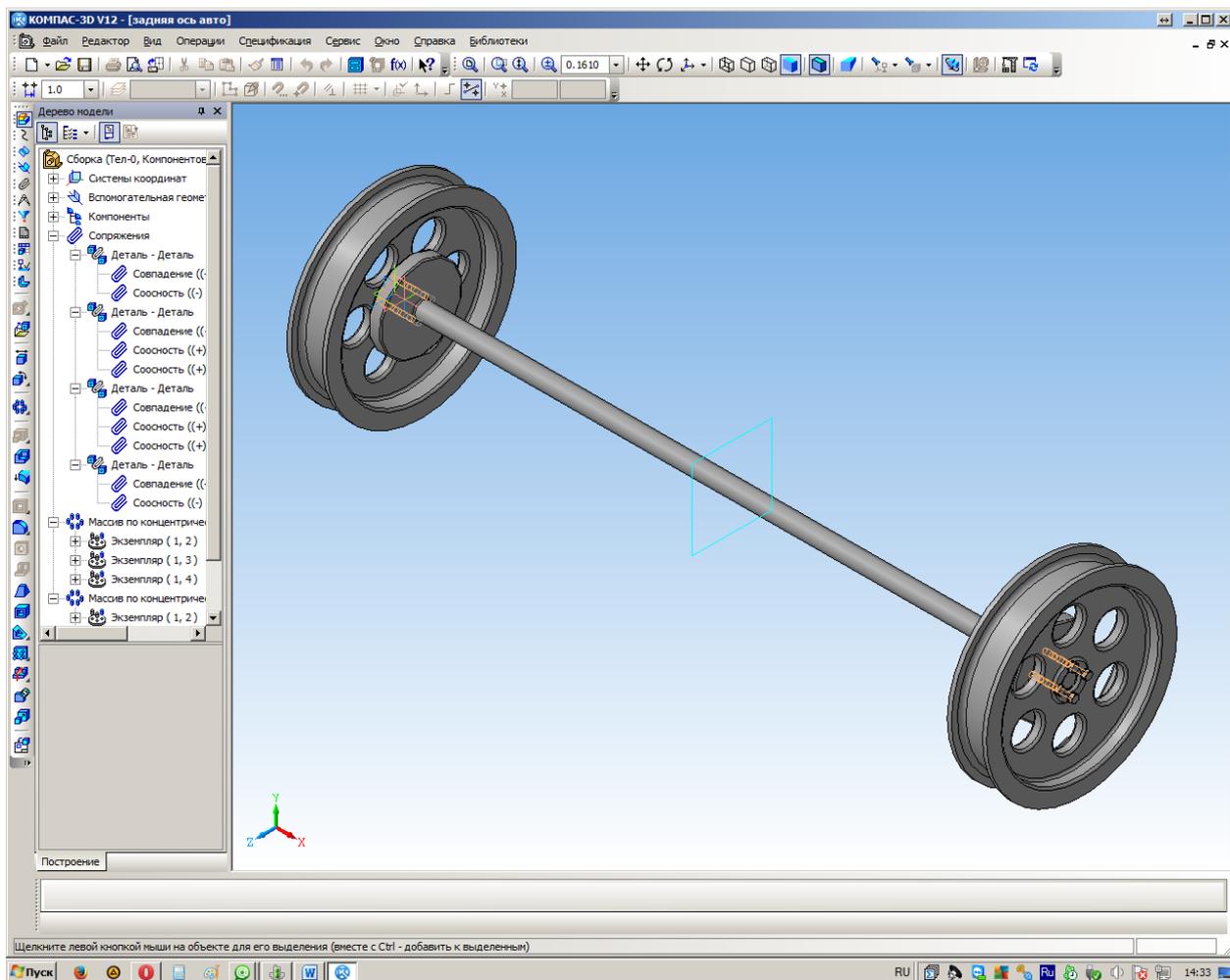


Рис. 2.16. Сборка задней оси авто

2.2. Сборка ступени компрессора авиационного двигателя

Задание: построить сборку ступени осевого компрессора высокого давления авиационного двигателя. Построить ступень диска компрессора по заданным размерам. Обеспечить наличие в диске пазов типа «*ласточкин хвост*» в количестве **60 шт.** Геометрия паза должна обеспечивать полную его сопрягаемость с хвостовиком ранее построенной в лабораторной работе № 2 компрессорной лопатки. Взять лопатку и произвести сборку диска и 60-ти лопаток. *Величины фасок и радиусов скруглений выбираются произвольно в требуемых конструкцией местах.*

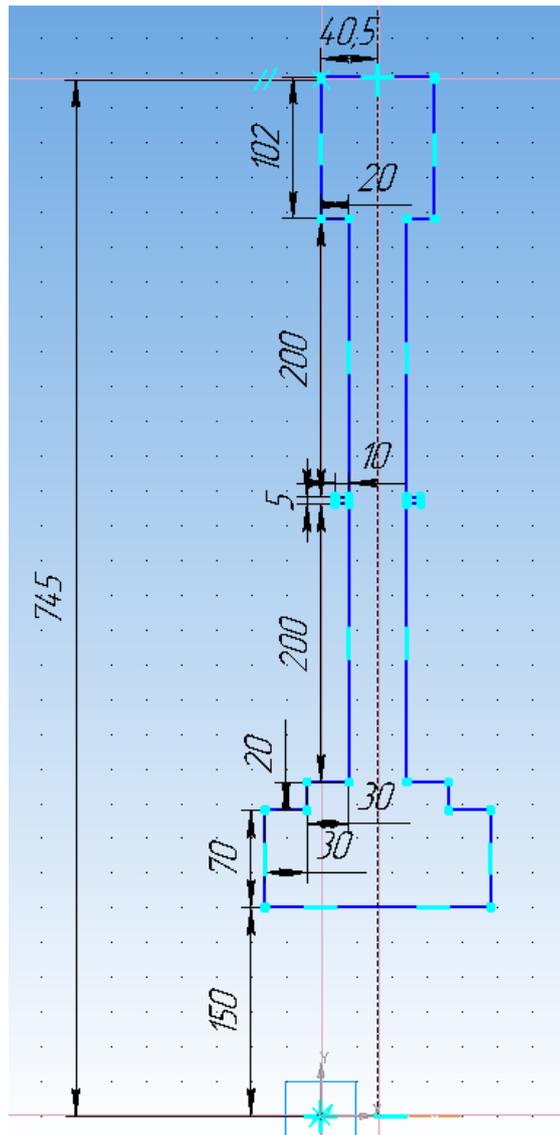


Рис. 2.17. Чертеж диска компрессора

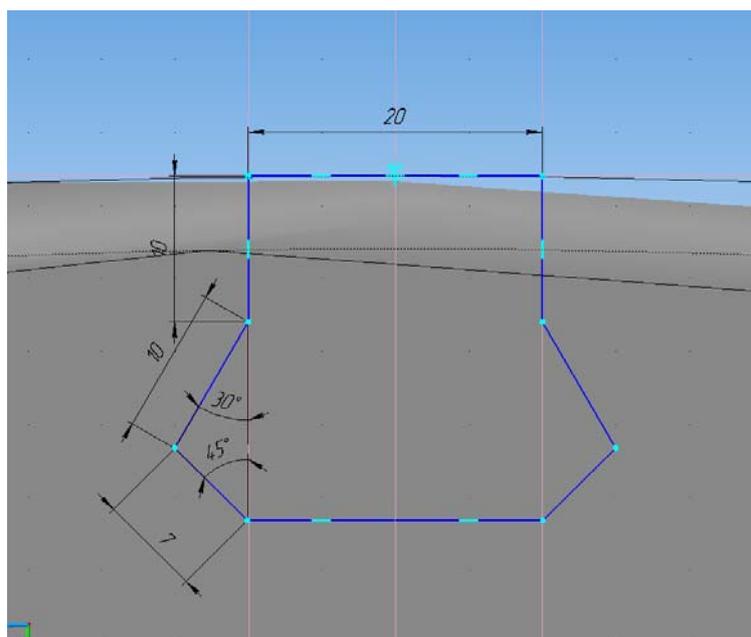


Рис. 2.18. Чертеж паза под хвостовик

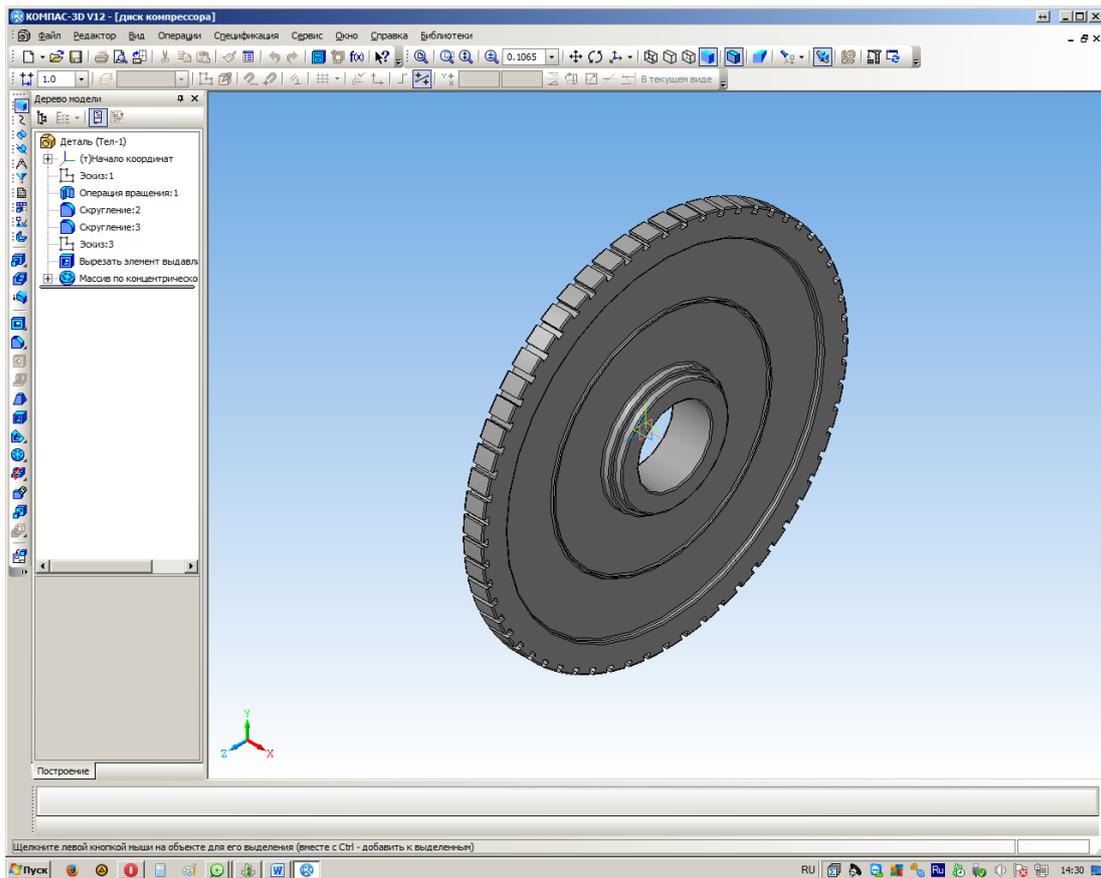


Рис. 2.19. Модель диска компрессора

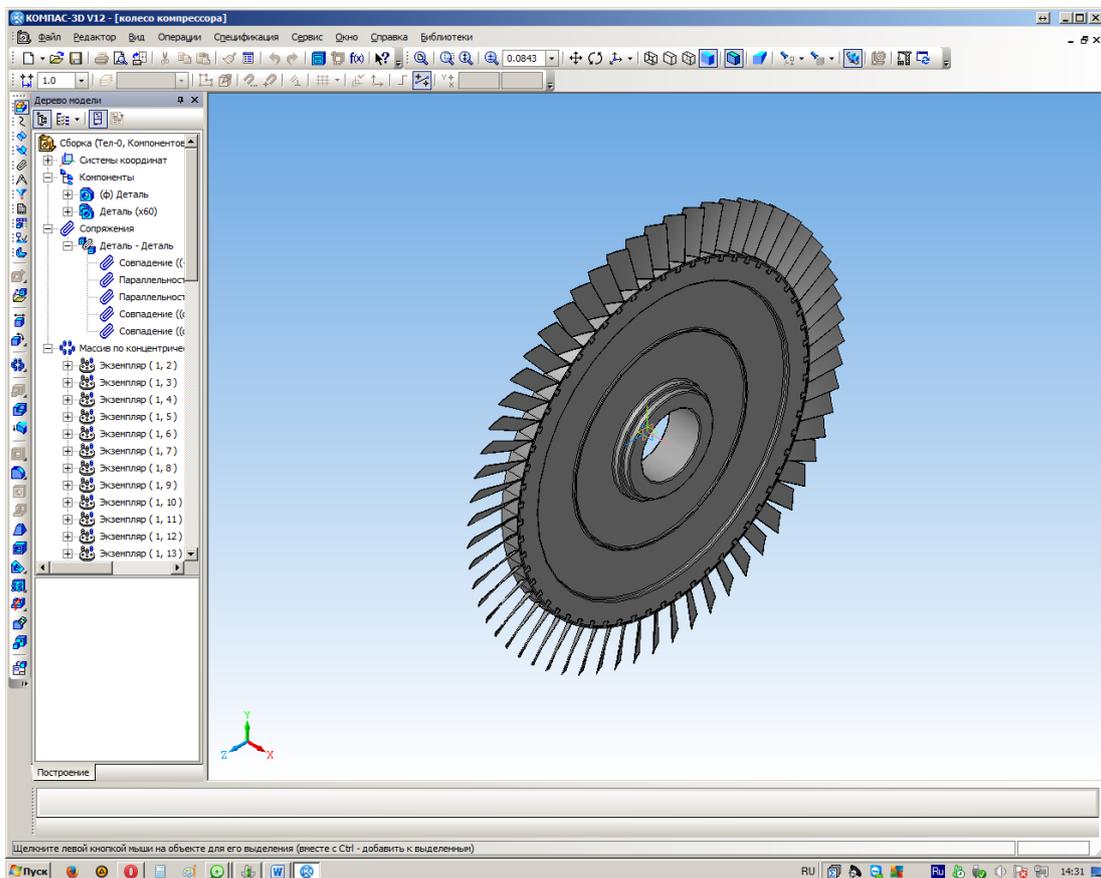


Рис. 2.20. Сборка ступени компрессора

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет по лабораторной работе предоставляется в электронном виде в формате документа Microsoft Word (.doc или .docx), и должен содержать следующие основные пункты:

- 3.1. Скриншоты построенных эскизов
- 3.2. Скриншоты полученных 3D моделей и сборок
- 3.3. Краткое описание алгоритмов получения моделей и сборок
- 3.4. Выводы по лабораторной работе

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.1. Для чего нужны сборочные операции в САД системах?
- 4.2. Что такое САД системы?
- 4.3. Для чего нужно ручное позиционирование в САД системах?
- 4.4. Для чего нужны автоматические сопряжения в САД системах?
- 4.5. Какие сопряжения Вы знаете? Для чего они нужны? Какие из сопряжений наиболее часто используются при построении моделей машиностроительных сборок и почему?
- 4.6. Какая деталь становится фиксированной по умолчанию? Какую деталь лучше всего выбирать в качестве фиксированной?
- 4.7. К чему может привести неправильный выбор или переизбыток сопряжений для пары деталей?
- 4.8. Почему при трехмерном моделировании чаще используется условное отображение резьбы вместо реального?
- 4.9. Для чего нужны фаски и скругления в машиностроении?
- 4.10. Какой из размеров на рис. 2.18 можно и нужно изменить в большую сторону для обеспечения построения более качественной трехмерной модели?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 5.1. <https://ru.wikipedia.org>
- 5.2. http://www.e-reading.club/chapter.php/127274/59/Kidruk_-_KOMPAS-3D_V10_na_100_.html
- 5.3. https://studbooks.net/1677954/tovarovedenie/postroenie_sborok_v_sisteme_kompas-3d
- 5.4. <https://studfiles.net/preview/6162915/page:2/>
- 5.5. http://mysapr.com/pages/3_3d_sborka.php
- 5.6. <http://booktech.ru/books/sapr-i-soft/kompas>

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Трёхмерное моделирование в КОМПАС-3D

Задание: по данному преподавателем чертежу построить трехмерную модель детали типа *тела вращения* по заданным размерам, применяя все ранее полученные знания и навыки. Алгоритм построения детали – *произвольный*.

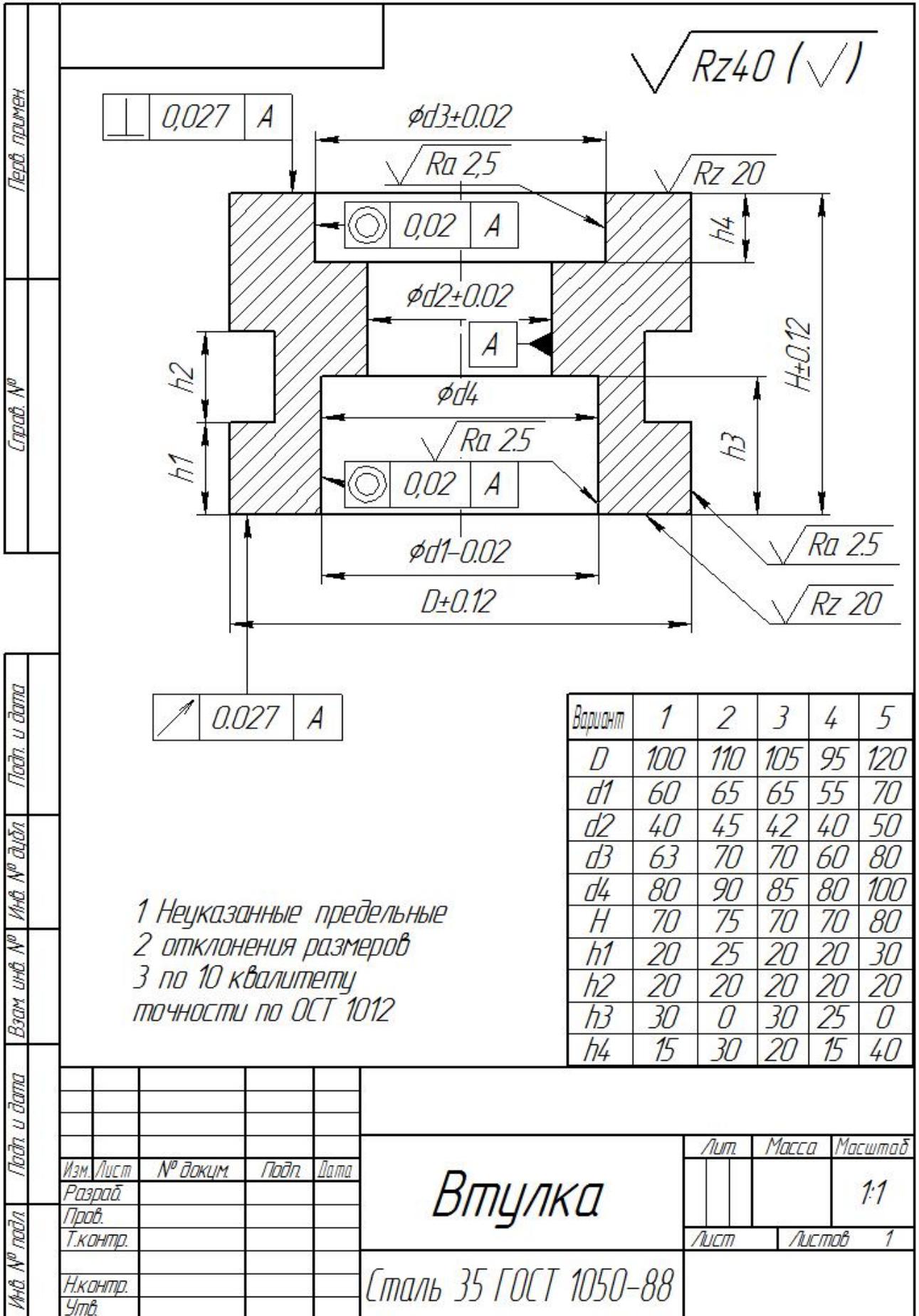
Таблица 1.1

Варианты заданий

Вариант, данный преподавателем	Вариант чертежа	Вариант числовых значений по таблице
1	1	1
2	2	-
3	3	-
4	4	1
5	5	-
6	6	-
7	7	-
8	8	-
9	9	-
10	10	-
11	11	-
12	12	-
13	13	-
14	14	-
15	15	-
16	16	-
17	17	-
18	18	-
19	19	-
20	20	-
21	21	-
22	1	2
23	1	3
24	1	4
25	1	5
26	22	1

27	22	2
28	22	3
29	22	4
30	22	5
31	22	6
32	22	7
33	22	8
34	22	9
35	22	10

Вариант 1

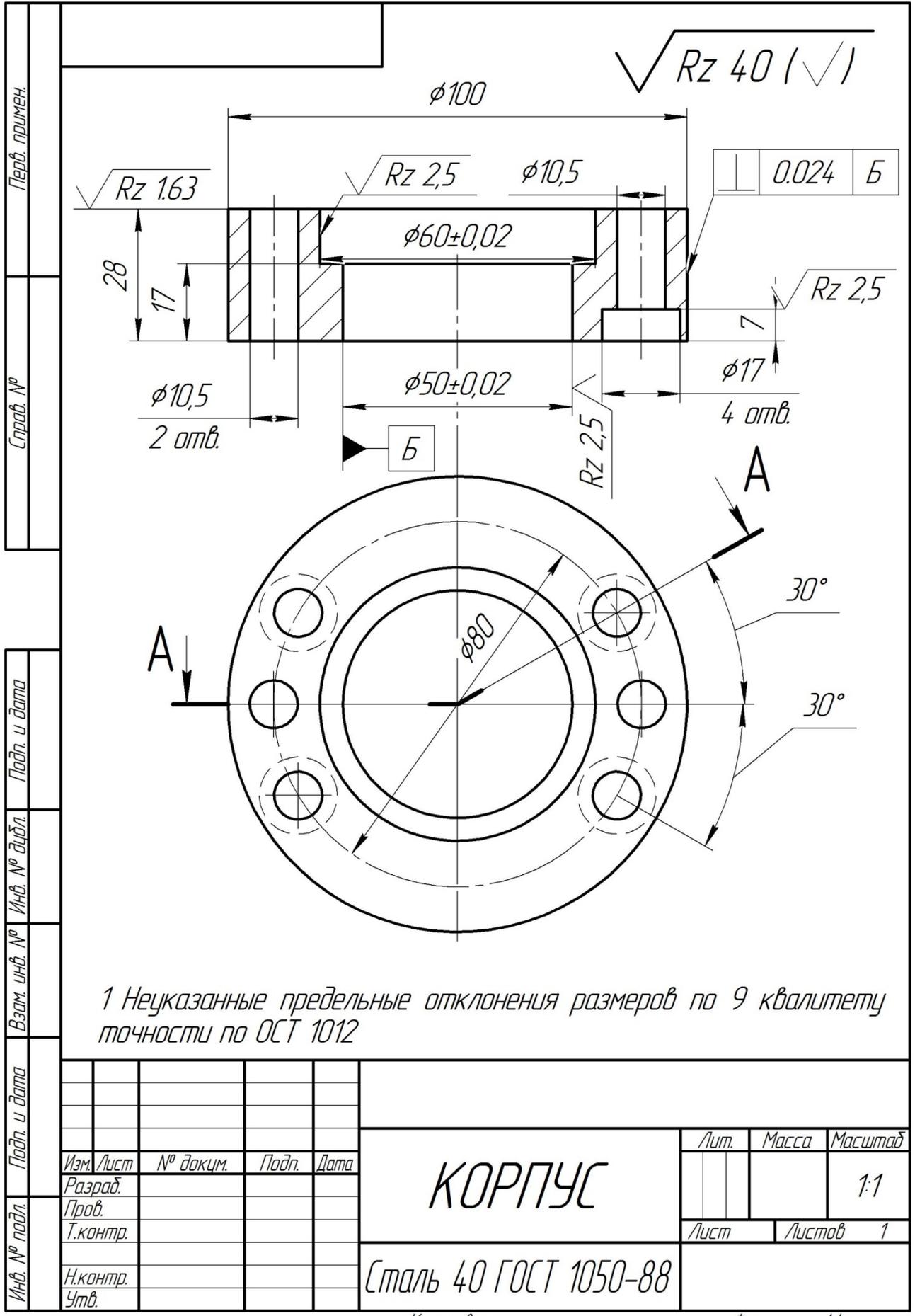


1 Неуказанные предельные
2 отклонения размеров
3 по 10 качеству
точности по ОСТ 1012

Вариант	1	2	3	4	5
D	100	110	105	95	120
d_1	60	65	65	55	70
d_2	40	45	42	40	50
d_3	63	70	70	60	80
d_4	80	90	85	80	100
H	70	75	70	70	80
h_1	20	25	20	20	30
h_2	20	20	20	20	20
h_3	30	0	30	25	0
h_4	15	30	20	15	40

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Втулка</h1>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Проб.						Лист	Листов	1
Т.контр.						Сталь 35 ГОСТ 1050-88		
Н.контр.								
Утв.								

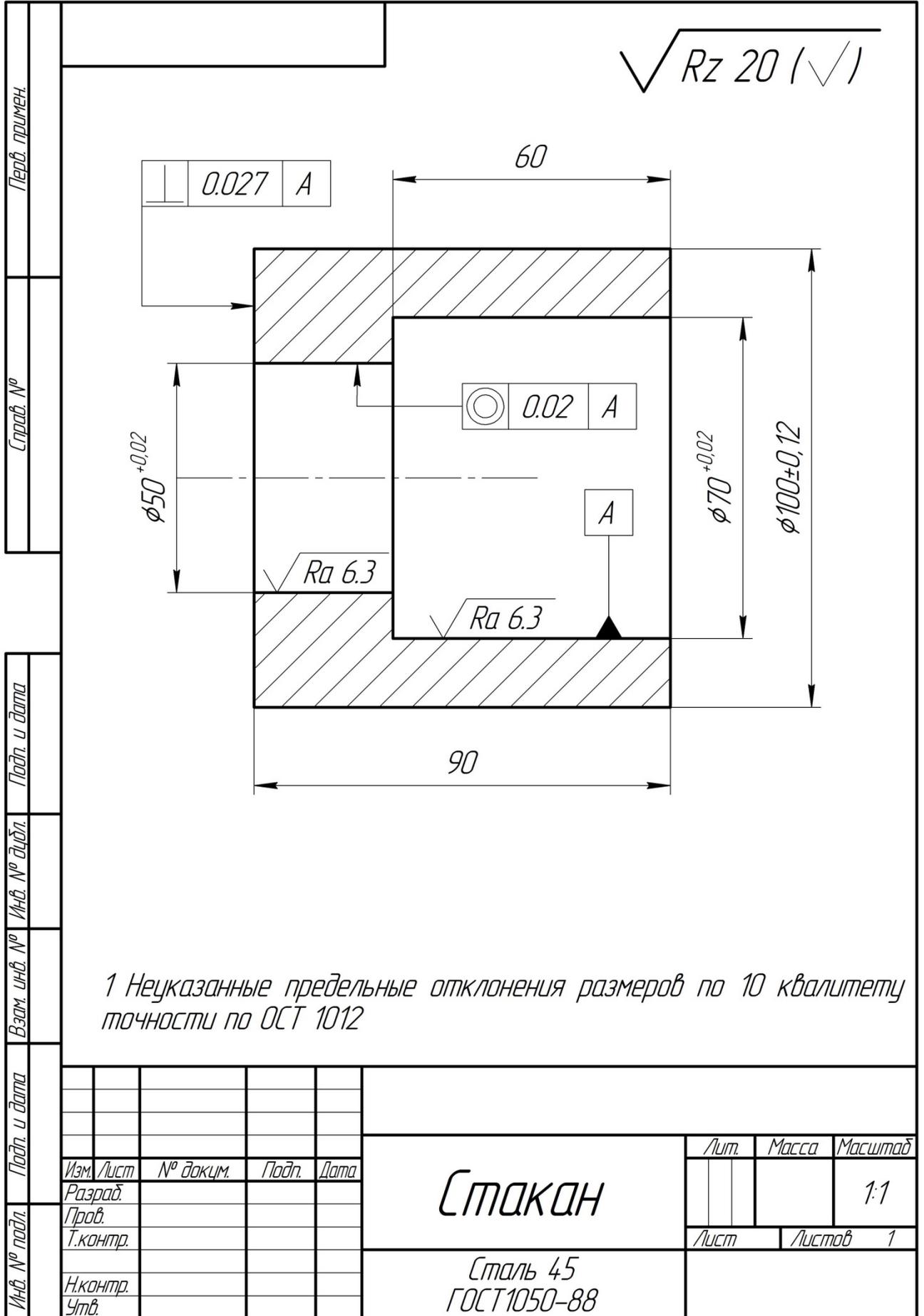
Вариант 2



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 9 качеству точности по ОСТ 1012

Перв. примен.	Справ. №	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КОРПУС	Лист	Масса	Масштаб
										1		1:1
Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм. № подл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Разраб.	Пров.	Т.контр.	Н.контр.	Утв.	Лист	Листов	1
										1	1	1
Сталь 40 ГОСТ 1050-88												

Вариант 3

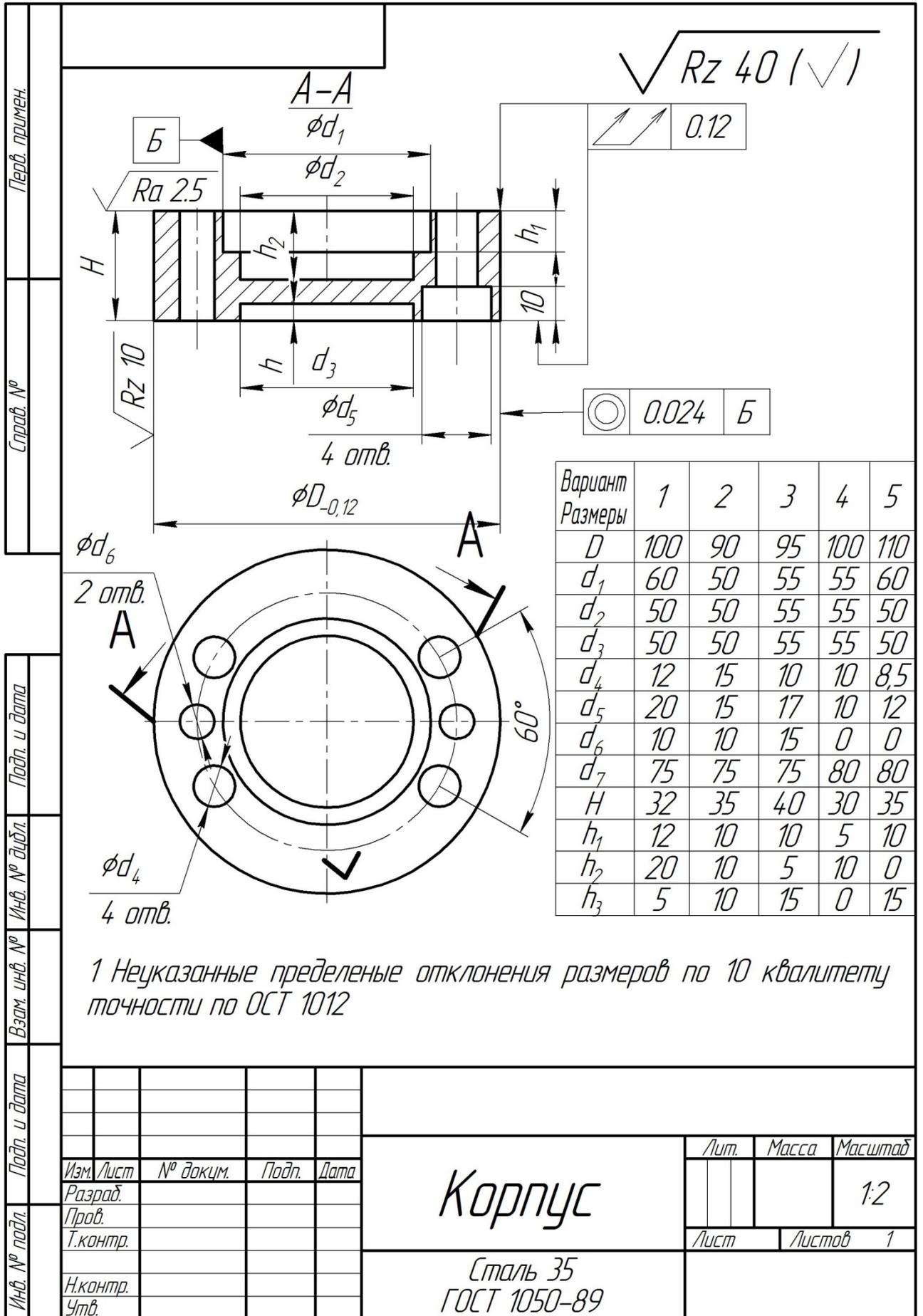


1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ОСТ 1012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Стакан</h1> <p>Сталь 45 ГОСТ 1050-88</p>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.								
Утв.								

Перв. примен.
 Справ. №
 Подп. и дата
 Инв. № дробл.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Вариант 4



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

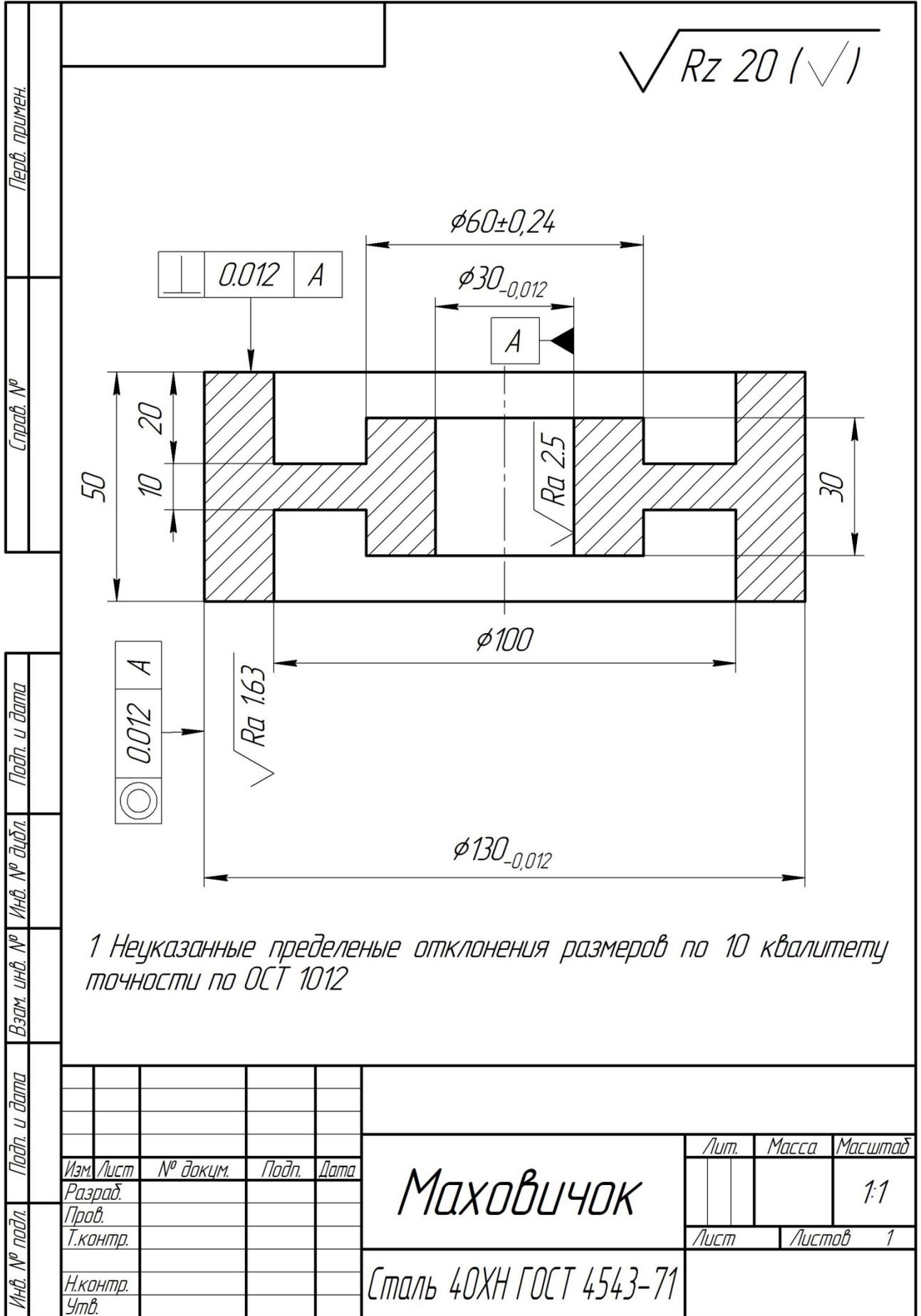
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Корпус

Сталь 35
ГОСТ 1050-89

Лит.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист	Листов	1

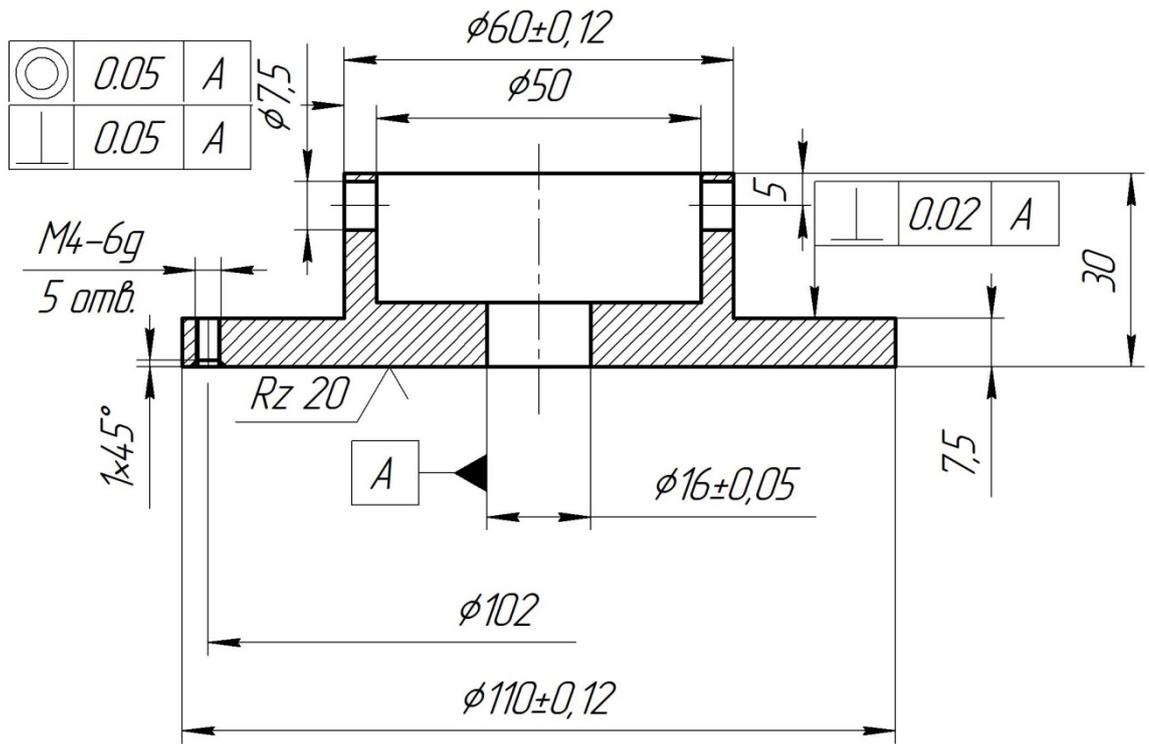
Вариант 5



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ОСТ 1012

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Маховичок	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.	Пров.					Лист	Листов	1
Инв. № подл.	Т.контр.	Н.контр.	Утв.	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71					

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



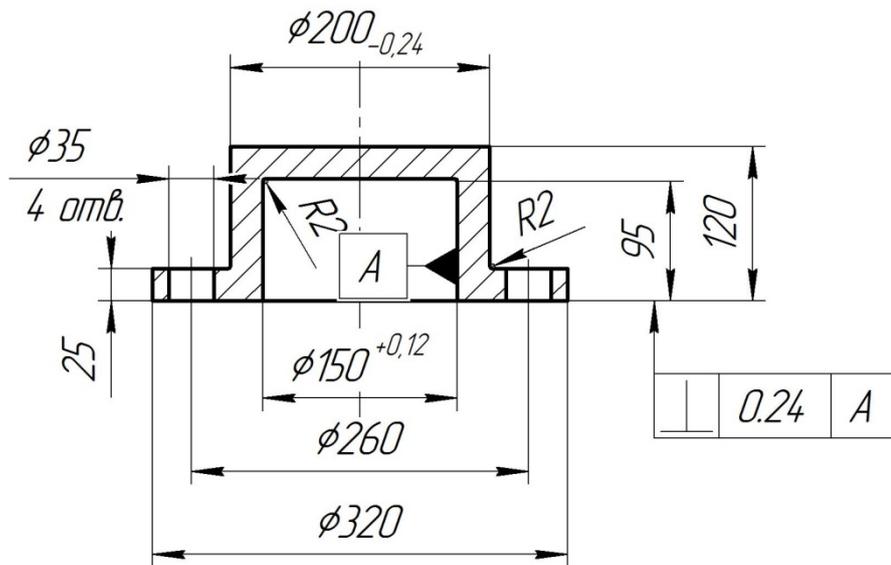
1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 14 качеству точности по ОСТ 1012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Крышка</h1>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.								
Утв.								
					<h2>Сталь 45 ГОСТ 1050</h2>			

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.
---------------	----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Вариант 8

$\sqrt{Rz\ 80}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 12 качеству точности по ОСТ 1012

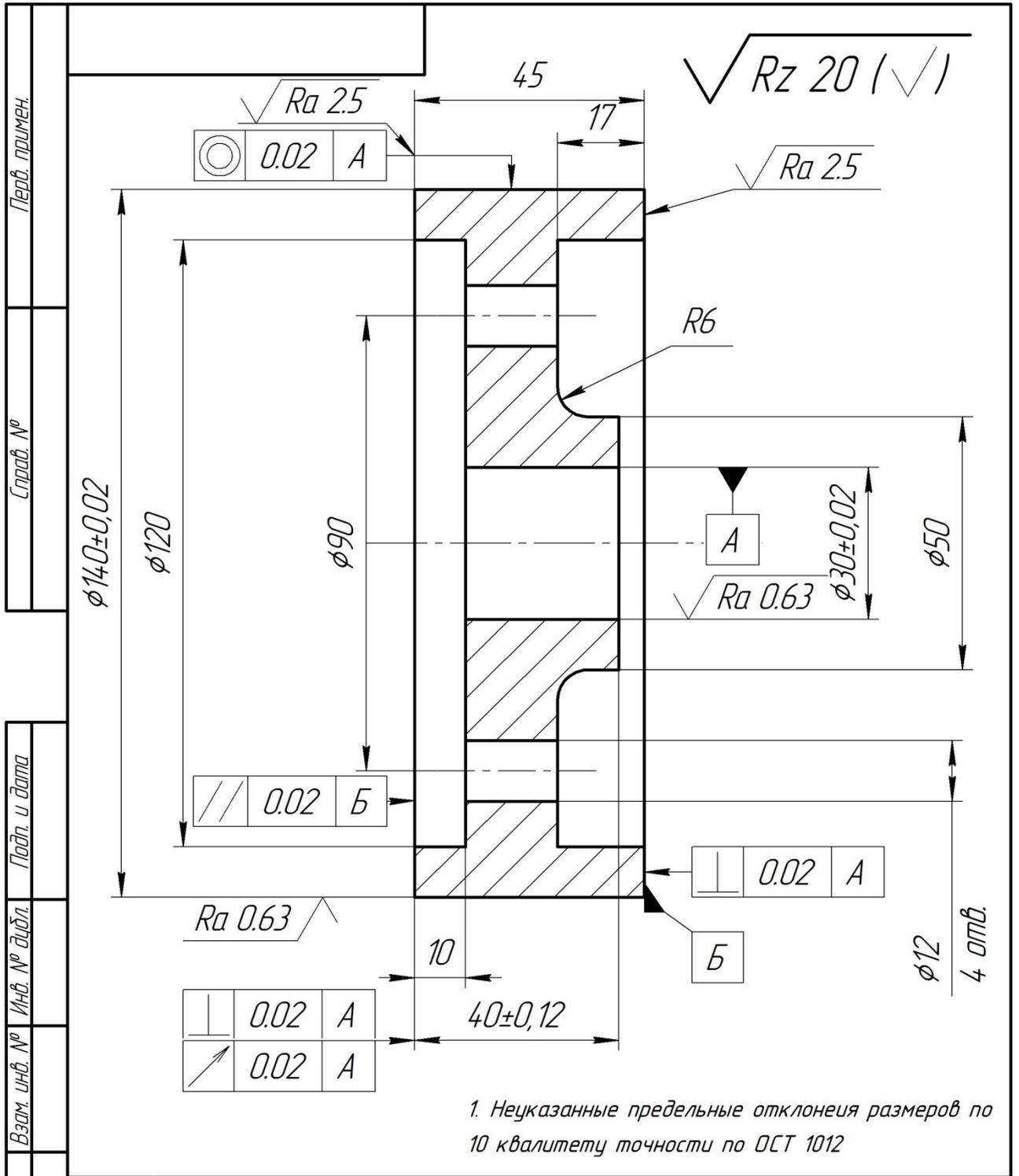
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Колпак</h1> <p>Сталь 40X ГОСТ 4543-71</p>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								1:5
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А4

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.
---------------	----------	--------------	---------------	--------------	--------------	--------------

Вариант 9

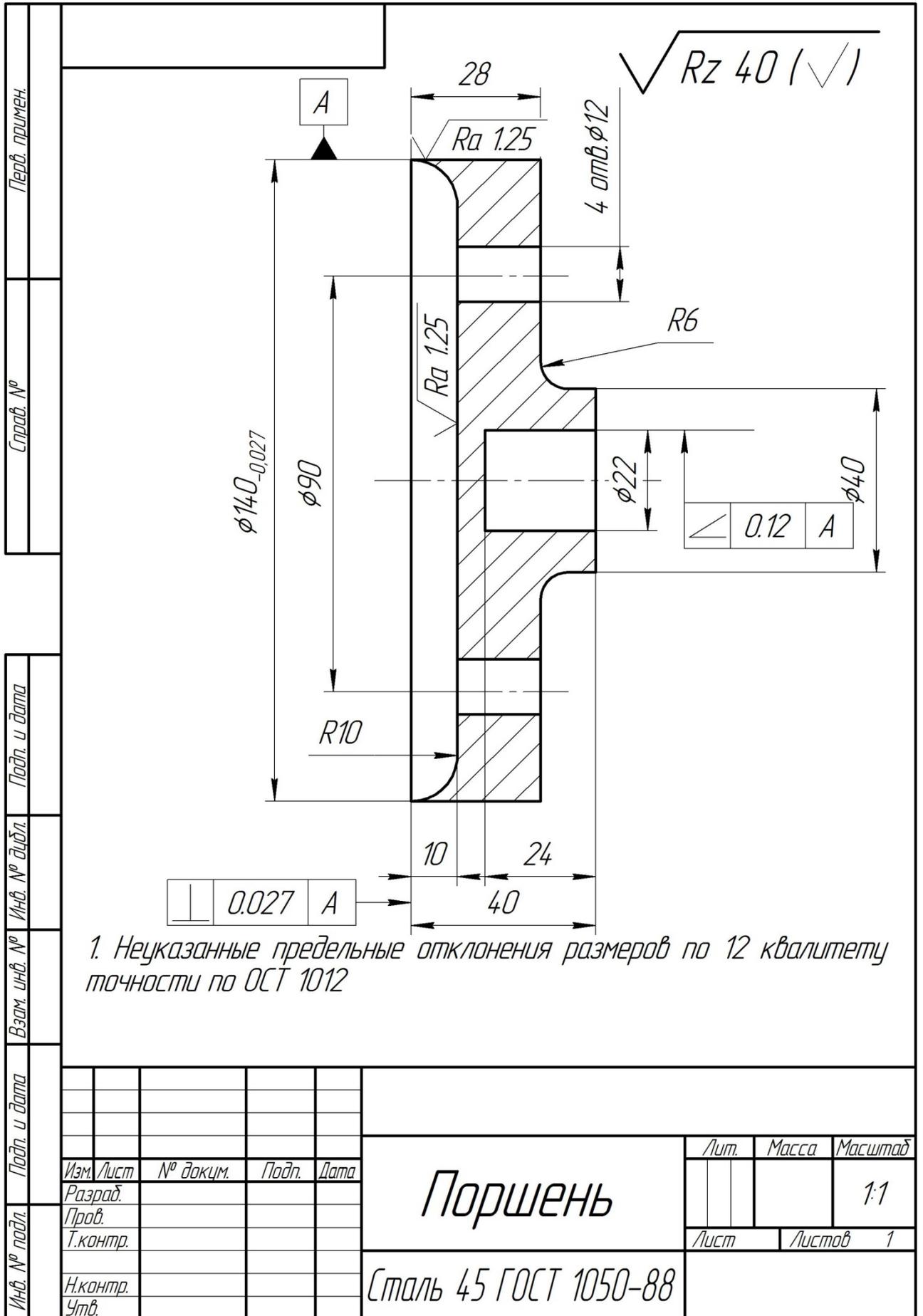


Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Инв. №	Подп. и дата	<p>Поршень</p> <p>Сталь 45 ГОСТ 1050-88</p>	Лист	Масса	Масштаб
										1:1
								Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

Вариант 10

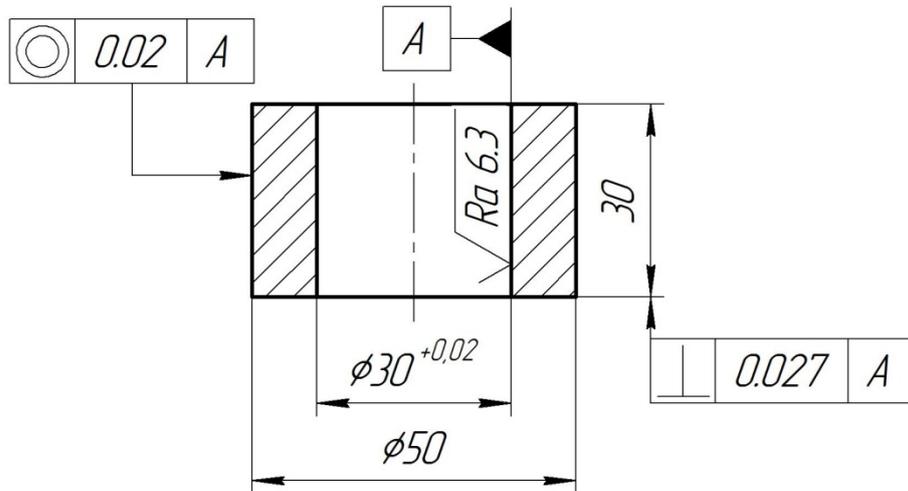


Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

<h1>Поршень</h1>			Лист	Масса	Масштаб
					1:1
Сталь 45 ГОСТ 1050-88			Лист	Листов	1

$\sqrt{Rz\ 20\ (\checkmark)}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ОСТ 1012

Инв. № подл.	Т.контр.	Пров.	Разраб.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб	1:1
Инв. № подл.	Н.контр.	Утв.							<p>Втулка</p> <p>Сталь 35 ГОСТ 1050-88</p>			
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дцкл.	Подп. и дата									

Справ. №

Перв. примен.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

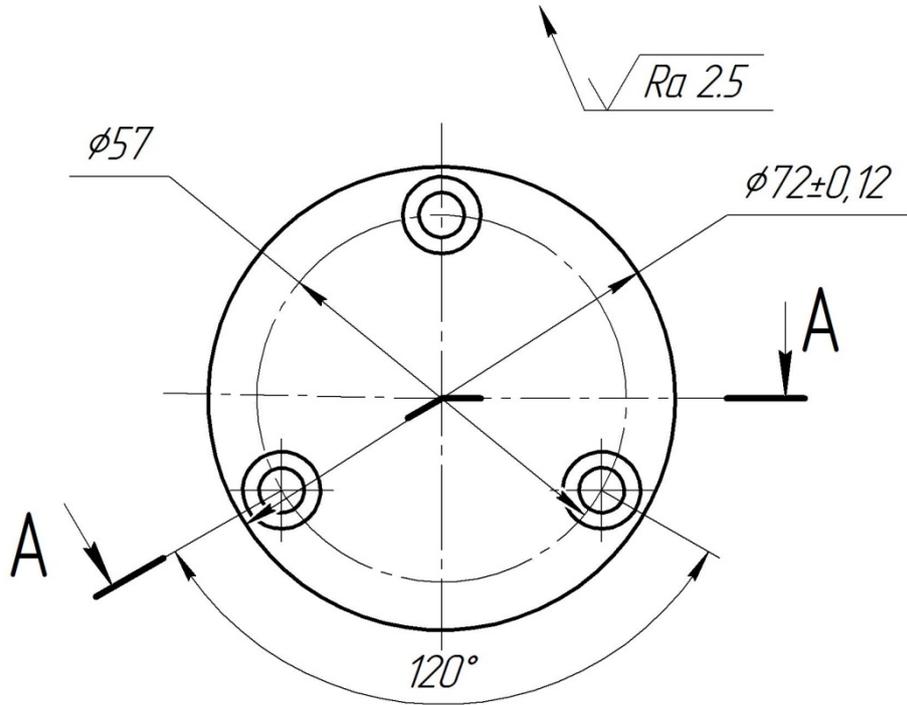
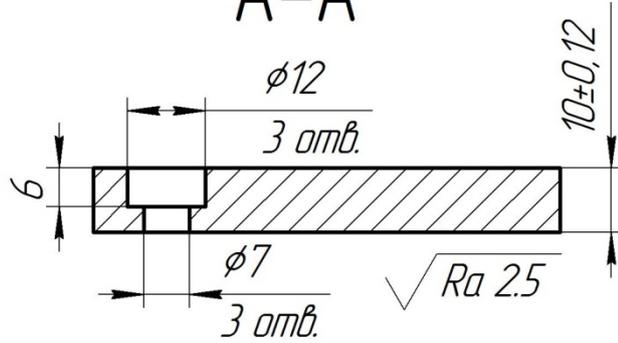
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

$\sqrt{Rz 20 (\sqrt{I})}$

A-A



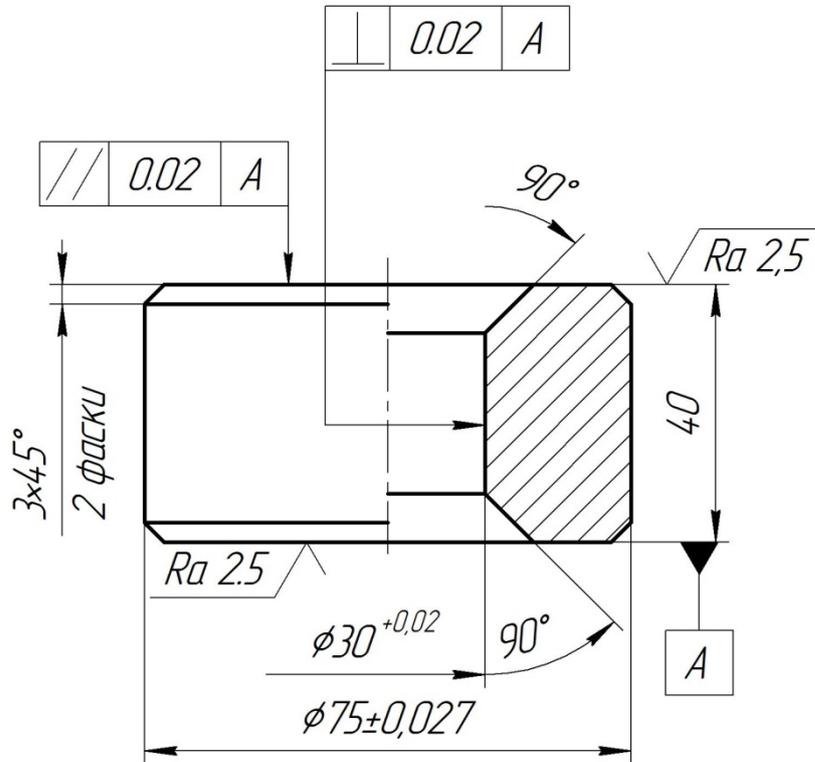
1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ГОСТ 1012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							1:1
Пров.					Лист	Листов	1
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							

Крышка

Ст 3 ГОСТ 380-94

$\sqrt{Rz\ 20\ (\checkmark)}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ОСТ 1012

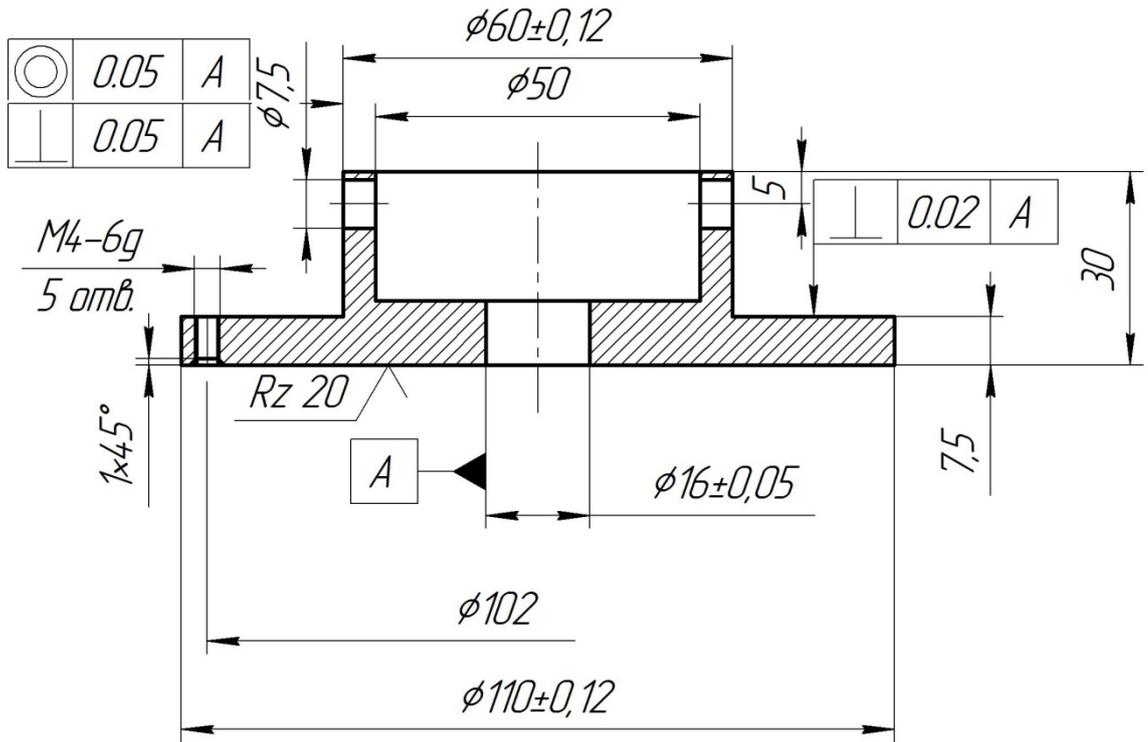
Изм. Лист
Разраб.
Пров.
Т.контр.
И.контр.
Утв.

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.			
Пров.			
Т.контр.			
И.контр.			
Утв.			

Шаїда
Сталь 35
ГОСТ 1050-88

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 14 качеству точности по ОСТ 1012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Крышка</h1> <p>Сталь 45 ГОСТ 1050</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.								
Утв.								

Вариант 16

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

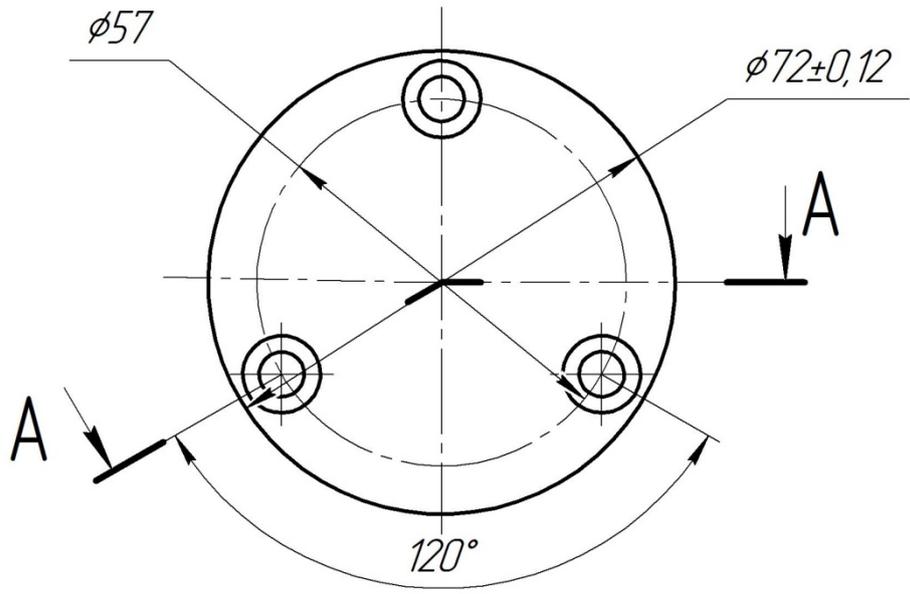
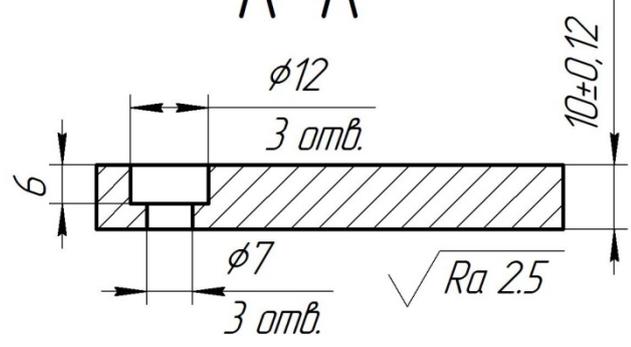
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

$\sqrt{Rz\ 20\ (\checkmark)}$

A-A

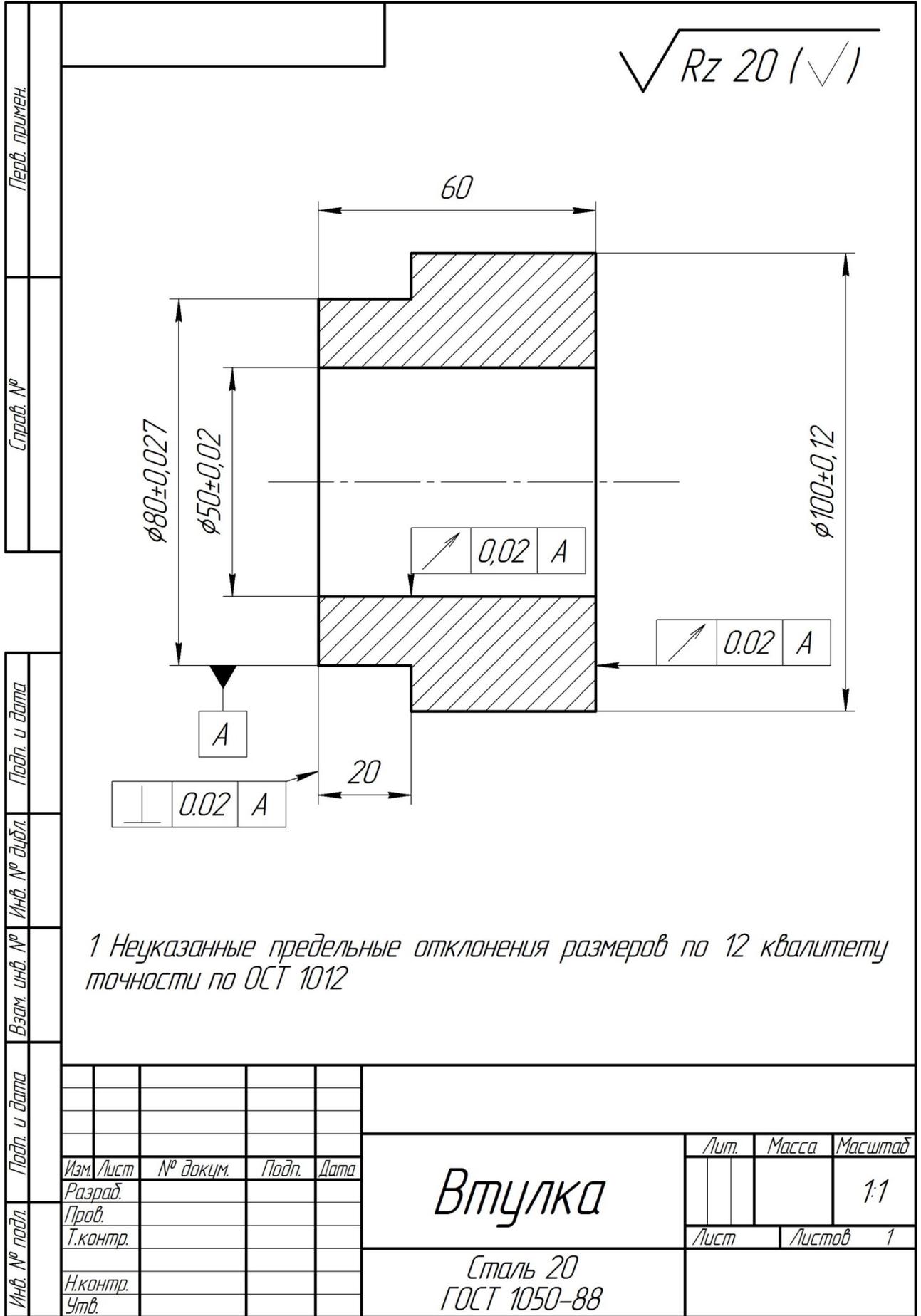


1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ГОСТ 1012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Крышка</h1>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.					<h2>Ст3 ГОСТ 380-94</h2>			
Утв.								

Копировал

Формат А4

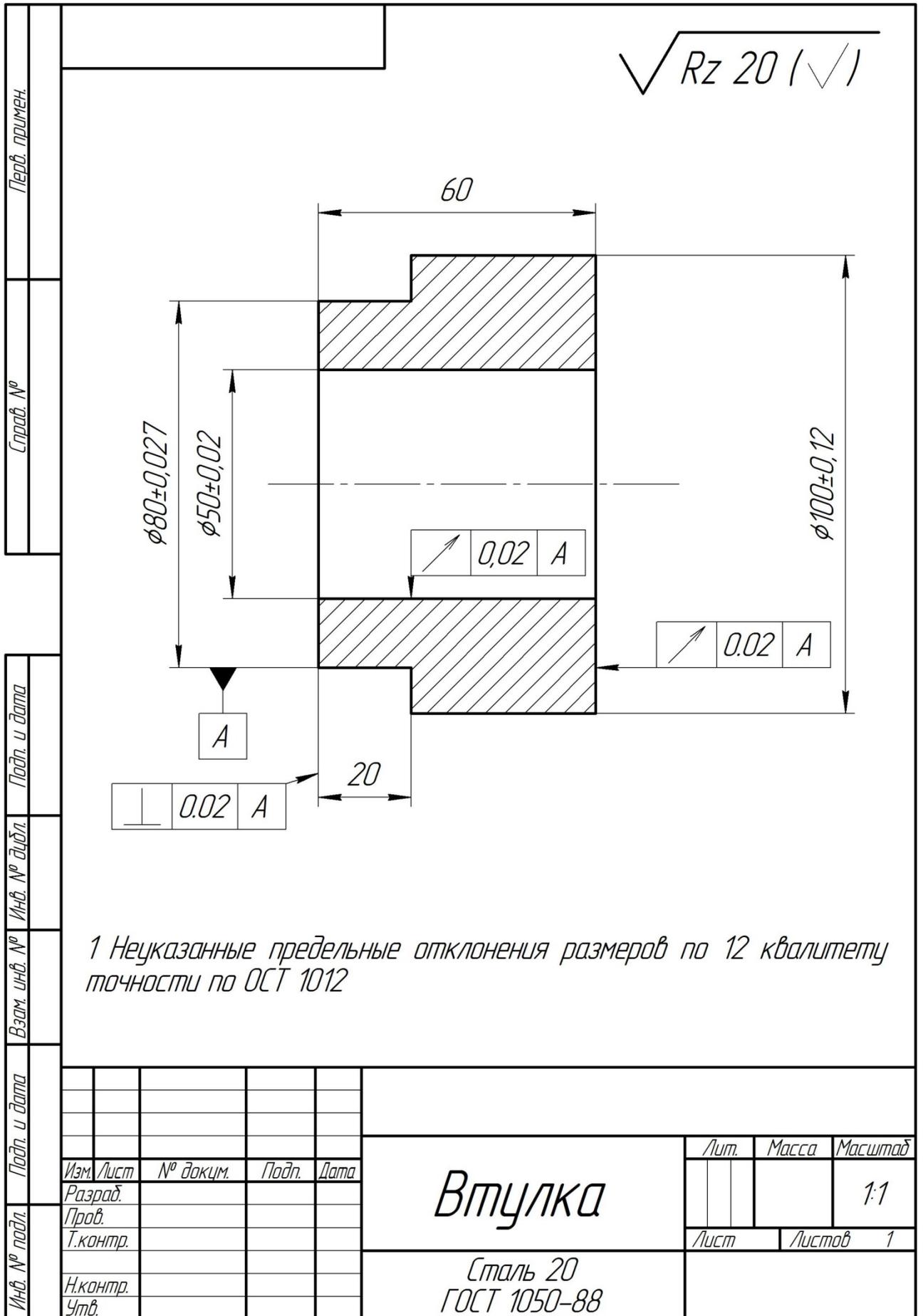


1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 12 качеству точности по ОСТ 1012

Инв. № подл.	Т.контр.	Пров.	Разраб.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб	1:1
Инв. № подл.	Н.контр.	Утв.						Сталь 20 ГОСТ 1050-88			

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

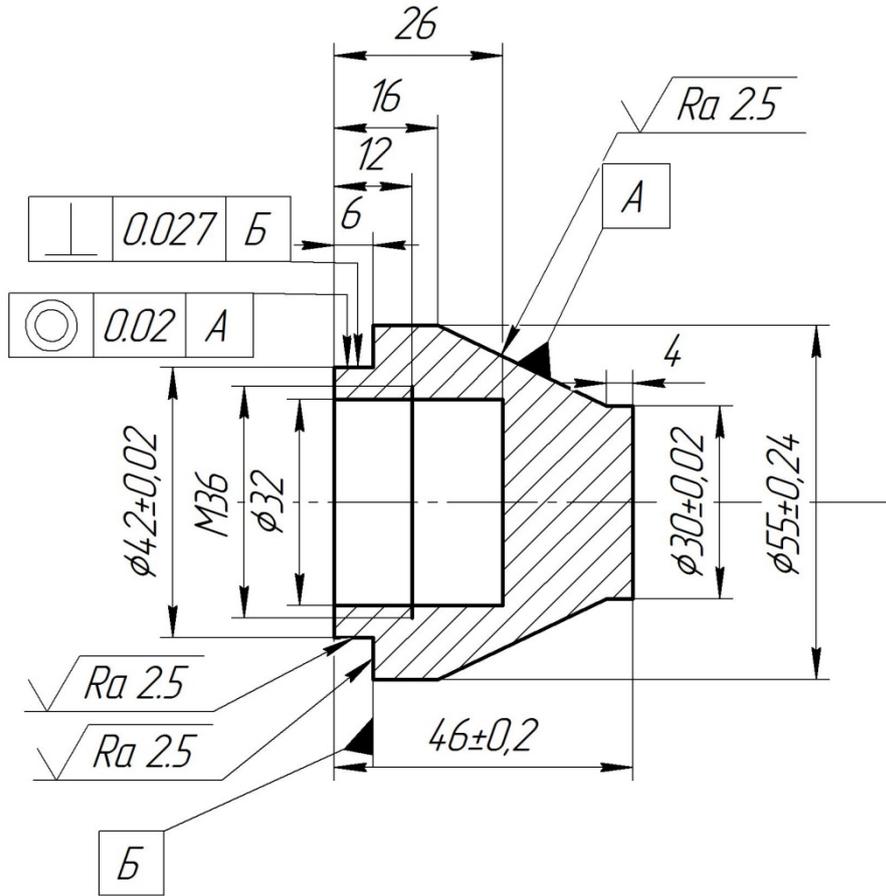
Вариант 18



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 12 качеству точности по ОСТ 1012

Инв. № подл.	Изм. лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Втулка</h1> <p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>	Лист	Масса	Масштаб
Инв. № подл.	Разраб.							1:1
Инв. № подл.	Пров.					Лист	Листов	1
Инв. № подл.	Т.контр.							
Инв. № подл.	Н.контр.							
Инв. № подл.	Утв.							

$\sqrt{Rz\ 20\ (\checkmark)}$



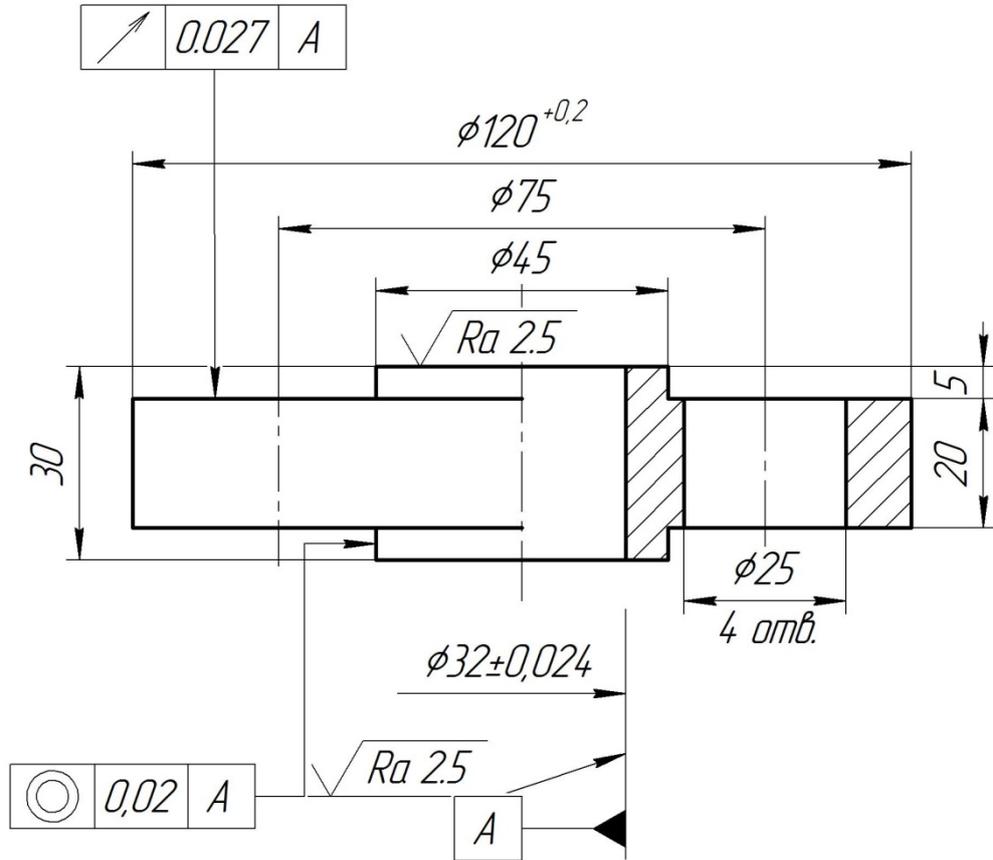
1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ГОСТ 1012

Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инв. № дробл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Клапан</h1> <p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Вариант 20

$\sqrt{Rz\ 20\ (\checkmark)}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров по 12 качеству точности по ОСТ 1012

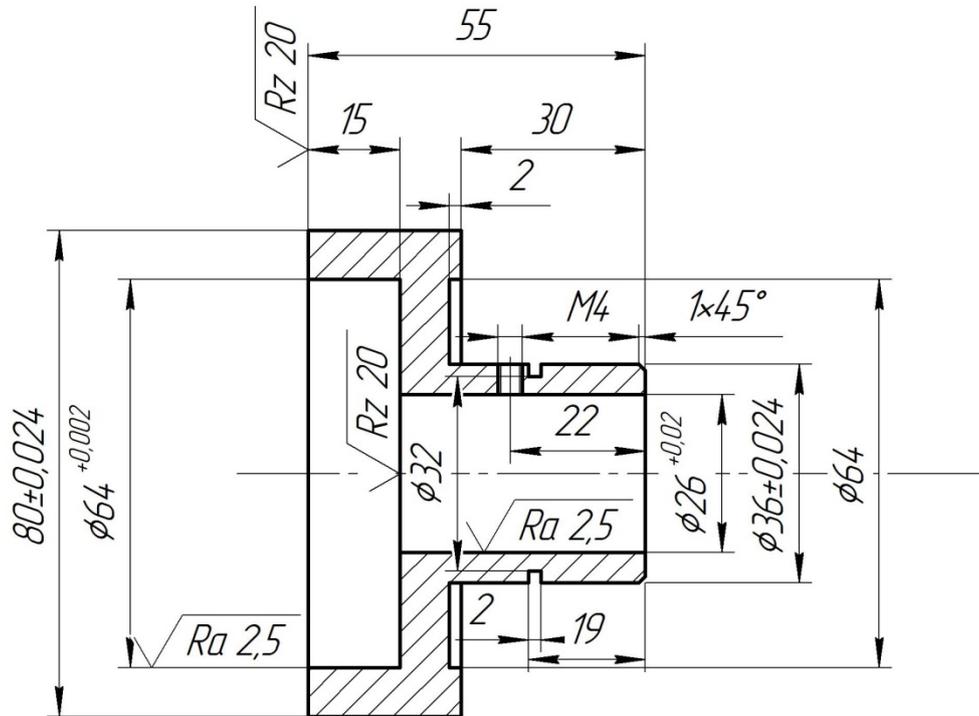
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Диск</p> <p>Сталь 50 ГОСТ 1050-88</p>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А4

Вариант 21

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



Перв. примен.
Справ. №

Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №

Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разрад.				
Проб.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

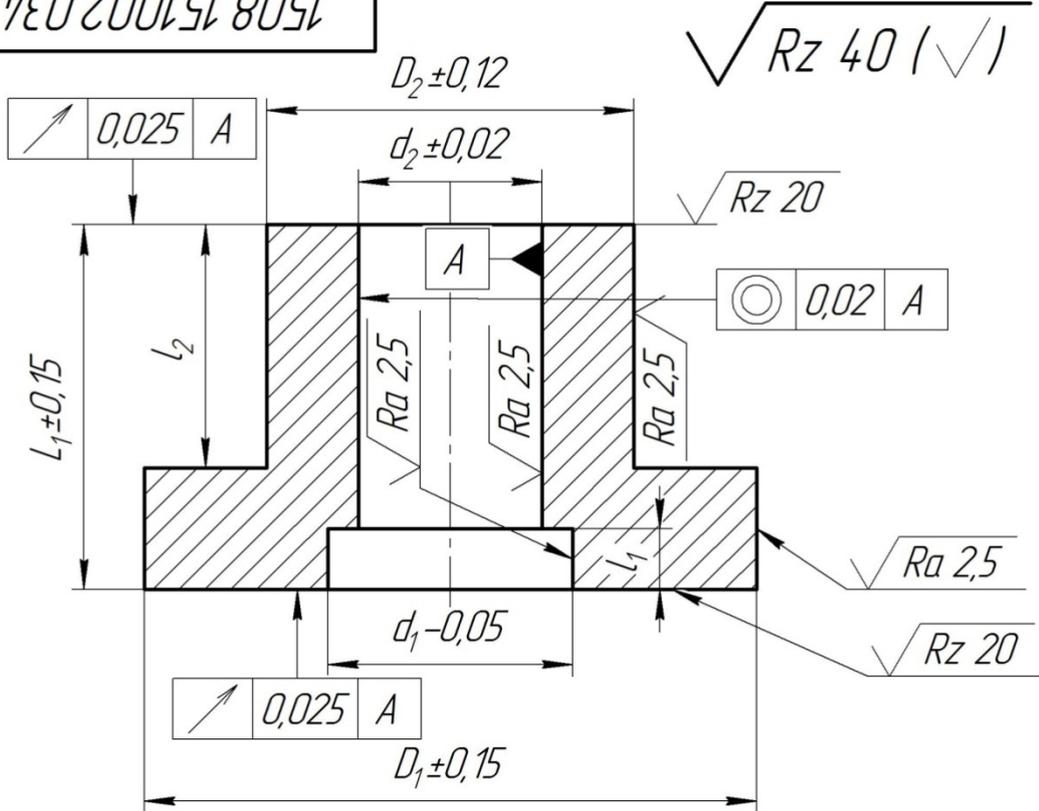
Корпус подшипника			Лит.	Масса	Масштаб
					1:1
Ст. 3 ГОСТ 380-94			Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

Вариант 22

1508.151002.034



1. Неуказанные предельные отклонения размеров по 10 качеству точности по ОСТ 1012

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_1	100	120	130	150	110	90	110	100	150	125
D_2	60	70	50	80	50	75	40	55	60	65
d_1	40	50	30	30	20	30	20	30	20	35
d_2	30	40	30	20	40	50	20	25	40	35
L_1	60	70	60	50	60	65	70	80	90	75
L_2	40	30	20	0	30	40	10	15	20	0
l_1	10	15	20	5	0	10	0	20	15	10
Материал	Ст35	Ст40	Ст45	40ХН	40Х	Ст20	Ст3	Ст50	Ст40	40Х

Листов примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

1508.151002.034

Втулка

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1