

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель мероприятия №2
Заместитель директора НОЦ
«Композиты России» (МИЦ)
_____ Стоянова М.В.

А.С. Бородулин

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

А.С. Бородулин

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие

Москва

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

2021

Предисловие

Учебно-методическое пособие направлено на формирование научного мировоззрения, освоение методов научного познания мира, развитие исследовательских, прикладных, конструкторских, инженерных способностей обучающихся в области проектирования и технического творчества.

Цель учебно-методического пособия – формирование среди учащихся московских школ навыков, знаний и умений в области ИТ-технологий по направлению «Моделирование прототипирование»; развитие системы дополнительного ИТ-образования среди обучающихся московских школ; профориентация учащихся московских школ, побуждение к выбору профессии в сфере информационных технологий; побуждение учащихся московских школ к получению высшего технического образования; развитие у учащихся навыков практической работы, системного мышления.

Задачи учебно-методического пособия – повышение мотивации к получению высшего технического образования среди учащихся московских школ-участниц и кандидатов проекта «ИТ-класс в московской школе»; демонстрация возможностей практического применения виртуальных моделей; повышение общего уровня владения персональным компьютером и современными технологиями; реализация проекта от замысла до конечного результата и его презентации.

Учебно-методическое пособие технического характера по направлению «Моделирование и прототипирование» предназначено для обучения основам работы в редакторах трехмерной графики, приемам и средствам индивидуальной и совместной проектной деятельности. Программа направлена на осуществление ранней профессиональной ориентации школьников, формирование готовности к ответственному и осознанному выбору своей будущей профессии, ознакомление школьников с теми специальными знаниями и умениями, которые необходимы в профессиональной деятельности и дальнейшем обучении в школе.

Актуальность данного учебно-методического пособия обусловлена развитием аддитивных технологий, внедрением их в быт и повсеместным использованием трехмерной графики практически во всех сферах современного производства.

3D-моделирование – это процесс компьютерной визуализации реально существующих или воображаемых (проектируемых) объектов средствами специального программного обеспечения на персональном компьютере. Создаваемую таким образом модель затем можно использовать в анимационном творчестве, научно-исследовательских целях или в качестве объекта, материализованного на установках послойного синтеза (3D-принтере). Уже сейчас технология послойного синтеза широко используется в строительстве, машиностроении, медицине и искусстве,

а в обозримом будущем станет привычной частью повседневной жизни. К легкому входу в такое будущее, в том числе, готовит растущее поколение данное пособие.

Принятые обозначения

FDM (Fused Deposition Modeling) – технология прототипирования плавным осаждением материала (3D-печать)

FFF (Fused Filament Fabrication) – технология наплавления полимерной нити (3D-печать)

Горячие клавиши – комбинации на клавиатуре, которые выполняют то или иное действие

КПД – коэффициент полезного действия

ЛКМ – левая кнопка мыши

ПКМ – правая кнопка мыши

Практическая работа №1

Введение в 3D-моделирование и прототипирование

Цель работы: изучить виды 3D-моделей и функциональных возможностей программ-редакторов для их проектирования.

Объем: 1 час.

Задание: изучить основные виды 3D-моделей, познакомиться с наиболее известными 3D-редакторами, получить представление об их функциональных возможностях.

Теоретическая часть

Виды 3D-моделирования и их различия

В нашу жизнь прочно вошли трехмерные изображения, начиная от архитектурных визуализаций и заканчивая компьютерными играми. На 3D-изображениях можно увидеть объемные фигуры, а процесс их создания – это 3D-моделирование с помощью компьютерных программ. Оно становится все популярнее благодаря тому, что проекты, выполняемые таким методом, становятся намного нагляднее и реалистичнее, нежели обычные чертежи и двухмерные модели.

3D-модель – это объемная фигура в пространстве, создаваемая в специальной программе. За основу, как правило, принимаются чертежи, фотографии, рисунки и подробные описания, опираясь на которые, специалисты создают виртуальную модель.

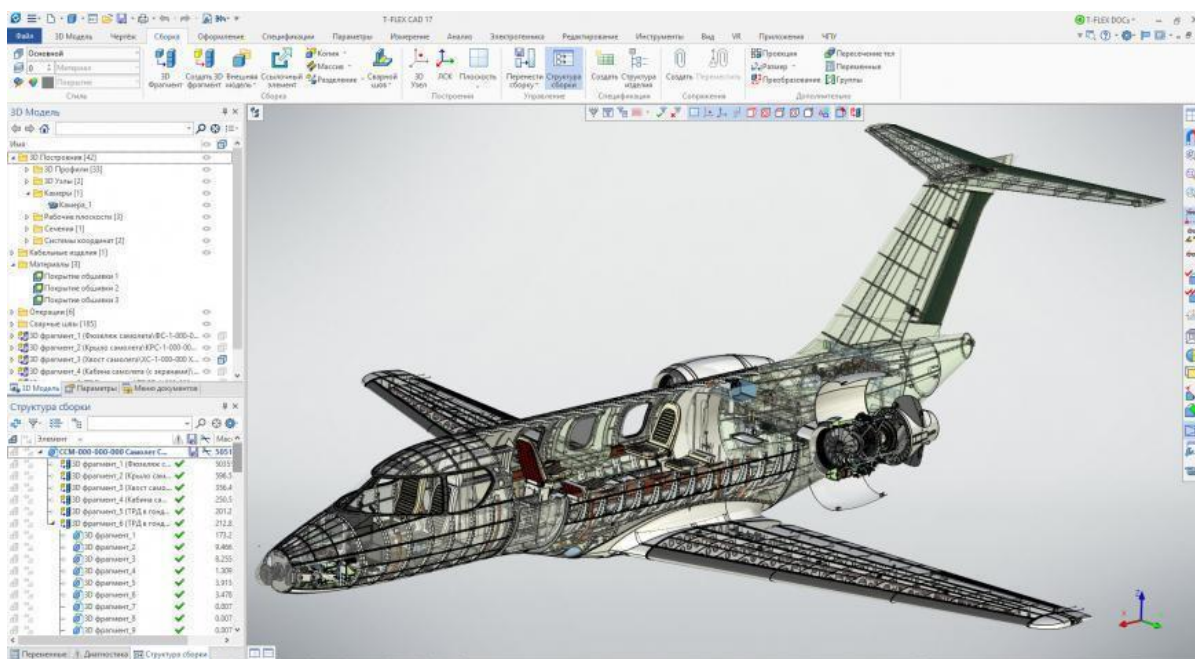


Рис. 1. Пример 3D-модели самолета

Существует несколько видов трехмерных моделей:

- 1) полигональная модель;
- 2) NURBS-поверхности.

Вторые имеют более высокий уровень точности, так что их чаще всего используют инженеры, машиностроители и архитекторы.

А вот полигональные модели чаще используются для создания 3D-изображений в мультипликации, кинематографе и компьютерных играх. Они состоят из многочисленных простейших геометрических фигур, которые также называют примитивами.

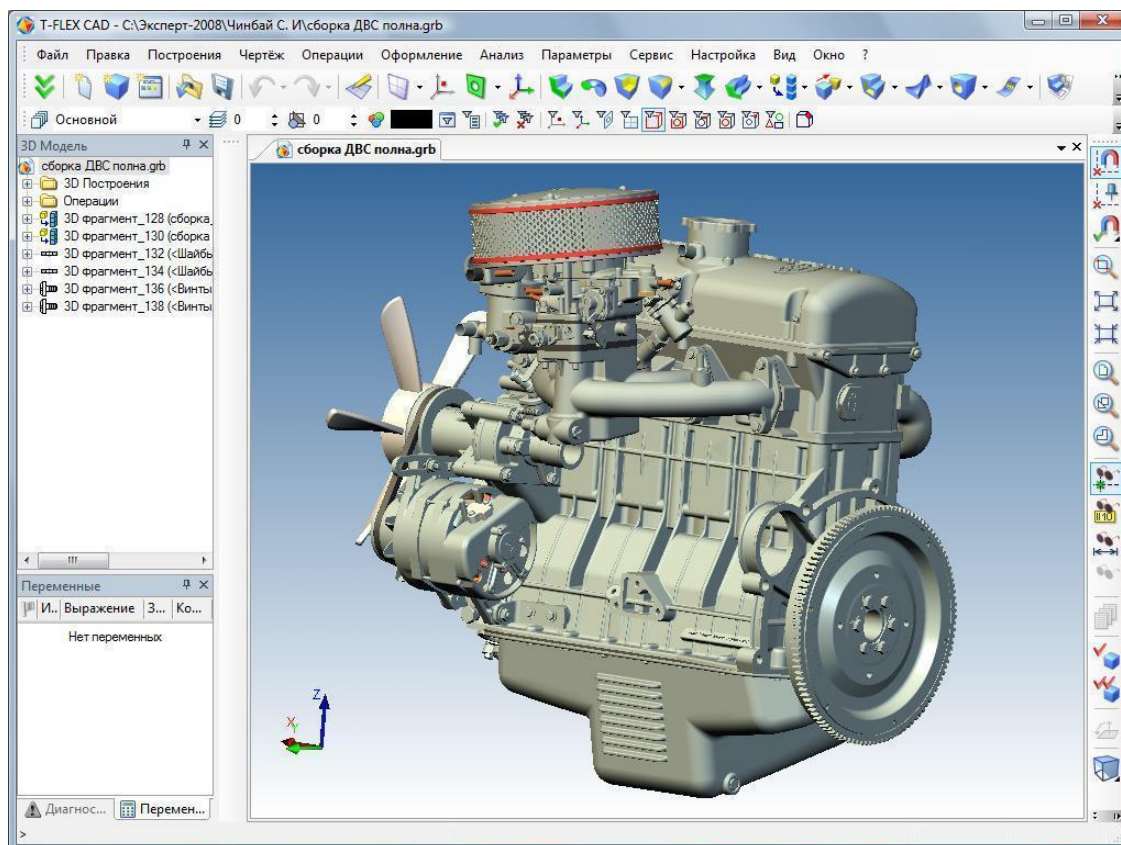


Рис. 2. Пример 3D-модели вида NURBS-поверхности

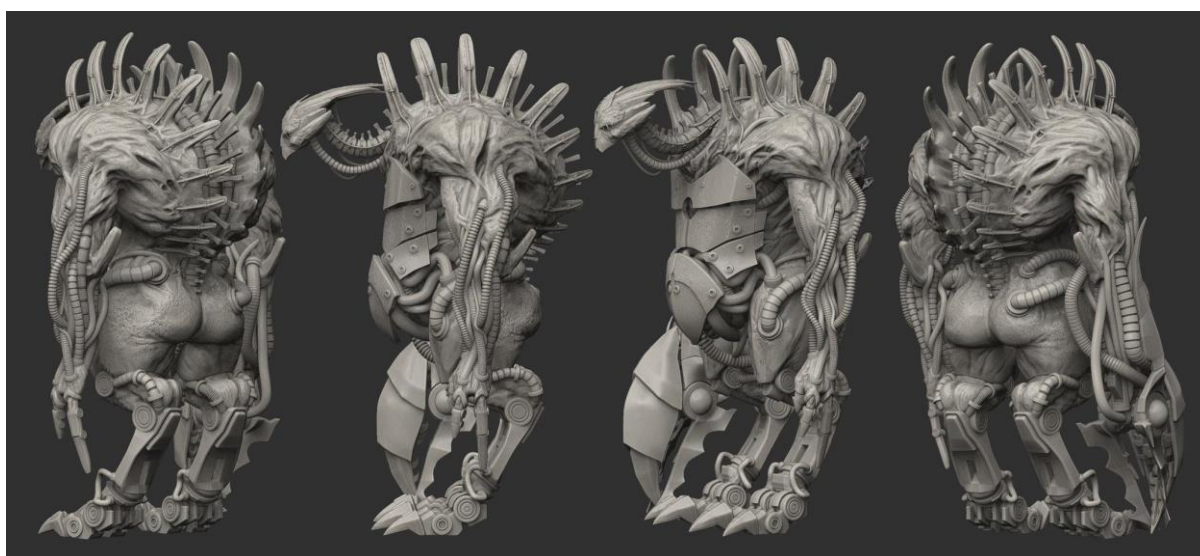


Рис. 3. Пример полигональной 3D-модели

Кроме того, есть три вида 3D-моделирования:

- 1) каркасное моделирование;
- 2) поверхностное моделирование;
- 3) твердотельное моделирование.

Первый из них, наиболее простой вид – это каркасное моделирование. Модели, получаемые при создании этого типа воспроизведения, будут называться проволочными или каркасными. Состоят они из линий, дуг и сегментов. Изображения такого типа не передают полную информацию об объекте: ни об объеме, ни о структуре поверхности из такой модели узнать невозможно, зато можно изучить его устройство и функциональность. Главным преимуществом каркасного моделирования является то, что на хранение трехмерных моделей, созданных этим способом, не требуется много оперативной памяти компьютера. Чаще всего каркасная визуализация применяется в специализированных программах для построения предполагаемой траектории движения устройства или инструмента.

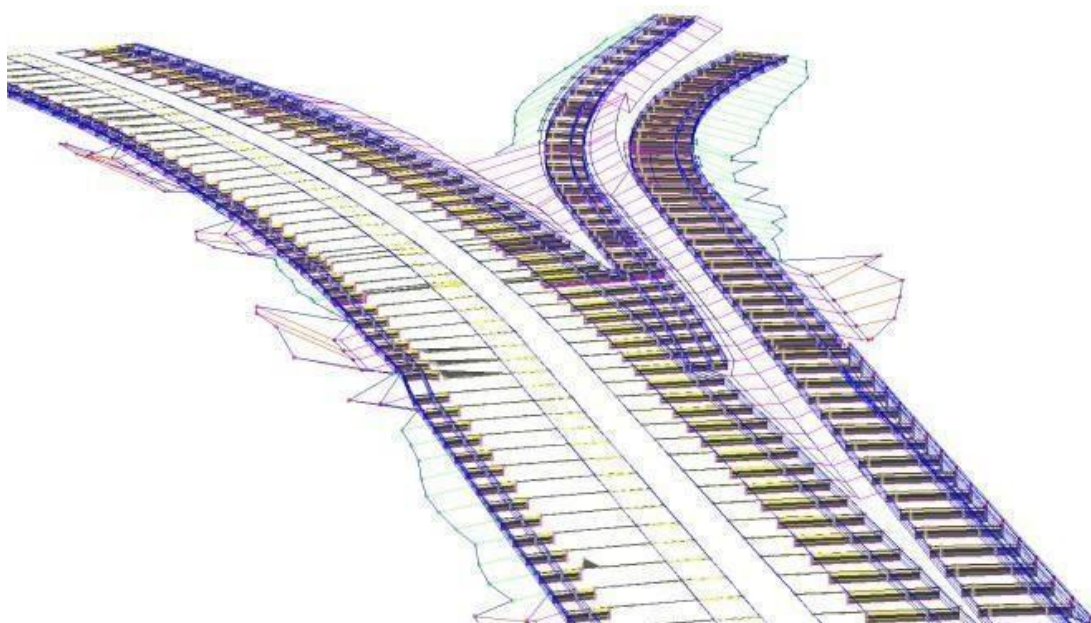


Рис. 4. Пример каркасной 3D-модели

Второй вид 3D-моделирования – это поверхностное моделирование. В отличие от каркасного, здесь имеются не только сегменты, линии и дуги, но и поверхности, образующие контур отображаемого объекта.

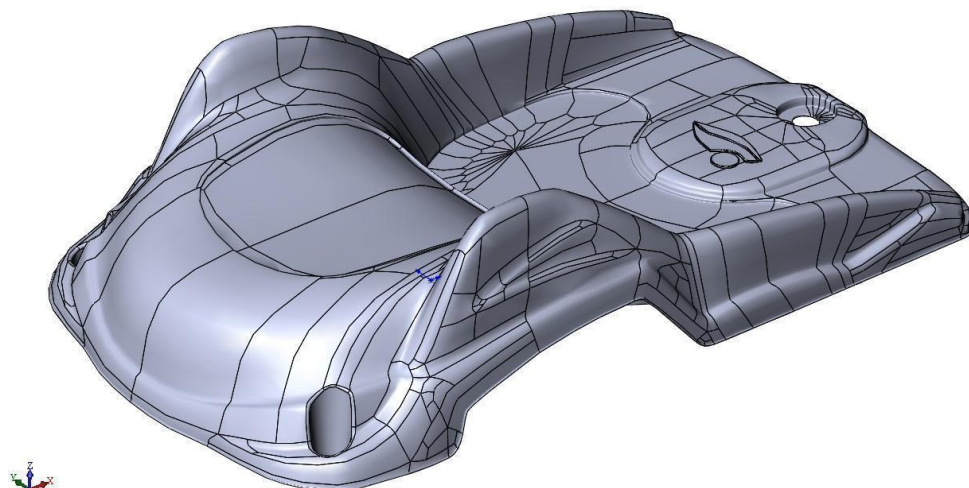


Рис. 5. Пример поверхностной 3D-модели

Последний, самый точный и достоверный тип 3D-моделирования, называется твердотельное моделирование. В результате его использования можно получить настоящий образец готового объекта, который передает все данные о нем. Модель, созданная благодаря этому способу визуального воспроизведения, содержит линии, грани, текстуру и данные об объеме и массе тела. Хотя изображения и занимают наибольший объем памяти компьютера по сравнению с остальными, но он полностью описывает готовый объект. Твердотельное моделирование используется повсюду: при создании техники, промышленных деталей, мебели, ювелирных изделий, кино и компьютерных игр.

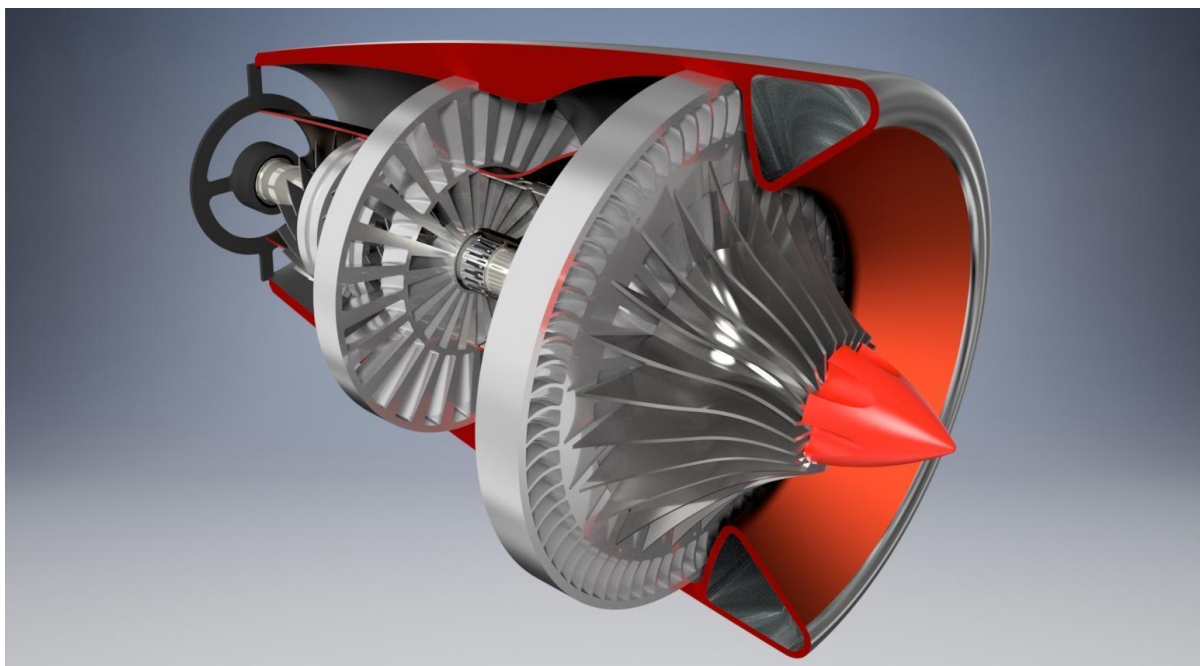


Рис. 6. Пример твердотельной 3D-модели

Можно выделить четыре уровня сложности объемных изображений:

- Первый – простейший – не содержит информации о структуре и мелких деталях объекта, например, бокалы и простые рамки.
- Второй, немного более сложный уровень, содержит более детальную информацию о модели. К такому уровню можно отнести тумбы, столы и другие несложные предметы.
- К третьему уровню можно отнести гарнитуры мебели и технику для дома из-за многочисленных мелких деталей и сложной неоднородной структуры.
- Четвертый чаще всего используется инженерами, примерами трехмерных моделей этого уровня могут служить модели станков, автомобилей и другой сложной техники.

Все уровни модели соотносятся и с видами 3D-моделирования, так первые два – это каркасный, третий – поверхностный, а четвертый – твердотельный способ визуализации.

Трехмерная модель состоит из множества точек, которые соединяются между собой гранями и образуют полигоны.

Вершина – это точка, которая имеет свои координаты в трехмерной системе, то есть X, Y, Z. Свое название она получила из-за того, что является крайней точкой плоского многоугольника, или полигона.

Грань, или ребро – отрезок, который соединяет две вершины, понятие, взятое опять же из геометрии. В трехмерной графике гранью называют ограничитель полигонов.

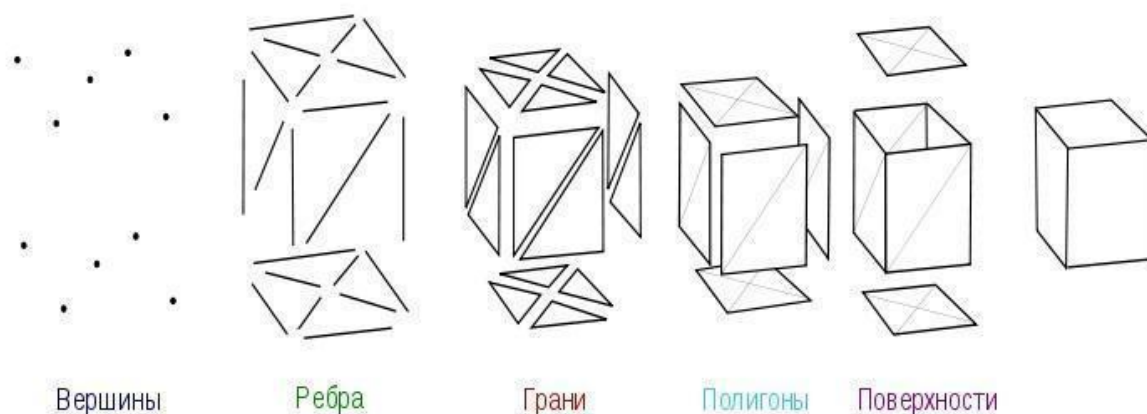


Рис. 7. Составные элементы модели

Основной составляющей в трехмерной графике считается полигон – плоский многоугольник, множество которых и образует трехмерную фигуру. Абсолютно любая фигура будет строиться из многочисленных простых фигур (причем большинство редакторов использует треугольники и четырехугольники). Чем больше будет простых фигур в составе сложной, тем более

гладкой будет казаться поверхность 3D-модели (так называемое высокополигональное моделирование).

Совокупность полигонов несет информацию о размере и форме 3D-модели, а выбранная текстура позволяет передать достоверную информацию о внешнем виде объекта и представляет собой изображение на поверхности фигуры.

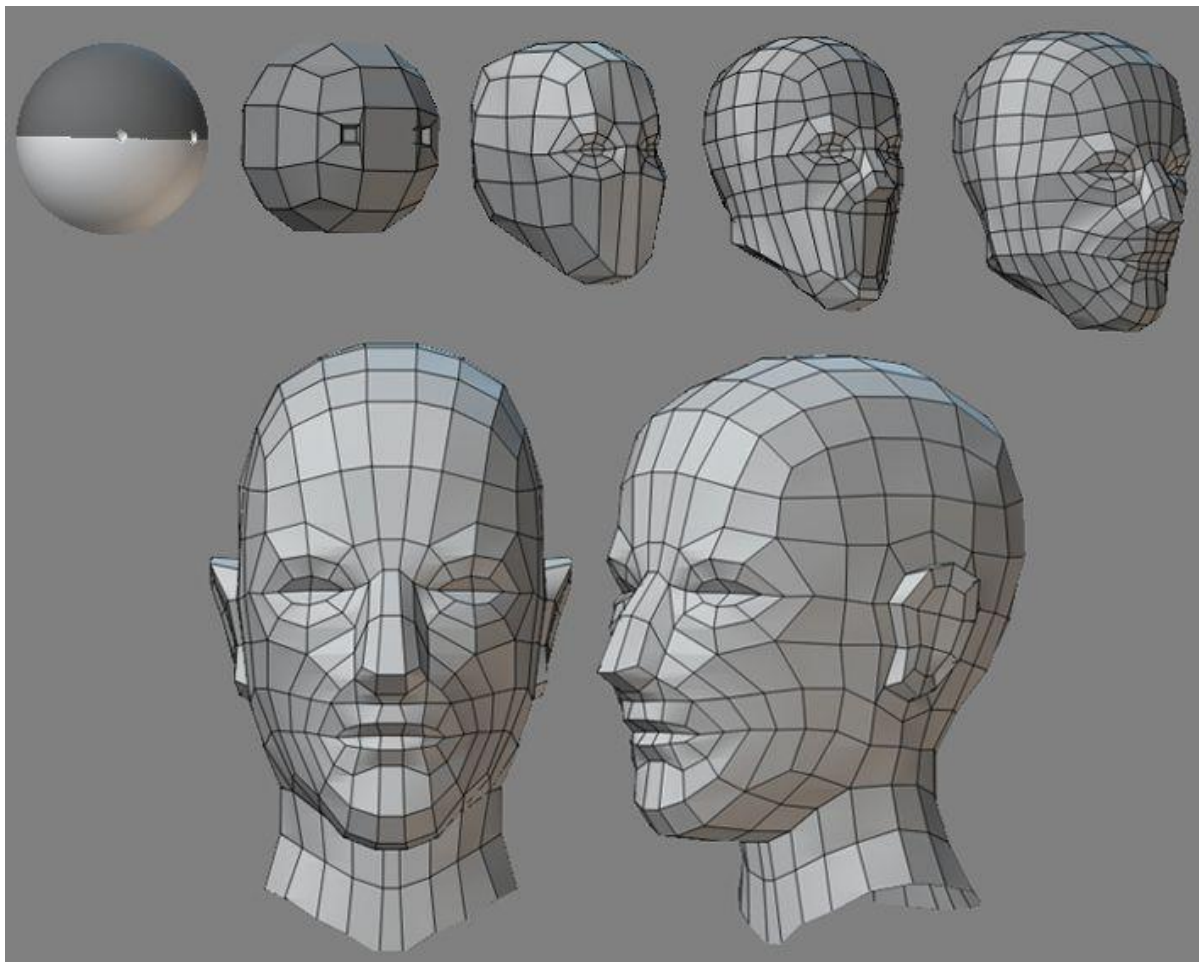


Рис. 8. Полигоны на модели

Виды и особенности 3D-редакторов и их применение

Программный комплекс САПР SolidWorks для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения.

Работает в среде Microsoft Windows. Разработан компанией SolidWorks Corporation, созданной с нуля Джоном Хирштиком, а с 1997 года являющейся независимым подразделением компании Dassault Systemes (Франция).

Программу начали разрабатывать в 1993 году, она начала продаваться в 1995 и составила конкуренцию таким продуктам, как AutoCAD и Autodesk Mechanical Desktop, SDRC I-DEAS и

Pro/ENGINEER. Система SolidWorks стала первой САПР, поддерживающей твердотельное моделирование для платформы Windows. SolidWorks, использует ядро Parasolid.

Решаемые задачи:

- 3D-проектирование изделий (деталей и сборок) любой степени сложности с учётом специфики изготовления;
- создание конструкторской документации в строгом соответствии с ГОСТ;
- промышленный дизайн;
- обратная разработка (реверс инжиниринг);
- проектирование коммуникаций (электрожгуты, трубопроводы и пр.);
- инженерный анализ (прочность, устойчивость, теплопередача, частотный анализ, динамика механизмов, газо/гидродинамика, оптика и светотехника, электромагнитные расчеты, анализ размерных цепей и пр.);
- экспресс-анализ технологичности на этапе проектирования;
- подготовка данных для ИЭТР;
- управление данными и процессами на этапе КПП.



Рис. 9. Модель, выполненная в программе SolidWorks

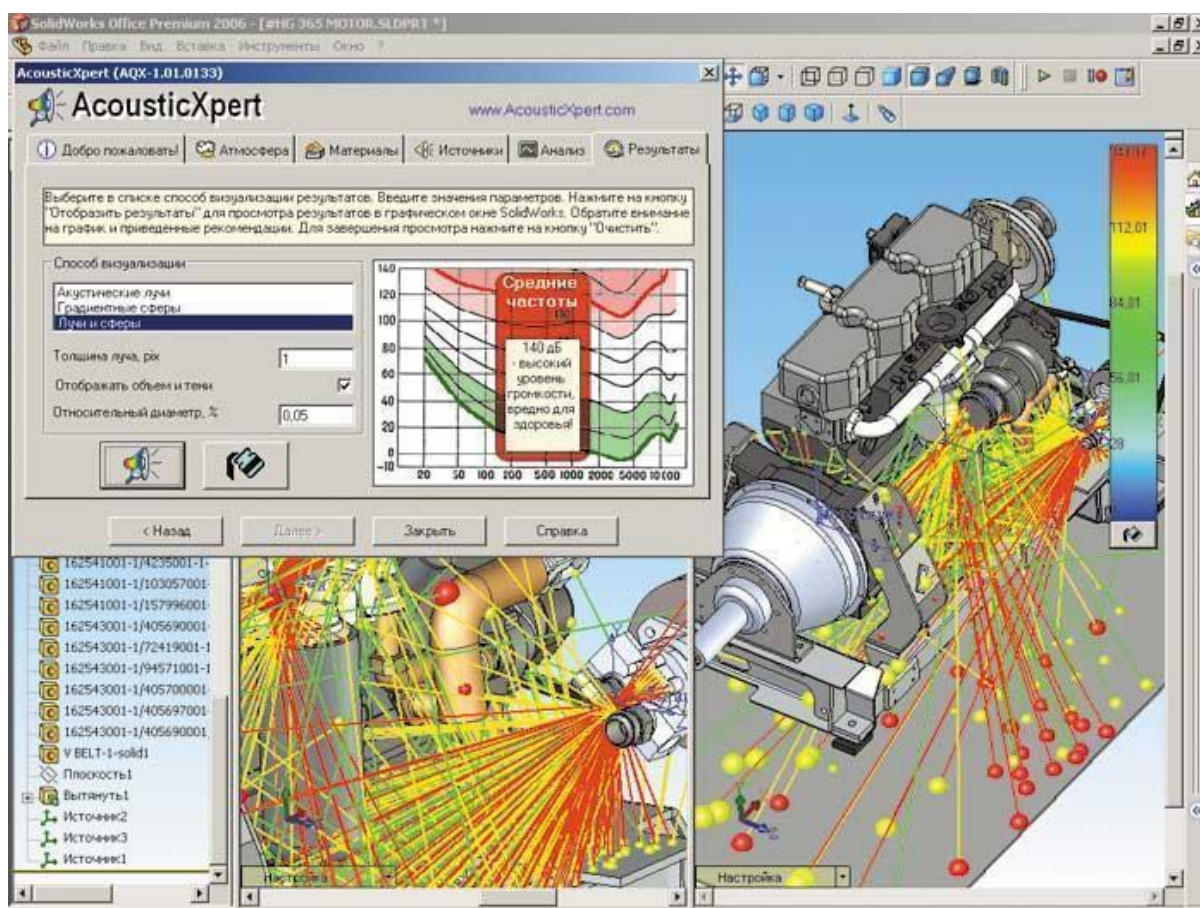


Рис. 10. Окно программы SolidWorks

Autodesk 3ds Max (ранее 3D Studio MAX) — профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании игр и проектировании. В настоящее время разрабатывается и издается компанией Autodesk.

Программа доступна по подписке от одного месяца до трех лет для коммерческих целей. Для студентов и преподавателей подписка на три года бесплатная, но с такой лицензией программу можно использовать только для обучения. 3ds Max предоставляет обширный гибкий инструментарий для создания первоклассных проектов с полным контролем художественного замысла.

Ключевые особенности:

- создание масштабных миров в компьютерных играх;
 - визуализация высококачественных архитектурных проектов;
 - моделирование интерьеров и объектов с высокой степенью детализации;
- оживление персонажей и объектов с помощью анимации и визуальных эффектов.



Рис. 11. Визуализация, выполненная в программе Autodesk 3ds Max

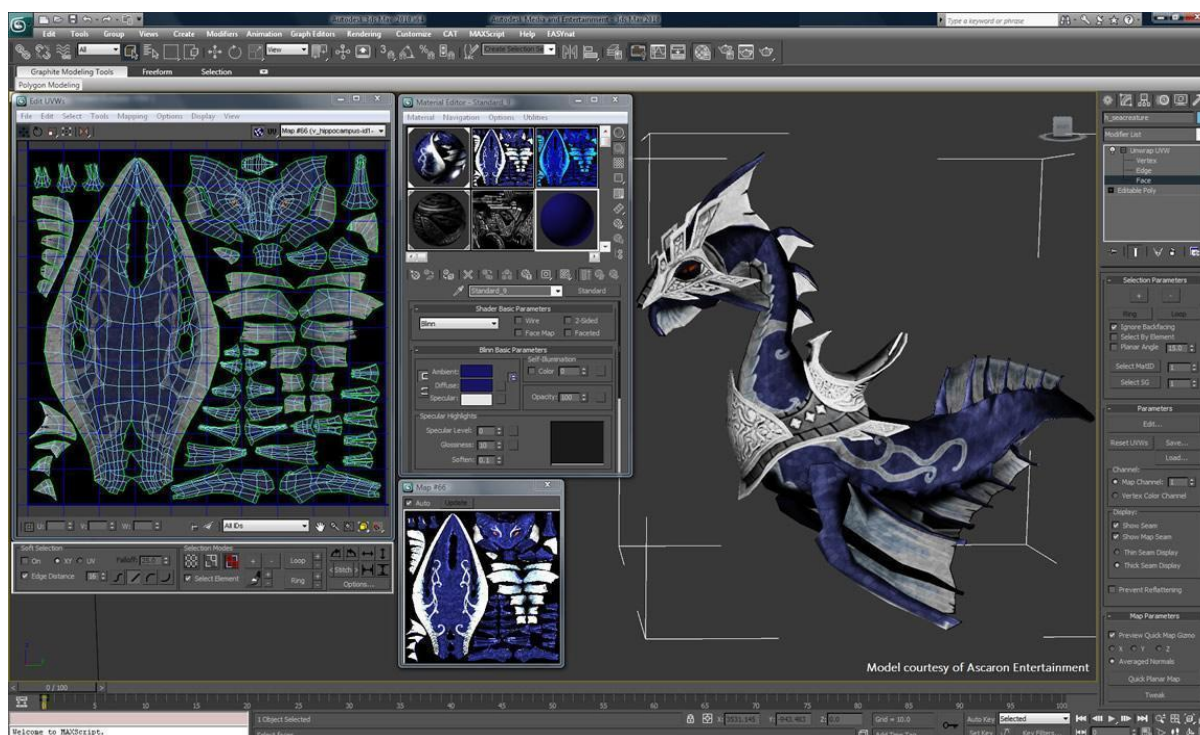


Рис. 12. Окно программы Autodesk 3ds Max

ZBrush — программа для 3D моделирования, созданная компанией Pixologic. Отличительной особенностью данного ПО является имитация процесса «лепки» трехмерной скульптуры, усиленного движком трёхмерного рендеринга в реальном времени, что существенно упрощает процедуру создания требуемого трёхмерного объекта. Каждая точка (называемая *пиксоль*) содержит информацию не только о своих координатах XY и значениях цвета, но также и глубине Z, ориентации и материале. Это значит, что вы не только можете «лепить» трёхмерный объект, но и «раскрасить» его, рисуя штрихами с глубиной. Но вам не придётся рисовать тени и блики, чтобы они выглядели натурально — ZBrush это сделает автоматически. Также быстро работает со стандартными 3D-объектами, используя кисти для модификации геометрии материалов и текстур. Позволяет добиться интерактивности при большом количестве полигонов. Используя специальные методы, можно поднять детализацию до десятков миллионов полигонов. Также имеется множество подключаемых модулей (работа с текстурами, геометрией, множество новых кистей, быстрая интеграция с профессиональными пакетами 2D-графики и многое другое).



Рис. 13. Модель, выполненная в программе ZBrush



Рис. 14. Окно программы ZBrush

Autodesk Inventor — система трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации:

- 2D-/3D-моделирование;
- создание изделий из листового материала и получение их разверток;
- разработка электрических и трубопроводных систем;
- проектирование оснастки для литья пластмассовых изделий;
- динамическое моделирование;
- параметрический расчет напряженно-деформированного состояния деталей и сборок;
- визуализация изделий;
- автоматическое получение и обновление конструкторской документации (оформление по ЕСКД).



Рис. 15. Модель, выполненная в программе Autodesk Inventor

Autodesk Fusion 360 — система трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Программный комплекс Fusion 360 стал эталонным CAD и CAM приложением благодаря своим безграничным возможностям, удобному интерфейсу, мощной поддержке и малым требованиям. Программа с успехом применяется как в качестве среды для разработки учебного проекта, так и для запуска крупного промышленного производства. Особое внимание заслуживают:

- Технология Т-сплайнов.
- Твердотельное моделирование.
- Сеточные модели. Теперь гораздо проще работать с данными, отсканированными с материальных объектов.
- Параметрическое моделирование. Задавайте размеры при создании эскизов. Любое изменение параметров ведет к волнообразному преобразованию связанных элементов.
- Инженерный анализ модели для того, чтобы понимать, как будущее изделие поведет себя в реальных условиях.
- Настройка оборудования и подготовка технической документации для запуска производства.
- Совместная работа над проектами, благодаря облачному сервису.



Рис. 15. Модель, выполненная в программе Autodesk Fusion 360

Лабораторная работа №2

Знакомство с программой Autodesk Inventor

Цель работы: Целью занятия является знакомство с интерфейсом программы Autodesk Inventor и получение базовых навыков по работе с эскизами.

Объем: 1 час.

Задание: познакомиться с интерфейсом Autodesk Inventor, изучить команды создания примитивов в 2D-эскизе.

Теоретическая часть

Принцип работы дифференциального блока, его назначение и примеры использования

В современном мире существует масса различных систем трехмерного моделирования. В рамках нашего курса мы будем использовать программу Autodesk Inventor Professional. Это одна из самых современных систем, которая ежегодно обновляет свое ПО. Кроме того, компания Autodesk дает возможность использовать своё ПО для обучения школьникам и студентам совершенно бесплатно. Для этого всего лишь нужно завести учебный аккаунт на сайте компании.

Познакомимся с программой. Запускаем ее двойным кликом по иконке. После запуска попадаем в меню навигации, которое позволяет перейти к новому проектированию.

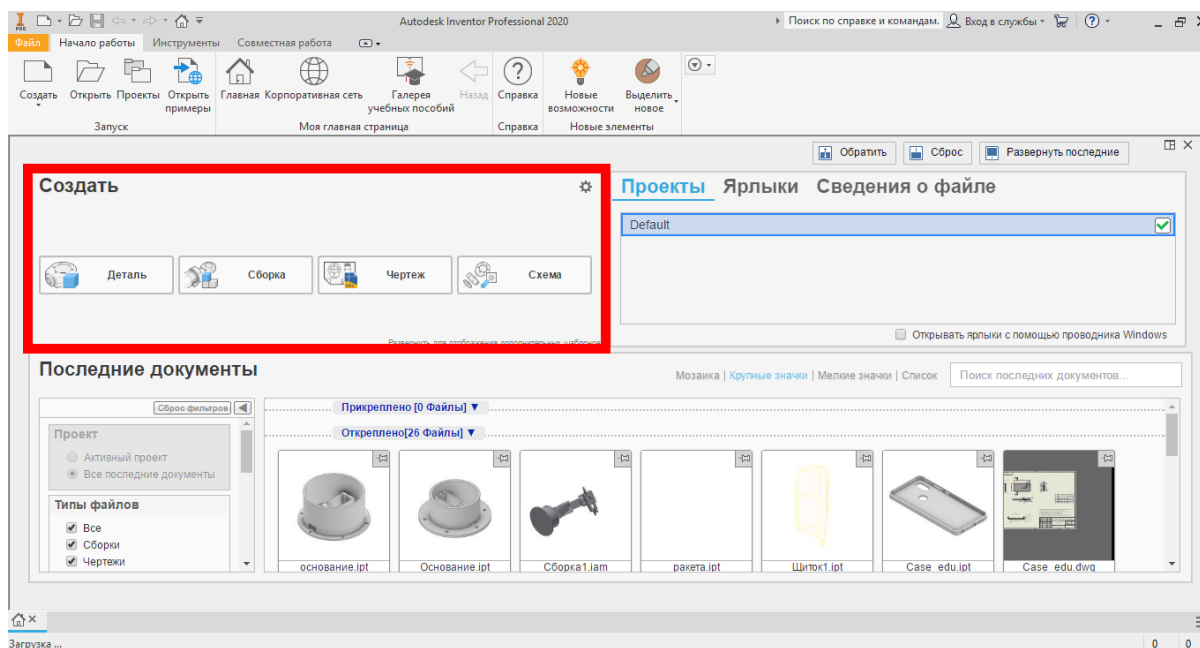


Рис. 1. Панель «Создать» меню навигации

Возможно продолжить ранее начатую работу.

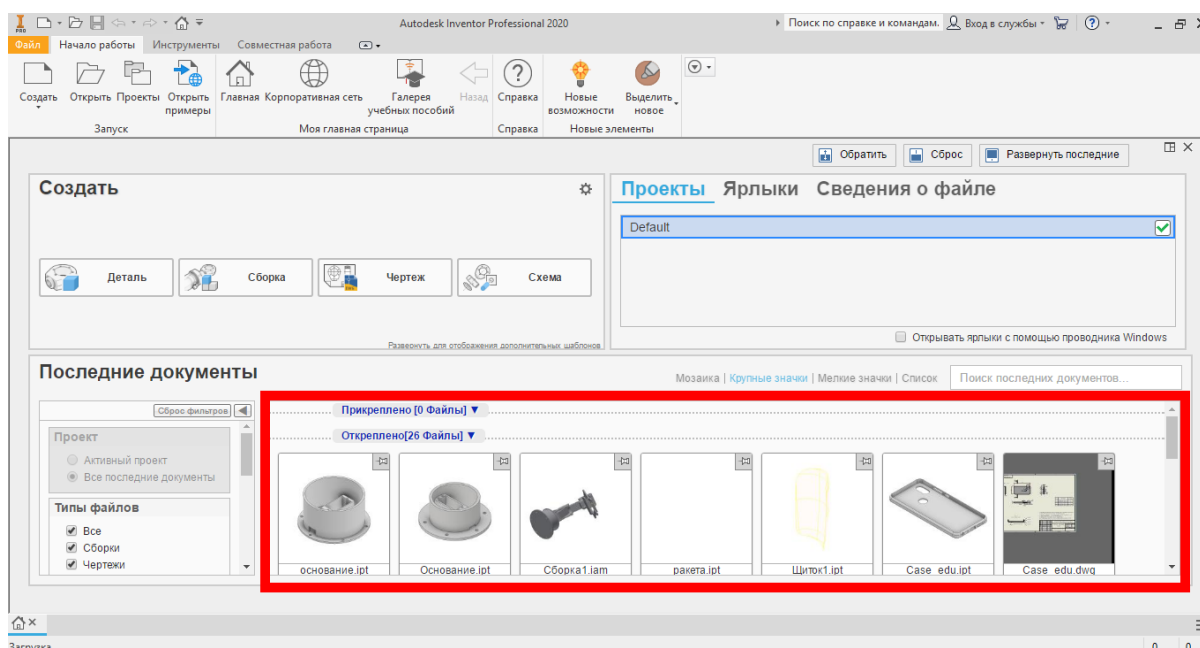


Рис. 2. Панель «Недавние файлы» меню навигации

Можно открыть любой другой проект, сохраненный на вашем компьютере.

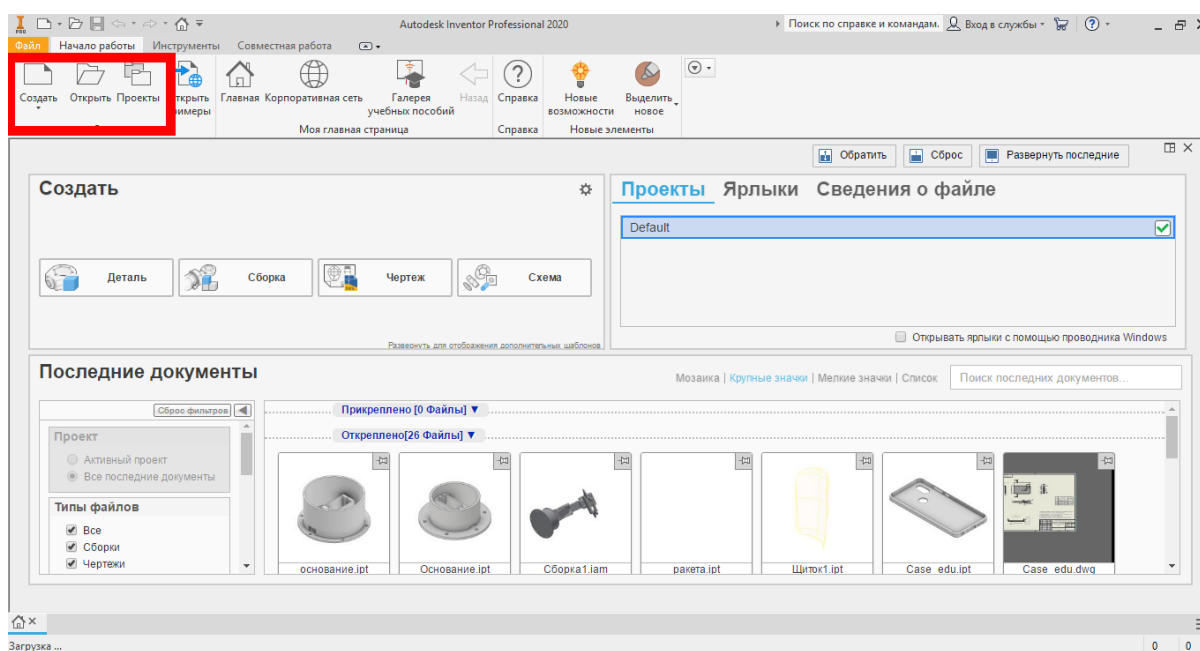


Рис. 3. Команда «Открыть» меню навигации

Нажмем кнопку «Создать». Возможно создать различные объекты: Деталь, Сборка, Чертеж и Схема. Среди шаблонов выбираем «Обычный.ipt» и нажимаем создать для создания модели детали.

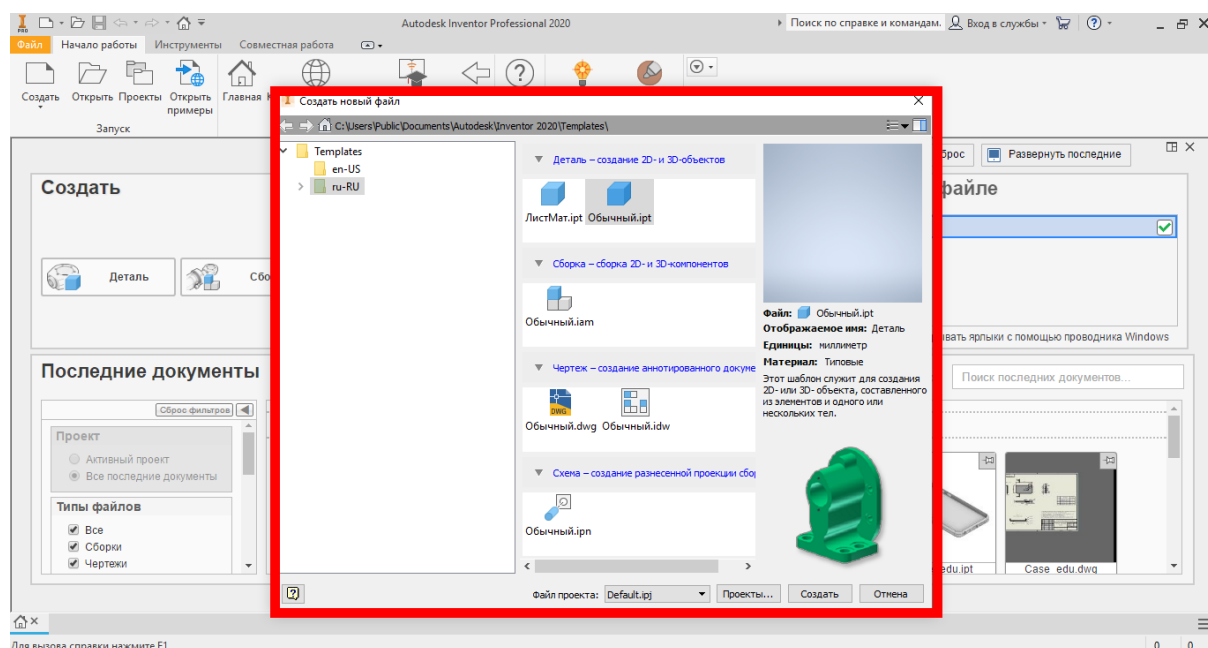


Рис. 4. Окно «Создать новый файл»

Открывается окно создания модели. Разберем области этого окна. Вверху расположена область модификаторов (Лента). В этой области расположены все функции и операции, с которыми необходимо работать в процессе создания моделей.

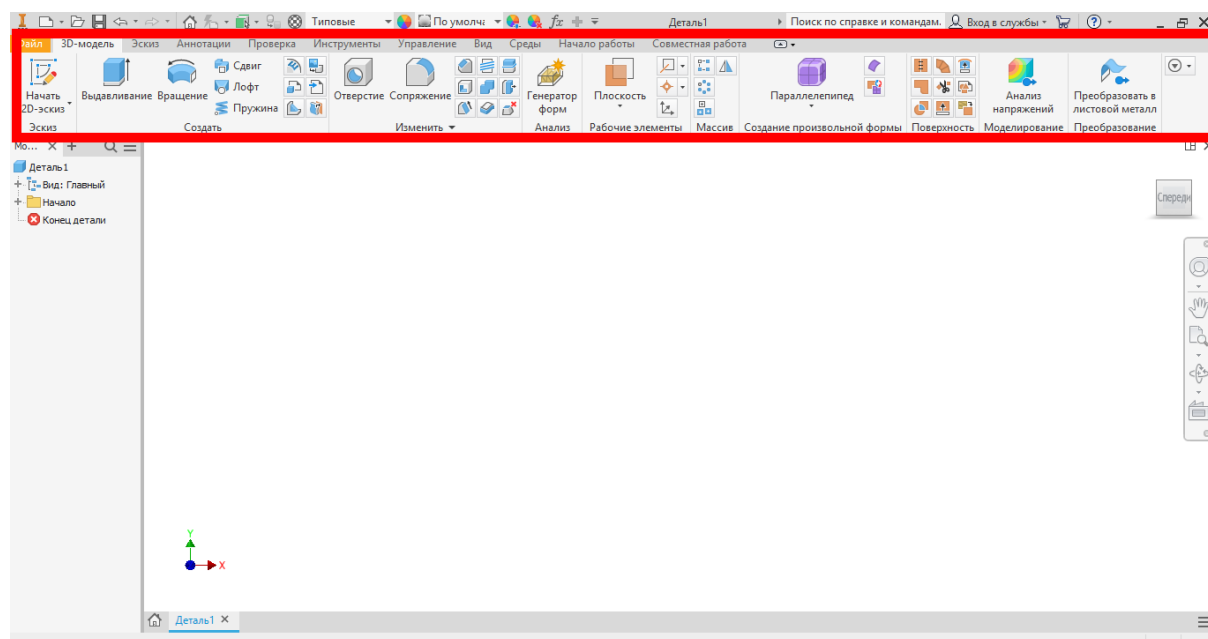


Рис. 5. Область ленты

В левой части экрана расположено дерево построений (Браузер). Любая операция, совершаемая в процессе моделирования, будет отражаться в дереве построений. В любой момент

мы можем внести исправления в ранее созданную операцию или эскиз, которые использовались при выполнении этой модели.

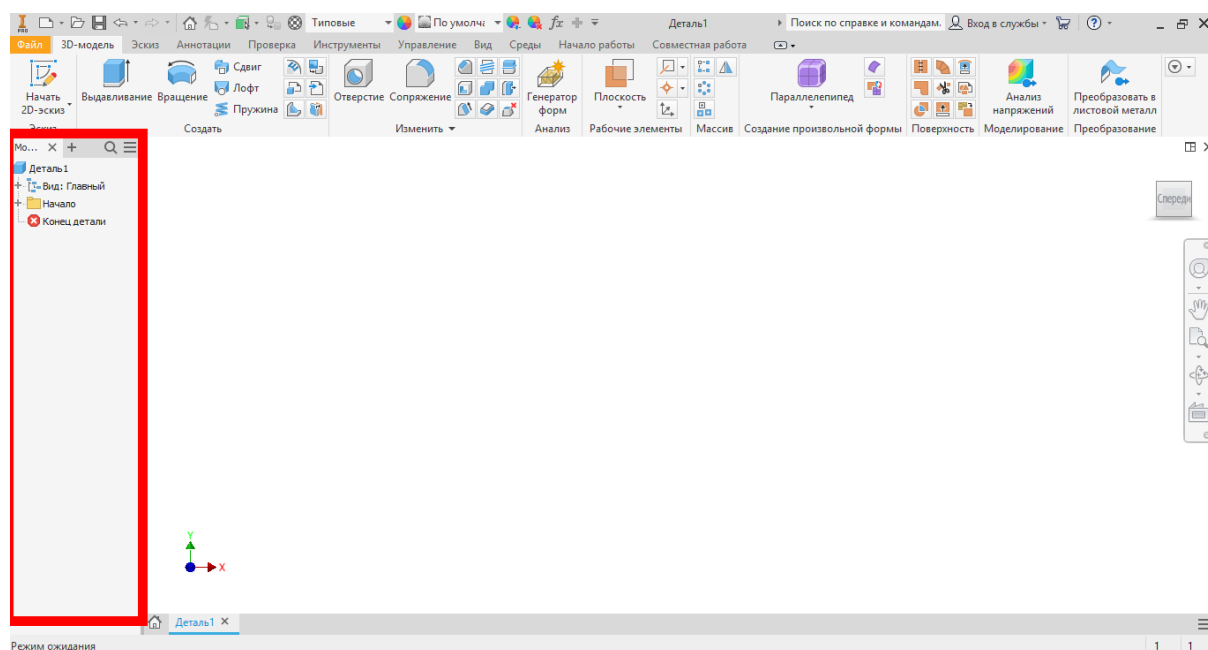


Рис. 6. Дерево построений модели

В правом верхнем углу расположен навигационный куб. С его помощью можно поворачивать модель так, как удобнее при построении.

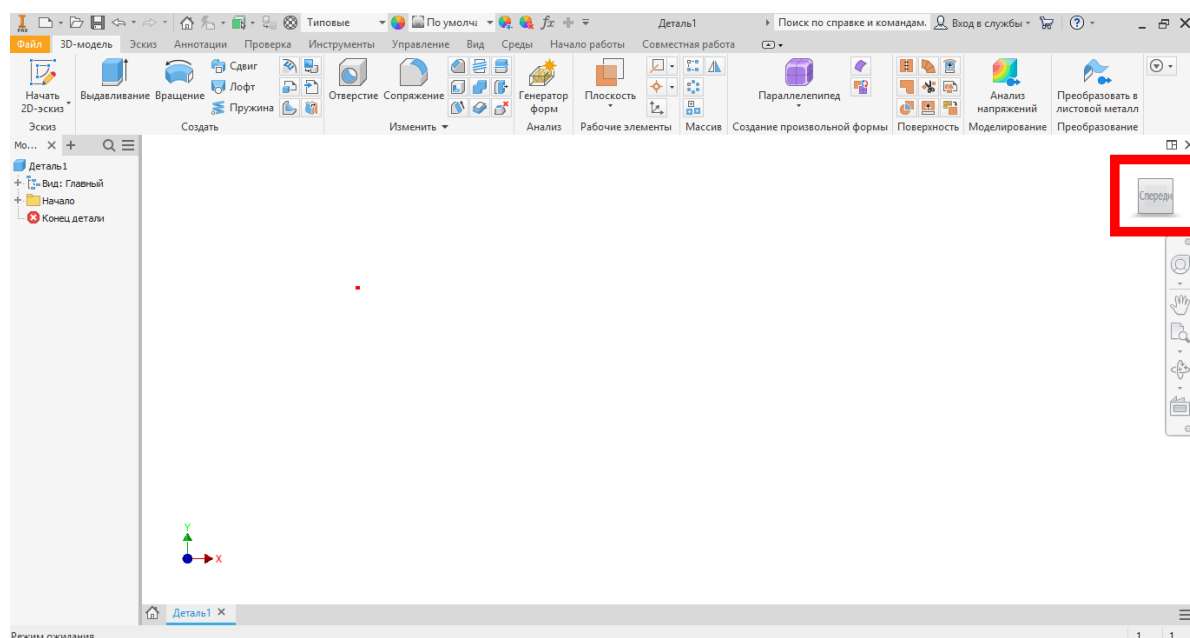


Рис. 7. Навигационный куб

В нижней части экрана расположены вкладки всех моделей, с которыми осуществляется работа в данный момент. Мы можем переключаться между ними в процессе работы.

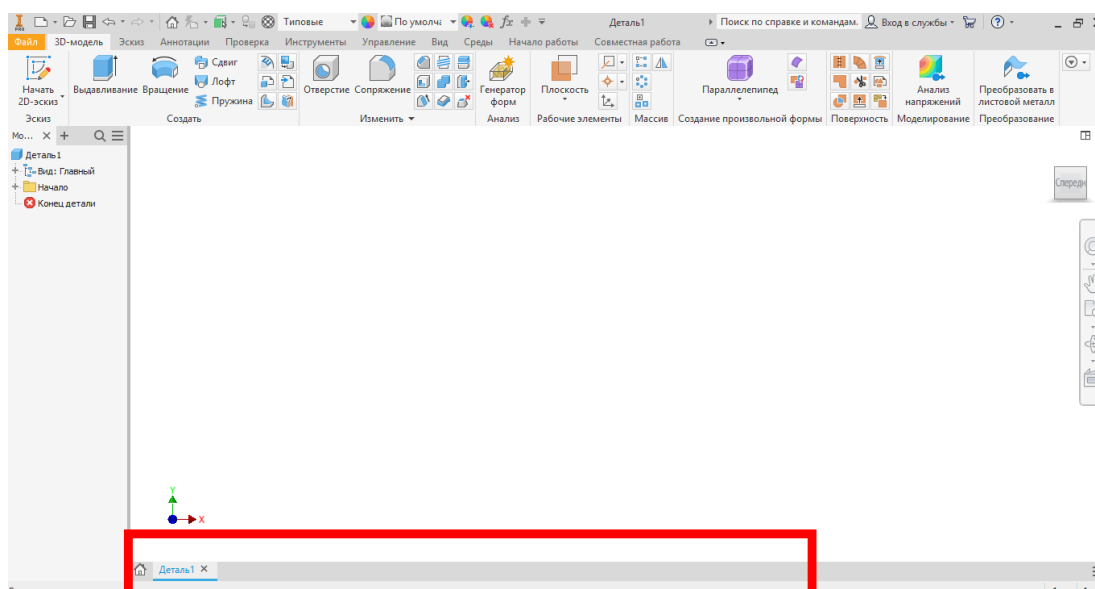


Рис. 8. Вкладка переключения между моделями

Мы познакомились с интерфейсом программы Autodesk Inventor и теперь можем приступать к моделированию.

Практическая часть

Базовая работа с эскизами

Построение любой модели начинается с эскиза. Эскиз – это плоский чертеж, по сути являющийся одним из проекционных видов модели. Выполняя операции над эскизом, получают объемные объекты.

Для удобства построений, включим видимость базовых координатных плоскостей.

Выделим все три плоскости, нажмем ПКМ и поставим галочку у надписи «Видимость».

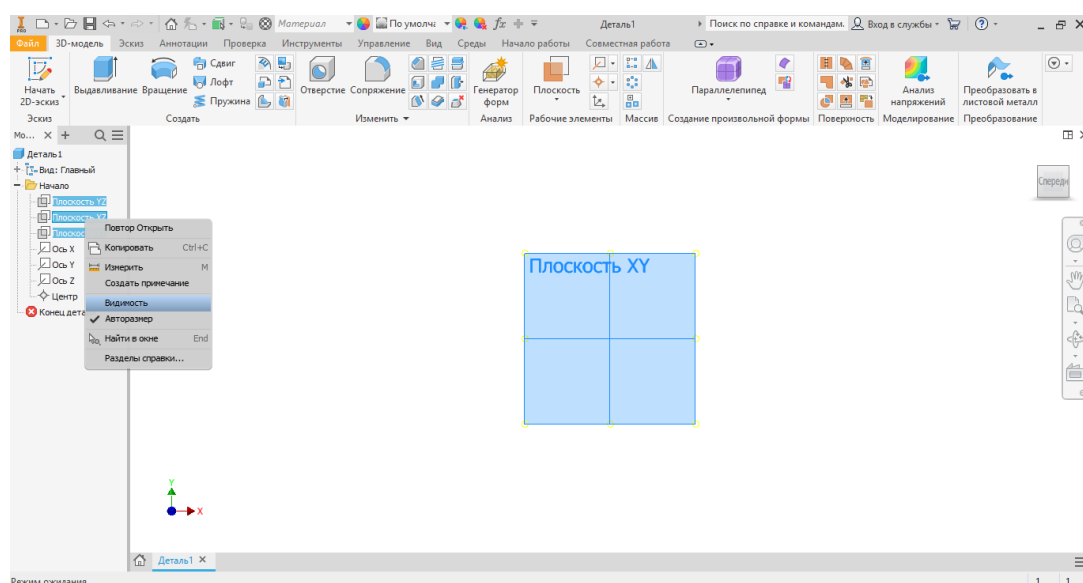


Рис. 9. Включение видимости базовых координатных плоскостей

Повернем видовой куб, чтобы увидеть расположение всех трех плоскостей.

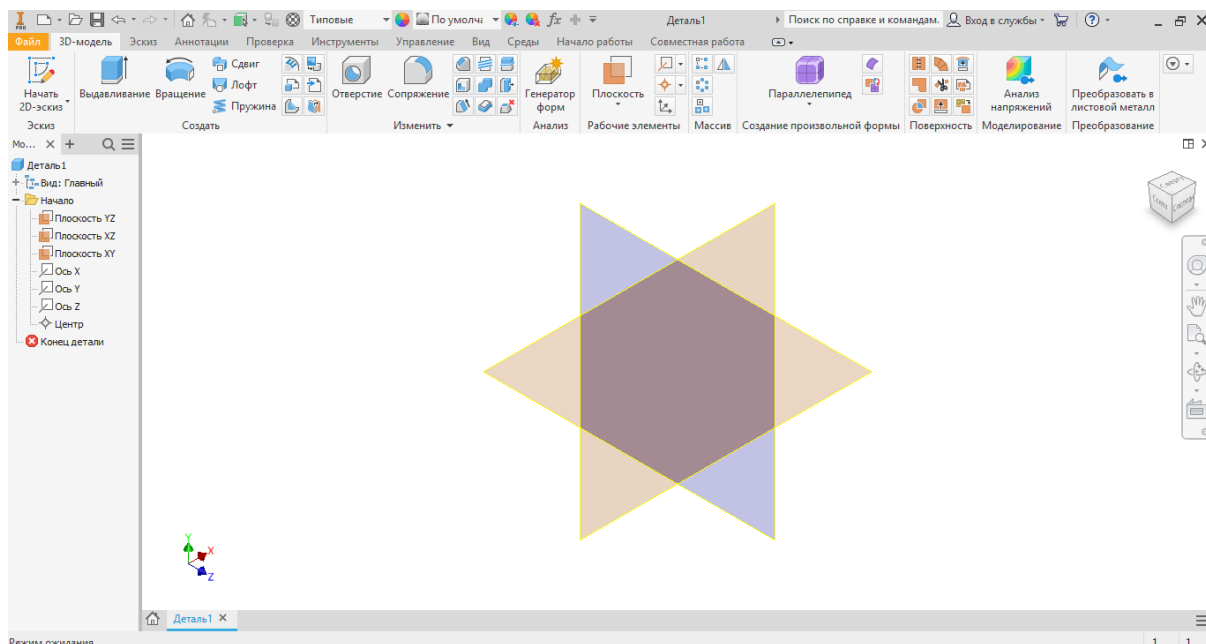


Рис. 10. Расположение базовых координатных плоскостей

Нажимаем на кнопку «Начать 2D-эскиз» и выбираем одну из плоскостей.

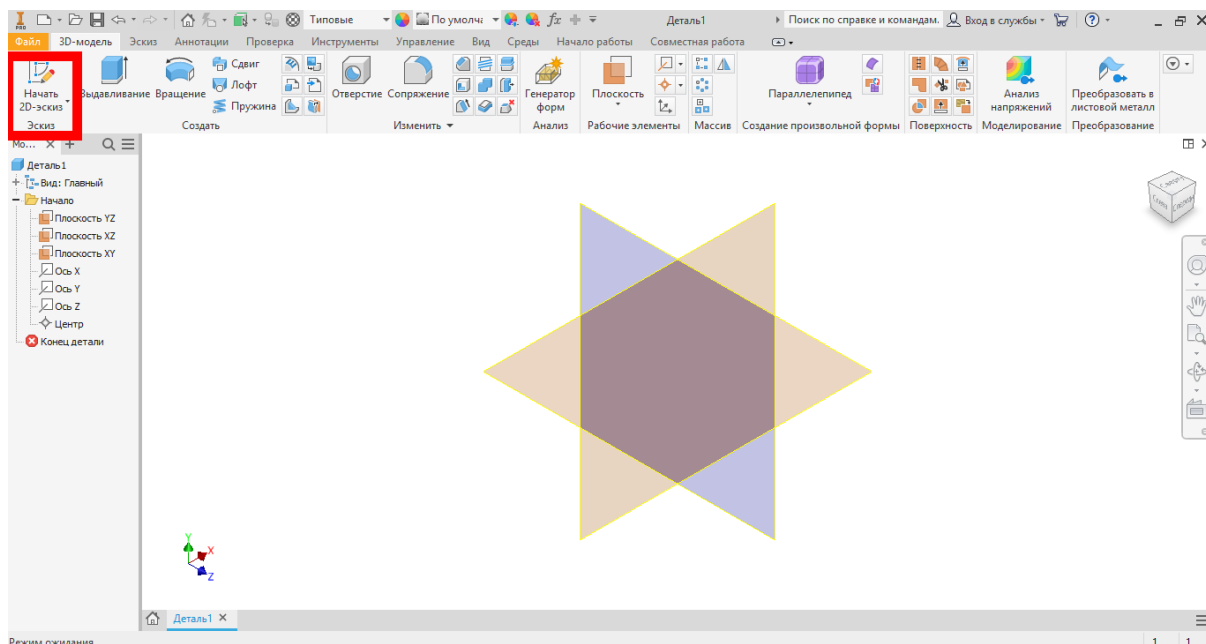


Рис. 11. Начало создания эскиза

Открылось меню построения эскизов. Познакомимся с имеющимися там инструментами.

1. «Отрезок». В данной вкладке мы можем переключаться между построениями прямых отрезков и разными вариантами построения кривых.

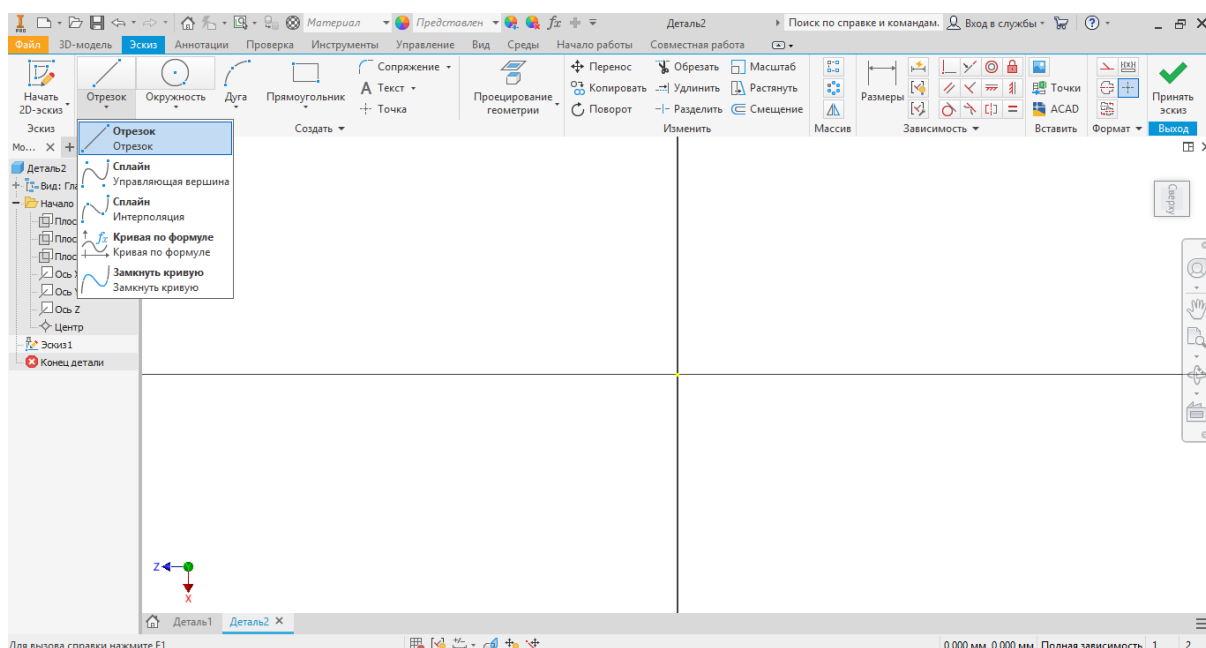


Рис. 12. Вкладка «Отрезок»

2. «Окружность». Доступно три варианта: построение окружности по центру и диаметру, построение окружности по касательным, а также построение эллипса по трем точкам.

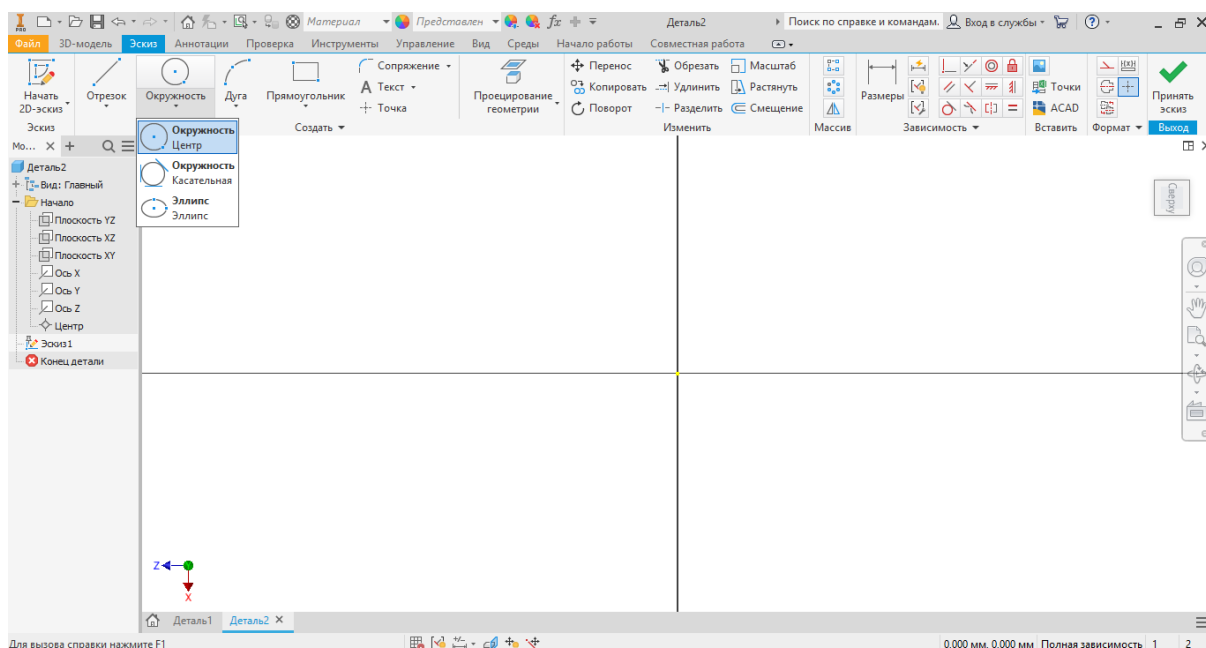


Рис. 13. Вкладка «Окружность»

3. «Дуга». Элемент дуга можно строить по трем точкам, по точке и касательной, а также с помощью указания центра и двух точек начала и конца дуги.

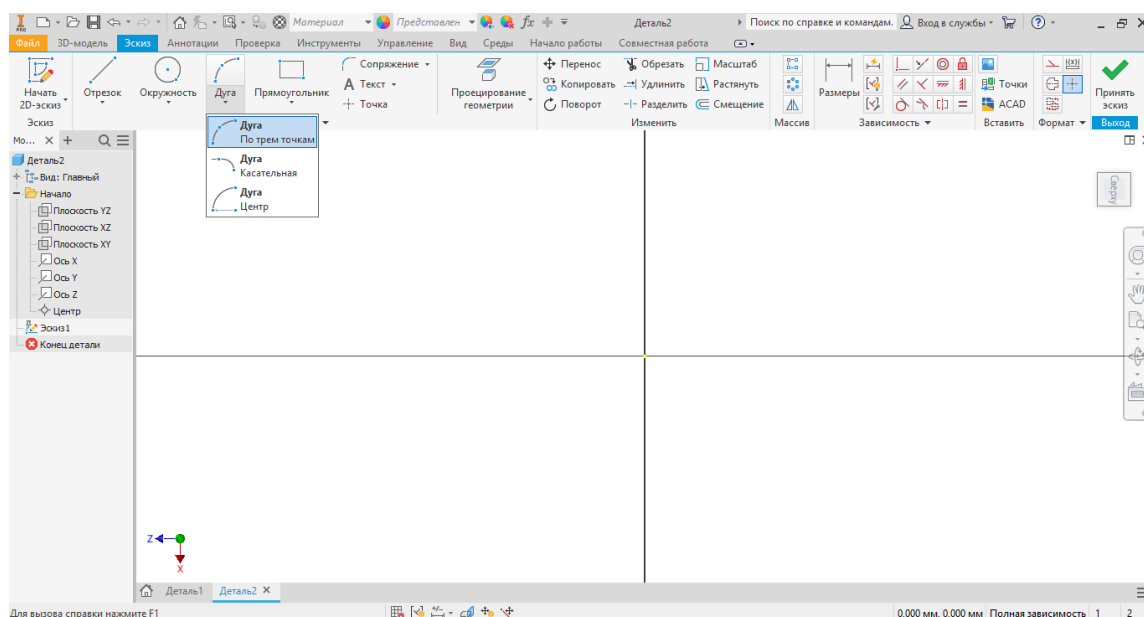


Рис. 14. Вкладка «Дуга»

4. «Прямоугольник». В этой вкладке находится большая часть плоских фигур, которые мы можем построить за несколько кликов. В рамках нашего курса в основном мы будем пользоваться функциями «Прямоугольник» и его вариантами, а также функцией «Многоугольник». Используя функцию «Многоугольник», мы можем построить любую правильный многоугольник.

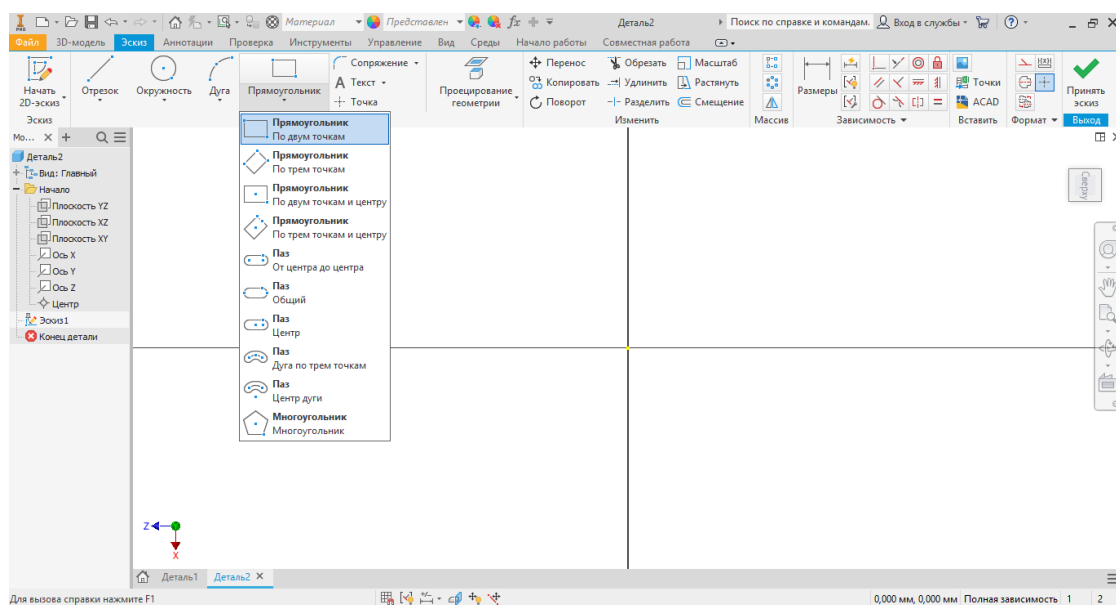


Рис. 15. Вкладка «Прямоугольник»

Познакомимся с этими функциями на примере построения дома и машины.

Сначала построим дом.

Постройте прямоугольник из центра координат. После того как Вы нажали ЛКМ первый раз в центре координат и начали отводить курсор в сторону, появился прямоугольник и два окошка, в которых можно с помощью ввода с клавиатуры указать точные размеры нашего прямоугольника. Переключение между полями ввода осуществляется нажатием кнопки «Tab». Построим квадрат со сторонами 10х10 мм.

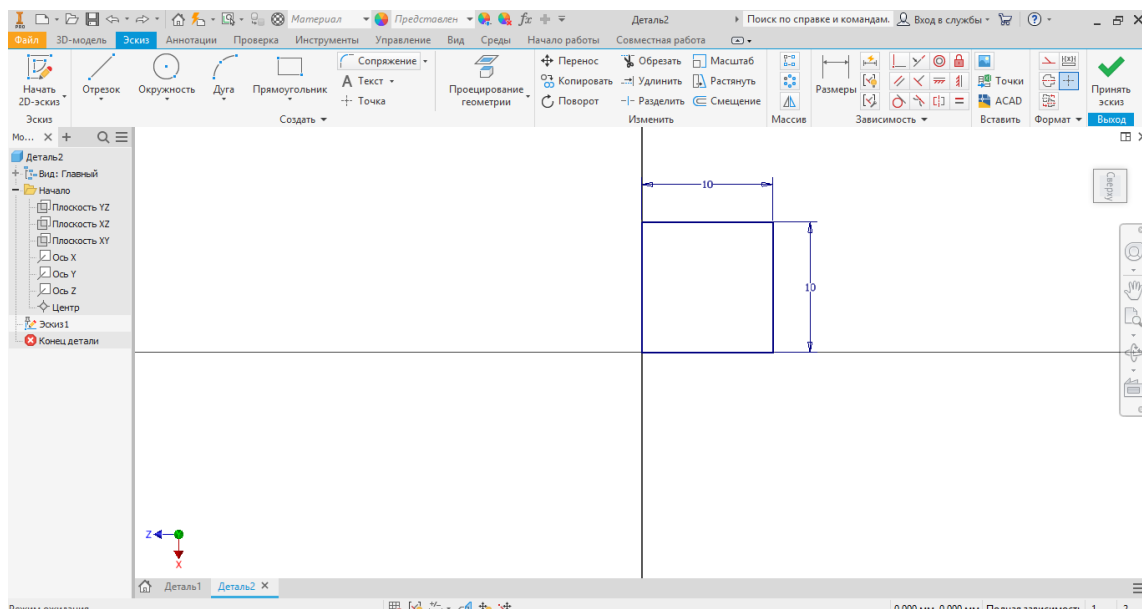


Рис. 16. Построение прямоугольника

Далее с помощью команды «Отрезок» построим крышу, окна и дверь. Для того чтобы построить отрезок, необходимо выбрать две точки: начало и конец отрезка.

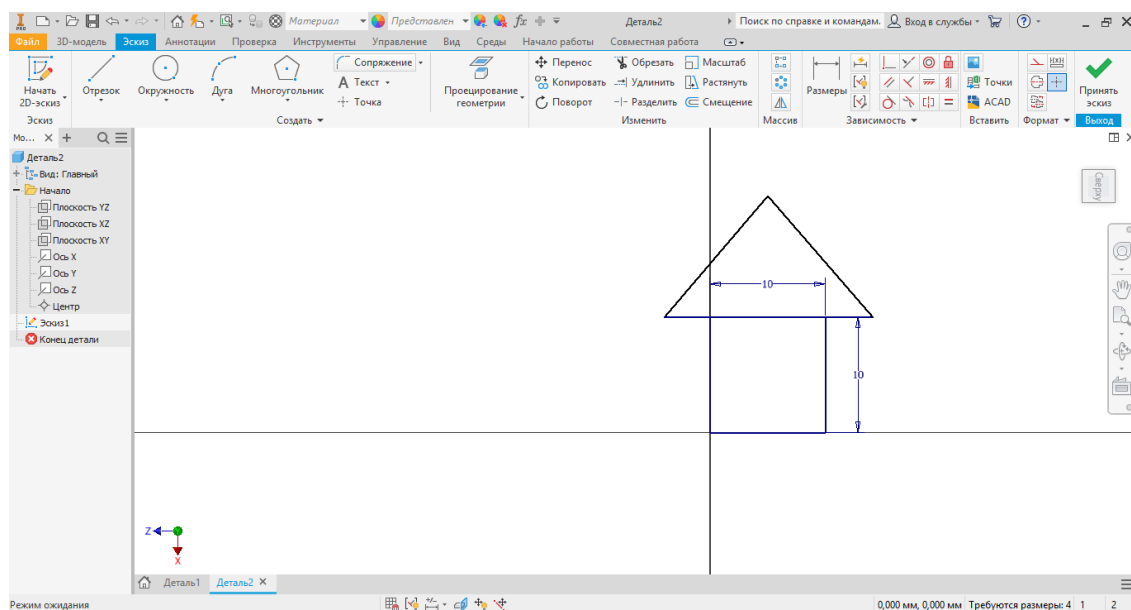


Рис. 17. Пример эскиза с домом

По мере выполнения предложите выполнить учащимся ещё несколько заданий на создание эскизов. Например, машина, звезда, ракета, луноход.

Практическая работа №3

Изучение операции «Выдавливание» на примере моделирования настольного органайзера

Цель работы: изучение операции «Выдавливание»

Объем: 1 час

Задание: создать модель настольного органайзера

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

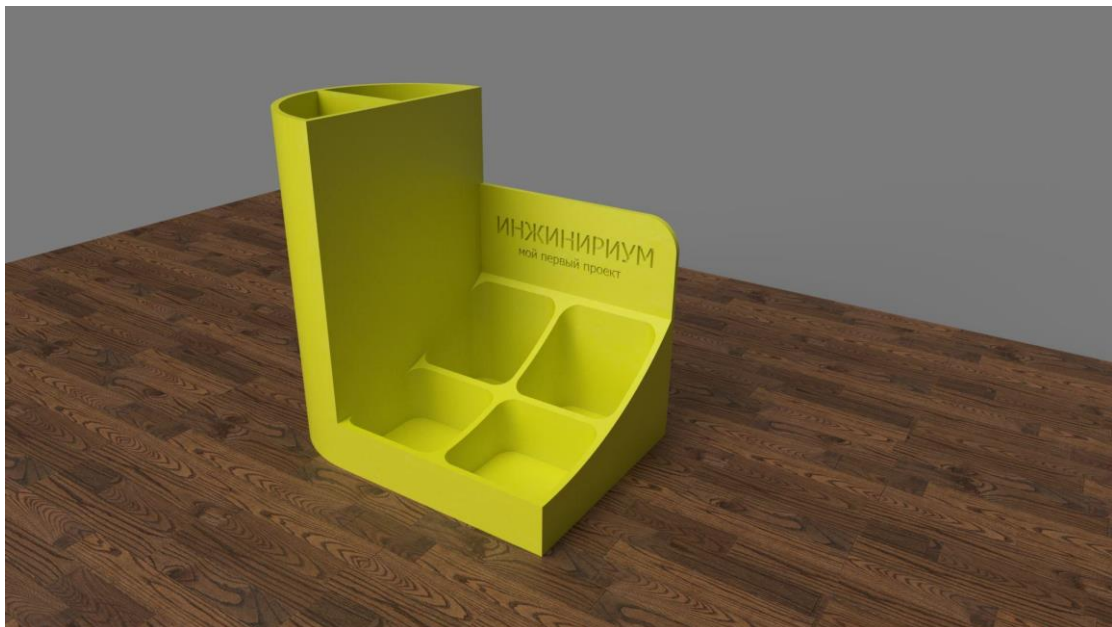


Рис. 1. Рендер итогового проекта «Органайзер»

Операцией в среде Inventor принято называть ту манипуляцию, которая при взаимодействии с 2D-эскизом, трансформирует его в 3D-объект, поверхность или же редактирует уже созданный 3D-объект. Существует 4 основных формообразующих операции:

1. Выдавливание
2. Вращение
3. Сдвиг
4. Лофт

Все основные формообразующие операции находятся во вкладке «3D модель», в верхней части экрана. в рамках текущего занятия рассмотрим операцию «Выдавливание».

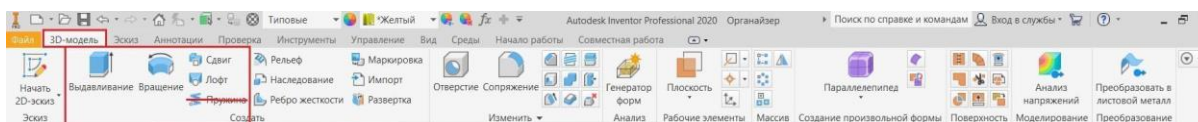


Рис. 2. Формообразующие операции на ленте модификаторов

Создадим новый документ с типом «Деталь». Начнем моделирование с создания 2D-эскиза в горизонтальной базовой плоскости.

Создаем эскиз, используя инструменты прямоугольник по центральной точке и окружность. Из начала координат строим квадрат со стороной 70 мм. На середине левой стороны квадрата строим окружность диаметром 70 мм.

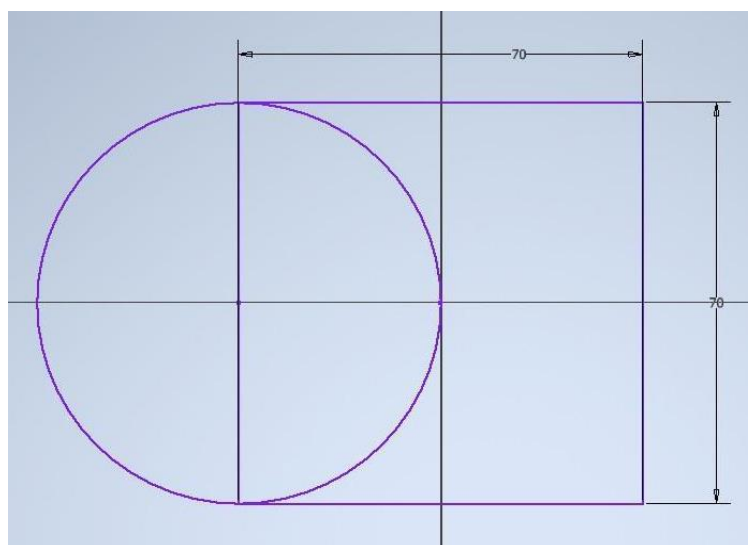


Рис. 3. Эскиз, состоящий из квадрата и окружности

Используем инструмент «обрезать» и удаление элементов через их выбор ЛКМ и нажатие клавиши «Del», чтобы удалить лишнюю геометрию. Далее проставляем размеры.

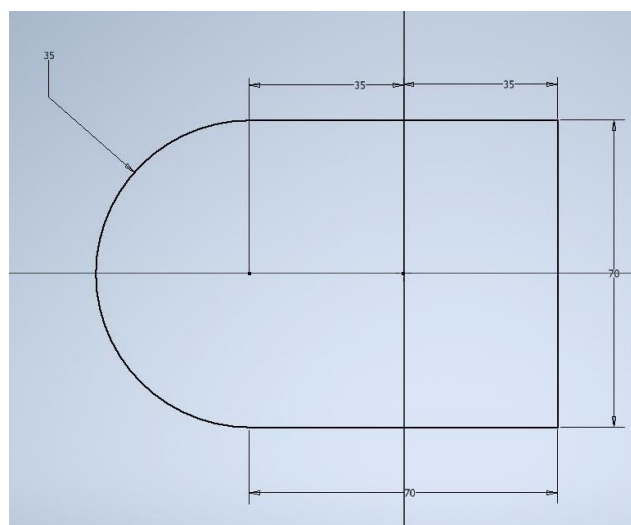
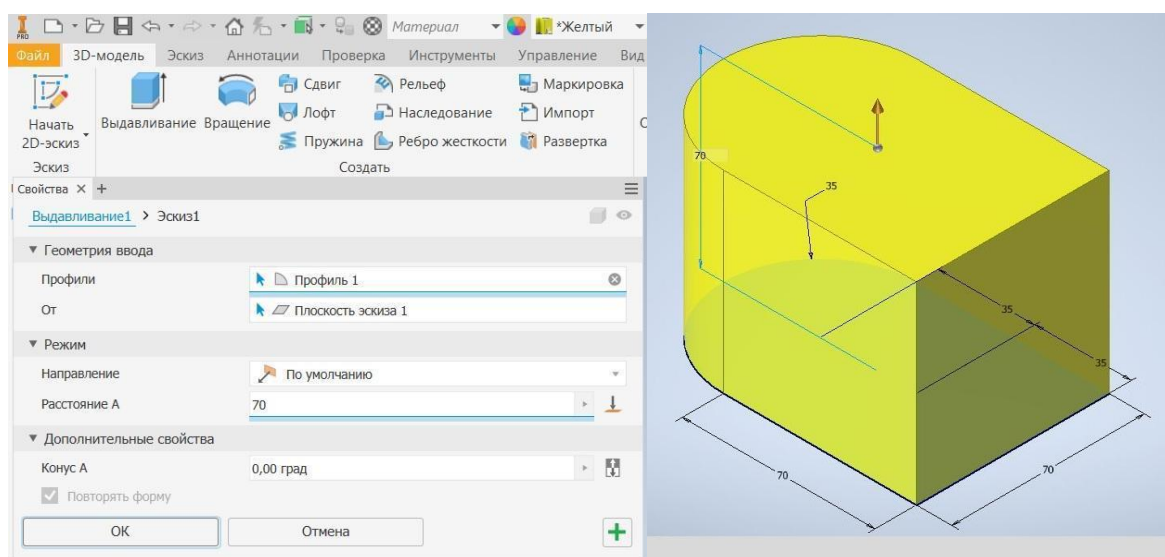
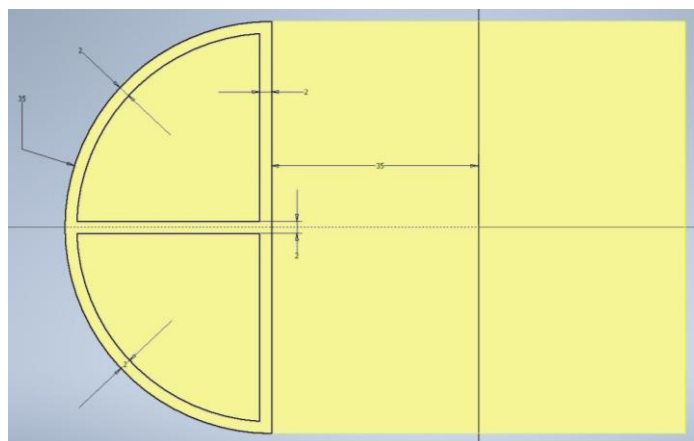


Рис. 4. Финальный эскиз основания органайзера

Принимаем эскиз. Переходим в вкладку «Создать» и выбираем операцию «Выдавливание». Задаем расстояние для выдавливания равное 100 мм и применяем операцию.

**Рис. 5.** Результат применения операции «Выдавливание» к эскизу

Далее создаем новый эскиз на верхней плоской грани объекта. В эскизе необходимо сформировать два замкнутых контура, каждый из которых является четвертью окружности, контур следует формировать, применяя такие инструменты как «дуга по трем точкам», «отрезок» при желании также можно воспользоваться функцией «смещение».

**Рис. 6.** Эскиз на верхней плоскости

После построения эскиза и расстановки всех пояснений, необходимо применить операцию выдавливание на два замкнутых контура. В этот раз следует использовать замкнутый контур в качестве профиля выреза, для этого необходимо в строке «логический» выбрать соответствующую

иконку - «вырезать». При необходимости стоит поменять и направление операции, также выбрав соответствующую иконку. В строке «расстояние» указываем глубину выдавливания 98 мм.

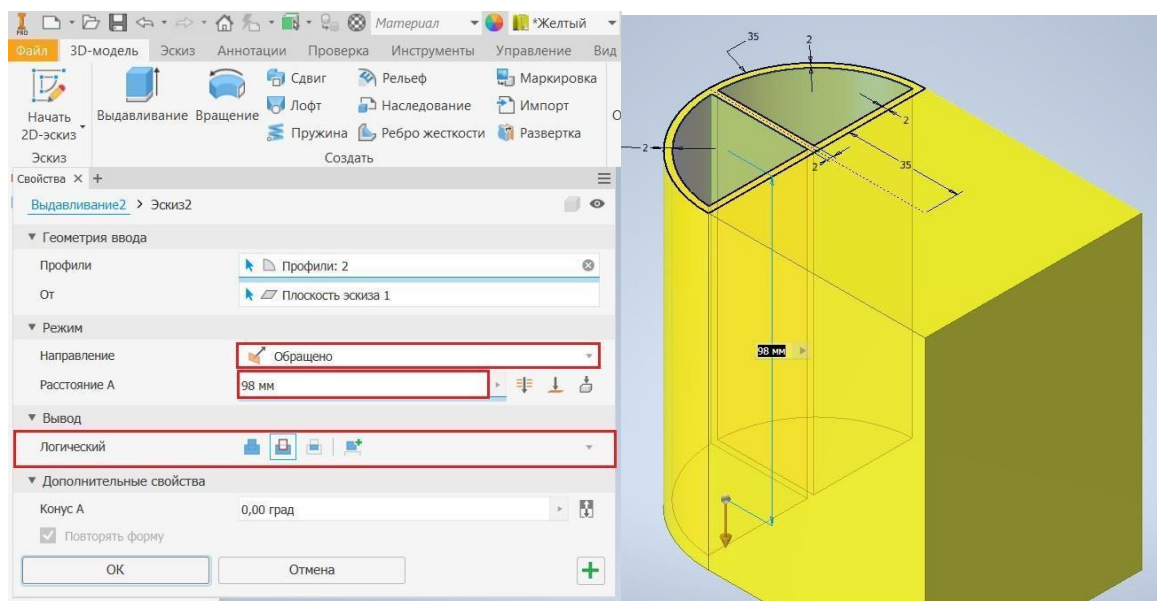


Рис. 7. Вырезание выдавливанием

Далее создадим эскиз на боковой, плоской грани заготовки. При построении эскиза следует использовать тот же набор инструментов, что использовался при построении предыдущего эскиза. Затем используем данный замкнутый контур в качестве профиля и применяем операцию выдавливание с вырезанием. Расстояние выдавливания 70 мм.

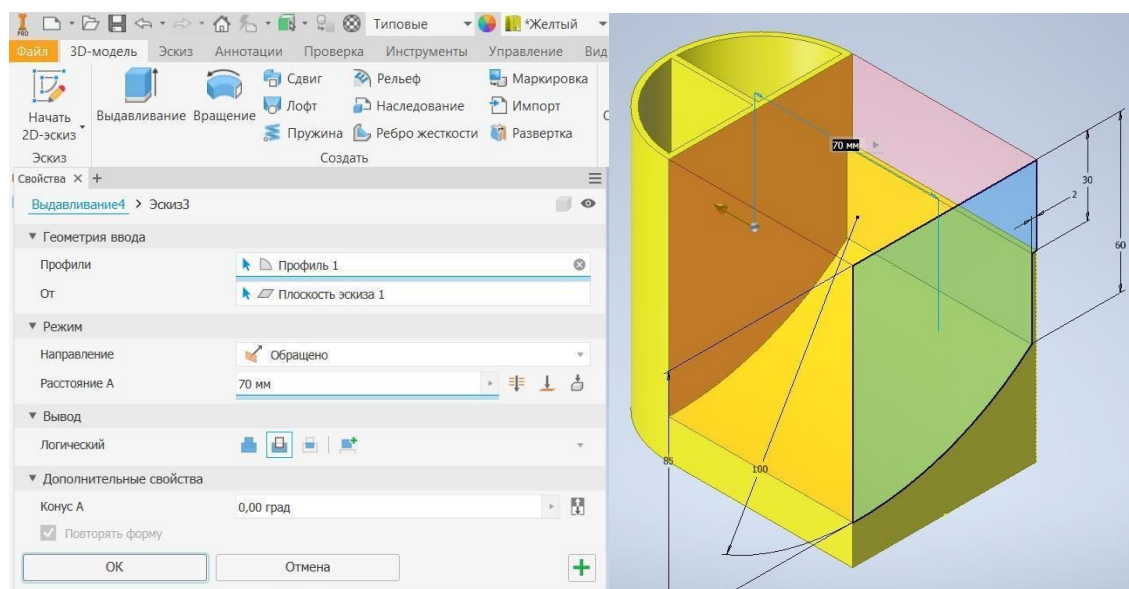


Рис. 8. Получение криволинейной поверхности

Следующим формообразующим действием будет являться создание отверстий под мелкие канцелярские принадлежности на криволинейной грани, которая образовалась в результате предыдущей операции. Эскиз должен лежать на плоскости, которая параллельна базовой горизонтальной плоскости. После создания эскиза, применяем операцию «выдавливание» с вырезанием. Глубину выдавливания стоит устанавливать таким образом, чтобы толщина дна составляла не менее 2 мм.

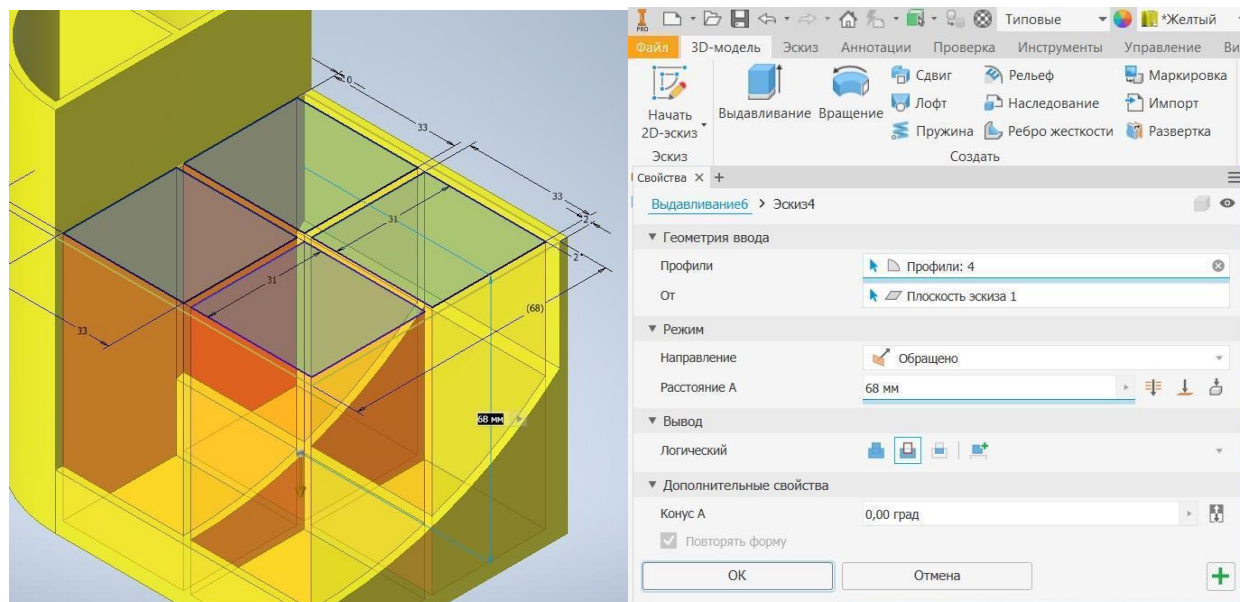


Рис. 9. Получение отверстий под канцелярские принадлежности

Далее, по желанию, применяются инструменты «фаска» и «сопряжение». Органайзер готов.

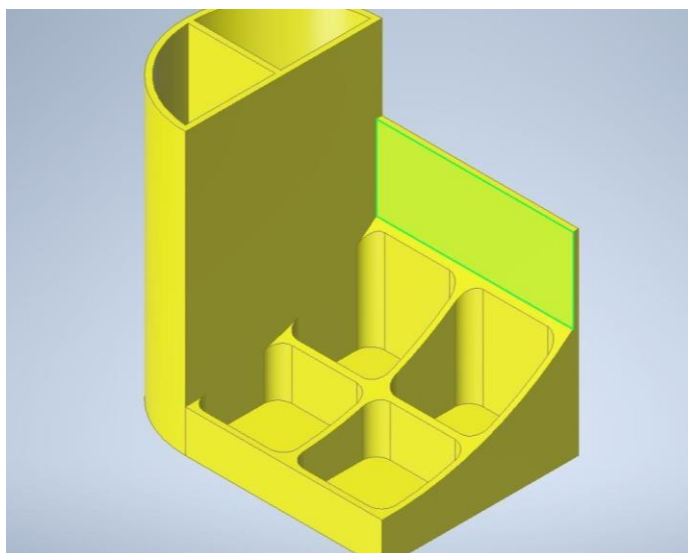


Рис. 10. Выполнение скруглений и фасок

Лабораторная работа №4

Изучение операций «Вращение» и «Сдвиг» на примере моделирования чаши Пифагора

Цель работы: Целью занятия является изучение операций «Вращение» и «Сдвиг».

Объем: 1 час.

Задание: создать модель чаши Пифагора.

Теоретическая часть

Устройство чаши Пифагора

Чаша Пифагора (или кружка жадности) — специальный сосуд, придуманный Пифагором. Согласно истории, заставляет человека пить в умеренных количествах, позволяя заполнить чашу лишь до определенного уровня. Если человек заполняет выше, то содержимое полностью выливается.

Считается, что Пифагор придумал эту кружку, чтобы все рабы пили одинаково, так как на Самосе было мало воды. Наливать воду нужно до определённой отметки, при превышении которой вода полностью вытекает из кружки. Также известна как Справедливая Чаша или Стакан Пифагора.

Кружка Пифагора выглядит снаружи как обычный сосуд для питья, но устроена как сифон. В центре кружки находится колонка, внутри которой проходит вертикальный канал, изогнутый вдвое. Канал изгибается в верхней части колонки и двумя концами опускается вниз, ко дну кружки. Оба конца выходят отверстиями в дне кружки, только один конец — внутрь кружки, у ее дна, а второй конец — наружу кружки, насквозь через дно. Дно изготовлено толстым, таким образом между выходными отверстиями имеется разница по высоте в несколько сантиметров.

Когда кружку наполняют, жидкость, согласно закону о сообщающихся сосудах, через внутреннее отверстие у дна кружки поднимается по одному рукаву канала. Пока жидкость наливают не выше места изгиба канала, — а на внутренней стенке кружки имеется буртик, отмечающий этот уровень, — кружкой можно пользоваться по назначению.

Когда жидкости наливают больше отмеченного уровня, она перетекает через внутренний изгиб канала во второй рукав, сифон включается и жидкость выливается через сквозное отверстие в дне кружки наружу. При этом сосуд опустошается полностью.



Рис. 1. Чаша Пифагора

Практическая часть

Процесс моделирования

Процесс моделирования данного изделия состоит в создании тела кружки в несколько относительно простых этапов, а затем в создании в этом теле скрытого канала, необходимого для работы устройства.

Создадим эскиз, как показано на рисунке, затем, при помощи операции «Вращение» (в качестве оси вращения используем отрезок 150 мм) создадим тело.

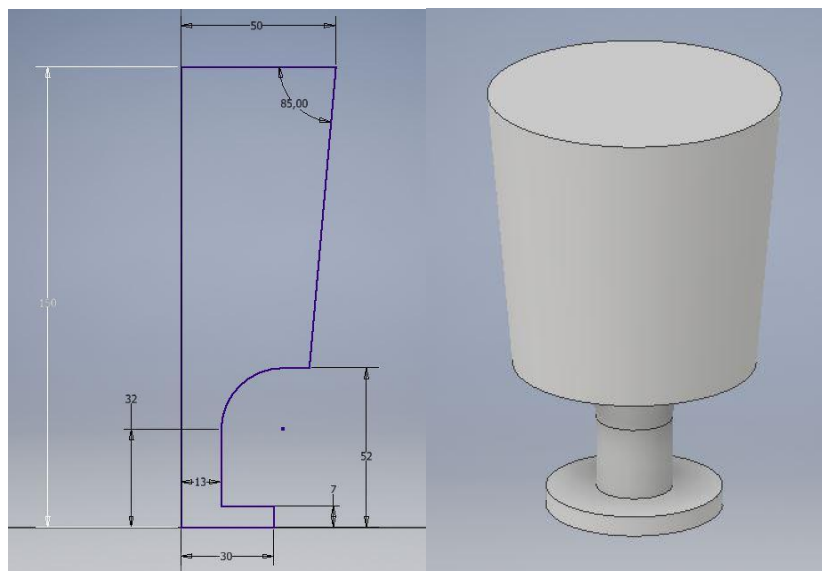


Рис. 2. Эскиз и полученное тело вращения

На одной из базовых плоскостей, проходящей через ось детали, создадим эскиз, как показано на рисунке (центр дуги выровнять с серединой детали по вертикали) и вырежем его операцией «Вращение».

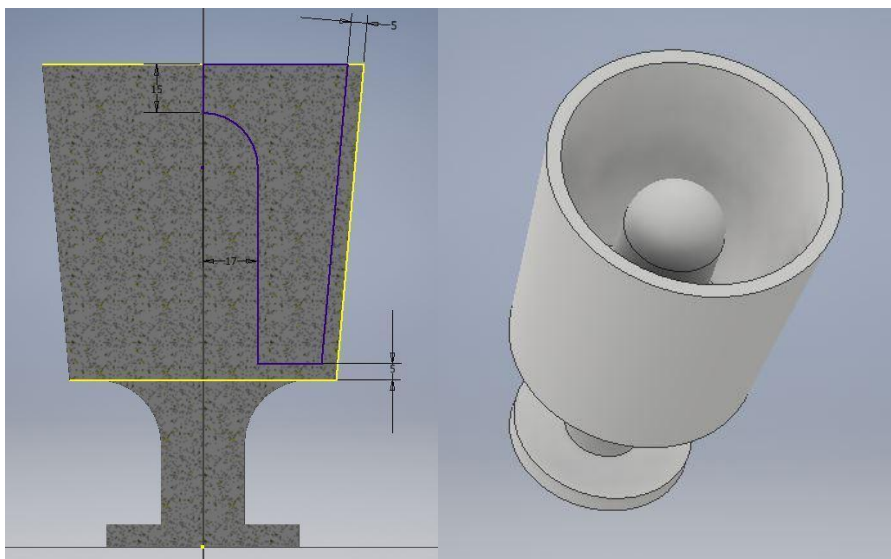


Рис. 3. Вращение с вычитанием

На той же базовой плоскости, что и в прошлом шаге, создадим эскиз в виде оси канала сифона, как показано на рисунке, и примем его.

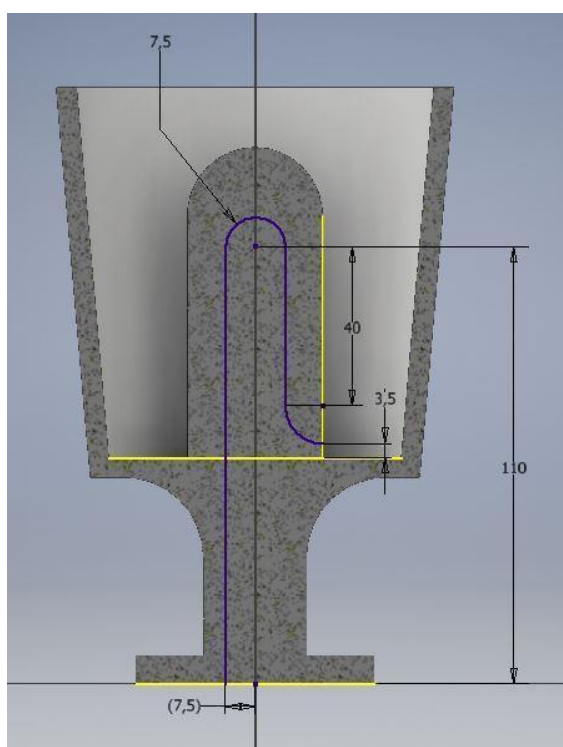


Рис. 4. Эскиз канала сифона

На нижнем торце детали изобразим эскиз сечения канала сифона, как показано на рисунке, примем его, и затем, при помощи операции «Сдвиг», создадим вырез в виде канала. Окружность является профилем, а эскиз, изображенный на рис. 4 - траекторией.

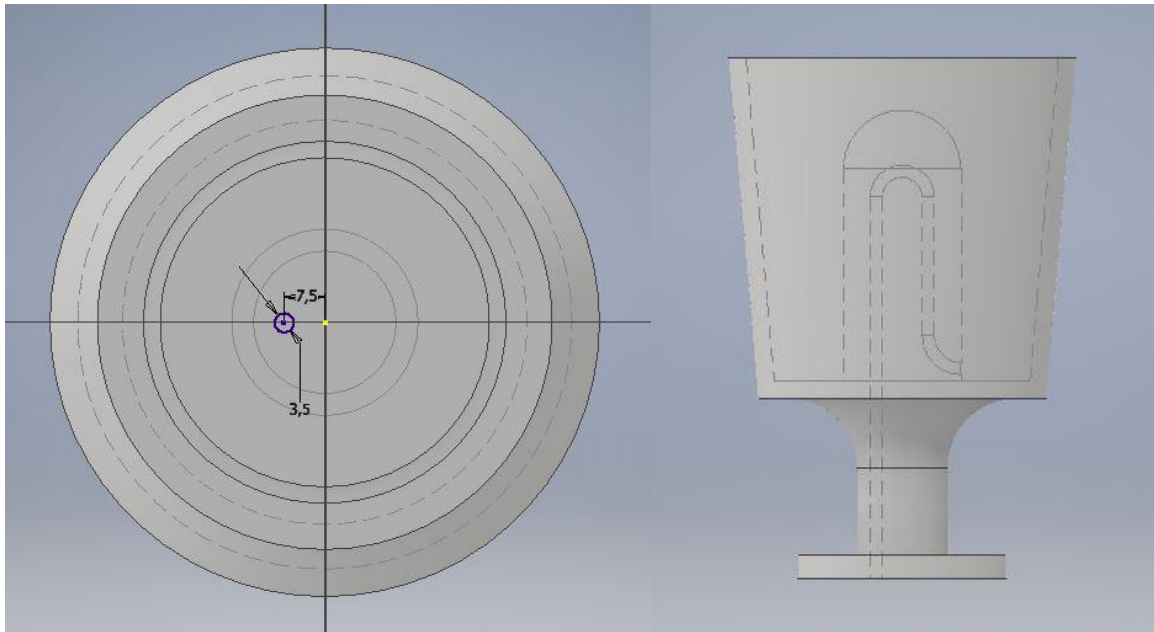


Рис. 5. Эскиз сечения сифона и результат операции «Сдвиг»

Добавим эстетические элементы в виде утолщений по контуру изделия и буртик, задающий максимально допустимый объем жидкости. На базовой плоскости, используемой ранее, создадим эскиз, как показано на рисунке и выдавим его при помощи инструмента «Вращение» с добавлением к ранее смоделированному телу. Не забываем о необходимости создать в эскизе осевой отрезок в середине детали.

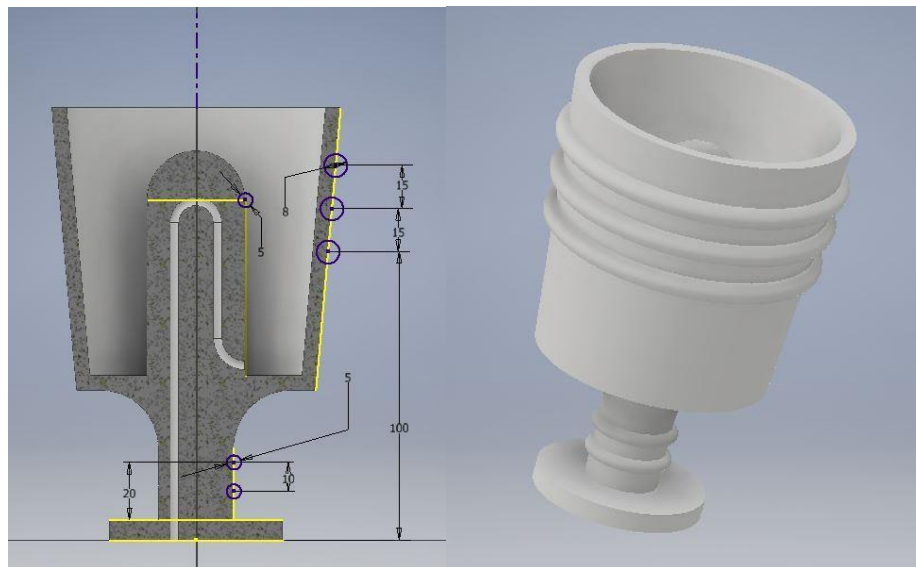


Рис. 6. Моделирование декоративных элементов

Добавим декоративные скругления, как показано на рисунке и сохраним деталь.

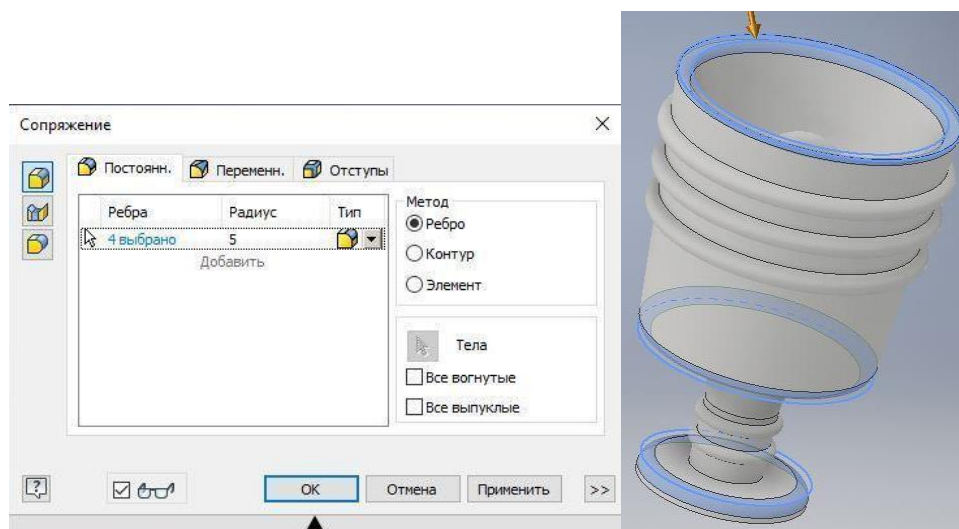


Рис. 7. Выполнение скруглений

Лабораторная работа №5

Оформление чертежа и визуализация модели

Цель работы: Целью занятия является изучение интерфейса создания чертежа по модели и работа в среде Inventor Studio.

Объем: 1 час.

Задание: оформить чертеж по ранее созданной модели, получить фотореалистичное изображение.

Практическая часть

Создание чертежа чаши Пифагора

Создадим файл чертежа. В дереве построений выберем формат листа А4, дважды нажав на соответствующее название ЛКМ и подтвердив операцию. Добавим на лист главный вид.

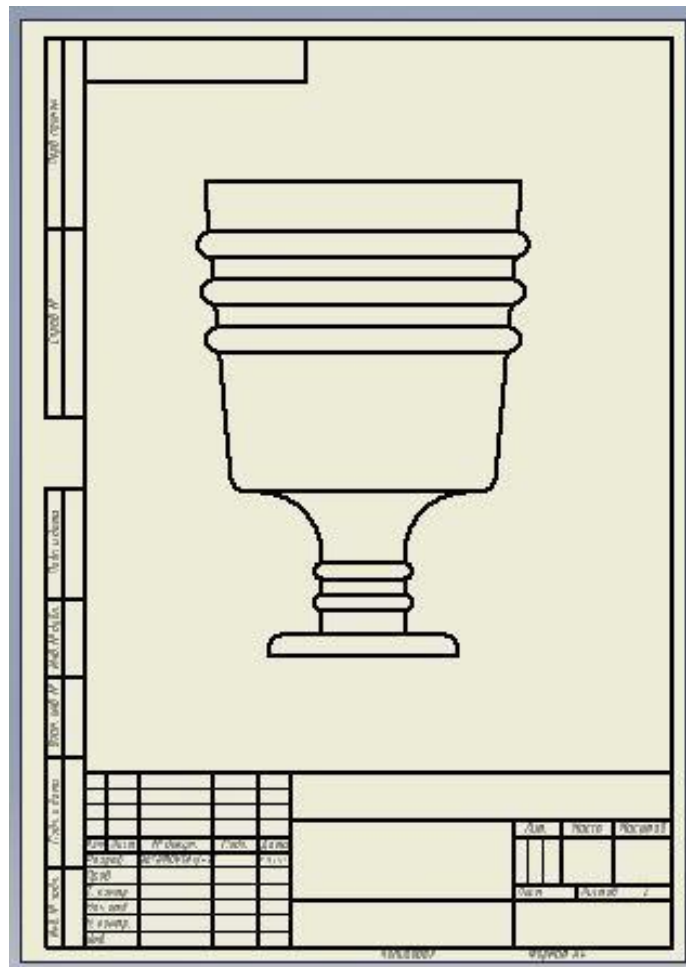


Рис. 1. Расположение базового вида на листе чертежа

На данном чертеже необходимо показать внутренние поверхности, поэтому создадим разрез при помощи инструмента «Местный разрез». Для этого перейдем во вкладку «Эскиз». и при помощи прямоугольника создадим эскиз на главном виде. Этот эскиз будет являться областью, для которой выполняется разрез. Примем эскиз.

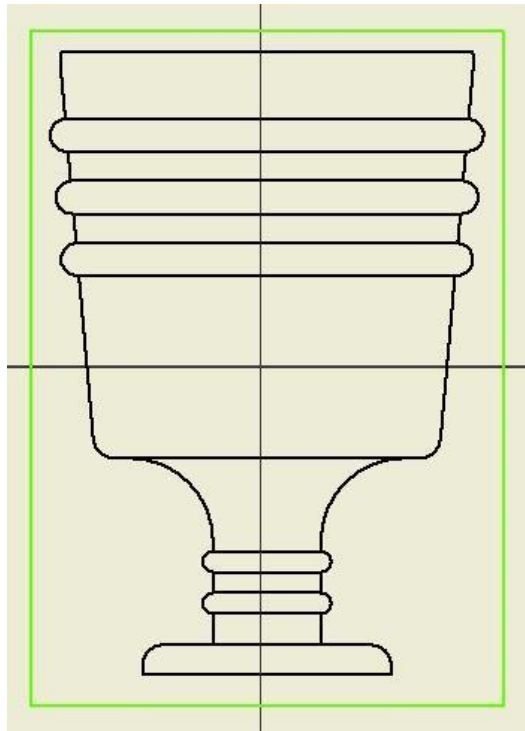


Рис. 2. Пример эскиза для выполнения местного разреза

Выберем инструмент «Местный разрез» и нажмем на вид. В появившемся окне выберем эскиз прямоугольника в графе «эскиз» и зададим точку, принадлежащую секущей плоскости (например, правую верхнюю) в графе «от точки». Примем операцию.

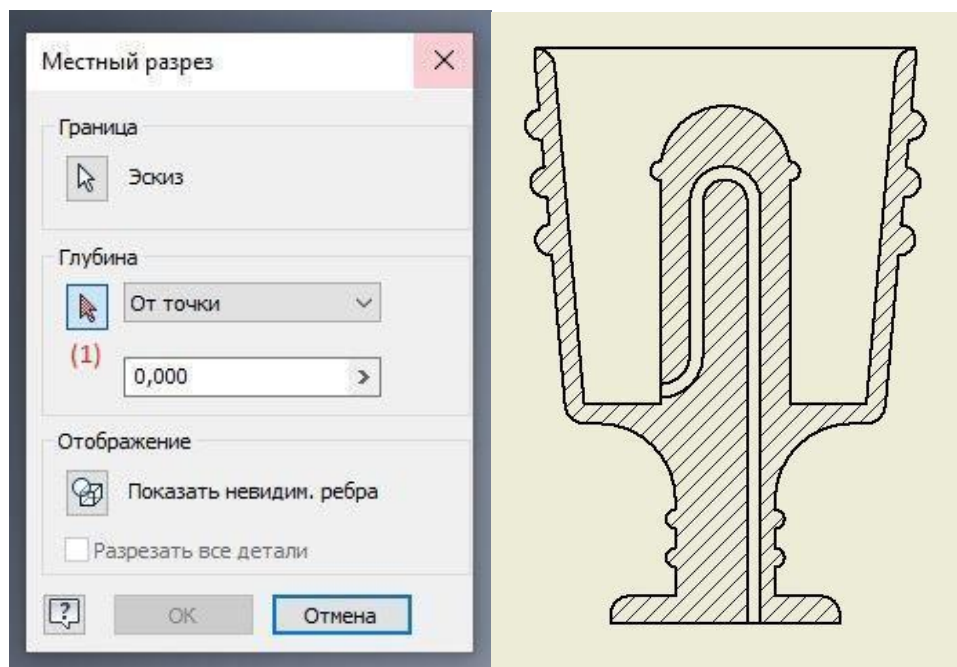


Рис. 3. Выполнение разреза

Изменим цвет модели на «Золотой». Перейдем во вкладку «Вид», и изменим параметры отображения модели, как показано на рис. 5.



Рис. 4. Выполнение размеров и осей

В завершении заполним основную надпись и сохраним чертеж.

Рендеринг модели

Изменим цвет модели на «Золотой». Перейдем во вкладку «Вид», и изменим параметры отображения модели, как показано на рис. 5.

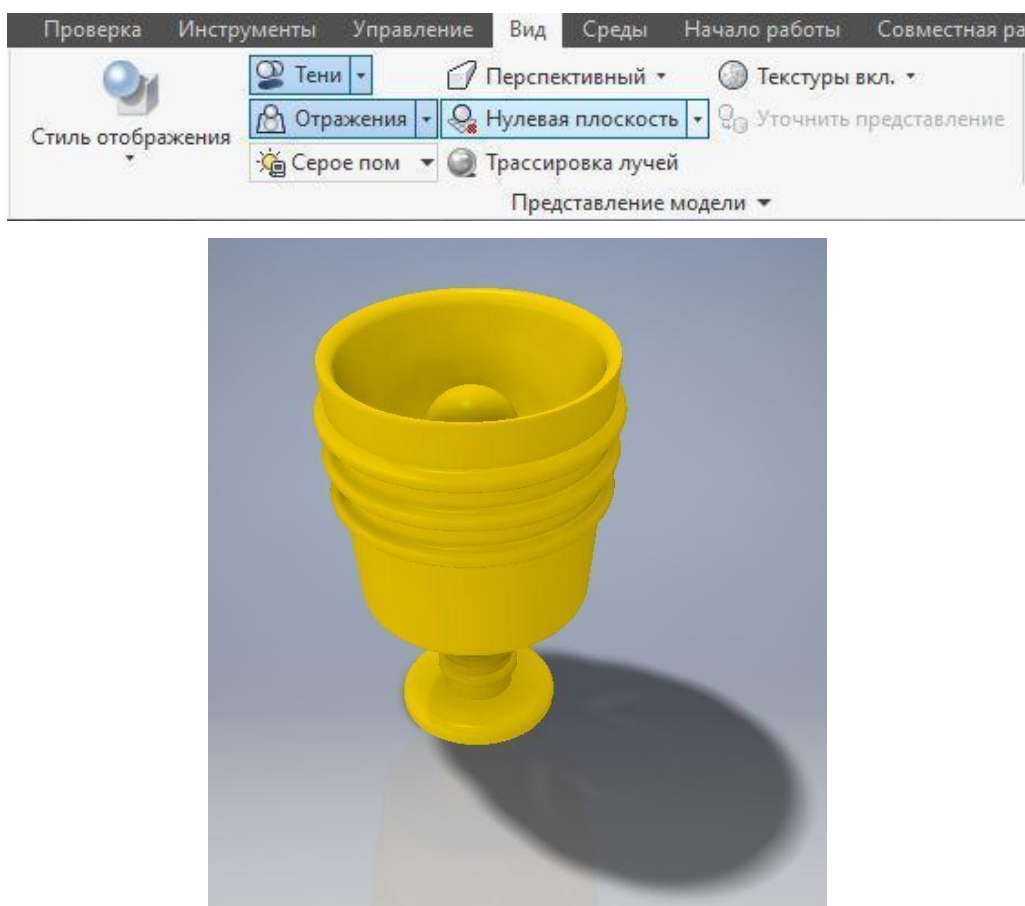


Рис. 5. Настройка параметров отображения модели

Перейдем на вкладку «Среды» и выберем инструмент «Inventor Studio».

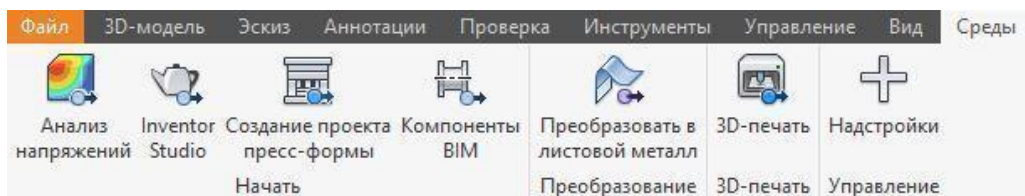


Рис. 6. Вкладка среды

При помощи видового куба выставим камеру так, чтобы хорошо видеть все стороны модели, и выберем инструмент «Визуализация изображения». В появившемся окне установим разрешение итогового изображения – 1920x1080. Вторую вкладку оставим неизменной, а третью настроим согласно рис. 7. Нажмем кнопку «Визуализация» для запуска процесса рендеринга изображения.

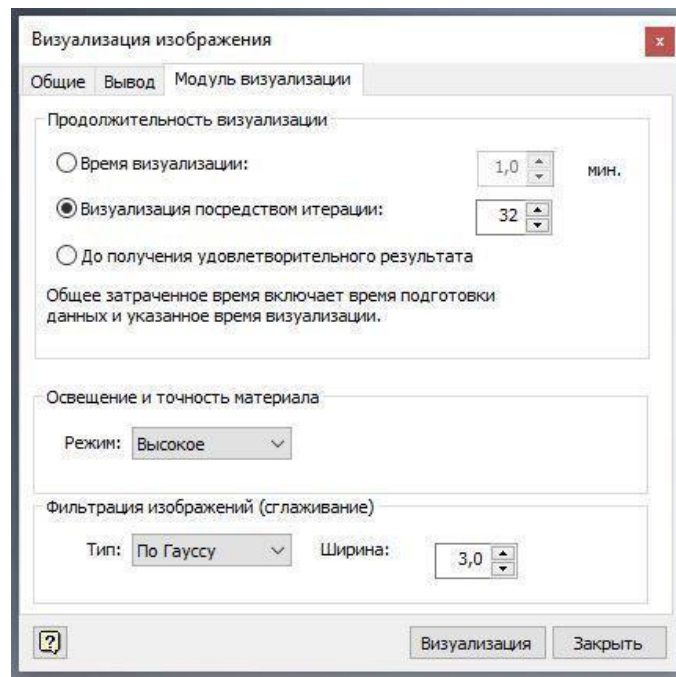


Рис. 7. Настройки окна «Визуализация изображения»

По завершении процесса рендеринга (зеленая полоса сверху окна), нажмем на иконку «Сохранить» в правом верхнем углу и выберем путь для файла с изображением. После этого можно закрыть окно визуализации.



Рис. 8. Фотореалистичное изображение модели

Лабораторная работа №6

Проект «Блок». Моделирование деталей

Цель работы: Целью занятия является изучение устройства и классификации блоков, моделирование деталей.

Объем: 1 час.

Задание: изучить устройство, классификацию и применение блоков, смоделировать детали «Втулка» и «Палец».

Теоретическая часть

Устройство, классификация и применение блоков

Блок — простое механическое устройство, позволяющее уменьшить силу, необходимую для перемещения груза. Представляет собой колесо с желобом по окружности, вращающееся вокруг своей оси: желоб предназначен для каната, цепи, ремня и т. п., к которому присоединен перемещаемый груз. Фактически, любой блок представляет собой рычаг: в случае неподвижного блока — равноплечий.

Существуют два типа блоков – подвижный и неподвижный.

Неподвижный блок закреплен в обоймах на балке или стене. Примерами использования таких блоков могут быть различные подвесы для легких грузов.

Подвижный блок закреплен в обоймах, к которым прикрепляется груз, и блок вместе с ними может двигаться: менять величину силы. Если концы верёвки, обхватывающей блок, составляют с горизонтом равные между собой углы, то действующая на груз сила относится к его весу, как радиус блока к хорде дуги, охваченной канатом; отсюда, если веревки параллельны (то есть, когда дуга, охватываемая веревкой, равна полуокружности), то для подъёма груза потребуется сила вдвое меньше, чем вес груза.

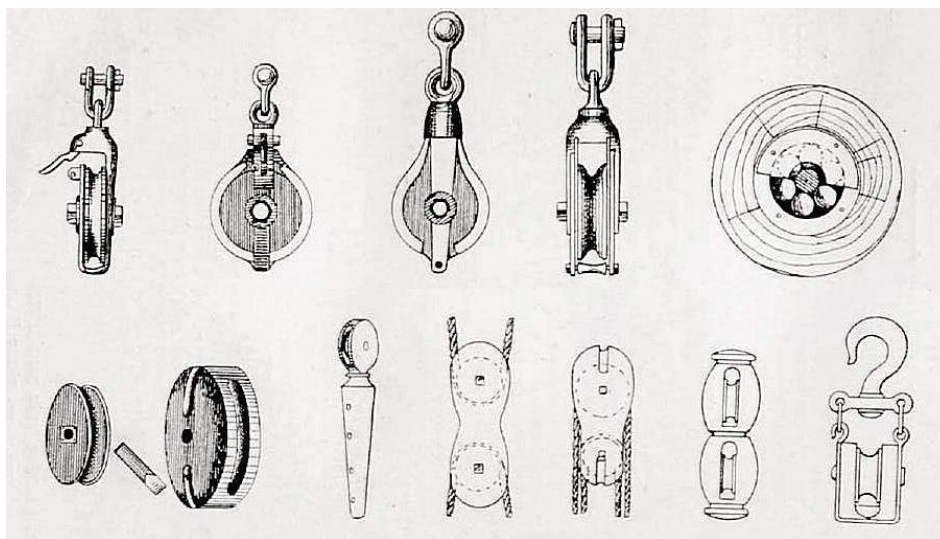


Рис. 1. Примеры блоков

Практическая часть

Моделирование детали «Втулка»

Деталь «Втулка» является упрощенной заменой подшипника, необходимого для уменьшения трения между колесом и осью, на которой колесо закреплено.

Создаем новую деталь, начинаем новый 2D-эскиз на одной из базовых плоскостей, при помощи инструментов «Прямоугольник по двум точкам», «Отрезок» и «Размеры» изображаем эскиз, как показано на рис.2.

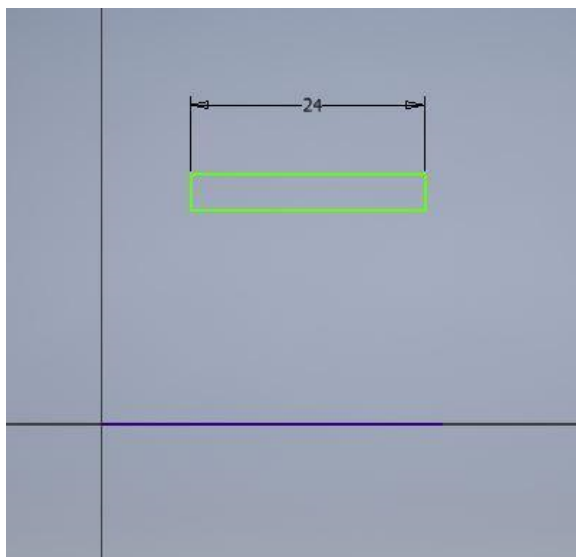


Рис. 2. Предварительный эскиз для детали «Втулка»

Изменим формат горизонтальной линии, построенной из начала координат, на «осевую». Для этого нажимаем ЛКМ на линию, затем на кнопку «Осевая» на панели инструментов.

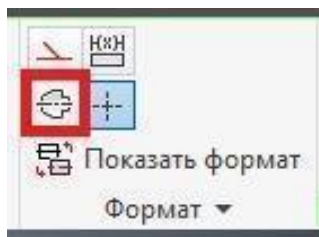


Рис. 3. Изменение формата линии

Определяем эскиз размерами согласно чертежу. При этом важно понимать, что, устанавливая размер от отрезка до осевой линии, мы получаем диаметральный размер, поскольку наличие осевой линии в эскизе подразумевает, что тело, создаваемое из такого эскиза, будет иметь форму тела вращения.

Выравниваем по вертикали точку середины левой стороны прямоугольника и начало координат при помощи зависимости «Горизонтальность/Вертикальность».

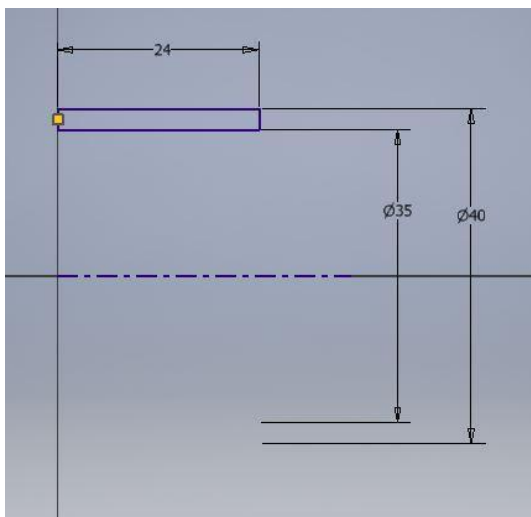


Рис. 4. Окончательный эскиз для детали «Втулка»

Далее нажимаем кнопку «Принять эскиз» в правом верхнем углу интерфейса и выбираем операцию «Вращение» на вкладке «3D-модель» на панели инструментов. Инструмент автоматически определяет требуемые для работы элементы и создает твердое тело по траектории вращения прямоугольника вокруг линии, к которой было добавлено свойство осевой линии. Если этого не происходит, выберем соответствующие элементы вручную, поочередно нажимая ЛКМ на иконки с курсором (1), (2) и соответствующий элемент, пока не появится требуемая объемная форма.

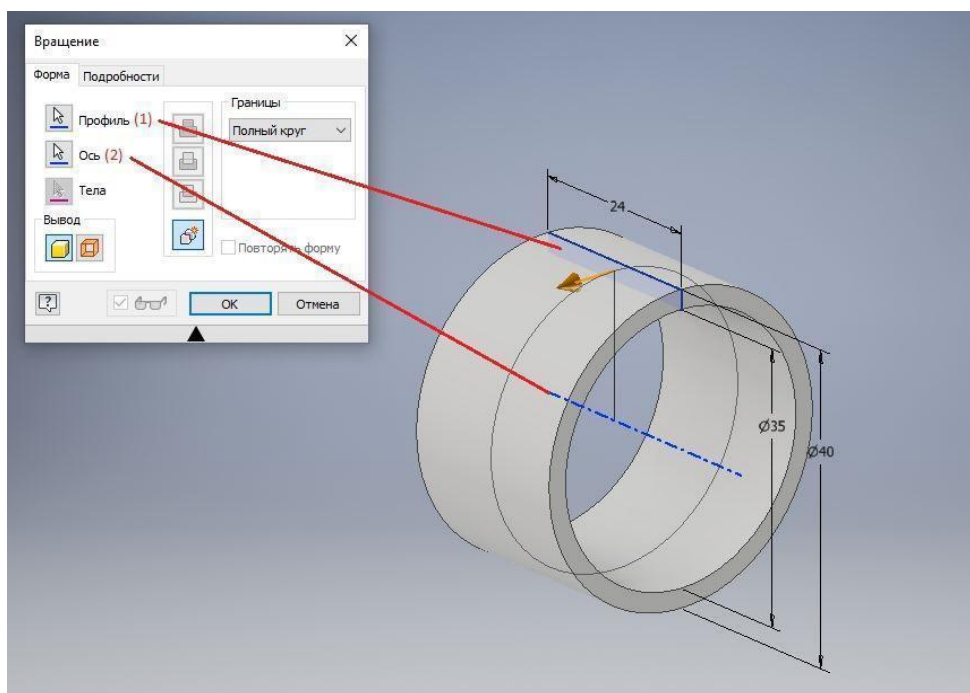


Рис. 5. Результат применения операции «Вращение»

Сохраняем деталь.

Моделирование детали «Палец»

Деталь «Палец» предотвращает выпадение детали «Ось» (которая будет смоделирована на следующем занятии), фиксируя ее в конечной сборке.

Создаем новую деталь, начинаем новый 2D-эскиз на одной из базовых плоскостей, при помощи инструментов «Отрезок» и «Размеры» изображаем эскиз, как показано на рис.6. В данном случае не добавляем осевую линию, поскольку в качестве нее, выберем линию эскиза длиной 40 мм.

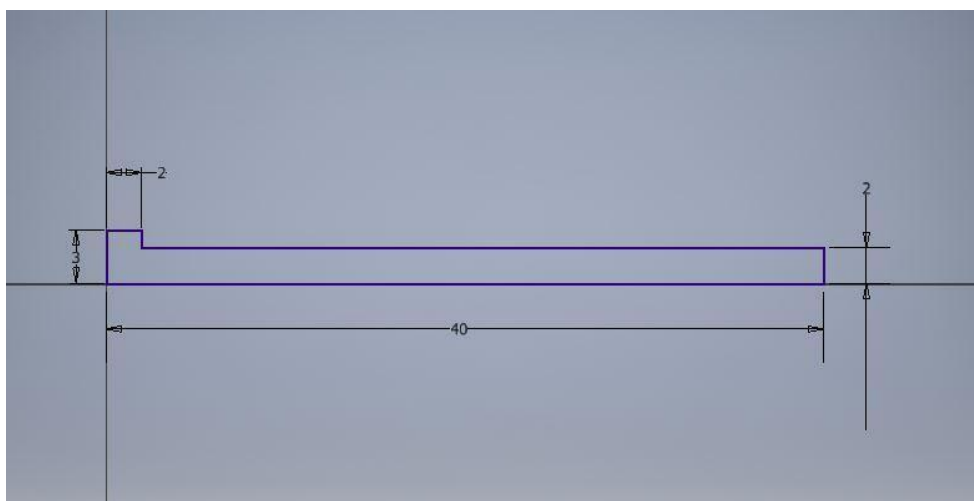


Рис. 6. Эскиз для детали «Палец»

Активируем операцию «Вращение», при этом вращаемый профиль выберется автоматически, а ось вращения укажем вручную.

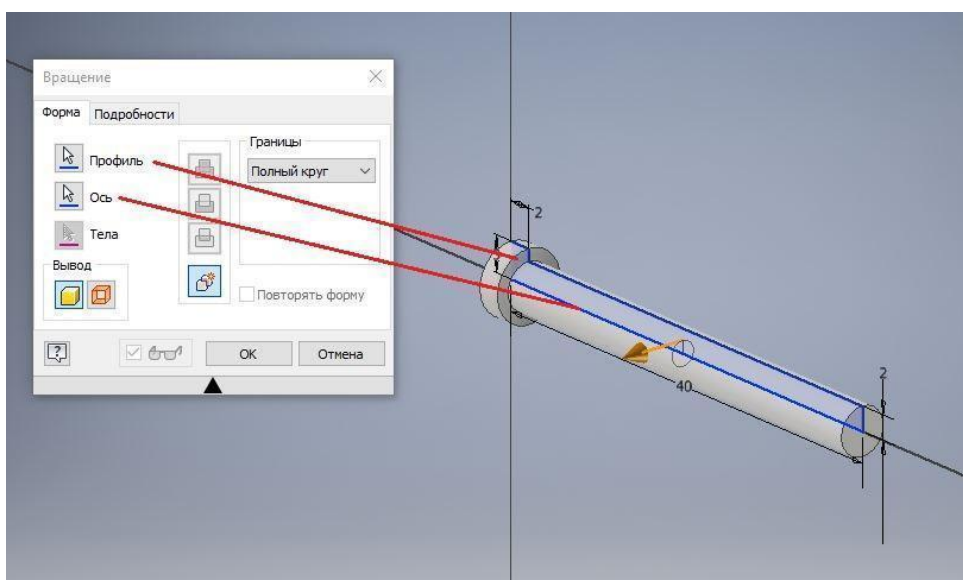


Рис. 7. Результат применения операции «Вращение»

Сохраняем деталь.

Лабораторная работа №7

Проект «Блок». Моделирование детали «Кронштейн»

Цель работы: Целью занятия является изучение принципов моделирования сложной пространственной детали.

Объем: 1 час.

Задание: выполнить модель детали «Кронштейн».

Практическая часть

Моделирование детали «Кронштейн»

Деталь «Кронштейн» имеет отверстия для крепления к плоским поверхностям и служит основой для крепления колеса, на которое накидывается трос, веревка и т.д. Условно данную деталь можно разделить на несколько элементов – плоская основа с отверстиями и две ножки, на которых будут закреплены детали «Ось», «Втулка» и «Колесо». Начнем с основы.

Создаем новую деталь, начинаем 2D-эскиз на горизонтальной базовой плоскости при помощи инструмента «Прямоугольник по центру» (центр прямоугольника размещаем в начале координат) и «Размеры». Изображаем эскиз, как показано на рисунке.

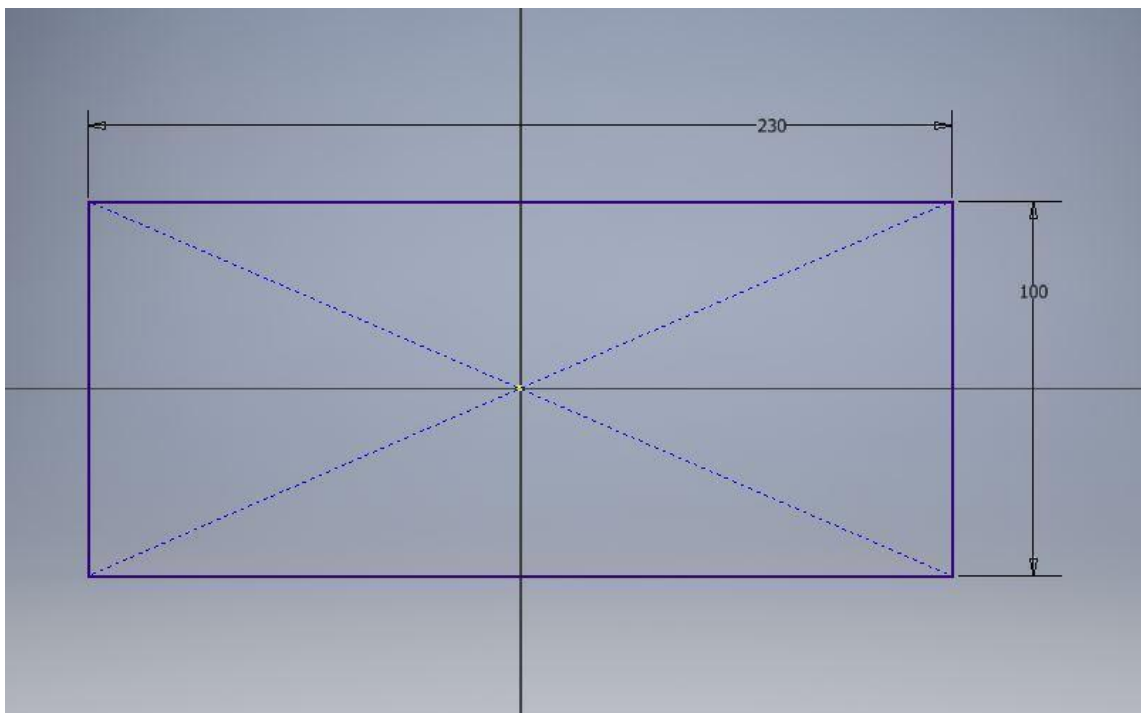


Рис. 1. Эскиз для основания детали «Кронштейн»

Принимаем эскиз и выдавливаем прямоугольник на 10 мм.

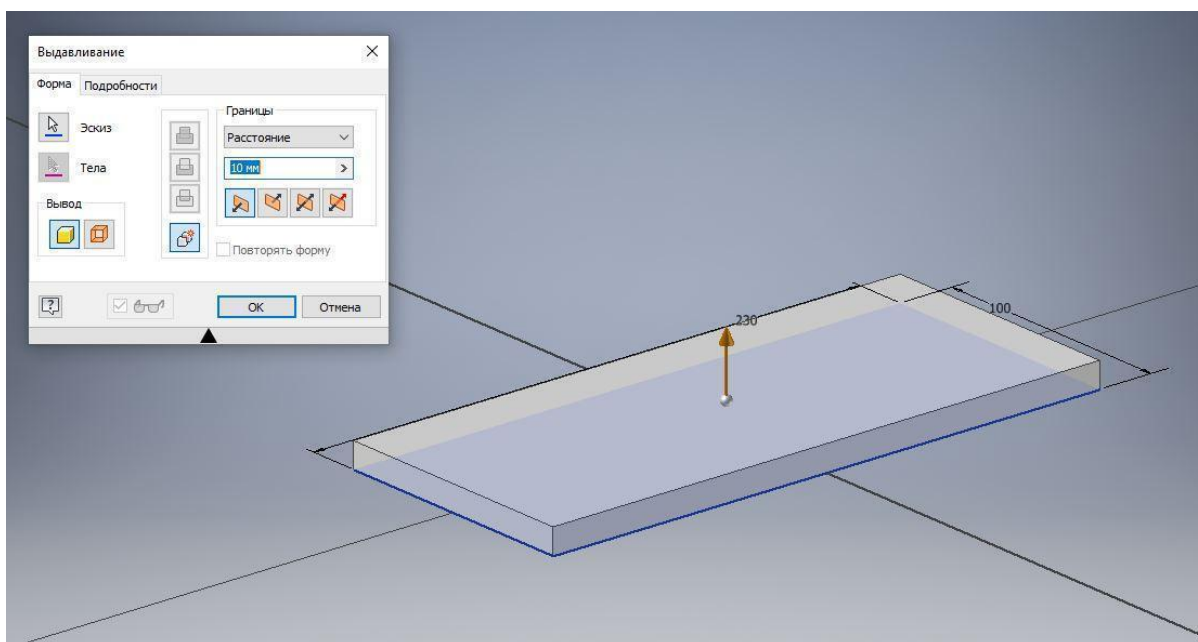


Рис. 2. Результат применения операции «Выдавливание»

Далее, для моделирования одной из ножек кронштейна, необходимо создать новую плоскость для эскиза. Для этого используем инструмент «Плоскость», который позволяет создать плоскость, параллельную существующей на твердом теле и отстоящую от нее на заданное расстояние. Выбираем инструмент «Плоскость», зажимаем ЛКМ на узкой боковой части пластины, и двигаем указатель мыши к середине детали. После отпускаем ЛКМ и в появившееся окно вводим значение отступа 25 мм (либо -25 мм, если в окне отрицательное число) и принимаем операцию.

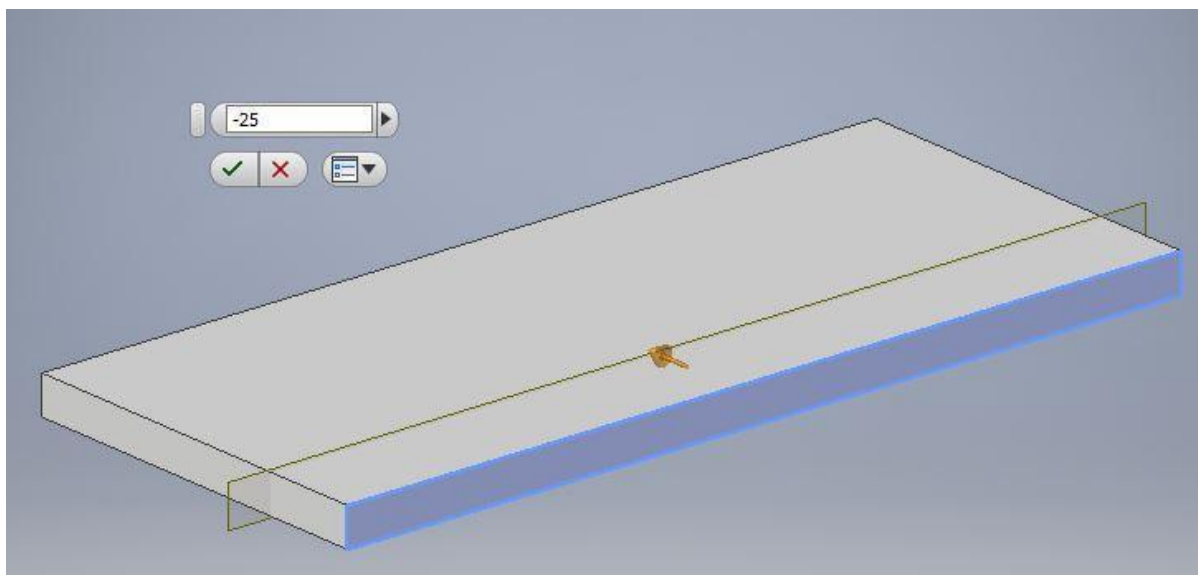


Рис. 3. Построение вспомогательной плоскости

Создаем 2D-эскиз на построенной вспомогательной плоскости согласно чертежу. Сначала изобразим произвольную трапецию, как на рис. 4, при помощи инструмента «Отрезок». Затем установим длину верхнего отрезка равной 60 мм (1) и расстояние от него до низа детали равным 160 мм (2). Далее применим зависимость «Равенство» (3) на боковые стороны трапеции и выровняем по вертикали середину верхнего отрезка и середину всей детали (середина нижнего отрезка прямоугольника серого цвета) (4).

После, при помощи инструмента «Размеры», устанавливаем угол между боковыми сторонами трапеции равным 34° (5). (выбрав инструмент «Размеры», нажимаем ЛКМ последовательно на каждую сторону, затем размещаем размерную стрелку движением мыши и еще раз нажимаем ЛКМ). Принимаем эскиз.

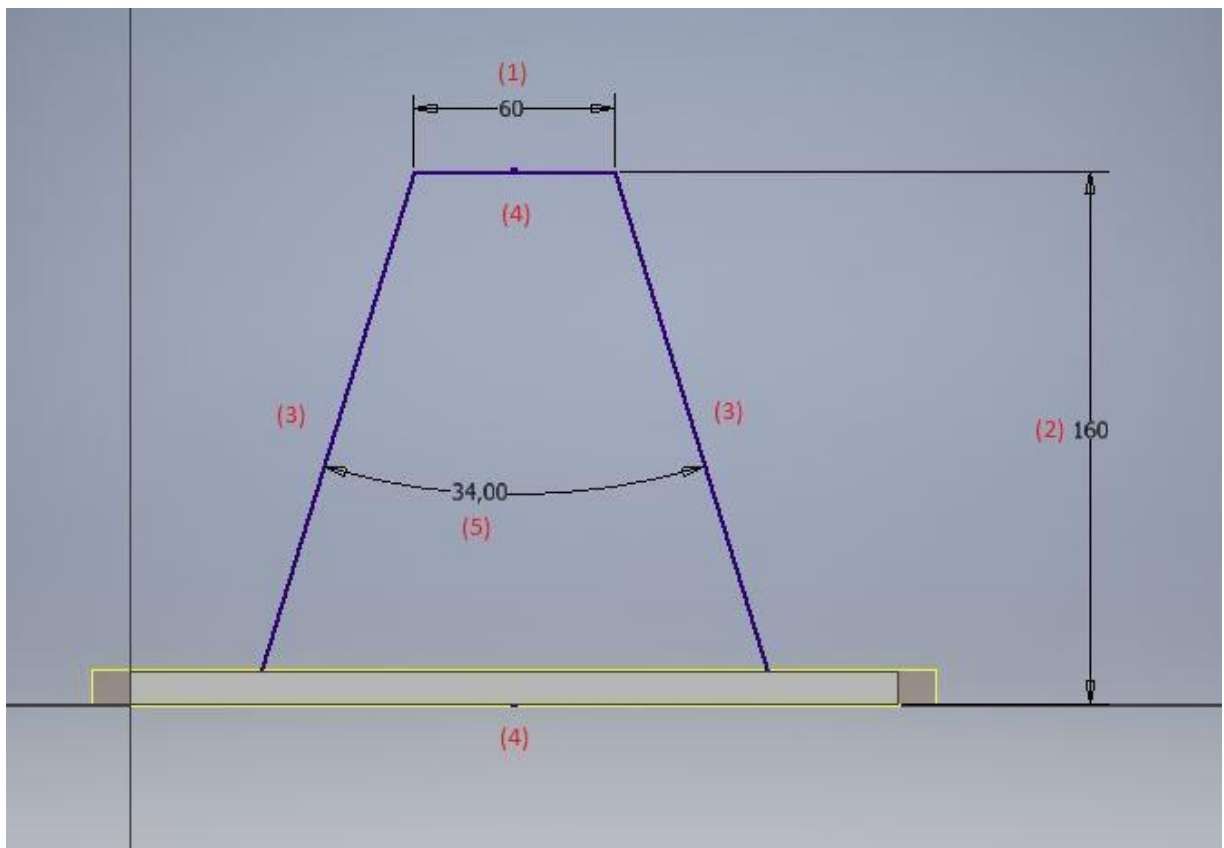


Рис. 4. Построение вспомогательной плоскости

Выдадим полученный эскиз на 10 мм, используя симметричный способ создания границ (это обусловлено тем, что на чертеже точка середины ножки лежит на одной линии с центрами находящихся рядом отверстий).

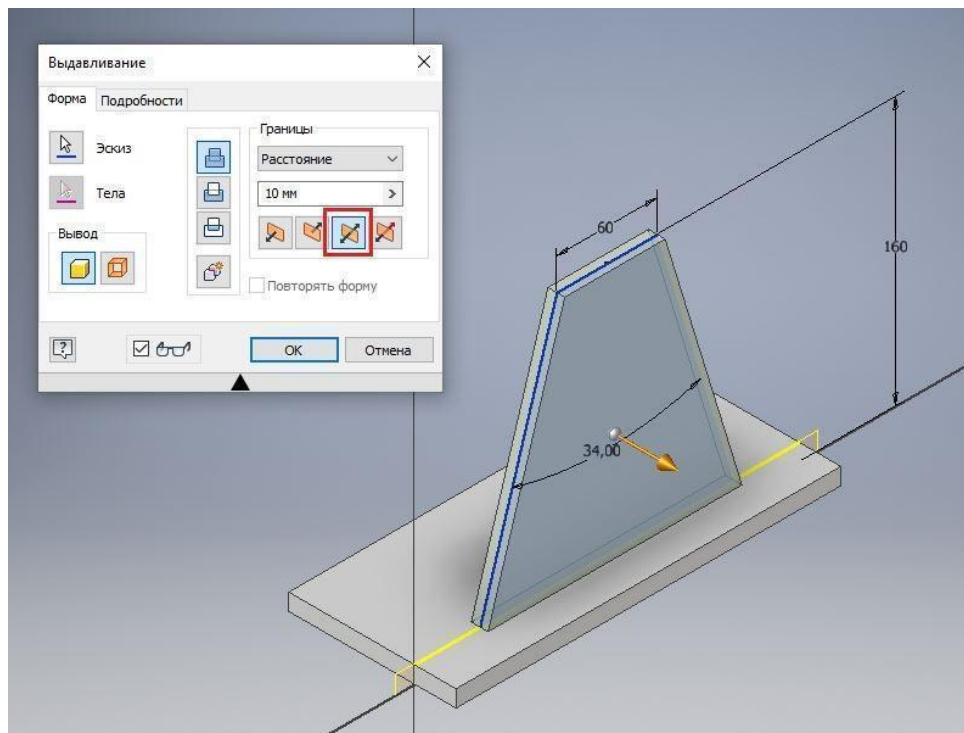


Рис. 5. Симметричное выдавливание

На боковой поверхности ножки создадим 2D-эскиз в виде окружности, с помощью которой будет создано отверстие. Установим диаметр окружности равным 35 мм (1), расстояние от центра окружности до низа детали равным 120мм (2), и выровняем по вертикали центр окружности с серединой верхнего отрезка трапеции (3).

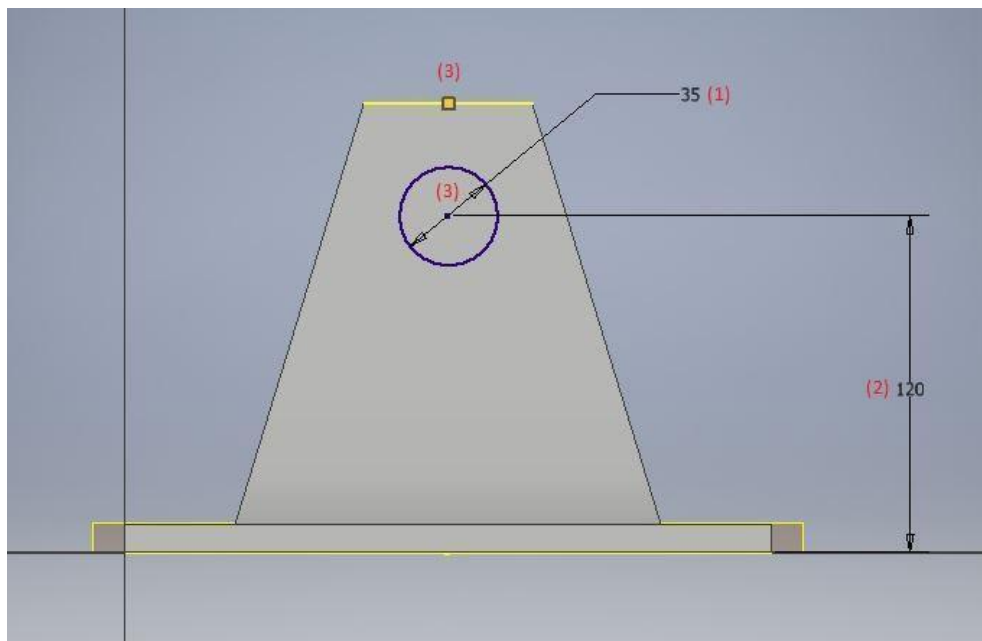


Рис. 5. Симметричное выдавливание

Выдавим окружность, применив инструмент «Выдавливание» с вырезанием.

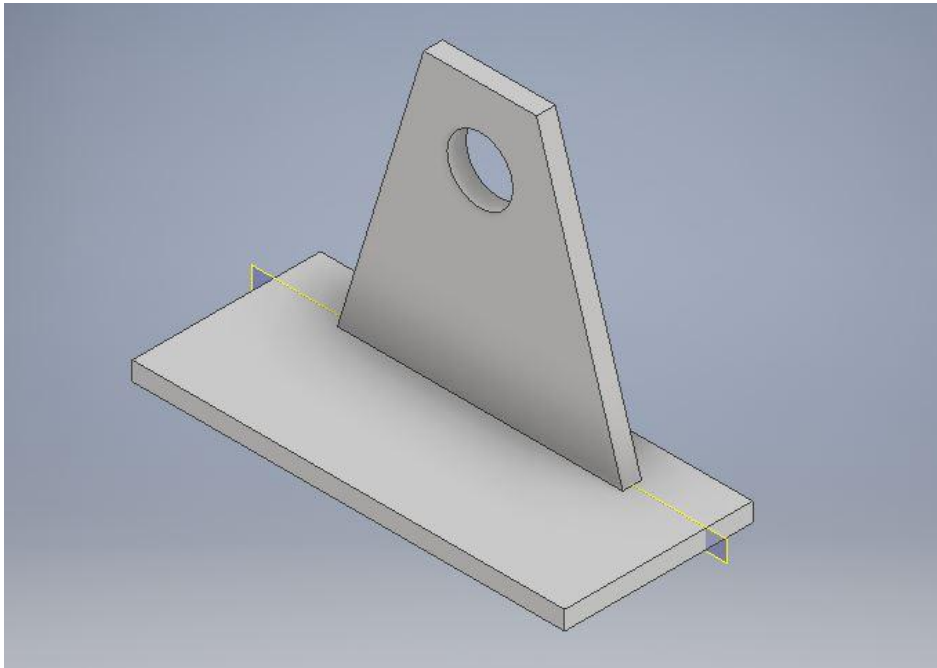


Рис. 6. Получение сквозного цилиндрического отверстия

На внутренней стороне ножки создадим 2D-эскиз в виде кольца с внешним диаметром 50 мм и внутренним – 35мм. Центр кольца при этом должен совпасть с центром отверстия.

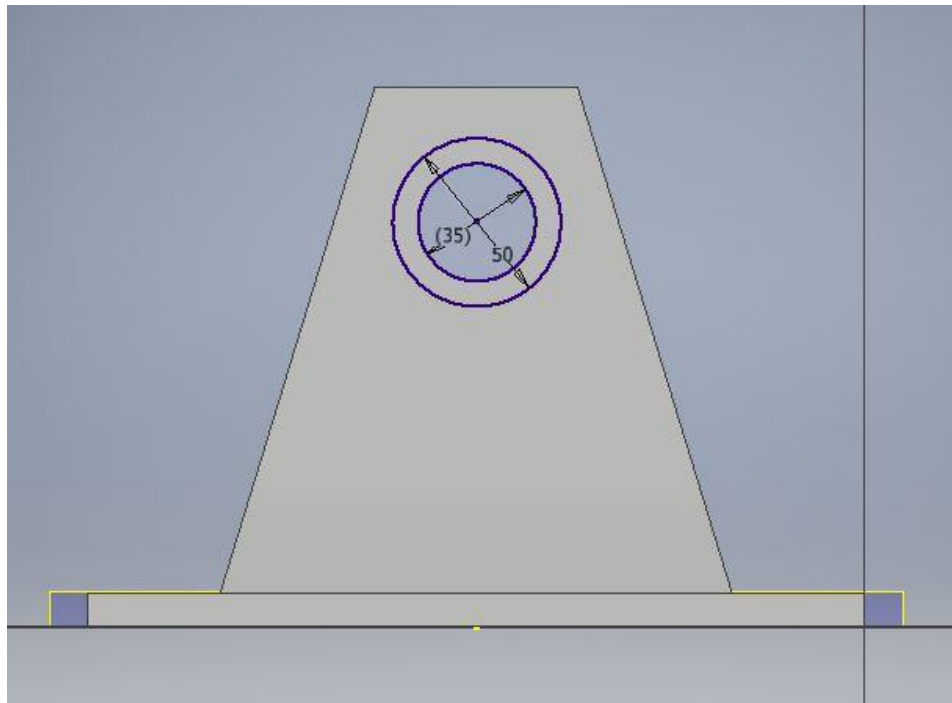


Рис. 7. Эскиз на внутренней стороне ножки

Выдавим эскиз на 8 мм.

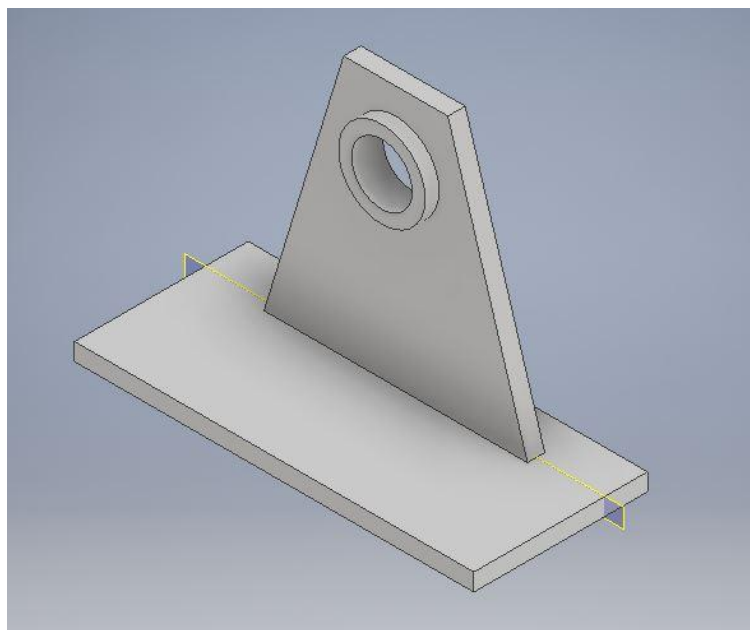


Рис. 8. Результат применения операции «Выдавливание» к эскизу

Далее, для создания зеркальной копии ножки, применим инструмент «Зеркальный массив». Для работы этого инструмента необходимо наличие в модели зеркальной плоскости, относительно которой выполняется копирование. Зеркальной плоскостью будет служить подходящая базовая плоскость, так как эскиз основания был выполнен в виде прямоугольника с центром в начале координат. Выберем инструмент «Зеркальный массив», и поочередно, при помощи нажатий ЛКМ выбираем элементы для отражения и плоскость симметрии. Принимаем операцию.

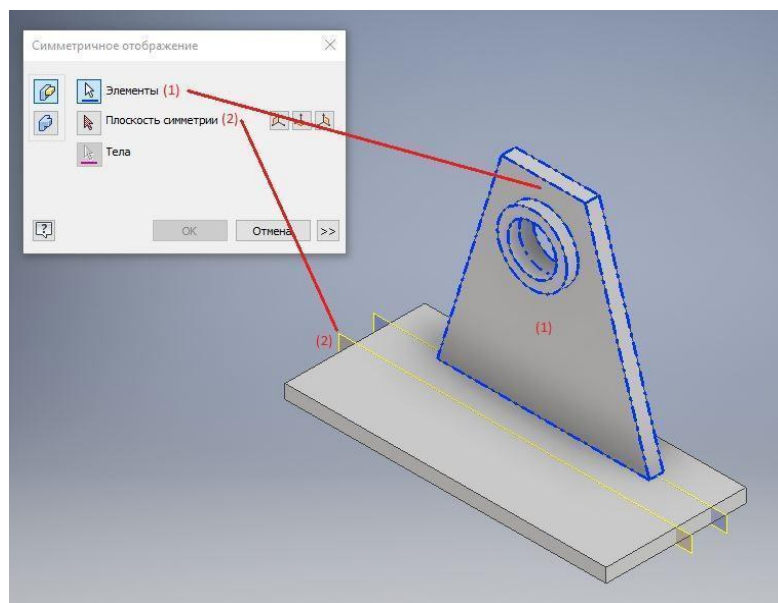


Рис. 9. Выполнение зеркального отражения элементов

На верхней плоскости основания создадим отверстие диаметром 25 мм. Для этого создадим эскиз, как показано на рис. 10, и выдавим его с вырезанием.

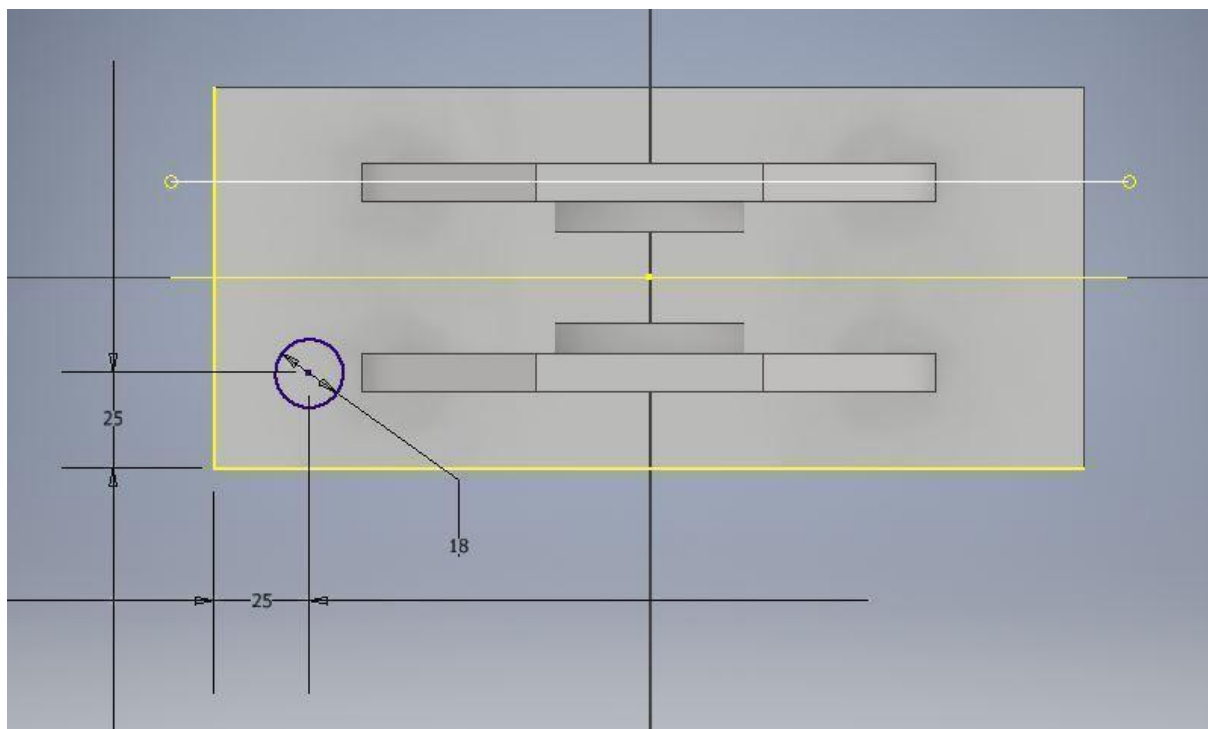


Рис. 10. Эскиз для отверстия

Для копирования используем инструмент «Прямоугольный массив». Суть его работы заключается в создании копий трехмерных элементов вдоль линий уже смоделированного объекта. Выберем инструмент «Прямоугольный массив». После появления окна настроек, нажимаем ЛКМ на внутреннюю поверхность отверстия, как на копируемый объект (1), затем нажимаем ЛКМ на иконку (2) и ребро основания, показанное на рисунке. В окно (3) вводим значение 2 (количество экземпляров копируемого элемента, включая исходный), а в окно (4) – 180 мм (расстояние между исходным элементом и его копией). Для смены направления, в котором создается копия, нажмите иконку (5) (смена направления). После этого нажимаем ЛКМ на иконку (6), затем на ребро, указанное на рисунке, для создания еще двух экземпляров отверстий (исходного и копируемого в предыдущем шаге) вдоль короткого ребра основания. В окне (7) вводим значение 2, а в окно (8) – 50 мм. Принимаем операцию.

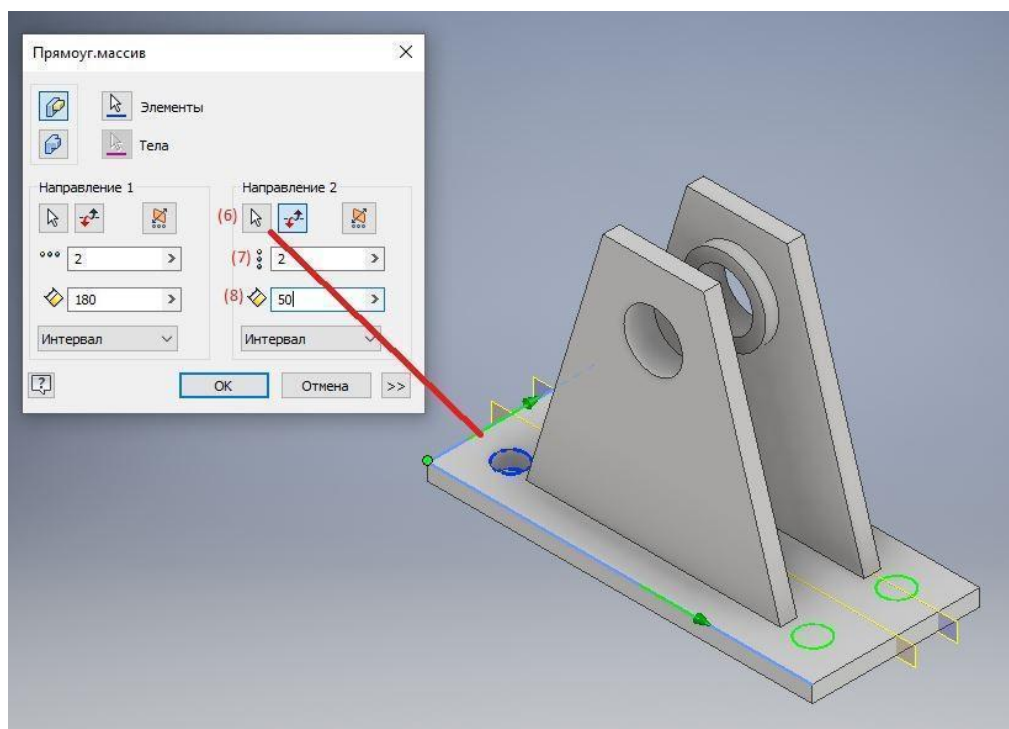


Рис. 11. Выполнение операции «Прямоугольный массив»

Сохраняем деталь.

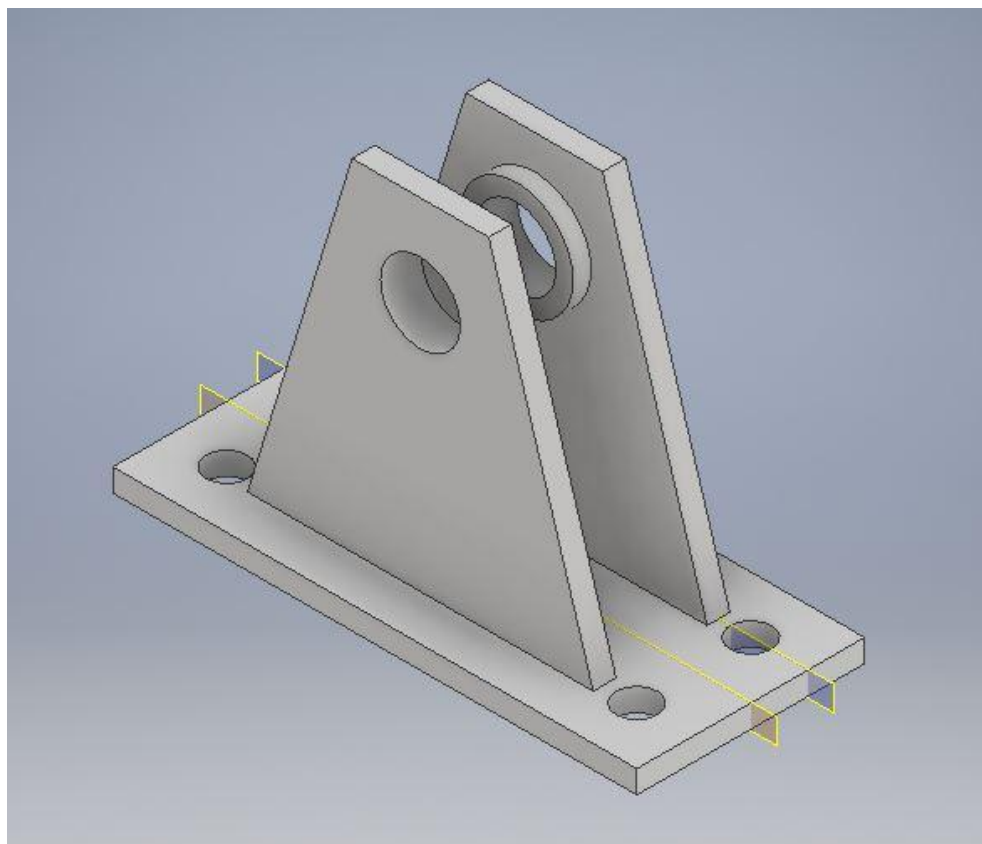


Рис. 12. Модель детали «Кронштейн»

Лабораторная работа №8

Проект «Блок». Моделирование детали «Ось»

Цель работы: Целью занятия является моделирование детали со сложными внутренними отверстиями, расположенными в разных плоскостях.

Объем: 1 час.

Задание: выполнить модель детали «Ось».

Практическая часть

Моделирование детали «Ось»

Деталь «Ось» служит основой для крепления колеса, вращающегося во время работы блока. Технологические отверстия в корпусе оси необходимы для периодической смазки механизма без разбора самой конструкции. Создадим новый эскиз, как показано на рис.1.

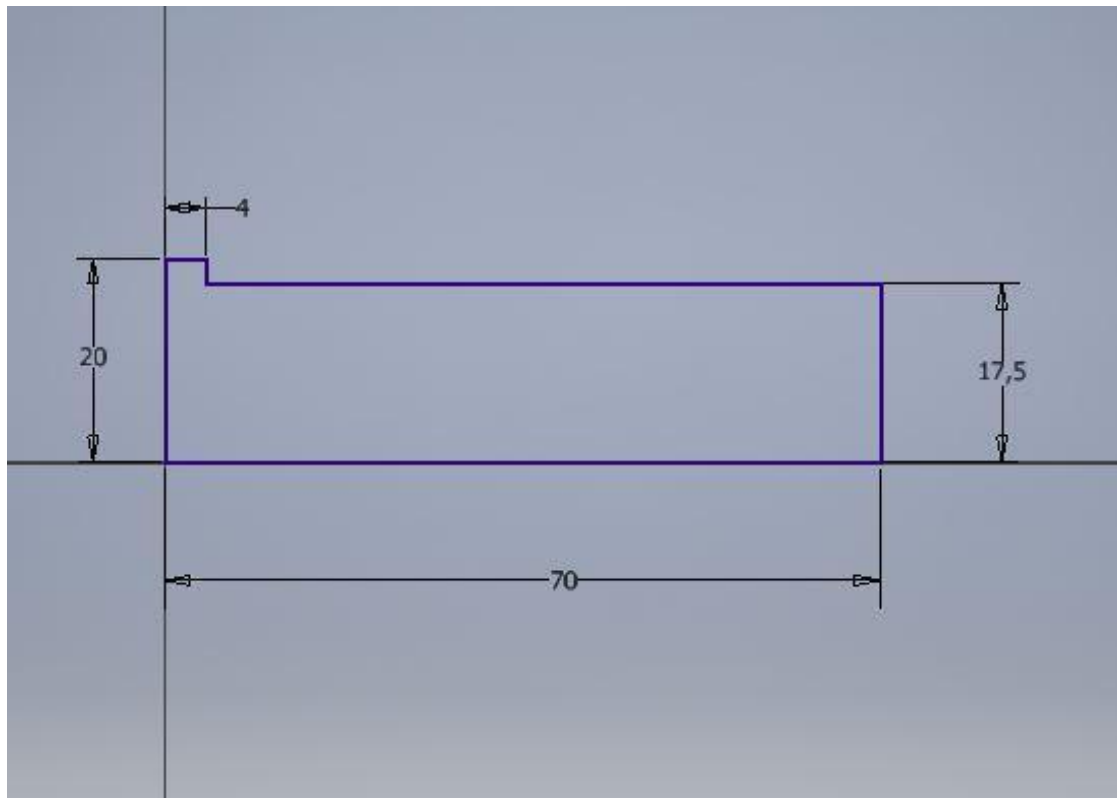


Рис. 1. Эскиз для основания детали «Кронштейн»

Примем эскиз и, при помощи инструмента «Вращение», создадим твердое тело.

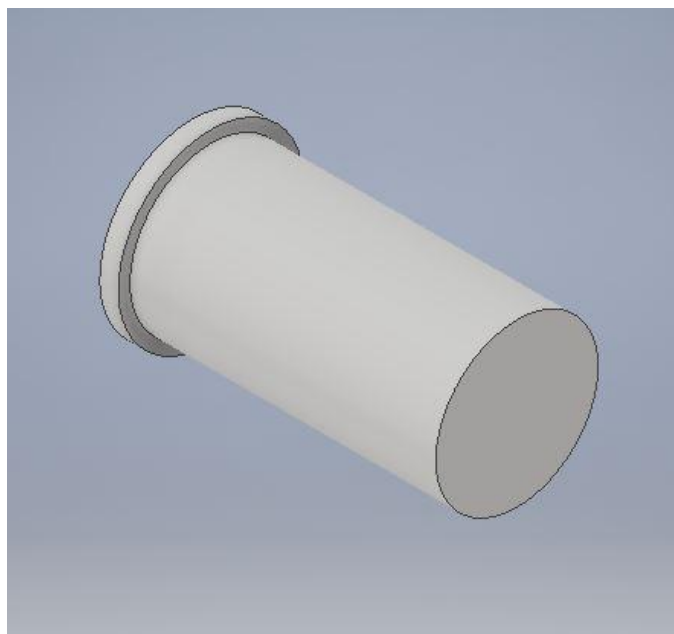


Рис. 2. Результат применения операции «Вращение»

Далее, для создания Г-образного канала внутри детали, будем использовать операцию «Сдвиг». Для корректной работы инструмента необходимо создать два эскиза: эскиз профиля и эскиз траектории, вдоль которой профиль будет перемещаться. Создадим эскиз профиля на «шляпке» детали, как показано на рис. 3, и примем его, нажав на кнопку в правом верхнем углу интерфейса программы.

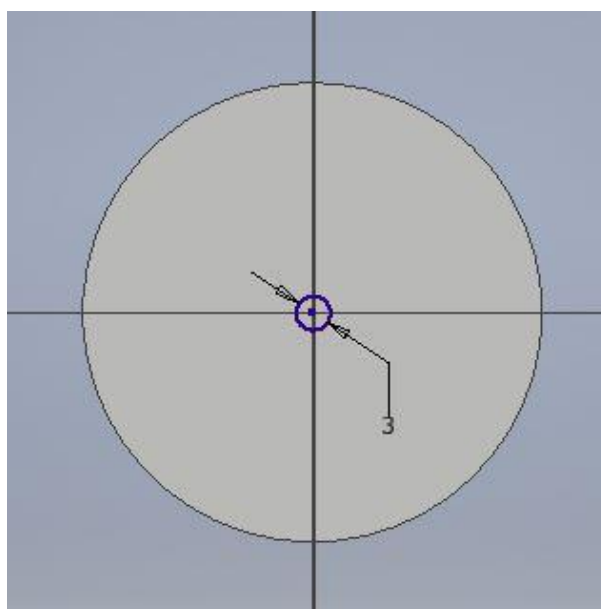


Рис. 3. Эскиз профиля

Далее создадим эскиз на одной из базовых плоскостей, которые пересекают тело по всей длине детали. Для этого откроем папку «Начало» в дереве построений, выберем необходимую

плоскость, нажмем на ее название ПКМ, и выберем в контекстном меню команду «Новый эскиз». Изобразим эскиз, как показано на рис. 4 (необходимо установить размер только для одного отрезка, второй построен «на вылет» и может быть любой длины). Для удобства работы с эскизом, расположенным внутри детали, во время создания эскиза нажмем клавишу F7 на клавиатуре («Разрезать модель вдоль рабочей плоскости»). Примем эскиз.

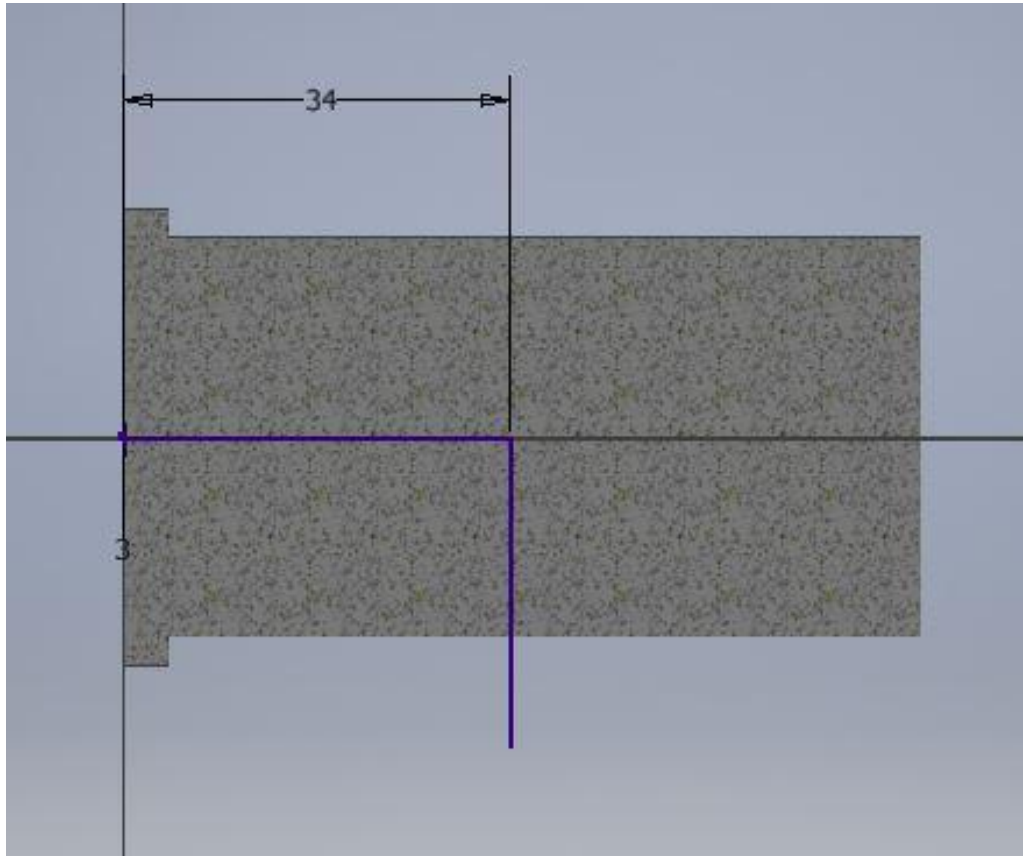


Рис. 4. Эскиз траектории

Далее выберем инструмент «Сдвиг» и применим его, как показано на рис. 5, где (1) - выдавливаемый профиль, (2) - траектория выдавливания, (3) - метод создания объемного тела - вычитание (выбираем элементы, нажимая на них ЛКМ). Примем операцию.

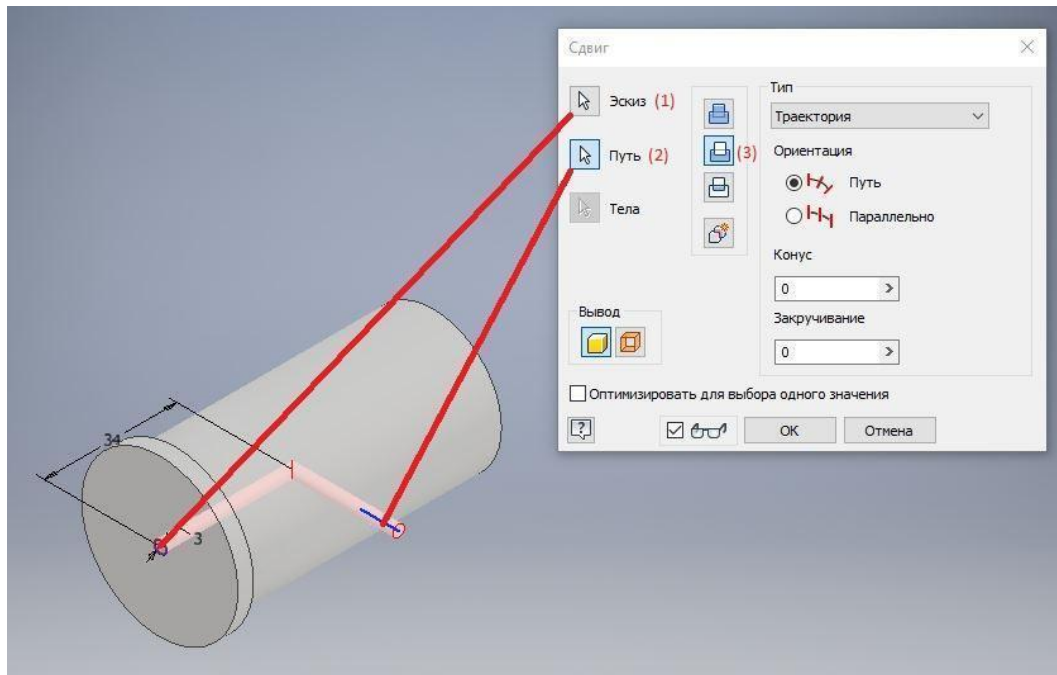


Рис. 5. Выполнение операции «Сдвиг»

Далее создадим сквозное отверстие на конце детали, в которое, в сборке, будет вставлена деталь «Палец». Выберем ту же базовую плоскость, на которой создавали эскиз траектории для инструмента «Сдвиг», и создадим на ней эскиз, как показано на рис. 6.

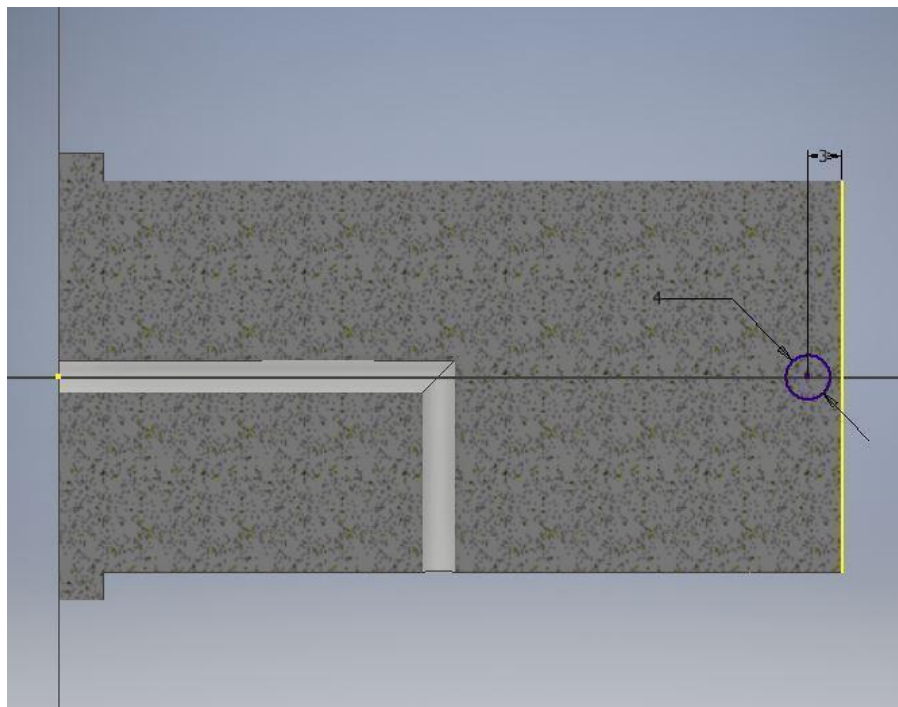


Рис. 6. Эскиз для радиального отверстия

При помощи операции «Выдавливание» создаем отверстие из полученного эскиза (режим построения границ - «Симметрично», метод - «Вычитание»). Принимаем операцию.

При помощи инструмента «Фаска» создадим срез по периметру ребра детали, как показано на рис. 7, где (1) - длина фаски, равная 1 мм (1х45 по чертежу). Примем операцию и сохраним деталь.

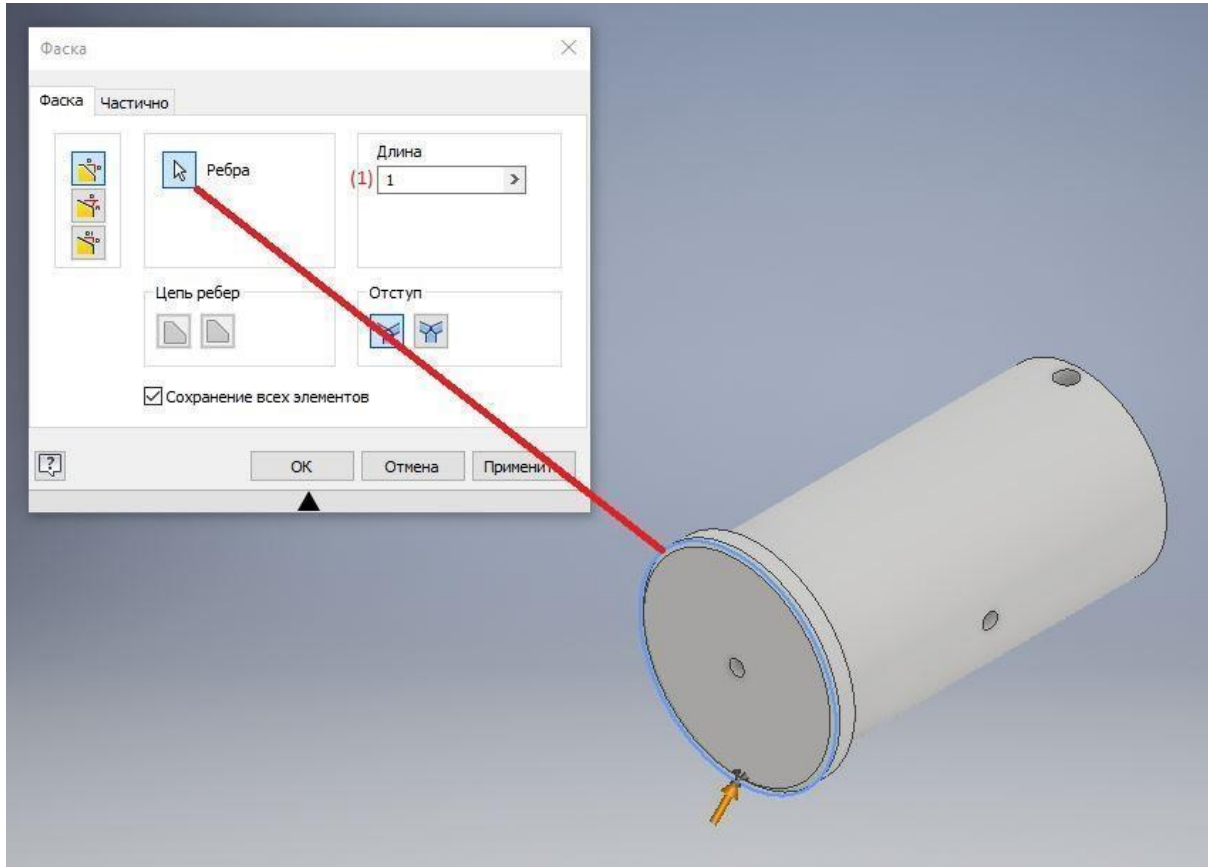


Рис. 7. Создание фаски

Лабораторная работа №9

Проект «Блок». Моделирование детали «Шкив»

Цель работы: Целью занятия является моделирование детали с использованием копирования созданных элементов.

Объем: 1 час.

Задание: выполнить модель детали «Шкив».

Практическая часть

Моделирование детали «Шкив»

Деталь «Шкив» представляет собой колесо, через которое перекидывается трос для перемещения груза при помощи блока.

Создаем новую деталь и на базовой плоскости выполняем эскиз в виде окружности диаметром 200 мм, выдавливаем ее на 24 мм.

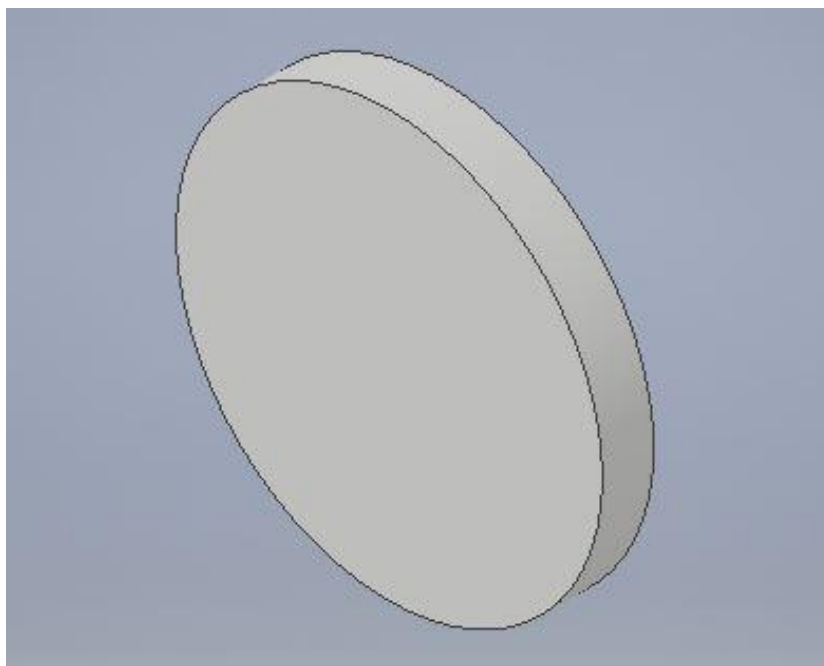


Рис. 1. «Заготовка» для детали «Шкив»

В центре торца получившегося тела создадим сквозное цилиндрическое отверстие диаметром 40 мм.

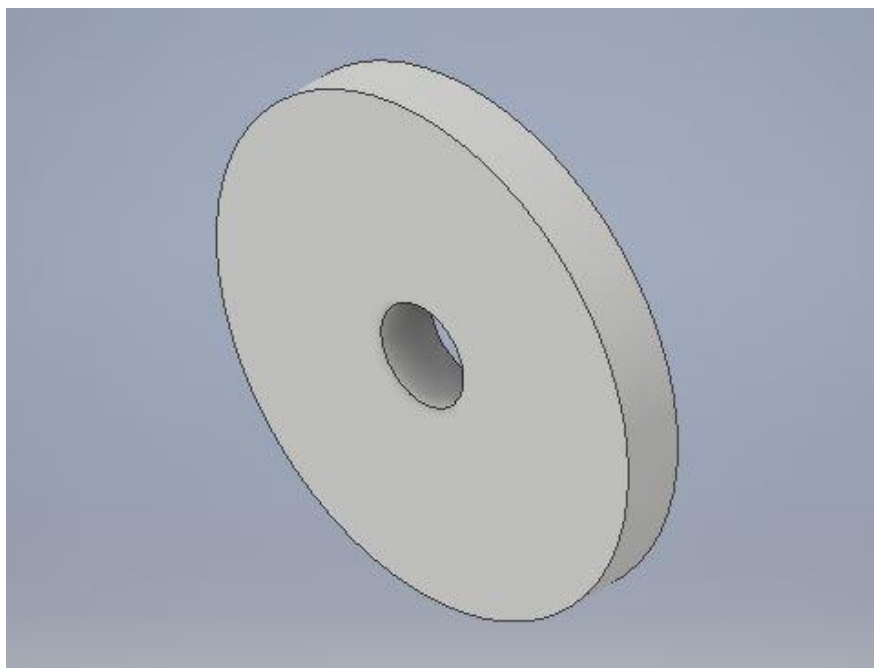


Рис. 2. Отверстие в детали

На торце создадим эскиз, как показано на рис. 3, и выдавим его методом «Вычитание» на глубину 8 мм.

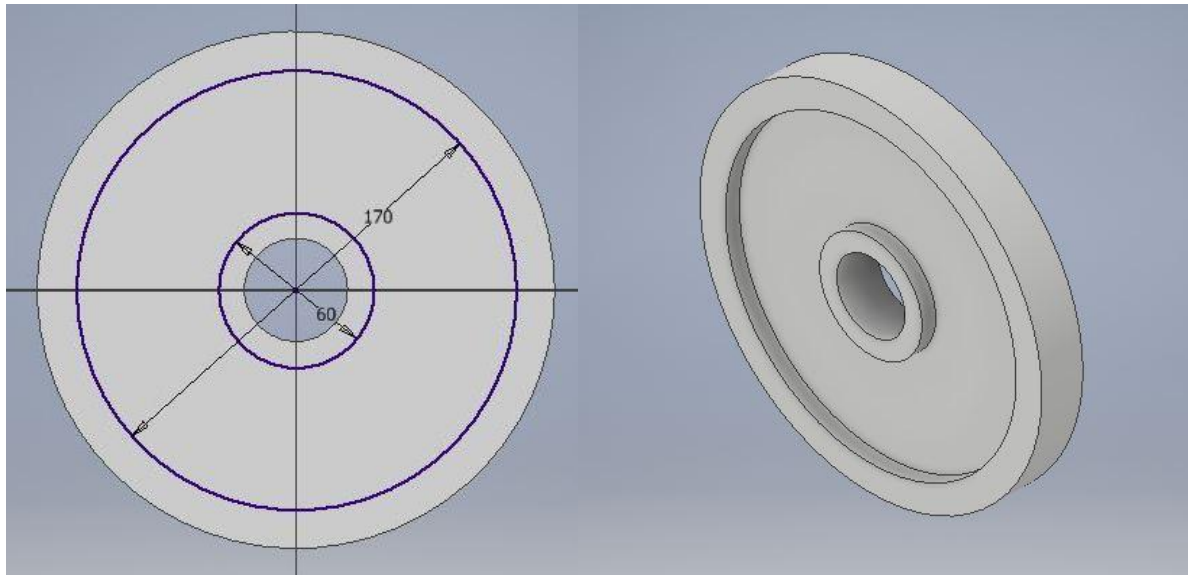


Рис. 3. Эскиз и модель углубления в торце детали

Создадим смещенную на расстояние 12 мм плоскость от торцевой стороны модели, как показано на рис. 4.

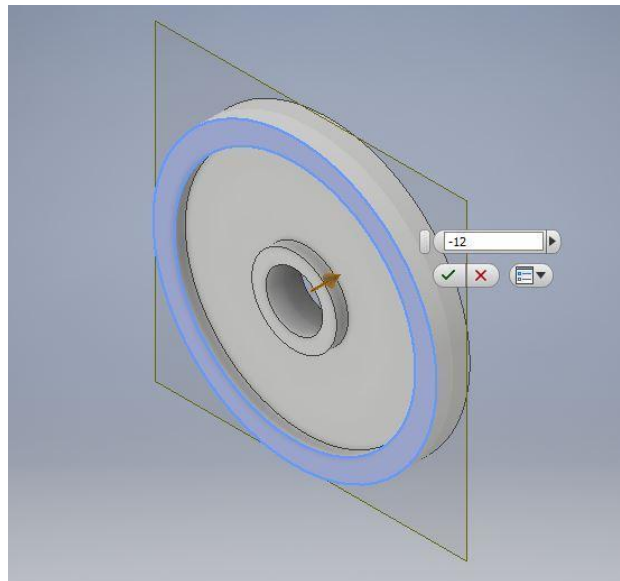


Рис. 4. Создание вспомогательной плоскости симметрии детали

При помощи инструмента «Зеркальный массив» копируем полученное углубление на противоположную сторону детали относительно плоскости симметрии.

На одной из базовых плоскостей, создадим эскиз, как показано на рис. 5. Для того чтобы разрезать деталь вдоль рабочей плоскости при создании эскиза нажмем F7. При помощи операции «Вращение» с вычитанием, создадим желоб в колесе.

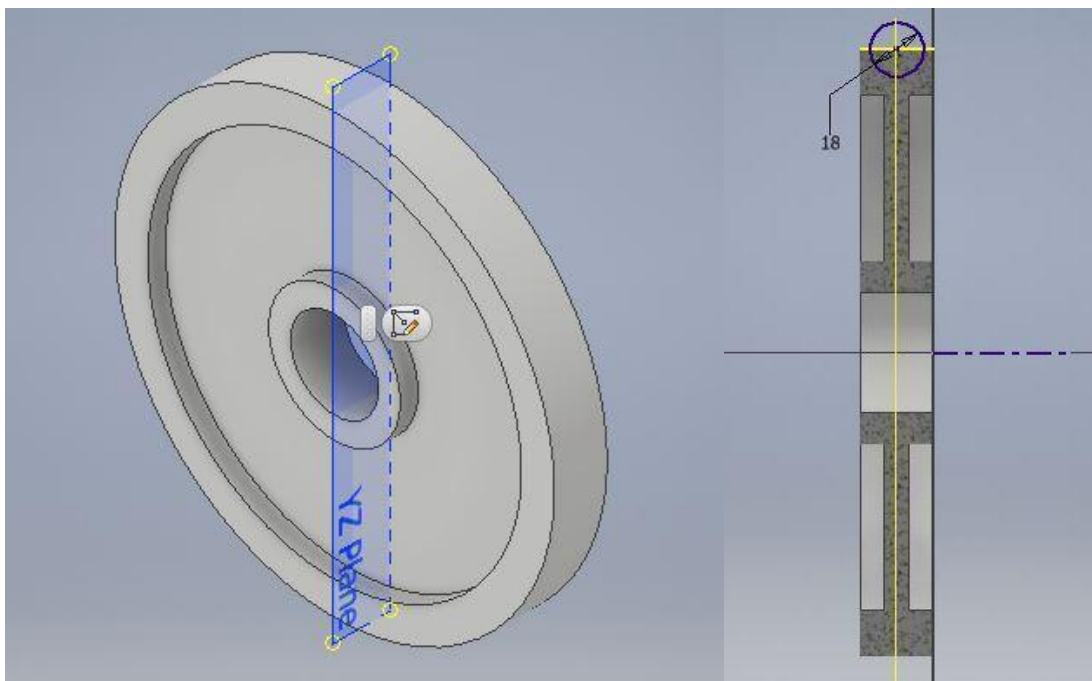


Рис. 5. Создание желоба

На торцевой стороне детали создадим эскиз, как показано на рис. 6, и вырежем его насквозь при помощи операции «Выдавливание».

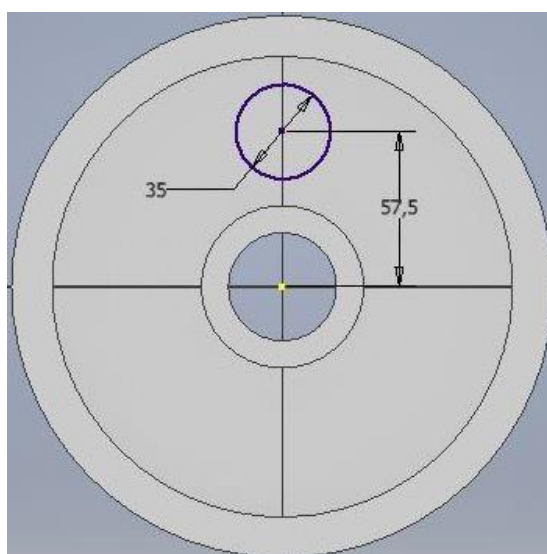


Рис. 6. Эскиз для отверстия

При помощи инструмента «Круговой массив» создадим копии вырезов. В окне настроек операции: (1) - копируемый элемент (нажимаем на иконку, затем - на внутреннюю поверхность отверстия), (2) - ось вращения (нажимаем на иконку, затем - на любую окружность или цилиндрическую поверхность на детали), (3) - количество отверстий, включая исходное. Вводим количество 5 шт. и принимаем операцию.

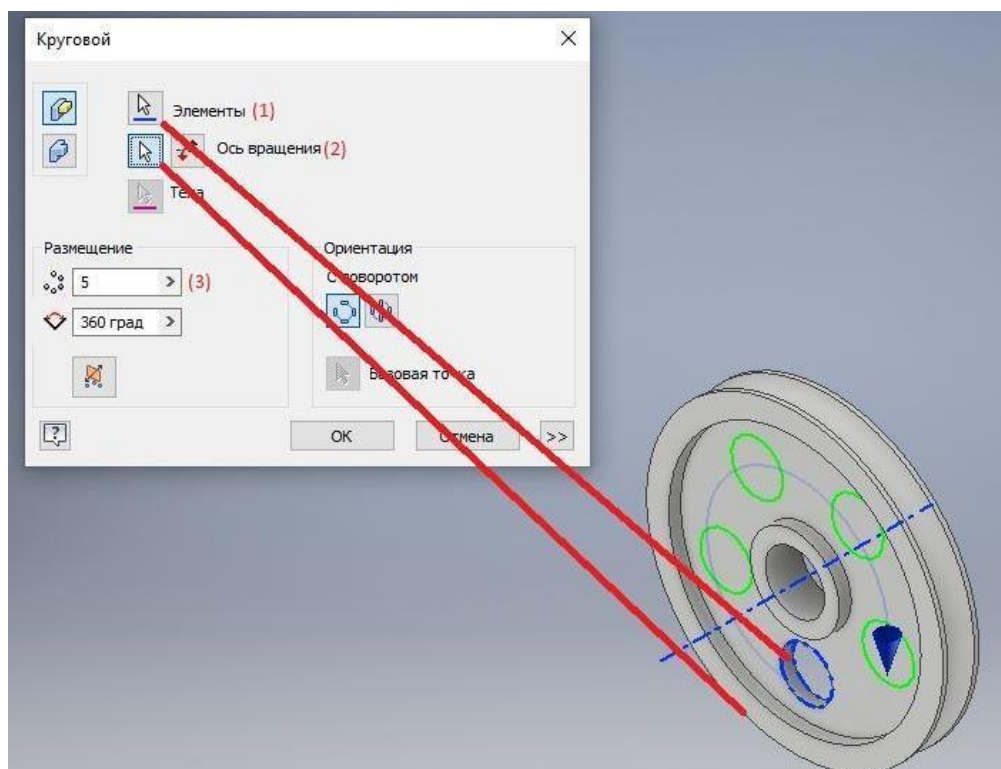


Рис. 7. Выполнение операции «Круговой массив»

При помощи инструмента «Сопряжение» выполним скругления согласно заданию (радиус 5 мм). Сохраним деталь.

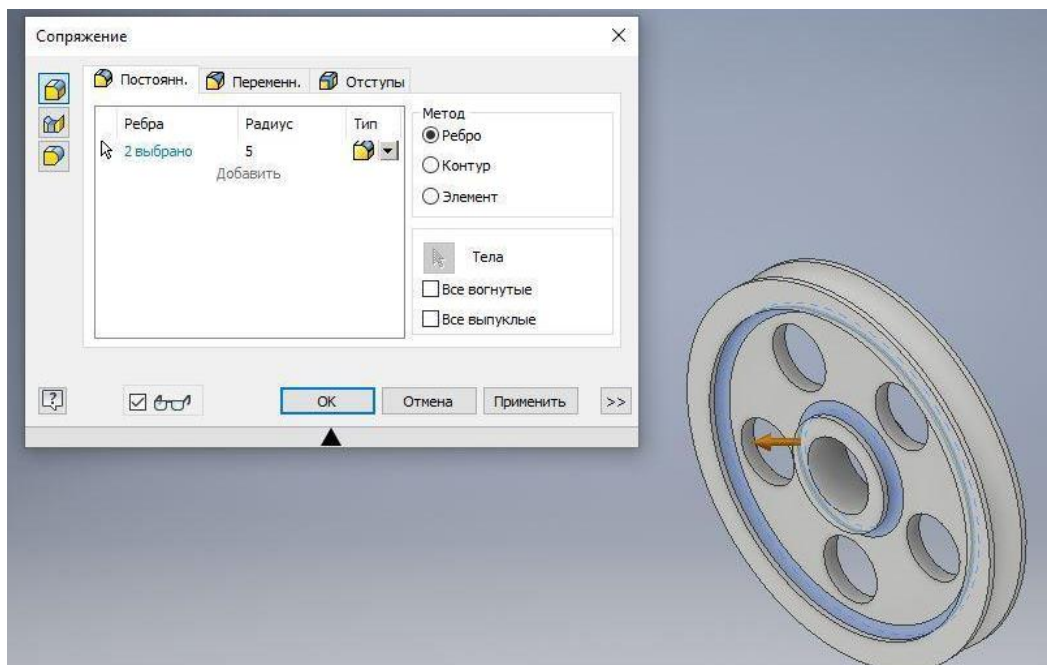


Рис. 8. Создание скруглений

Лабораторная работа №10

Проект «Блок». Сборка изделия

Цель работы: Целью занятия является знакомство с интерфейсом создания сборочной единицы в Autodesk Inventor.

Объем: 1 час.

Задание: создать финальную сборку проекта «Блок».

Практическая часть

Сборка изделия «Блок»

Создадим файл сборки. Добавим на рабочее пространство деталь «Кронштейн» из папки проекта при помощи команды «Вставить». Выбираем файл в проводнике и нажимаем «Открыть». В момент размещения детали нажимаем ПКМ и, в контекстном меню, выбираем команду «Разместить нулевой в начале координат» для того, чтобы зафиксировать деталь в начале системы координат рабочего пространства.

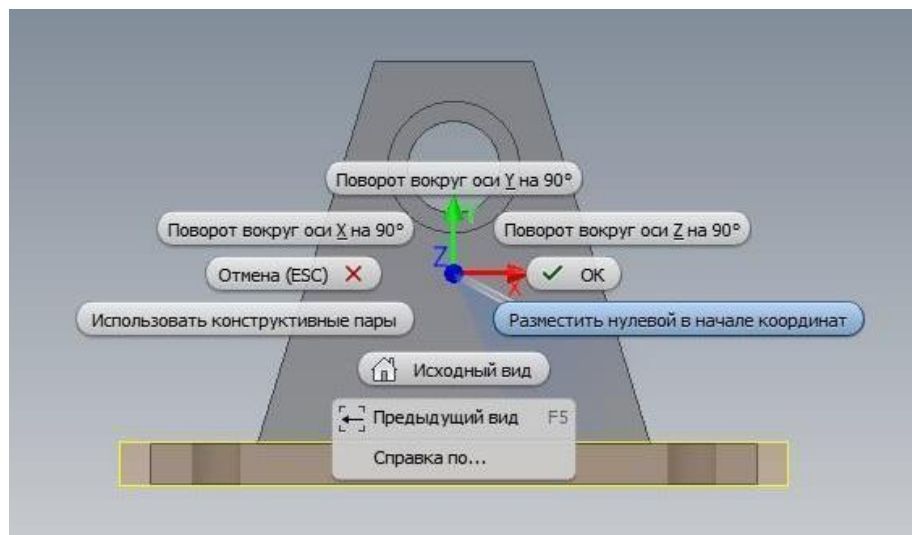


Рис. 1. Размещение базовой детали в начале координат

Далее стараемся добавляем детали так, как бы они добавлялись в случае реальной сборки. Вставим в сборку деталь «Втулка». Выберем инструмент «Соединение», затем выберем ЛКМ центральную точку на торце втулки, а потом точку на внутреннем кольцевом выступе кронштейна, с которой должна совпасть выбранная точка. По окончании процесса выбора точек втулка переместится к кронштейну, выбранные точки совпадут. Тип соединения назовем «с поворотом».

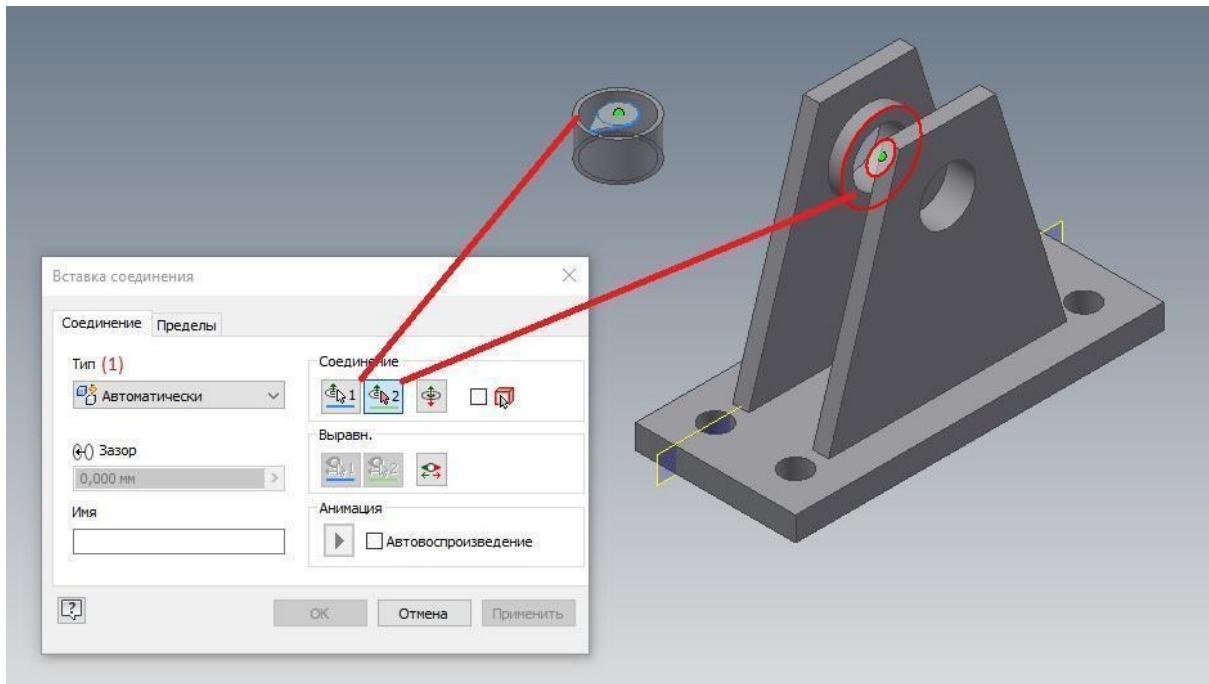


Рис. 2. Соединение втулки с кронштейном

Добавим в сборку деталь «Шкив» аналогичным образом. Здесь можно выбрать центральную точку внутренней цилиндрической поверхности шкива и центральную точку наружной цилиндрической поверхности втулки.

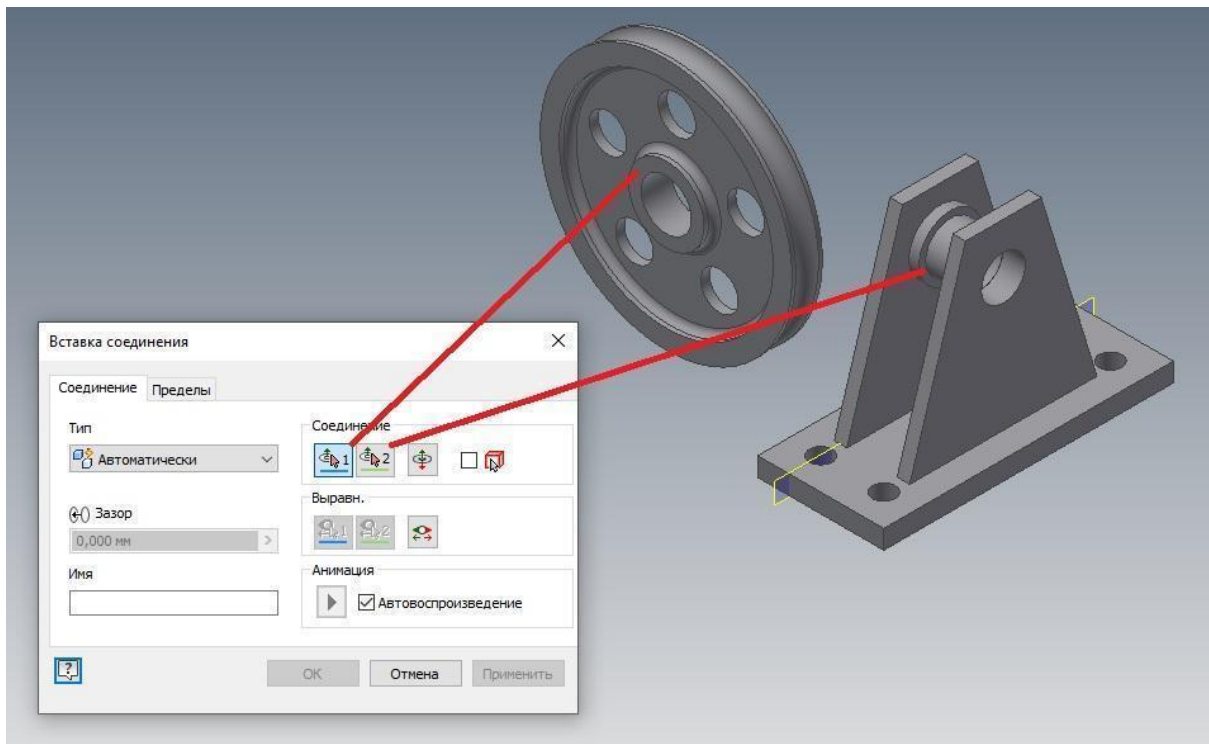


Рис. 3. Соединение шкива со втулкой

Добавим в сборку деталь «Ось». В сборке она должна быть до упора вставлена в отверстие стоек кронштейна, поэтому выбираем центральную точку на границе цилиндра оси со «шляпкой» и точку на внешней поверхности стойки кронштейна, где отверстие.

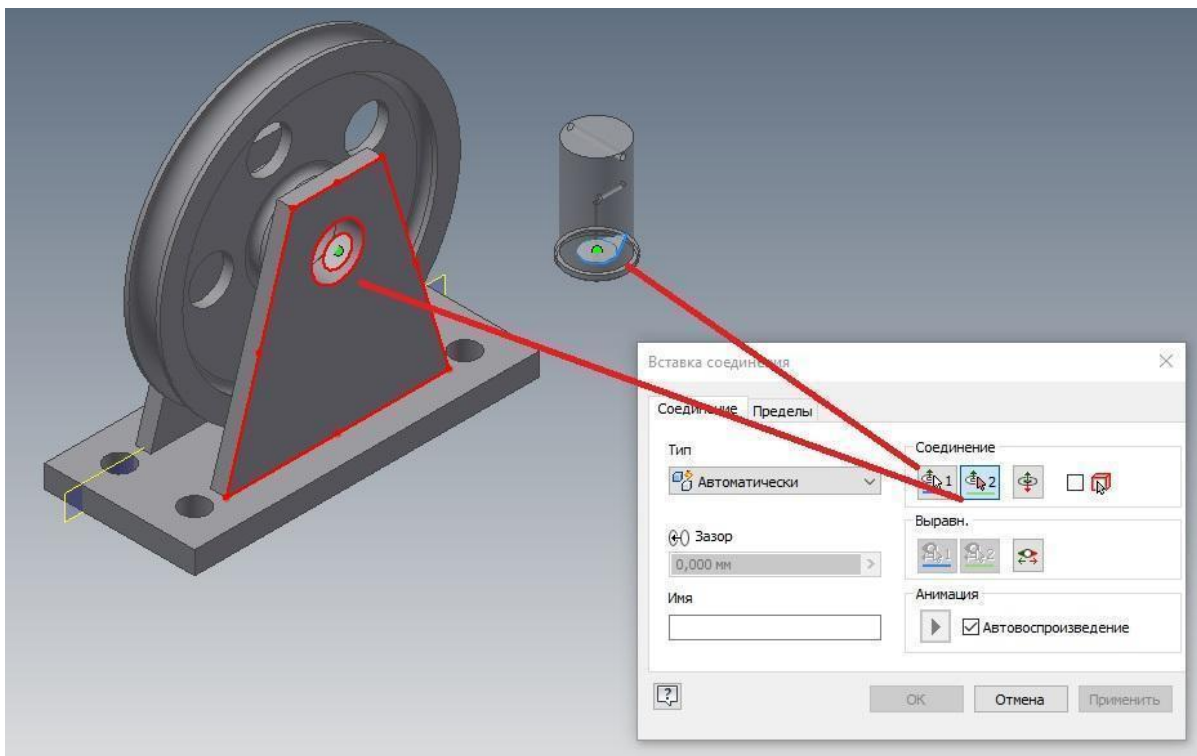


Рис. 4. Соединение оси с кронштейном

Добавим в сборку деталь «Палец». Деталь размещается в сквозном отверстии на конце оси. Если соединяемые элементы указаны верно, но деталь не размещается должным образом, нажимаем на кнопку «сменить направление».

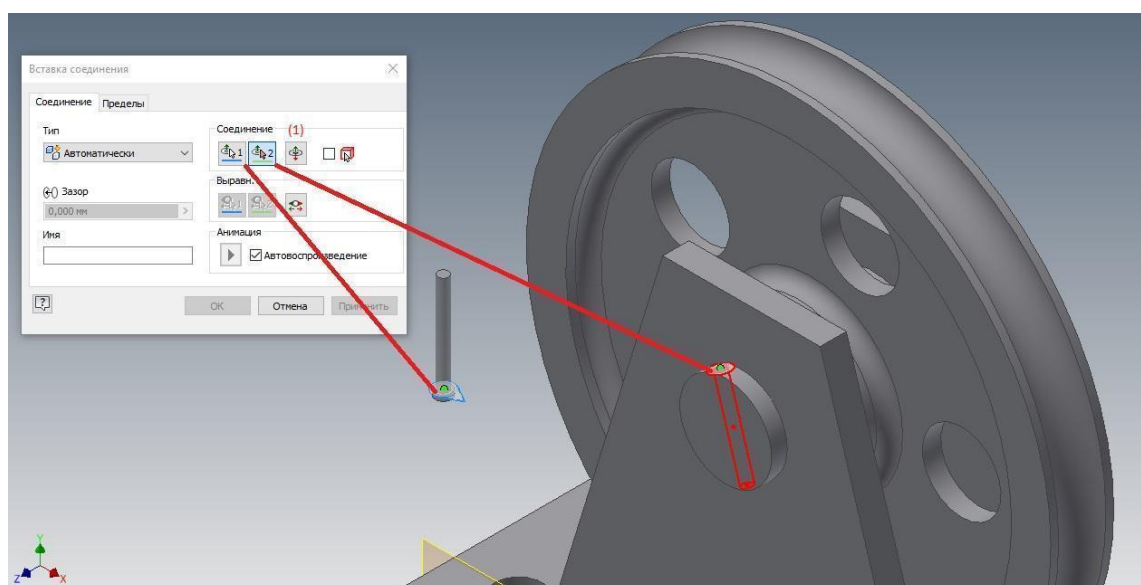


Рис. 5. Соединение пальца с осью

Сборка готова, сохраним файл.

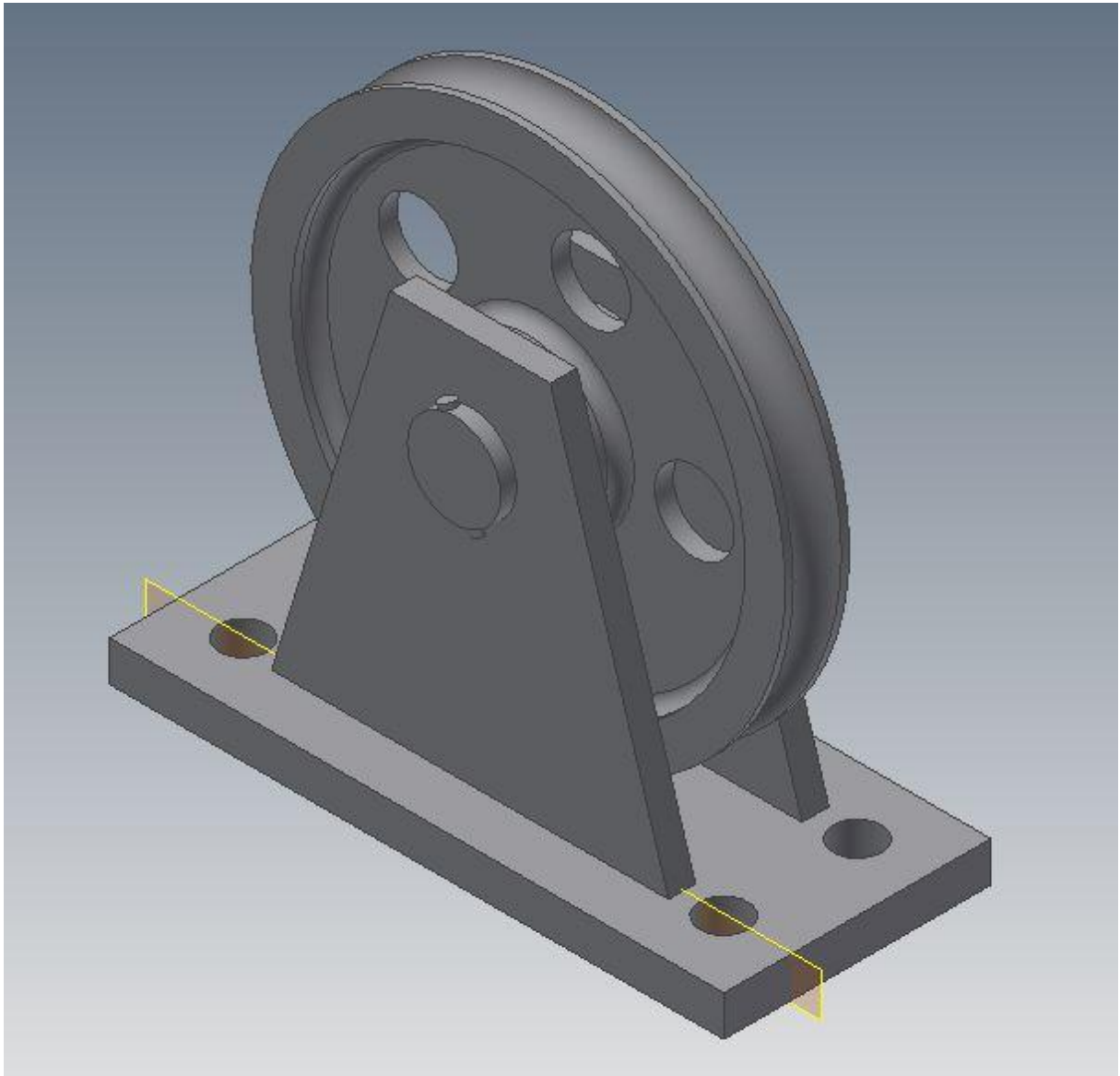


Рис. 6. Финальная сборка

Лабораторная работа №11

Проект «Блок». Создание чертежа

Цель работы: Целью занятия является знакомство с интерфейсом создания чертежа по модели в Autodesk Inventor.

Объем: 1 час.

Задание: создать чертеж детали «Кронштейн».

Практическая часть

Создание чертежа

Чертёж — это графический конструкторский документ, содержащий изображение инженерного объекта (например: детали, сборочной единицы, изделия, здания, сооружения и т. п.), а также данные, необходимые для его изготовления, сборки, монтажа, упаковывания, строительства, контроля и др.

Чертежи выполняются по правилам, определяемым комплексом государственных стандартов (ГОСТ), например, в России – по «Единой системе конструкторской документации» (ЕСКД), составленной по нормам международных стандартов. Обычно чертеж содержит двухмерные изображения, размеры, текстовые надписи и таблицы.

Крайне важно объяснить учащимся, что чертеж является не только необходимым сопутствующим документом результата моделирования, но и способом взаимодействия между разработчиками изделий (например, инженер создает свой собственный проект, а другие инженеры, по чертежам, может самостоятельно воссоздать результат его работы). Потому правильно оформлять чертежи и уметь читать чертежи, оформленные другими, крайне важный навык, это способ коммуникации между участниками производственного процесса в инженерной сфере.

Создадим новый файл чертежа (Файл - Создать - Чертеж).

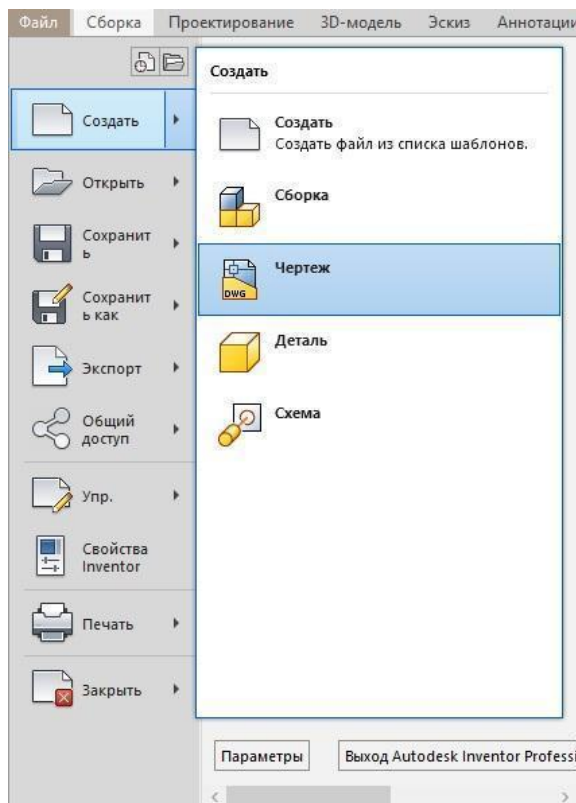


Рис. 1. Создание файла с чертежом

Выберем в правом верхнем углу окна программы команду «Базовый» для размещения базового вида на листе чертежа.

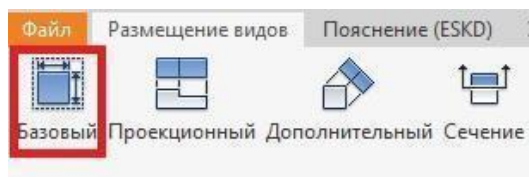


Рис. 2. Блок команд для получения плоских изображений

Программа автоматически предлагает создать чертеж для последней модели, открытой в Inventor (в нашем случае это модель сборки блока). Для того, чтобы создать чертеж для отдельной детали в браузере (1) выберем путь к файлу с моделью детали «Кронштейн». На листе чертежа появится изображение кронштейна в одном из базовых ракурсов (это изображение будет главным видом). Для изменения ракурса главного вида пользуемся видовым кубом. Для изменения стиля отображения вида используем набор функций (2), где, слева направо, выбирается представление вида с отображением скрытой геометрии (например, полостей в твердом теле), без скрытой геометрии (внешний вид детали) и с включенным/выключенным тонированием (цветом) детали. В выпадающем списке (3) выбираем масштаб вида (отношение размеров изображения детали к реальным размерам детали (где 1:N - масштабы уменьшения, N:1 - масштабы увеличения). Важно понимать, что масштаб затрагивает только величину изображения детали на чертеже, не влияя на ее реальные (заданные при моделировании) размеры.

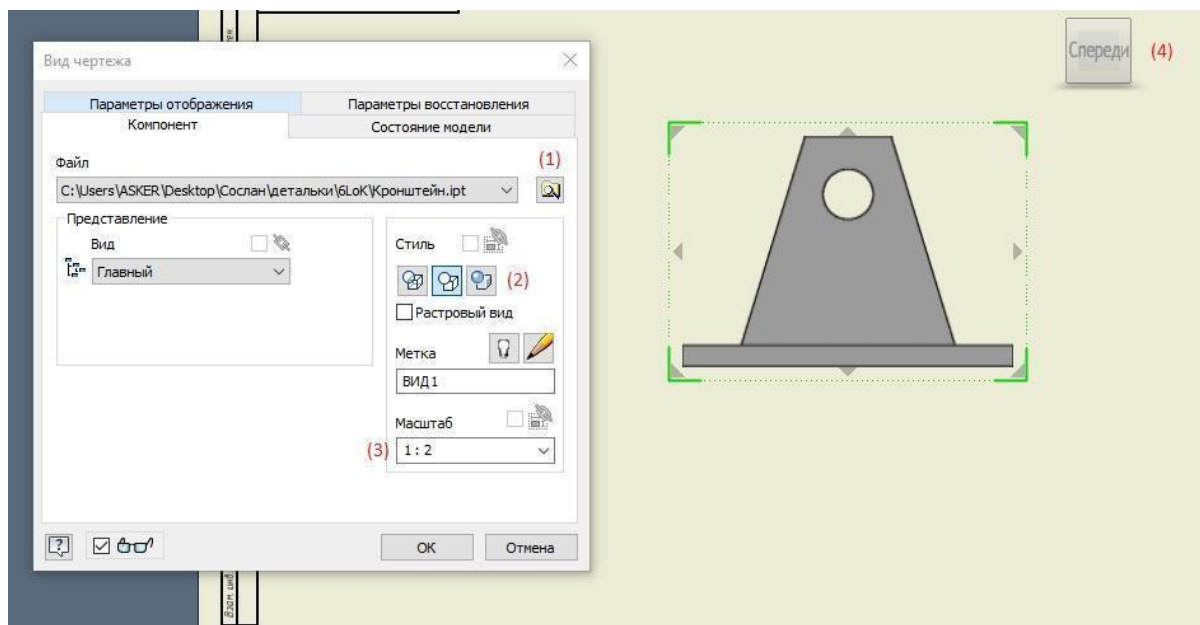


Рис. 3. Окно настроек базового вида

Далее последовательно нажмем ЛКМ ниже главного вида и еще справа от него для

получения проекционных видов детали на чертеже (вида сверху и слева соответственно). Примем операцию. Зажав ЛКМ на рамку вокруг изображения вида и двигая указатель мыши в стороны, положения видов можно менять, сохраняя проекционную связь. Расположим виды равномерно по площади листа.

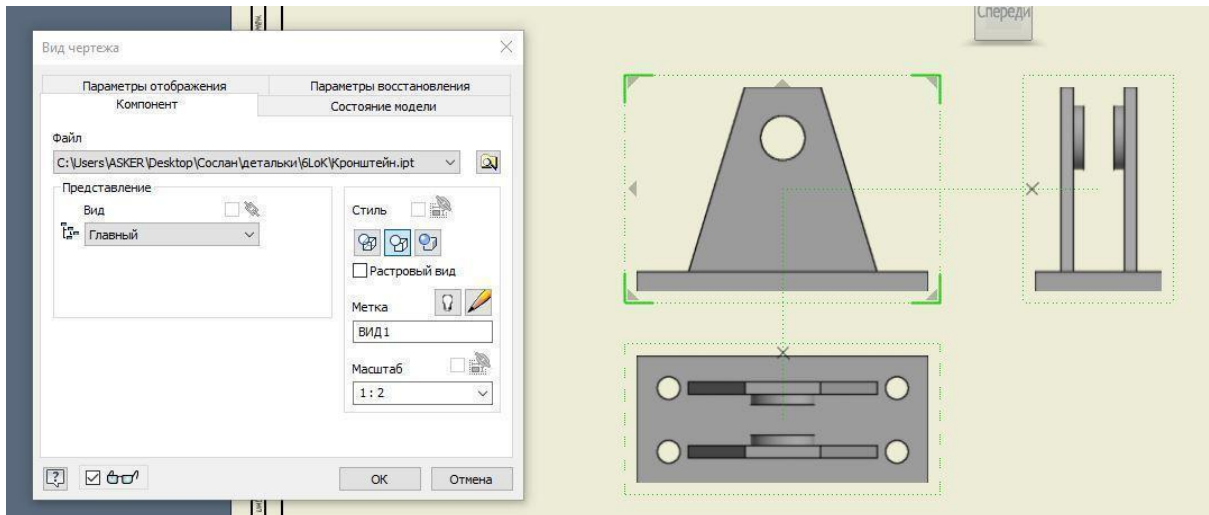


Рис. 4. Получение проекционных видов

При помощи инструмента «Размеры» (вкладка «Пояснение») установим линейные и угловые размеры, как показано на рис. 5. Важно, что на чертеже мы отмечаем такое количество размеров, которое необходимо и достаточно для самостоятельного моделирования/изготовления/контроля изображаемой детали без какой-либо дополнительной информации, кроме имеющейся на чертеже.

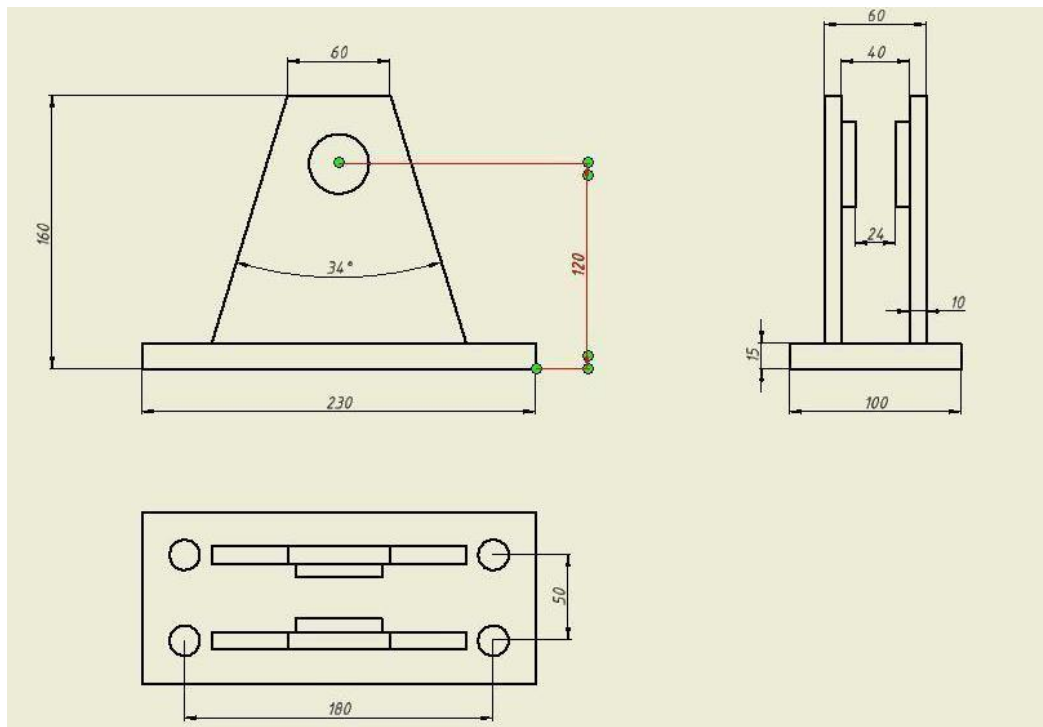


Рис. 5. Пример простановки размеров

Отредактируем диаметральные размеры. Для добавления обозначения диаметра дважды нажмем ЛКМ по размерному числу для его редактирования. То же самое сделаем для добавления обозначения количества отверстий.

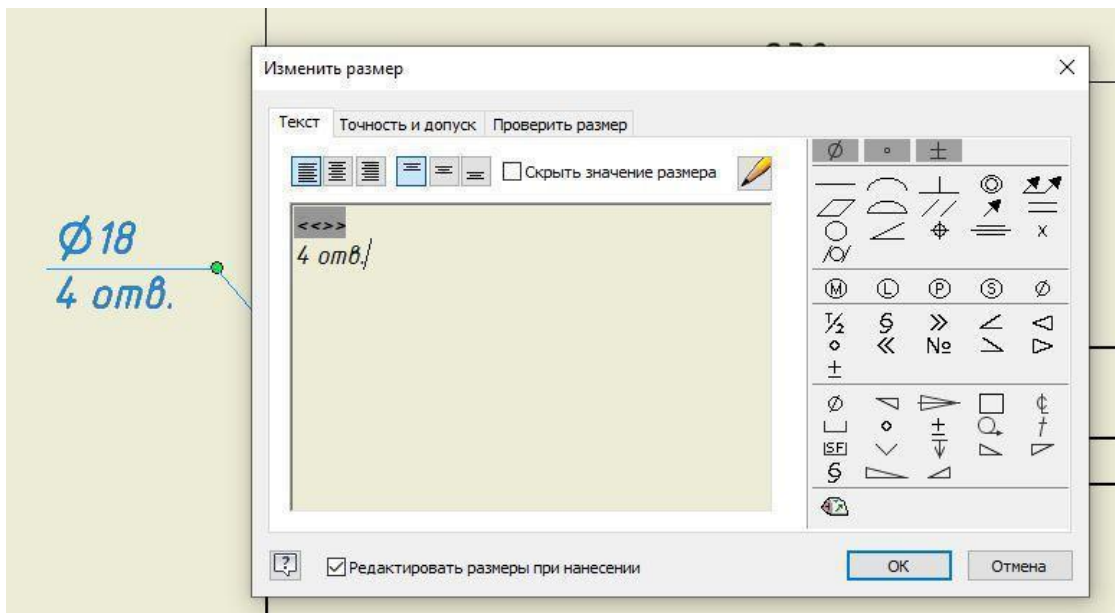


Рис. 6. Окно редактирования размерных чисел

Применим инструмент «Маркер центра» на окружности чертежа. Разместим осевые линии для цилиндрических объектов инструментом «Линия - биссектриса» или «Осевая линия».

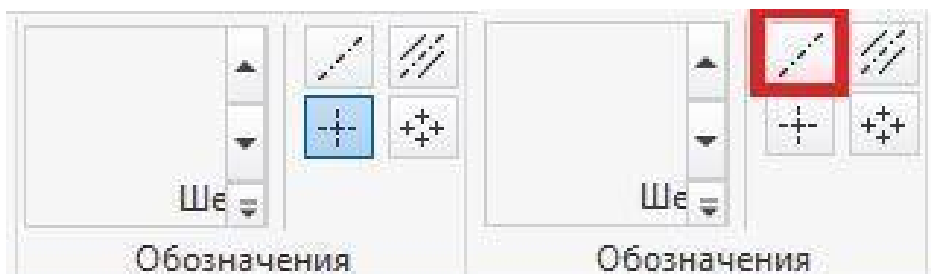




Рис. 7. Инструменты выполнения штрихпунктирных линий

Для редактирования основной надписи чертежа (таблицы в правом нижнем углу листа) используем инструмент «Основная надпись». Заполним ее, как показано на рис.8. Сохраним файл.

Основная надпись

Осн.надп.

					<i>Кронштейн (название детали)</i>				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под...</i>	<i>Дата</i>	<i>Блок (название проекта)</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>	
<i>Разраб.</i>		<i>ФИО</i>		<i>12.06...</i>				0,6	1 : 2 ▾
<i>Пров.</i>									
<i>Т. контр.</i>									
<i>Нач. отд.</i>						<i>Лист</i>		<i>Листы</i> 1	
<i>Т. контр.</i>					Материал	<input type="text"/>			
<i>Утв.</i>					<input type="text"/>	<input type="text"/>			

[?] >> ОК Отмена

Рис. 8. Образец заполнения основной надписи

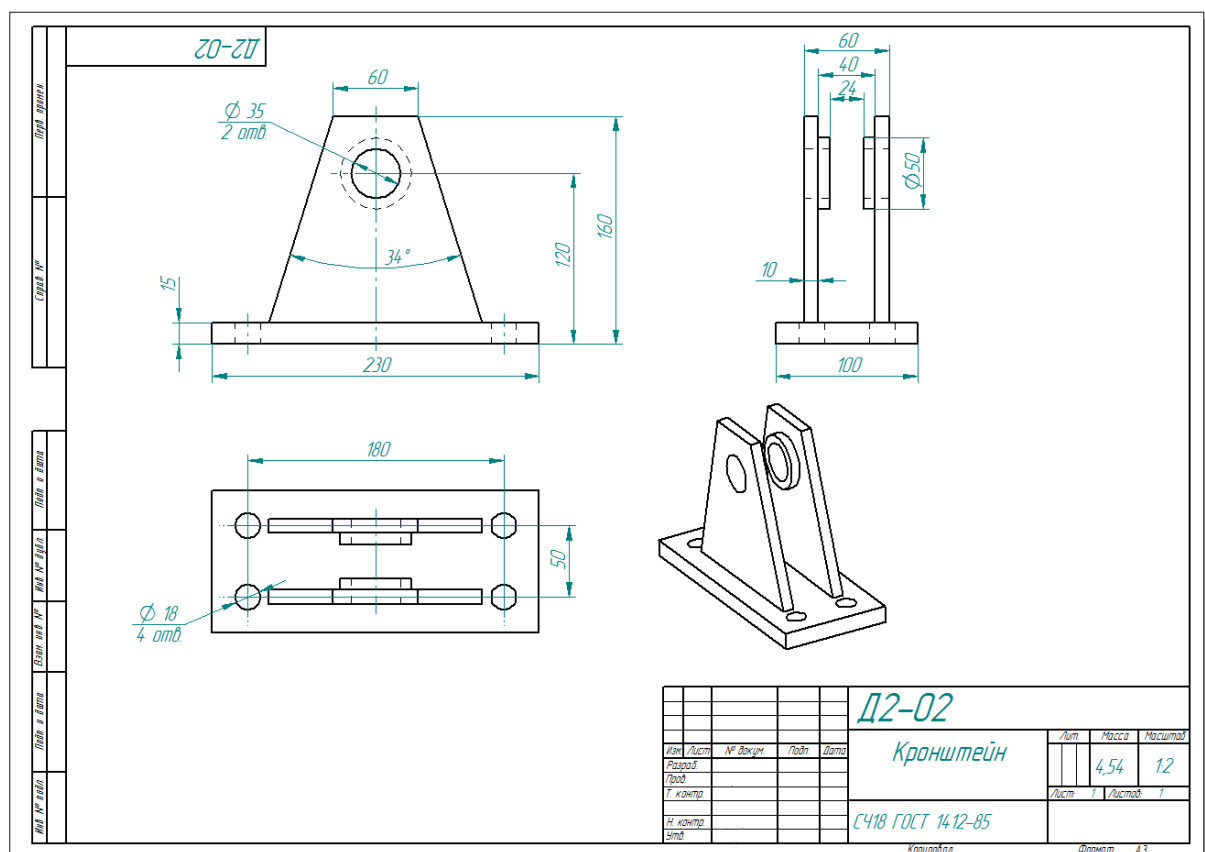


Рис. 9. Пример готового чертежа

Лабораторная работа №12

Аддитивные технологии

Цель работы: знакомство с технологией быстрого прототипирования

Объем: 1 час

Задание: изучить принципы проектирования поддержек для 3D-печати

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, 3D-принтер
Picasso 3D Designer X (Picasso)

Теоретическая часть

Системы быстрого производства

В современных технологиях изготовления можно выделить 3 способа производства (рис. 1):

- субтрактивный - постепенное удаление материала (фрезерование, точение, электроэрозионная обработка);
- аддитивный - постепенное добавление материала до придания необходимой формы;
- формирующий - изменение формы механическим воздействием (гибка, ковка, штамповка).

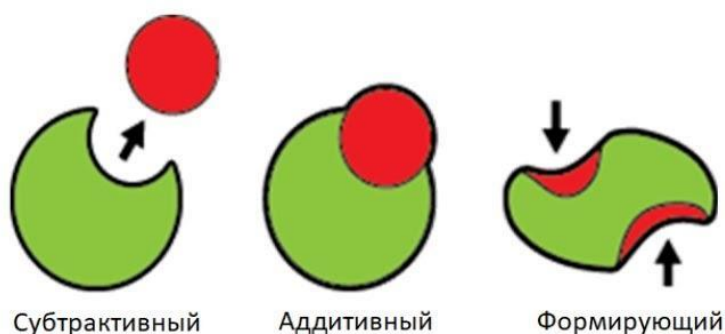


Рис. 1. Схематическое изображение видов производства

Системы быстрого производства (Rapid Manufacturing) - особый класс промышленных машин, с помощью которых выполняется изготовление единичных или мелких серий изделий на основе их компьютерной 3D-модели. Быстрое прототипирование (Rapid Prototyping) - процесс автоматического изготовления физического образца изделия на основе его компьютерной 3D-модели, представленной в формате STL.

Часто встречающиеся альтернативные названия:

- быстрое прототипирование;
- аддитивные технологии;
- 3D-печать;
- 3D-прототипирование.

Для аддитивного производства применяются различные материалы, включая полимеры, литейные воски, металлы, листовые материалы (металлопрокат, бумага, ПВХ-пленка, гипсовые композиции) и др. С использованием специального программного обеспечения производится разбивка 3D-модели изделия на ряд плоских параллельных сечений, отстоящих друг от друга на малое расстояние (0,01 - 0,4 мм), в соответствии с требованиями конкретной модели оборудования.

Разработка поддержек для 3D-печати

Поддержки, то есть внутренние или внешние переборки (рис. 2), создаются на стадии подготовки 3D-модели к печати с помощью различных программ, например, Ultimaker Cura. Поддержки позволяют стабилизировать выступы, консоли на краях модели, предотвратить расслаивание в сложных участках модели, скорректировать возможное искривление слоев на платформе, позволяют легко отделять синтезированную модель от основания-платформы, облегчают синтез сложных моделей, так как последние создаются из нескольких частей.

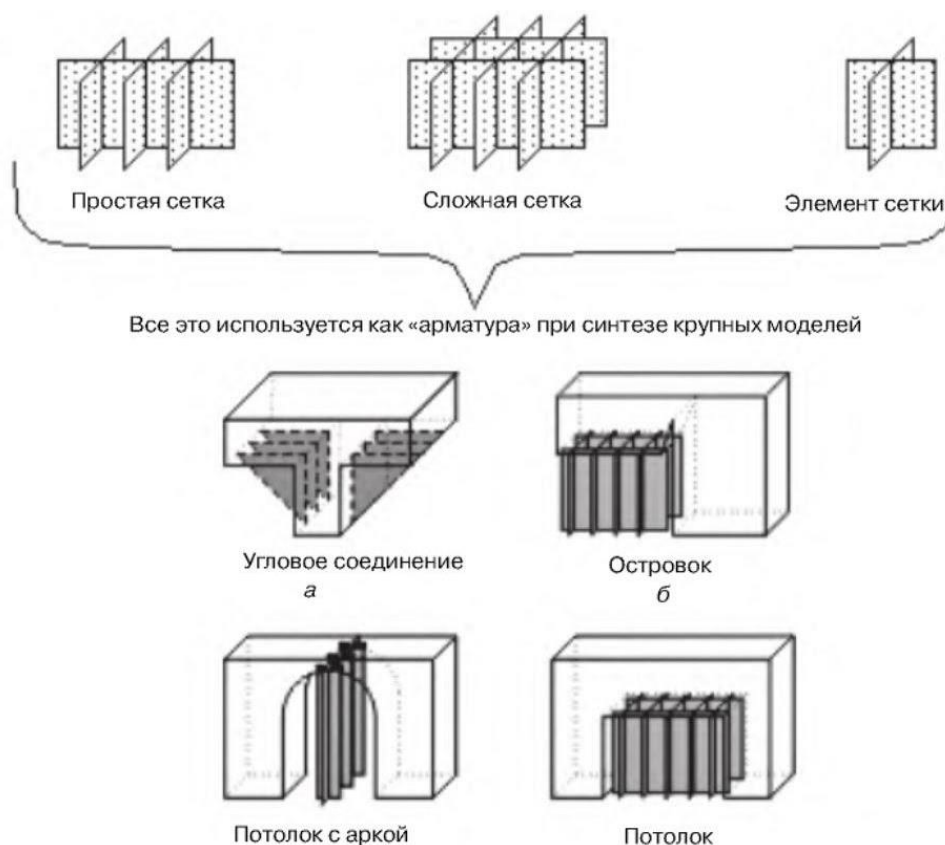


Рис. 2. Примеры поддержек

Очень важно эффективно сформировать поддерживающую структуру, отражающую геометрию детали, поскольку избыточность поддерживающих структур приводит к увеличению времени изготовления и увеличению расходов материала, а недостаточность - к получению

негодных деталей. Качество конструкции поддерживающей структуры полностью зависит от возможностей программного обеспечения для быстрого прототипирования.

Поддерживающие структуры необходимы по следующим причинам. Во-первых, они гарантируют, что формователь слоя (или разравнивающий валик) не ударится о платформу при нанесении первого (нижнего) слоя. Во-вторых, поддерживающие структуры обеспечивают равномерность толщины слоя вне зависимости от возможной деформации платформы. Любые неоднородности принимает на себя слой поддерживающих структур, поэтому слой детали имеет одинаковую толщину во всех местах. В-третьих, они обеспечивают простоту снятия готовой детали с платформы. В-четвертых, условия (режимы) синтеза у основания платформы, где высокий теплоотвод, существенно отличаются от режимов синтеза в объеме - сгладить эти отличия позволяет продуманное построение системы поддержек. Обычно поддерживающие структуры имеют неплотный контакт с платформой, что облегчает последующее извлечение детали. Поддерживающая структура должна также соответствовать периферийной части нижнего слоя детали, включая углы.

Поддержка всей нижней плоскости детали ограничивает ее тенденцию к изгибанию под собственным весом по мере наращивания следующих слоев. Однако на практике край поддерживающей структуры делают отступающим внутрь от края нижнего слоя детали. Это позволяет избежать поломки краев при удалении поддерживающей структуры. Распространенной практикой является изготовление ячеистого пьедестала (рис. 3), что позволяет легко удалить поддерживающую структуру и минимизировать влияние высокого теплоотвода в платформу.

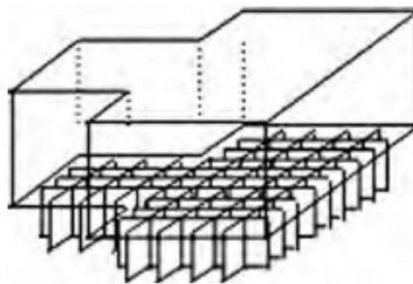


Рис. 3. Генерация ячеистого шаблона для пьедестала

Поддерживающие структуры требуются также, когда деталь имеет островки (island) или нависающие части. Островком называется часть детали, не связанная с какой-либо другой частью данного слоя. В этом случае островок присоединяется к платформе или к самой детали путем проектирования профиля островка на поверхность платформы или предыдущего слоя детали. Соединение с предыдущим слоем может оказаться предпочтительным, если островок располагается высоко над платформой, поскольку это сократит длительность изготовления.

Нависшие части также следует поддерживать с помощью треугольных подпорок, называемых клиньями (gussets). Выступ может изгибаться под собственным весом, если его не подпирают. Арки или выпуклые поверхности поддерживают себя сами, поскольку величина уступа между соседними слоями мала и поддерживающие структуры не требуются. Но если поверхность является плоской, обращенные вниз поверхности следует поддерживать.

В качестве материала поддержки может использоваться как модельный материал, так и специализированный. Структуры поддержки удаляются механически, вымываются водой или растворяются химическим составом.

Лабораторная работа №13

FDM-печать

Цель работы: знакомство с технологией наплавления полимерной нити

Объем: 1 час

Задание: познакомиться с 3D-принтером Picaso 3D Designer X (Picasso)

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, 3D-принтер Picaso 3D Designer X (Picasso)

Теоретическая часть

Системы быстрого производства

Одной из самых популярных на сегодняшний день в сфере образования и домашнего применения является трёхмерная печать, основанная на технологии наплавления полимерной нити. Изначально технология называлась FDM (Fused Deposition Modeling). Технология была разработана в конце 1980-х и вышла на коммерческий рынок в 1990 году, основным разработчиком этой технологии являлась американская компания Stratasys. Одним из главных изобретателей этой технологии считается Скот Краппом, который и запатентовал данную технологию через вышеупомянутую компанию.

Дальнейшее развитие технологии 3D-печати насчитывает миллионы людей и шагов на пути становления этой технологии из обычного патента в прибор, который сегодня можно встретить у некоторых людей дома. Наряду с названием FDM-технология, можно часто встретить FFF. Это разделение определено не столько разницей в технологиях, сколько различными юридическими моментами. FDM всегда считалось более продвинутой технологией, которая использовалась в промышленности, но благодаря развитию движения Open Source начала появляться и развиваться технология FFF. По сути, разделение данных технологий является скорее условным, так как по большому счёту они обозначают один и тот же процесс. Но название FDM является

запатентованным названием компании Stratasys. В это же время FFF (Fused Filament Fabrication) - это название, которое было придумано основоположниками движения RepRap, чтобы не нарушать авторских прав. На сегодняшний момент в связи с развитием материально-технической базы, истечением срока некоторых патентов и удешевлением большинства компонентов эти технологии практически неотличимы и далее в тексте мы не будем различать их.

Стоит отметить, что одну из ключевых ролей в развитии 3D-печати и популяризации этого процесса в массовой культуре сыграло движение RepRap. Но что же оно из себя представляет? Движение RepRap (Replicating Rapid Prototyper) - это сообщество разработчиков, которые движимы созданием самовоспроизводящегося устройства для быстрого прототипирования. Это движение является открытым, и практически все разработки, созданные в его рамках, являются общественным достоянием и могут свободно использоваться всеми желающими. Именно благодаря этому движению 3D-принтеры стали настолько доступными и распространенными. Сегодня большинство 3D-принтеров, с которыми вам предстоит работать, построены на программном обеспечении, которое вышло из этой инициативы. Именно поэтому у нас появилось достаточно большое количество инструментов по типу слайсеров, которые подходят практически к любому типу принтеров. Главной целью проекта является сдвиг парадигмы производства изделий, для того чтобы переместить средства производства каждому «в дом», чтобы можно было изготовить требуемое изделие прямо на месте, а не заказывать его где-то. Это в свою очередь также должно позволить изготавливать более персонифицированные изделия, что должно подтолкнуть людей к творческому подходу в дизайне собственных устройств.

Стоит отметить, что далее речь идет не о промышленных вариантах реализации 3D-печати, а о более пользовательских вариантах 3D-принтера, с которыми вам скорее всего предстоит работать. На рис. 1 вы можете видеть, как на данный момент некоторые компании и инициативы делят рынок современной 3D-печати.

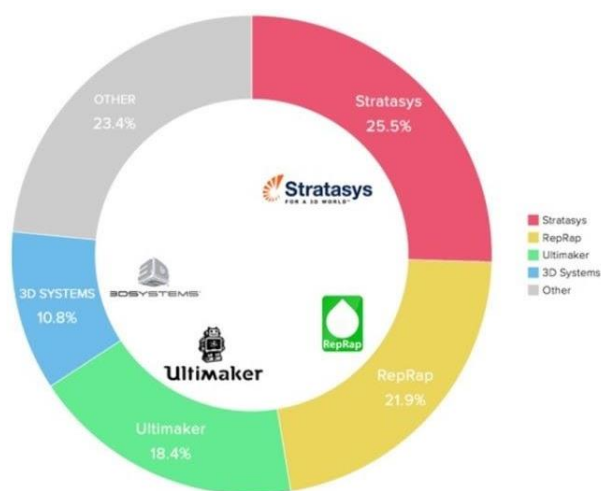
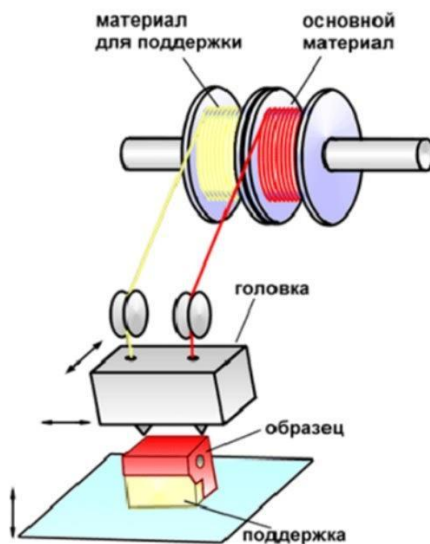


Рис. 1. Данные исследования рынка 3D-печати

Сама технология FFF представляет из себя довольно тривиальный процесс, в котором на поверхность стола наносится материал в соответствии с заданной цифровой моделью, а после уже на напечатанные части последовательно наносятся дальнейшие слои. Это в свою очередь слой за слоем позволяет «выращивать» различные модели. Чаще всего в качестве материалов для печати используются термопласты (наиболее распространенными при 3D-печати являются ABS- и PLA-пластик, поставляющиеся в виде катушек нитей).

Базовые составляющие любого FFF-принтера - это экструдер (устройство для расплавления и подачи материала), сопло (элемент, через который материал подаётся в рабочую зону), рабочий стол (элемент, который выступает в роли основы для печати), механизмы передачи момента (двигатели для перемещения рабочего органа и подачи материала), устройства управления (набор электроники для осуществления управления 3D-принтером) и корпус.

Сам процесс печати заключается в следующем (рис. 2). Материал попадает в экструдер, где нагревается и расплавляется. Экструдер размещает материал на столе через насадку сопла. Весь этот процесс контролируется устройством управления. В идеальном случае весь процесс происходит внутри изолированного корпуса, в котором поддерживается заданная температура воздуха, что позволяет более точно контролировать слипание слоев и убирать дефекты, которые могут быть связаны с термоусадкой материала. Использование защищенной камеры так же позволяет защитить изделие от коробления и скручивания, повышая адгезию слоев.

**Рис. 2.** Принцип работы 3D-принтера

Многие 3D-принтеры, работающие по технологии FFF, сильно отличаются друг от друга. Чаще всего это отличие определяется кинематической схемой, которая в них используется. Базово можно выделить 4 вида принтеров с различной кинематикой:

1. головка движется по оси X, платформа движется по осям Y и Z (декартова система координат);
2. головка движется по осям X и Z, платформа движется по оси Y (декартова система координат);
3. головка движется по осям X и Y, платформа по оси Z (декартова система координат);
4. головка перемещается по схеме дельта-робота, платформа неподвижна (полярная система координат).

Рассмотрим 3D-принтер Picaso 3D Designer X (рис. 3). Это новинка от российского производителя Picaso 3D, сочетающая в себе технологии промышленного уровня и доступность настольного аппарата.



Рис. 3. 3D-принтер Picaso 3D Designer X (Picaso)

Данный гаджет построен на базе платформы «X», что означает высокую производительность, поддержку систем профилей, оповещения и контроля, а также поддержку сетевой печати.

Принтер оснащён одним экструдером и способен печатать множеством материалов, включая инженерные пластики, что позволяет использовать его и в быту, и в промышленности, а также для организации печатных ферм.

Ключевые особенности:

- В основе конструкции устройства лежит каркас из стали, позволяющий гасить вибрации, тем самым значительно повышая качество печати.
- Закрытая камера поддерживает температурный баланс в процессе работы.
- Автоматическая калибровка и функция контроля первого слоя экономят силы, время и ресурсы.
- Основная особенность нового Designer X – управляющая электроника уровня промышленных станков, гарантирующая точность выполнения, плавность и бесперебойность работы, рассчитанная на более сложные алгоритмы.
- Система оповещений известит пользователя о проблеме, если та вдруг возникнет – либо изменит подсветку, либо покажет сообщение в сетевой программе, либо же вышлет письмо с уведомлением на электронную почту.

В качестве расходных материалов, используемых для 3D печати, используются нити диаметра 1,75 мм пластика: ABS, PLA, HIPS, PVA, ULTRAN 630, ULTRAN 6130, ASA, ABS/PC, PET, PC, FRICTION, CAST, RELAX, ETERNAL, FLEX, RUBBER, SEALANT, PETG, AEROTEX, CERAMO, WAX, SBS, SBS PRO, PROTOTYPER SOFT, PRO-FLEX, TOTAL PRO, NYLON, PEEK и других.

Лабораторная работа №14

Устройство 3D-принтера

Цель работы: знакомство с устройством 3D-принтера

Объем: 1 час

Задание: познакомиться с основными конструктивными элементами 3D-принтера Picaso 3D Designer X (Picasso)

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, 3D-принтер Picaso 3D Designer X (Picasso)

Теоретическая часть

Основные элементы конструкции 3D-принтера

На рис. 1 мы можем видеть типовую конструкцию 3D-принтера. Его основные элементы:

- 1 - корпус, играющий роль скелета для монтажа конструктивных элементов;
- 2 - направляющие, осуществляющие сравнительно свободное перемещение печатающей головки в заданном пространстве;

3 - печатающая головка (экструдер) - группа частей, которая выполняет подачу, нагрев и вытеснение (экструзию) расходного материала через сопло на рабочую поверхность;

4 - шаговые двигатели - элементы конструкции 3D-принтера, отвечающие за равномерное перемещение печатающей головки в заданном пространстве;

5 - рабочий стол - строительная платформа 3D-принтера, на которой осуществляется непосредственное создание трехмерного объекта;

6 - электроника - набор элементов, отвечающий за управление и координацию действий принтера в процессе печати.

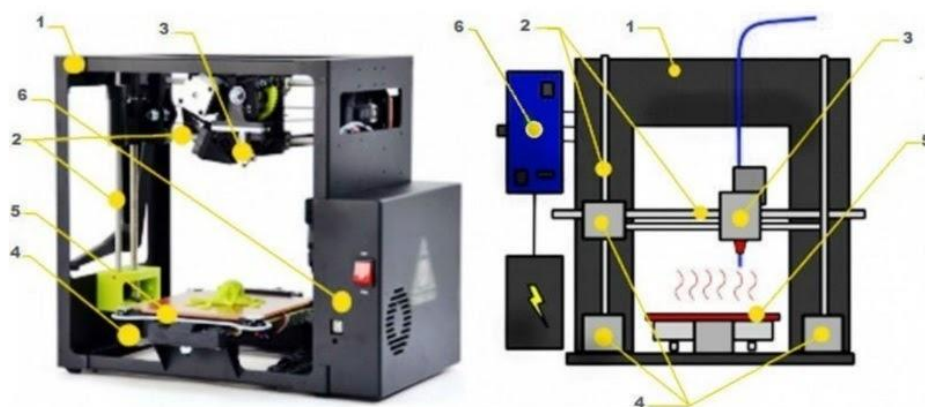


Рис. 1. Конструкция 3D-принтера

Рассмотрим каждый из этих элементов по отдельности.

Корпус и направляющие.

Вариантов конструкции 3D-принтера существует огромное множество и каждому типу конструкции соответствует свой корпус. Зачастую, для рамы используют недорогой алюминиевый профиль, например, используемый в качестве мебельной фурнитуры, а порой и обычные стержни с резьбой, которые можно купить в магазинах стройматериалов. Они соединяются в единое целое с помощью изготовленных из пластика муфт, хомутов и других элементов, скрепляемых гайками и болтами. Подобное допустимо лишь в самодельных принтерах, где во главу угла ставится минимальная себестоимость конструктивных элементов и их максимальная доступность в продаже. В принтерах промышленного производства как правило используются более качественные материалы, что увеличивает точность и жесткость конструкции принтера в целом, а это именно те показатели, которые требуются для качественной 3D-печати.

Печатающая головка.

Печатающая головка (рис. 2) состоит из нагревателя, в котором пластиковая нить нагревается до температуры плавления и затем выдавливается через сопло с отверстием малого

диаметра. Обычно отверстие сопла находится в пределах 0,15-0,5 мм, в зависимости от требуемого качества модели. При увеличении диаметра сопла мы ухудшаем качество печати, но при этом можем увеличить наносимый слой, что существенно сказывается на снижении времени печати. По стандарту в принтеры ставят сопло среднего диаметра, чаще всего - это 0,4 мм. В экструдер часто включают механизм, обеспечивающего дозированную подачу нити в нагреватель.



Рис. 2. Печатающая головка 3D-принтера

Стоит также отметить, что сопло считается расходным материалом: его отверстие со временем засоряется, покрываясь нагаром, и приходится либо чистить (что непросто, особенно если отверстие диаметром 0,15 мм), либо заменять сопло. Прочистка сопла после засора может осуществляться разными способами, но эта тема уже относится к эксплуатации принтера. Крайне желательно, чтобы сопло было не просто сменным, а еще и заменялось без особых хлопот, для чего используют резьбовое соединение. Сопла разных принтеров далеко не всегда взаимозаменяемы: шаг и диаметр резьбы могут быть разными, к тому же сама резьба на сопле может быть не только внешней, но и внутренней.

Подающий механизм принято называть экструдером (от англ. Extrude - выталкивать), а нагреватель с соплом называют хот-энд (hot-end; по аналогии экструдер иногда называют cold-end). Порой всю печатающую головку, включая hot-end и cold-end, для краткости называют экструдером, что не совсем правильно: экструдер лишь самая крупная часть головки.

Существуют также экструдеры с несколькими соплами, которые созданы, чтобы обеспечивать возможность печатать одну деталь несколькими материалами, разного цвета или химического состава для печати с растворимыми поддержками или другими специализированными материалами.

Механизм подачи обеспечивает подачу материала в нагреватель. Нагрев пластика в данной части экструдера вреден, что объясняется тем, что разогретый и мягкий пластик невозможно продавить в хотенд. Именно поэтому hot-end и cold-end разделяют радиатором с теплоотводом, который обеспечивает нужный прогрев материала. Также для обеспечения правильного нагрева часто используют «тепловые барьеры» (thermal break, thermal barrier): прокладки из вещества с малой теплопроводностью, в качестве которого может использоваться политетрафторэтилен (PTFE, также известный как тефлон и фторопласт) или полиэфирэфиркетон (ПЭЭК, латиницей PEEK). Поскольку при работе с некоторыми материалами температура hot-end может приближаться к 300 °С, то прокладки должны выдерживать такую температуру не только без значительных деформаций, но и без выделения токсичных веществ.

Подающий механизм состоит из шагового двигателя, зубчатой передачи, подающего болта или ролика, подпружиненного прижимного ролика и тефлоновой трубки (в некоторых конструкциях может отсутствовать).



Рис. 3. Конструкция экструдера 3D-принтера

Двигатели

Как и в экструдере, для перемещения рабочей головки и стола используются шаговые двигатели (это могут быть двигатели NEMA17 - они наиболее распространены и используются почти во всех любительских принтерах), которые обычно имеют шаг в 1,8 градуса, т.е. 200 шагов на полный оборот. Это полношаговый режим, есть ещё полушаговый и микрошаговый, который используют для повышения точности перемещения - управляющая двигателем электроника добавляет некоторое количество промежуточных шагов, причем зачастую значительное: наиболее

популярные контроллеры обеспечивают деление шага двигателя на 4, 8 и даже 16 частей, и тогда полный оборот ротора двигателя будет соответствовать уже 3200 микрошагам.

Рабочий стол

На столе непосредственно печатается изделие. Чаще всего для обеспечения ровности стола на него кладут стекло или зеркало. Если стол изготовлен из металла, обычно на него наклеивают специальный материал, улучшающий адгезию материала.

Стол может нагреваться, быть в открытом или закрытом корпусе. Все это будет определять то, с каким типом материала возможна работа на 3D-принтере. Например, для печати ABS-пластиком крайне желательным является наличие закрытого корпуса и строго обязательным - наличие стола, способного нагреваться до 90 или выше градусов. Это обусловлено тем, что ABS-пластик крайне подвержен термоусадкам, и, в случае отсутствия нагреваемого стола, мы не сможем обеспечить достаточный уровень сцепки его с деталью, чтобы печать прошла в нормальном режиме. Для подавляющего большинства материалов (кроме PLA), необходим подогрев стола. Он не даёт изделию остыть раньше времени, увеличивая его прочность и обеспечивая сцепку с изделием.

Подогрев стола нужен еще и для уменьшения температурного градиента между первыми из напечатанных слоев и теми, которые созданы только что. Нижние слои начинают остывать и особенно быстро, если они соприкасаются с гораздо более массивной платформой, имеющей комнатную температуру. При этом возникают деформации, из-за которых модель может начать выгибаться, а порой и просто отрывается от стола.

Очень желательно, чтобы крепление верхней части стола было не жестким, а подпружиненным: при этом, в частности, не так критичны небольшие ошибки в юстировке, когда в какой-то позиции зазор между выходным отверстием сопла и поверхностью платформы становится слишком малым, а то и вовсе переходит в область отрицательных величин.

Открытый корпус позволяет рассмотреть процесс печати и облегчает доступ к изделию, но не защищает от случайных касаний стола, сквозняка, которые могут вызвать порчу изделия, а в случае с подогреваемым столом - ожоги. Закрытый корпус необходим, чтобы поддерживать высокую температуру в области печати, что требуется при использовании технических пластиков вроде нейлона или для крупных изделий.

Лабораторная работа №15

Виды пластиков для 3D-печати

Цель работы: изучение видов пластиков для 3D-печати

Объем: 1 час

Задание: выбрать подходящий для печати моделей пластик

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, 3D-принтер Picaso 3D Designer X (Picasso)

Теоретическая часть

Виды пластиков для 3D-печати

В качестве расходных материалов используются всевозможные полимеры, включая акрилонитрилбутадиенстирол (ABS) поликарбонат (PC) полилактид (PLA) полиэтилен высокого давления (HDPE) смеси поликарбоната и ABS-пластика, полифенилсульфон (PPSU) и до. Как правило полимер поставляется в форме наполнителя, изготовленного из чистого пластика. В сообществе энтузиастов 3D-печати существует несколько проектов, направленных на переработку использованного пластика в материалы для 3D-печати. Проекты основаны на выработке расходных материалов с помощью шредеров и переплавляющих устройств и также имеют открытые исходные данные проектов. Изучим пластики подробнее.

PLA-пластик Полилактид - один из наиболее широко используемых термопластиков, что обуславливается сразу несколькими факторами. Одно из основных преимуществ PLA - он имеет низкую температуру плавления от 180 до 215 градусов по Цельсию и высокую теплоемкость благодаря чему медленно остывает. Эти качества позволяют печатать им даже без подогрева стола. Однако по возможности рекомендуют подогревать стол до 60 градусов. Также он экологичен и нетоксичен и подходит для использования детьми.

Этот материал является полимером молочной кислоты, что делает его биоразлагаемым материалом. Сырьем для производства PLA-пластика служат кукуруза и сахарный тростник. Из недостатков можно выделить тот факт, что он легко впитывает воду и относительно мягок. Как правило модели из PLA не предназначены для функционального использования, а служат в качестве дизайнерских моделей игрушек, а также использования в подшипниках, не несущих высокой механической нагрузки (например, в моделировании), что возможно благодаря отличному коэффициенту скольжения материала.

ABS-пластик - довольно популярный пластик за счёт его дешевизны, однако он обладает рядом недостатков технического характера возникающими при печати. В промышленности ABS-пластик уже получает широкое применение: производство деталей автомобилей, корпусов различных устройств, контейнеров, сувениров, различных бытовых аксессуаров и пр. ABS-пластик устойчив к влаге, кислотам и маслу, имеет достаточно высокие показатели термоустойчивости - от 90°C до 110°C. В то же время, ABS-пластик легко поддается окраске, что позволяет наносить защитные покрытия на немеханические элементы. Основным минусом ABS-пластика можно считать высокую степень усадки при охлаждении - материал может потерять до 0,8% объема. Этот

эффект может привести к значительным деформациям модели, закручиванию первых слоев и растрескиванию. Для борьбы с этими неприятными явлениями используются два основных решения: подогреваемый стол и закрытый корпус 3D-принтера. Вторым достаточно существенным недостатком пластика является его неэкологичность - при печати выделяются летучие вещества. При нагревании пластика выделяются пары акрилонитрила - ядовитого соединения, способного вызвать раздражение слизистых оболочек и отравление. Хотя объёмы производимого акрилонитрата при маломасштабной печати незначительны, рекомендуется печатать в хорошо проветриваемых помещениях или предусмотреть вытяжку. Хорошая растворимость ABS-пластика в ацетоне весьма полезна, так как позволяет производить большие модели по частям с последующим склеиванием этот факт также значительно упрощает механическую постобработку моделей из этого пластика.

PVA (ПВА) - пластик. Поливиниловый спирт обладает уникальными свойствами Главной особенностью является его водорастворимость. 3D-принтеры, оснащенные двойными экструдерами, имеют возможность печати моделей с опорными структурами из PVA. По завершении печати опоры могут быть растворены в воде оставляя готовую модель, не требующую механической или химической обработки неровностей. Аналогично, PVA можно применять для создания водорастворимых мастер-моделей для литейных форм и самих литейных форм. Температура экструзии составляет 160-175 С что позволяет использовать PVA в принтерах, предназначенных для печати ABS и PLA-пластиком. Однако стоит помнить, что этот материал сильно впитывает влагу поэтому хранить его нужно в отдельной герметичной и сухой упаковке и при необходимости выполнять просушку перед использованием.

Nylon (нейлон), как материал для 3D-печати привлекателен за счёт высокой износостойчивости и низкого коэффициента трения. Так, нейлон зачастую используется для покрытия трущихся деталей, что повышает их эксплуатационные качества и зачастую позволяет функционировать без смазки. На сегодняшний день существует несколько видов нейлона, производимых разными методами и имеющих несколько отличающиеся характеристики. Наиболее известным является нейлон-66, созданный американской компанией DuPont 1935 году. Разные нейлоны обладают разной температурой плавления, поэтому всегда изучайте сопроводительную информацию к материалу. Нейлон легко впитывает влагу и его следует хранить в вакуумной упаковке вместе с водоабсорбирующими материалами (например, силикагелем). Признаком чрезмерно влажного материала станет пар, исходящий из сопла во время печати, что не опасно, но может ухудшить качество модели.

Нейлон плохо поддается склеиванию, поэтому печать крупных моделей из составных частей затруднительна. Так как при нагревании нейлона возможно выделение токсичных паров

рекомендуется производить печать в хорошо вентилируемых помещениях или с использованием вытяжки.

Существует и огромное множество других типов пластиков - это поликарбонат (PC ПК), полиэтилен высокой плотности (HDPE ПНД), полипропилен (PP ПП) поликапролактон (PCL) и множество других более специфичных (бронзоподобные древоподобные пластики). Новые виды пластиков создаются каждый год и обладают своими характерными особенностями и способами эксплуатации. Сейчас боль большую популярность начинает набирать полиэтилентерефталатгликоль (PETG) за счет сочетания в себе лучших качеств ABS и PLA-пластика, долговечности и безопасности, прочности.



Рис. 1. Катушки с пластиком для 3D-принтера

Практическая работа №16

Проект «Мельница». Моделирование деталей из листового металла.

Цель работы: изучение инструментов моделирования деталей из листового материала

Объем: 1 час

Задание: получить модели деталей из листового металла, входящие в состав проекта

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование детали «Втулка»

Создадим эскиз, как показано на рис. 1 и выдадим его. Сохраним деталь.

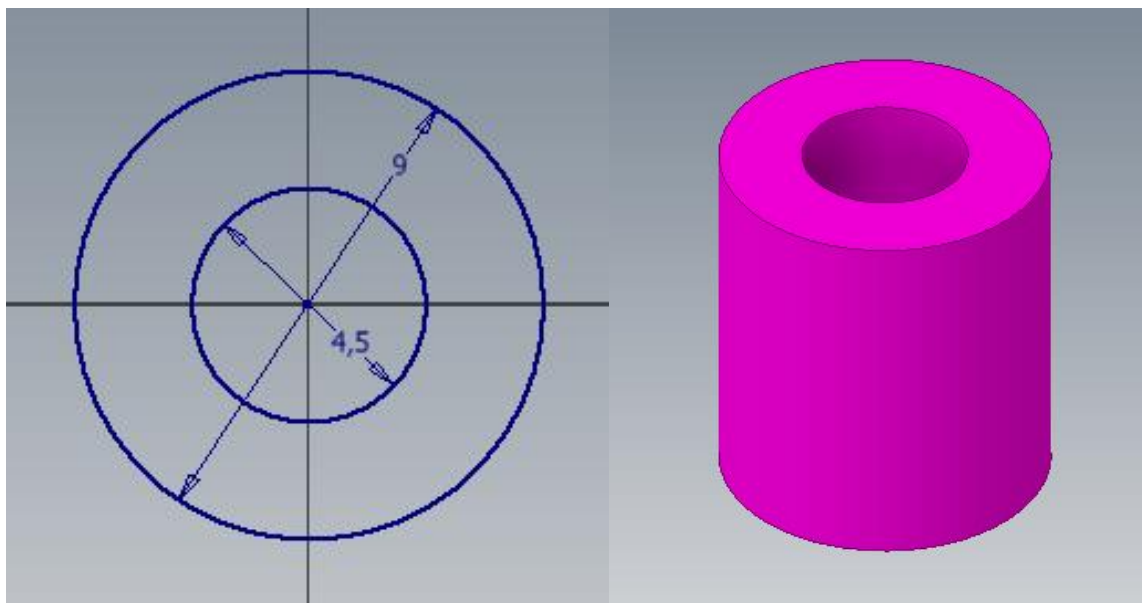


Рис. 1. Моделирование детали «Втулка»

Моделирование детали «Колпак»

Создадим эскиз, как показано на рис. 2, и придадим эскизу объем при помощи операции «Вращение».

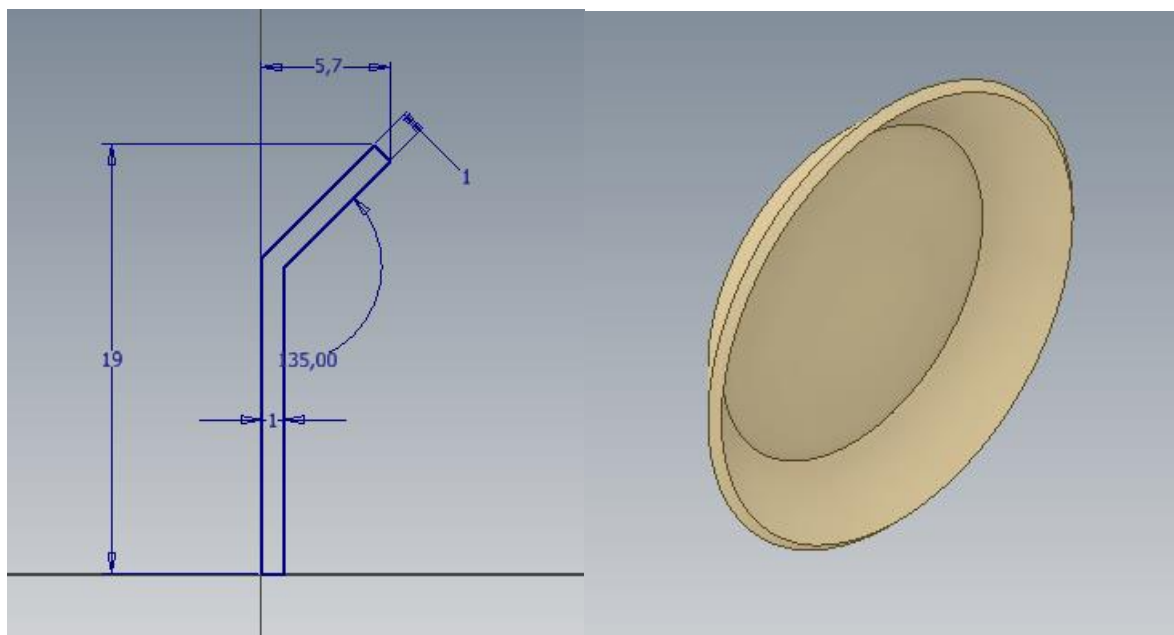


Рис. 2. Вращение эскиза

Добавим сопряжения радиусом 2 мм согласно рис. 3.

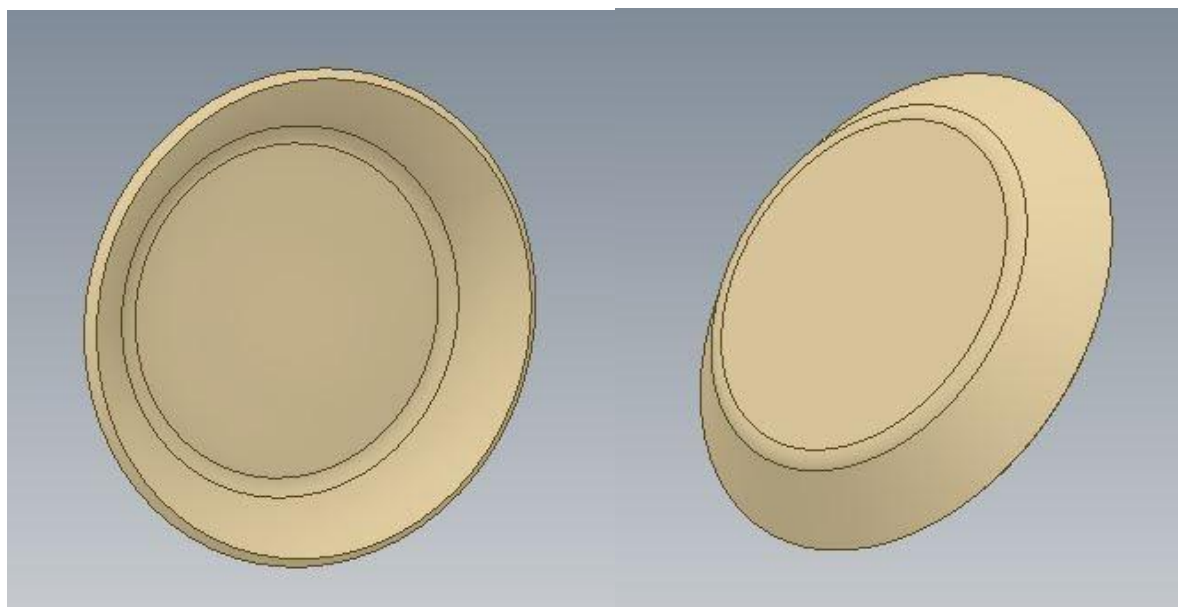


Рис. 3. Добавление скруглений

Изобразим эскиз, как показано на рис. 4, и выдавим его насквозь.

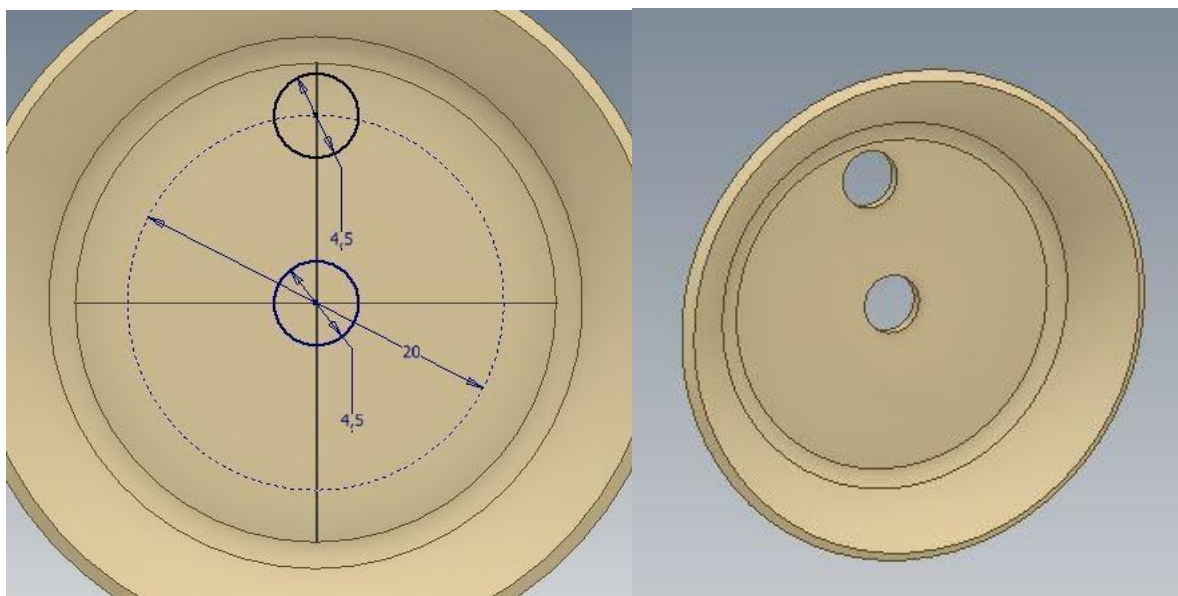


Рис. 4. Получение отверстий

При помощи инструмента «Круговой массив» копируем отверстия и сохраним деталь.

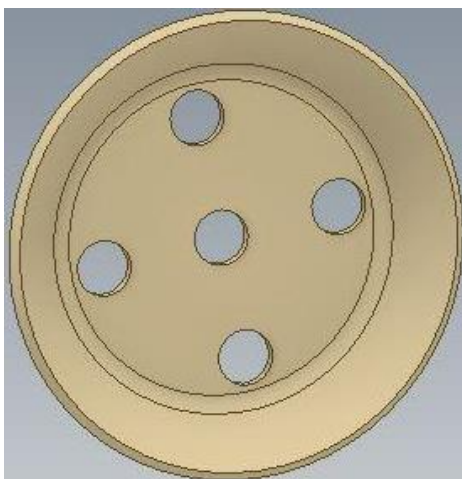


Рис. 5. Круговой массив из отверстий

Моделирование деталей «Планка»

Данные детали выполняются в модуле «Листовой металл». Создадим файл детали, затем, в правом верхнем углу нажимаем на инструмент «Преобразовать в листовой металл».

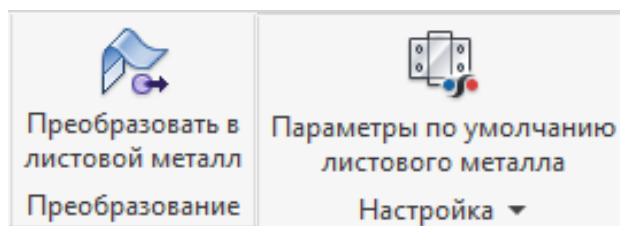


Рис. 6. Кнопки создания детали из листового металла

Перейдем к настройке листового металла. Установим параметры листа согласно рис. 7.

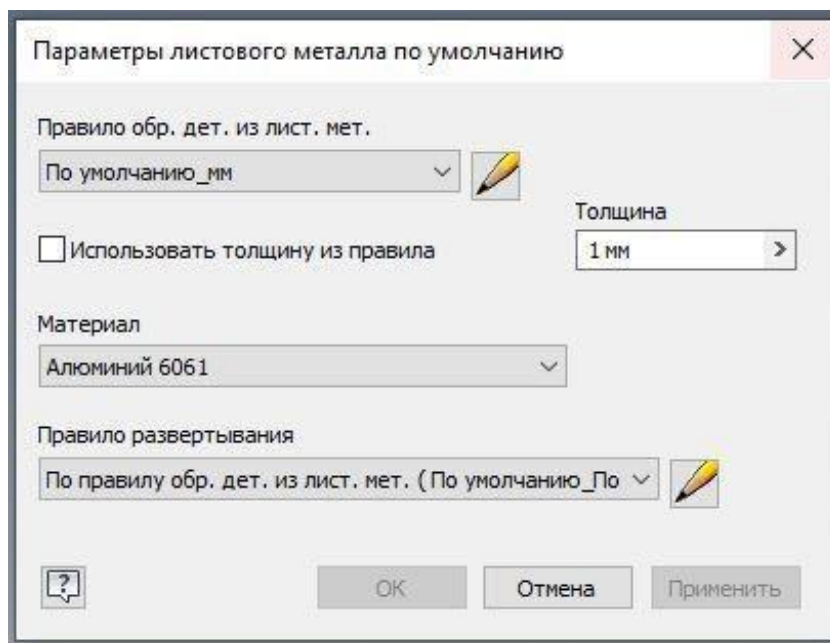


Рис. 7. Окно настроек параметров листового металла

Создадим эскиз, как показано на рис. 8, примем его, и применим к нему инструмент «Грань».

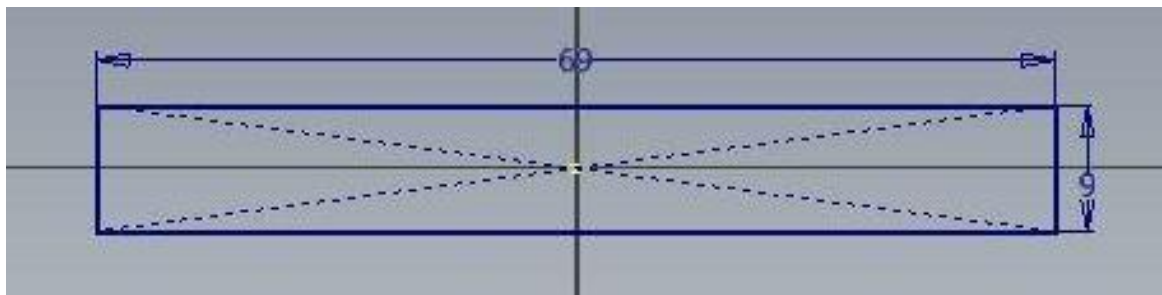


Рис. 8. Эскиз для планки

Создадим сопряжения радиусом 4,5 мм на краях фигуры.

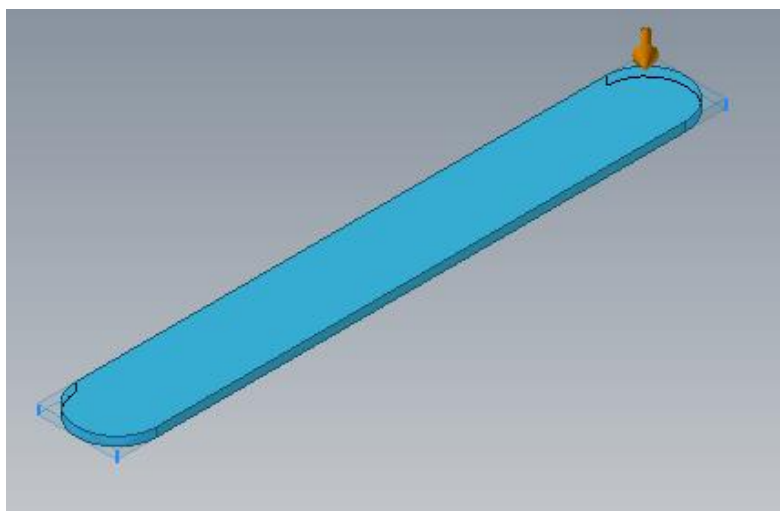


Рис. 9. Создание скруглений

Создадим отверстие диаметром 4,5 мм concentricно скруглениям детали, как показано на рис. 10.

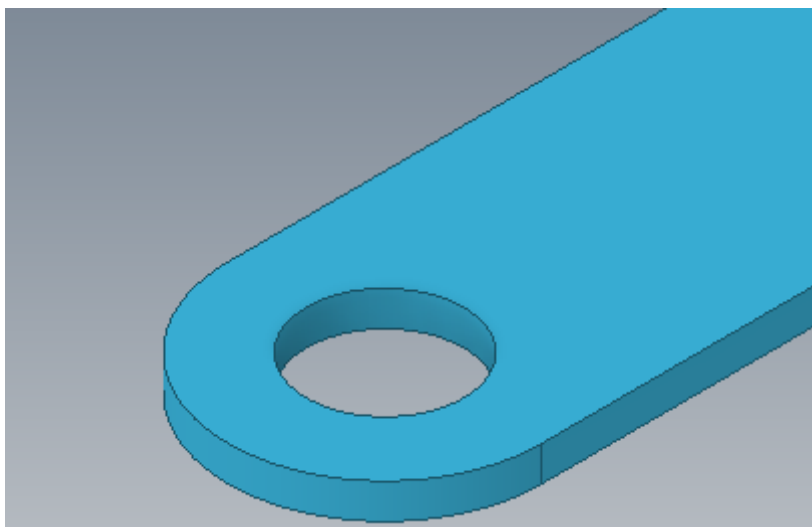


Рис. 10. Получение отверстия

При помощи инструмента «Прямоугольный массив» создадим копии отверстия по всей длине детали и сохраним модель.

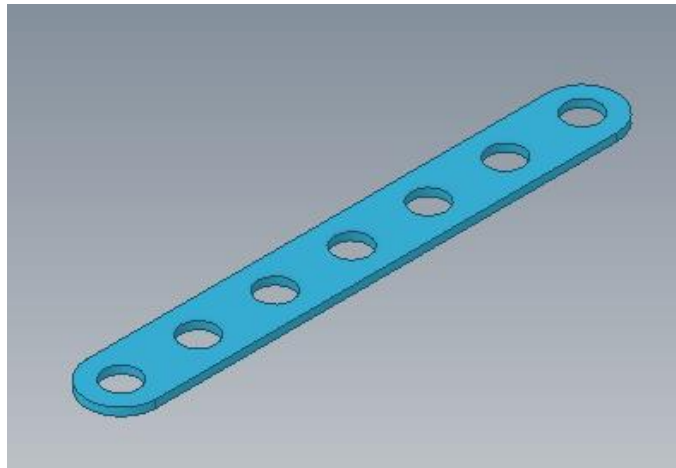


Рис. 11. Модель детали «Планка» с 7 отверстиями

Аналогичным образом, согласно приложенным чертежам, создаем планки с 3, 5 и 10 отверстиями.

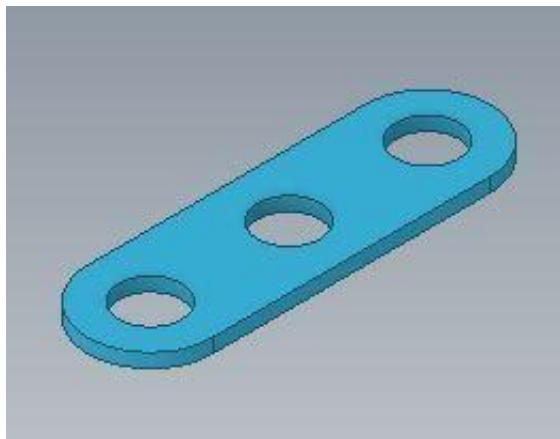


Рис. 12. Модель детали «Планка» с 3 отверстиями

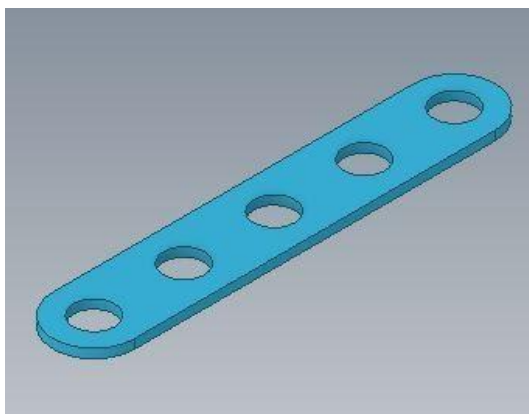


Рис. 13. Модель детали «Планка» с 5 отверстиями

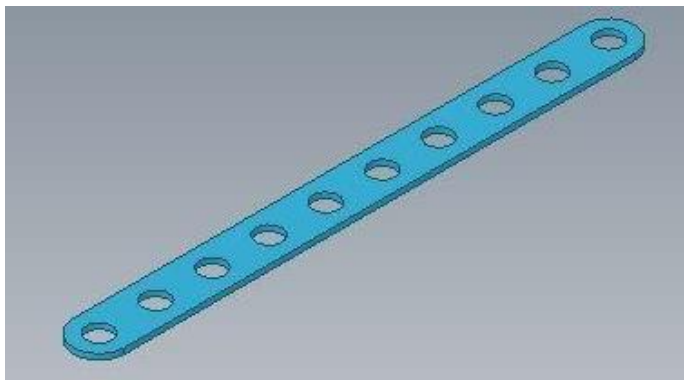


Рис. 14. Модель детали «Планка» с 10 отверстиями

Практическая работа №17

Проект «Мельница». Моделирование деталей из листового металла.

Цель работы: изучение инструментов моделирования деталей из листового материала

Объем: 1 час

Задание: получить модели деталей из листового металла, входящие в состав проекта

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование детали «Панель»

Создадим файл листовой детали, применим настройки листового металла, как для предыдущих деталей, создадим эскиз, как показано на рис. 1 и применим к нему инструмент «Фланец с отгибом».

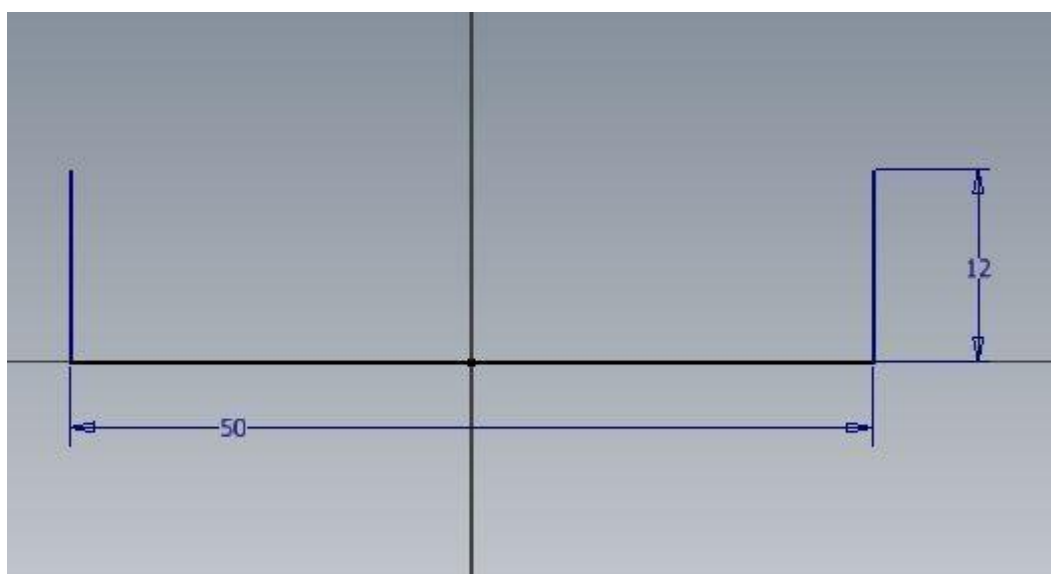


Рис. 1. Эскиз детали

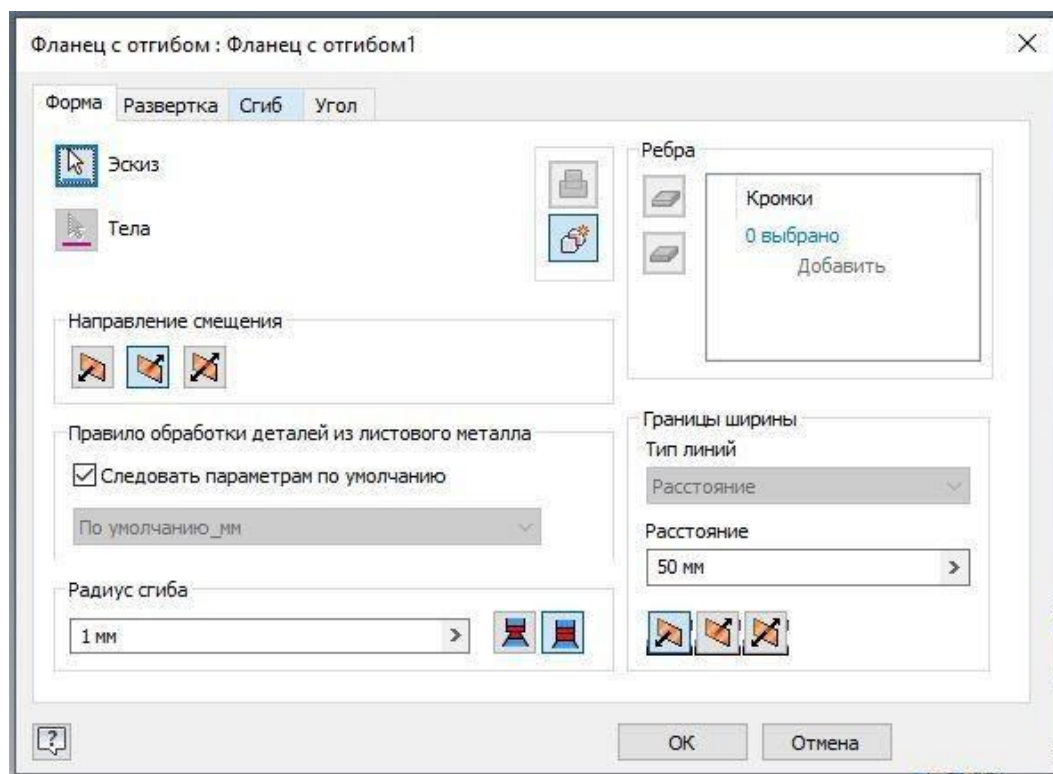


Рис. 2. Настройка фланца с отгибом

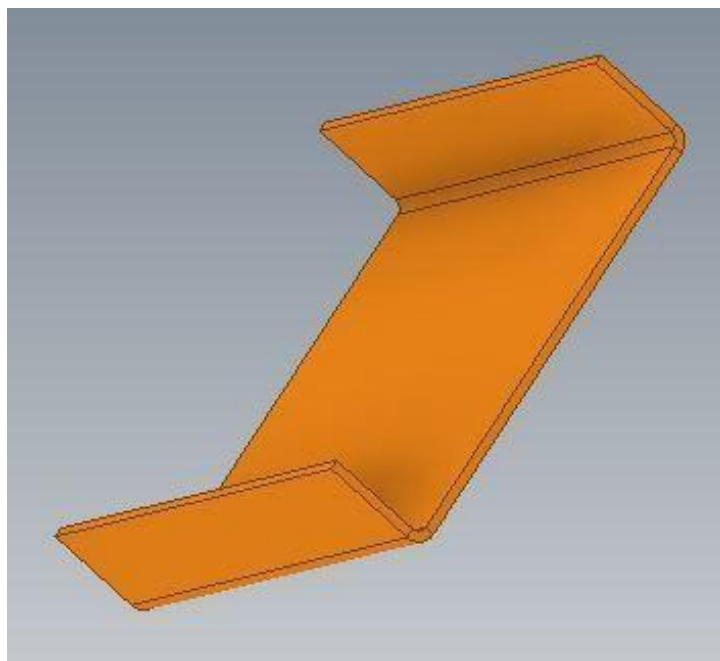


Рис. 3. Результат операции

Создадим эскиз, как показано на рис. 4, выдавим его, а затем, при помощи инструмента «Прямоугольный массив», скопируем отверстие, как показано на рис. 5.

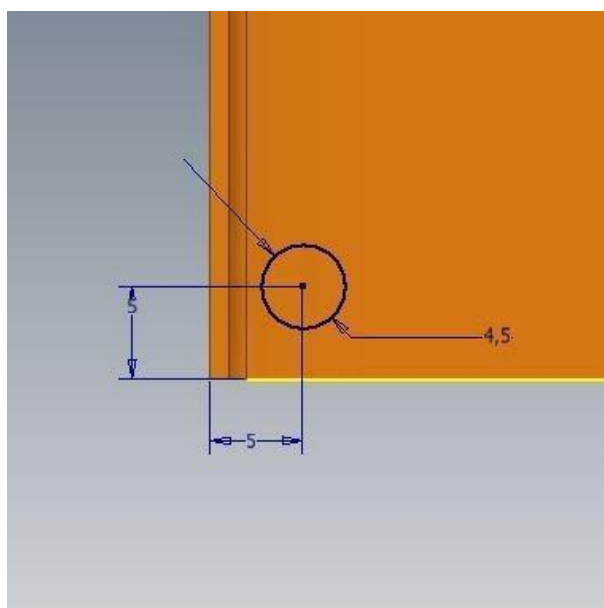


Рис. 4. Эскиз для отверстия

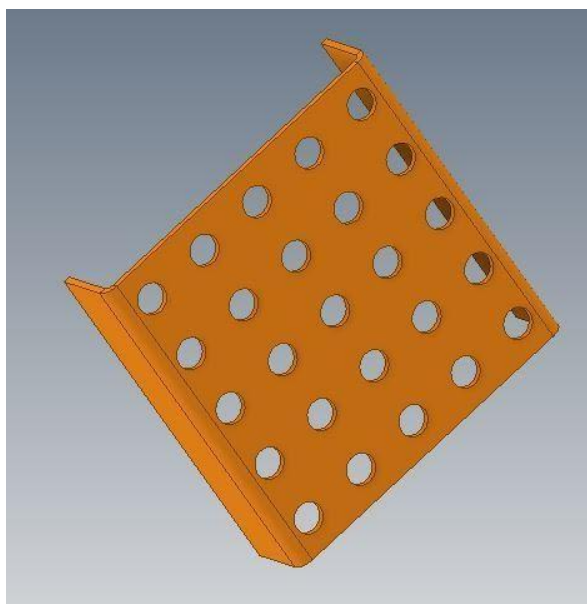


Рис. 5. Копирование отверстий

Создадим эскиз, как показано на рис. 6, выдавим его насквозь, копируем вырез при помощи инструмента «Прямоугольный массив».

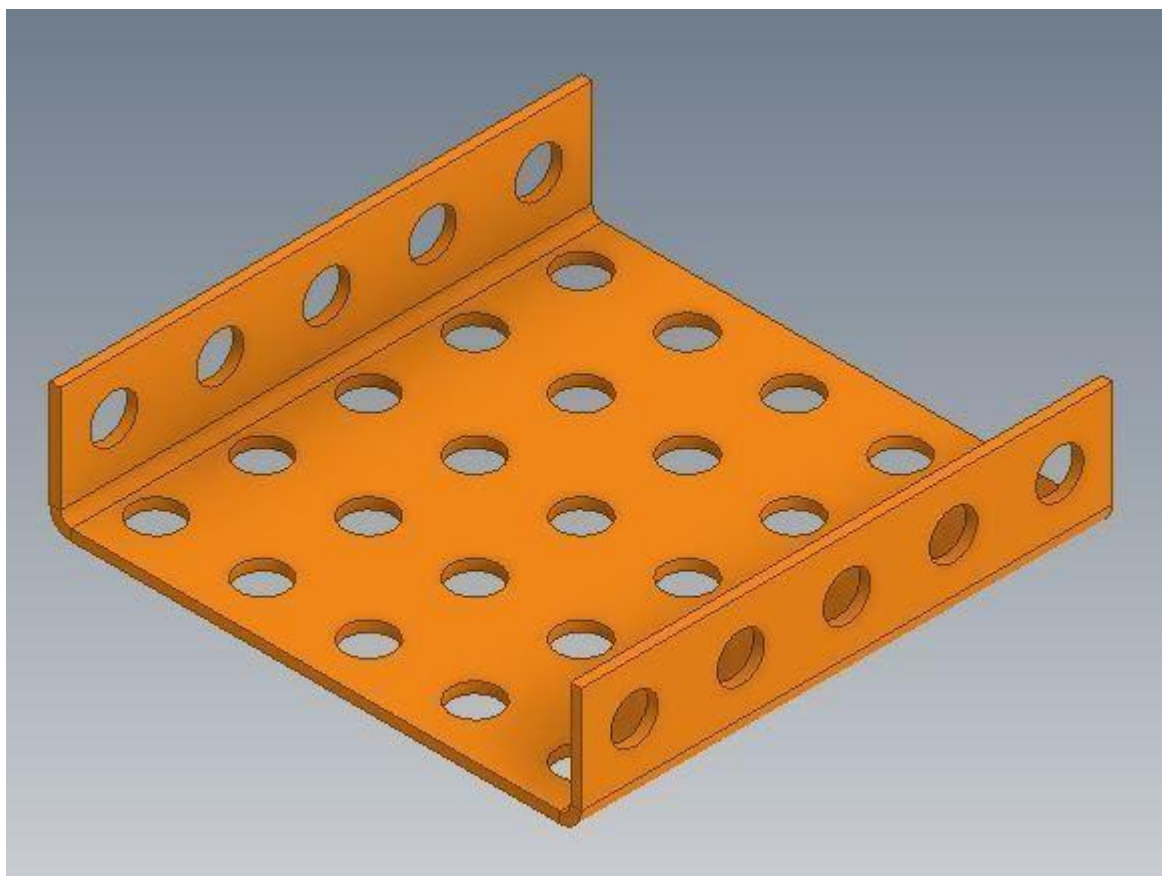
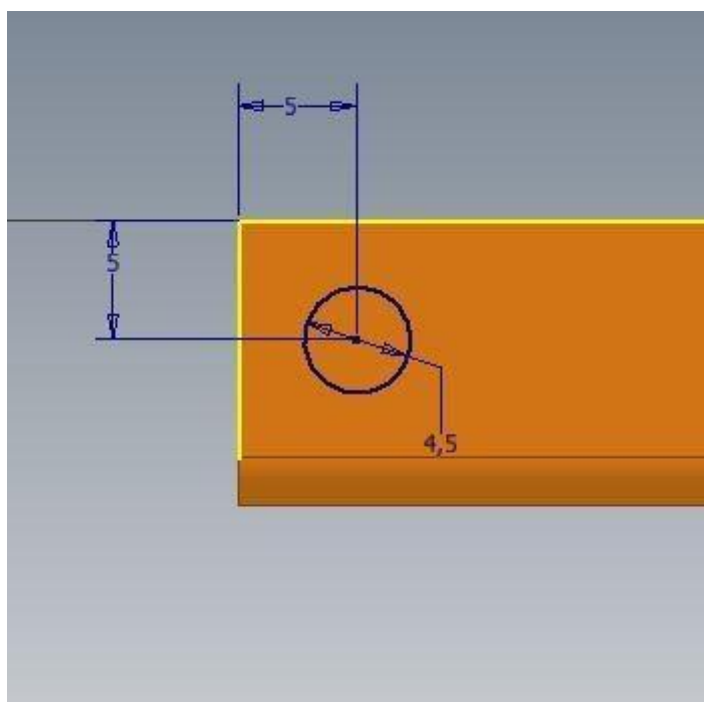


Рис. 6. Получение отверстий на отгибах

Выполним сопряжения радиусом 2 мм на углах детали и сохраним файл.

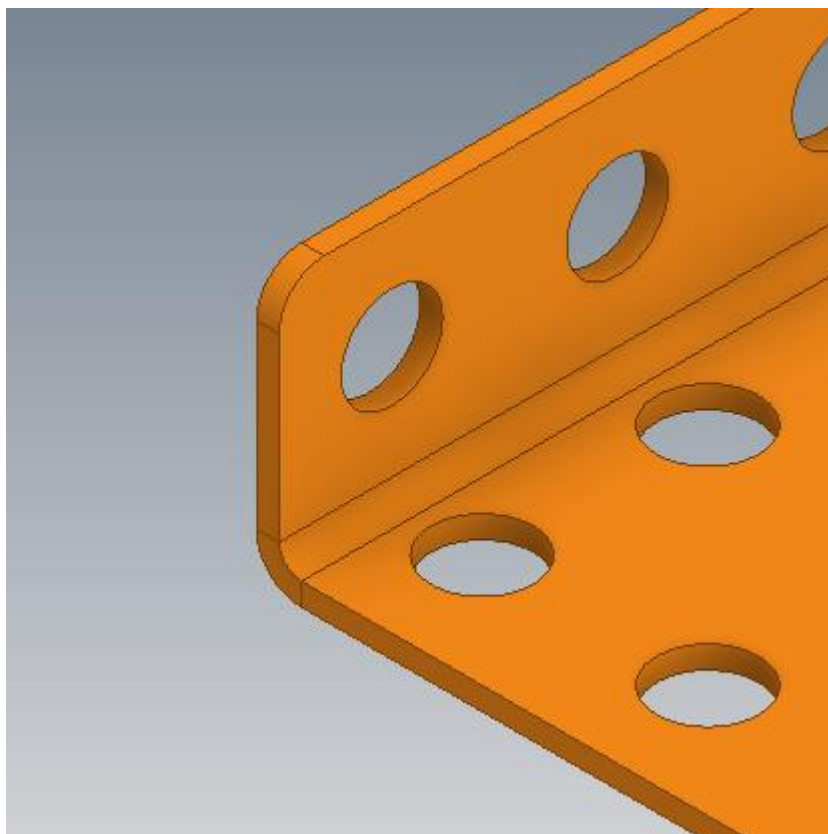


Рис. 7. Выполнение скруглений

Моделирование детали «Скоба»

Создадим файл листовой детали, применим настройки листового металла, как для прошлых деталей, создадим эскиз, как показано на рис. 8 и применим к нему инструмент «Фланец с отгибом».

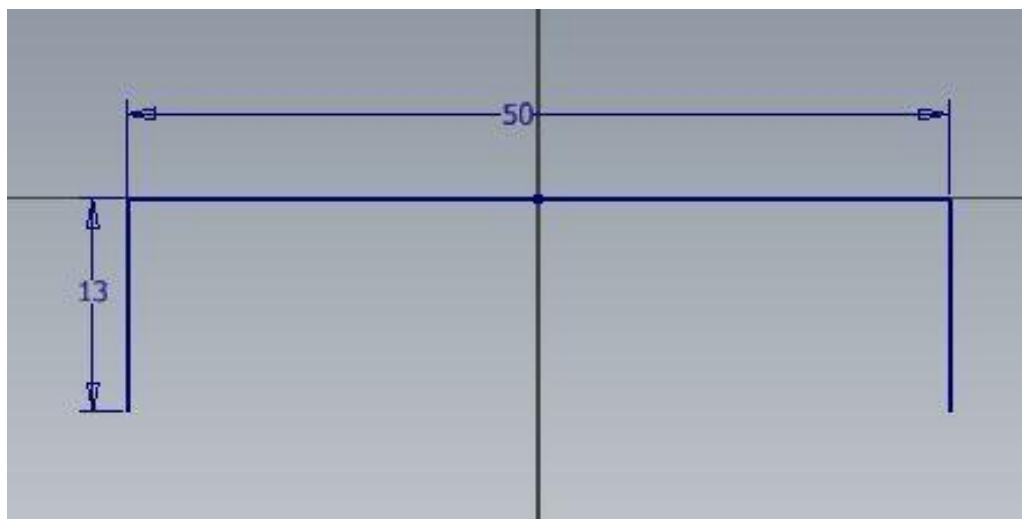


Рис. 8. Эскиз детали

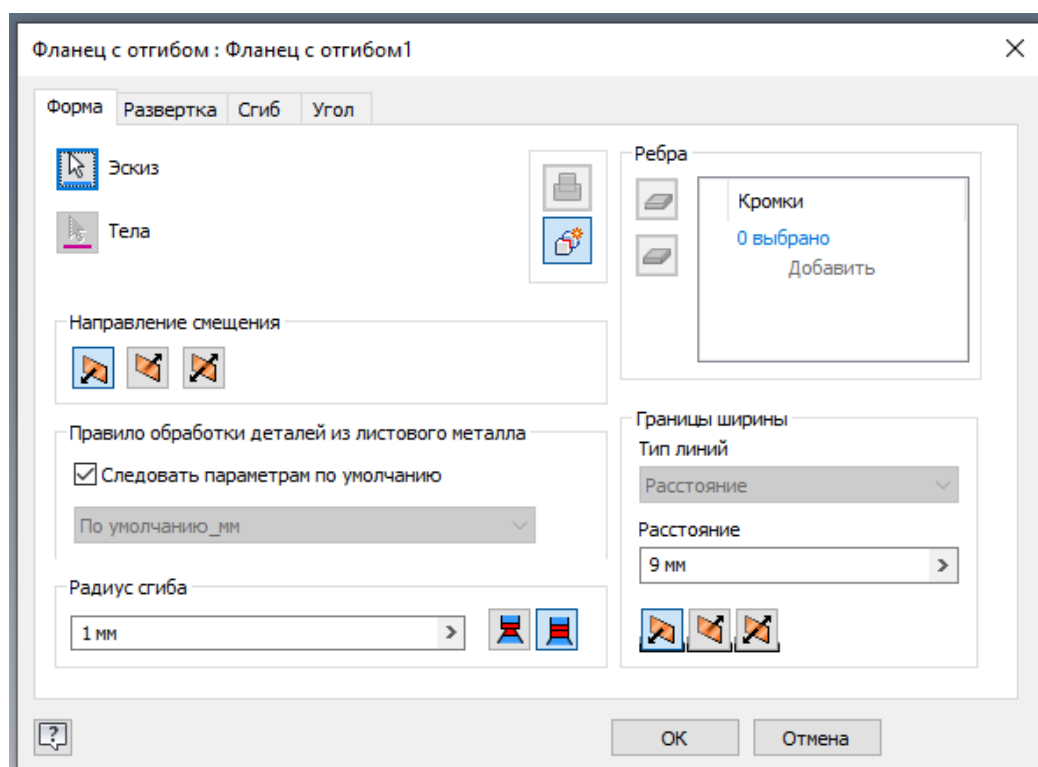


Рис. 9. Настройка фланца с отгибом

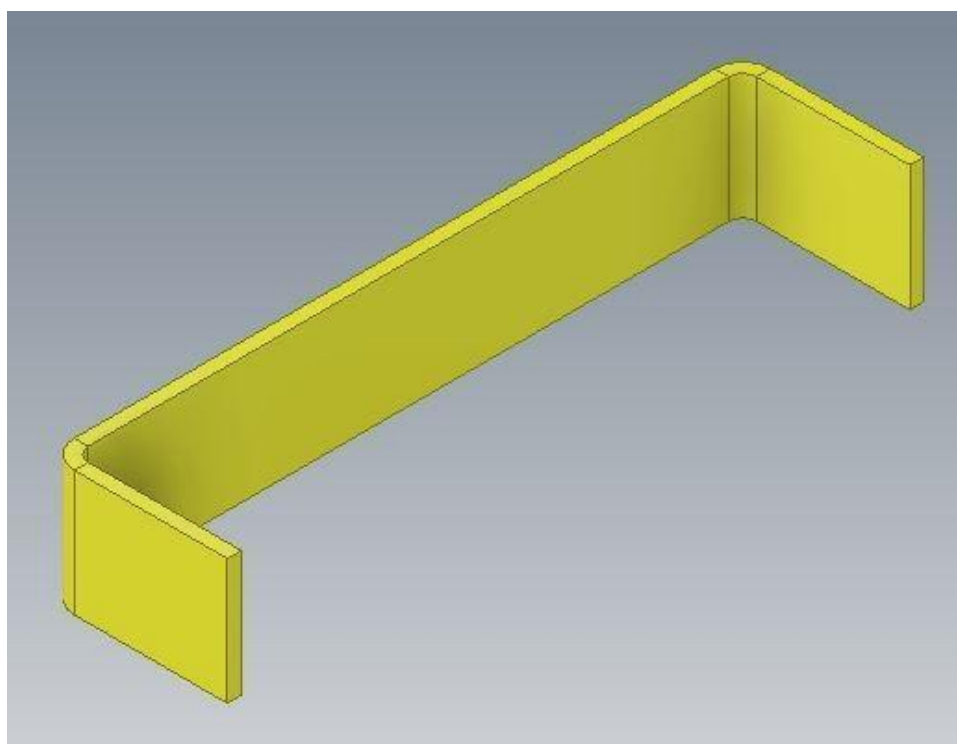


Рис. 10. Результат операции

Создадим сопряжения радиусом 4,5 мм на краях детали.

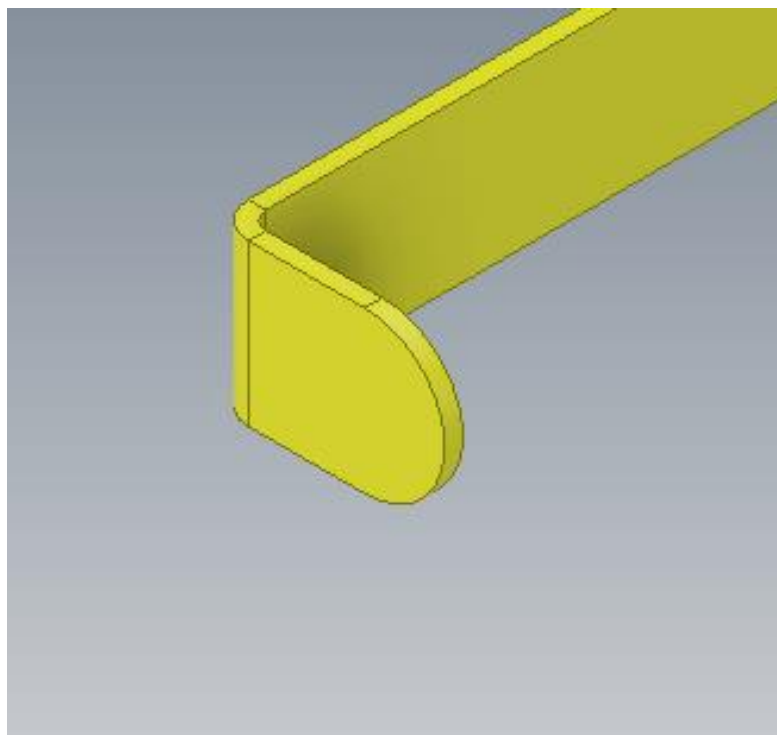


Рис. 11. Выполнение скруглений

Создадим эскиз, как на рис. 12, выдавим его, и копируем отверстие инструментом «Прямоугольный массив».

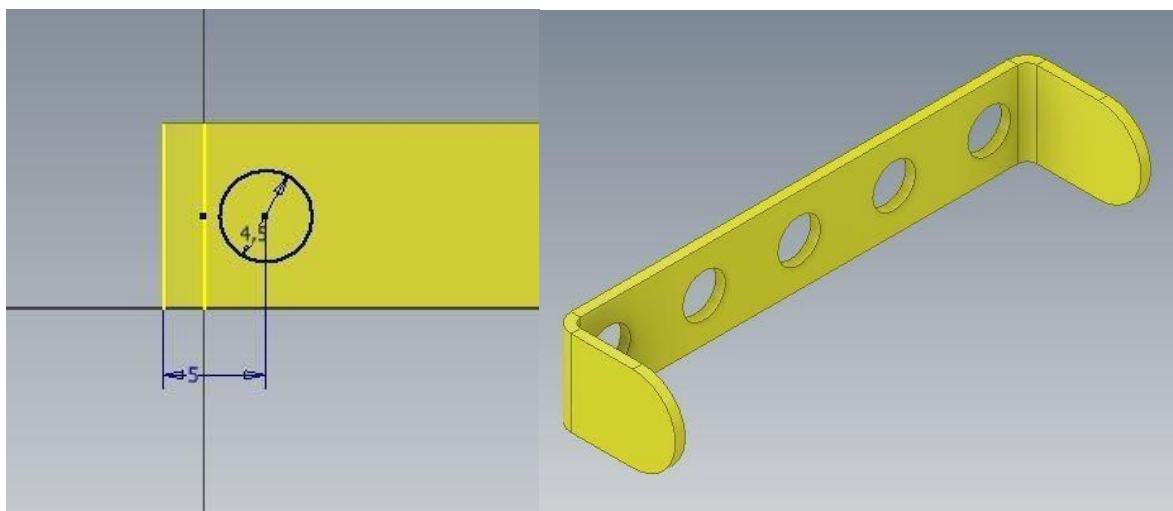


Рис. 12. Получение отверстий

Создадим эскиз, как показано на рис. 13, и выдавим его насквозь. Сохраним деталь.

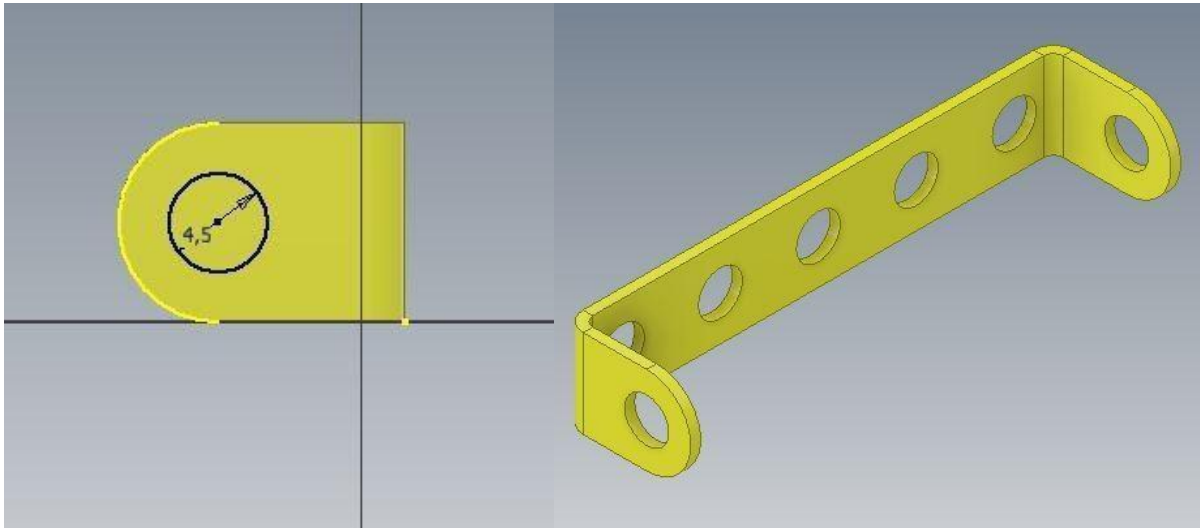


Рис. 13. Готовая деталь

Моделирование детали «Пластина»

Создадим файл листовой детали, применим настройки листового металла, как для прошлых деталей, создадим эскиз, как показано на рис. 14 и применим к нему инструмент «Грань».

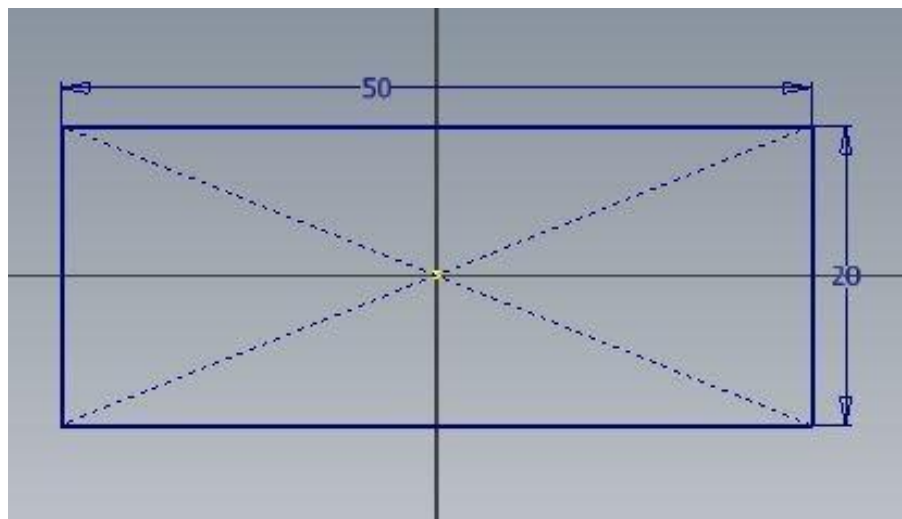


Рис. 14. Эскиз детали

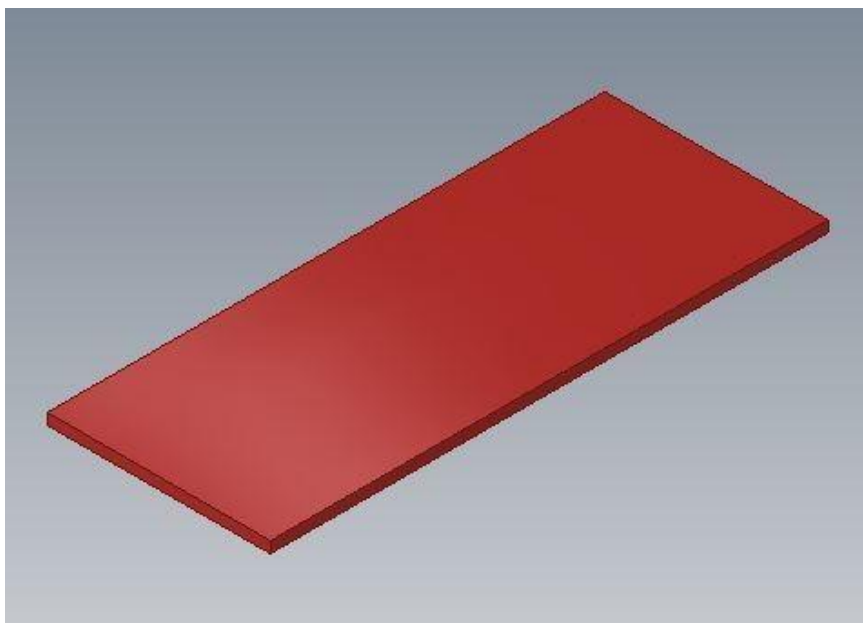


Рис. 15. Результат операции

Создадим сопряжения радиусом 2 мм в углах детали.

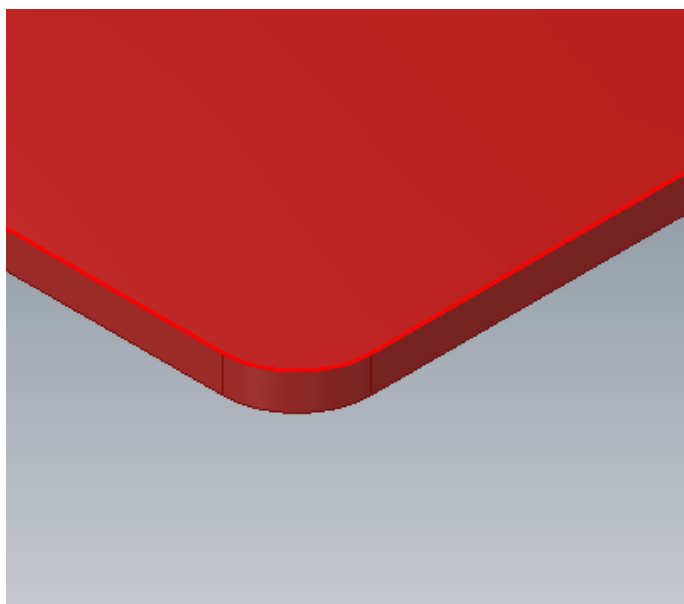


Рис. 16. Создание скруглений

Создадим эскиз, как показано на рис. 17, выдавим его насквозь, и копируем отверстие при помощи инструмента «Прямоугольный массив». Сохраним деталь.

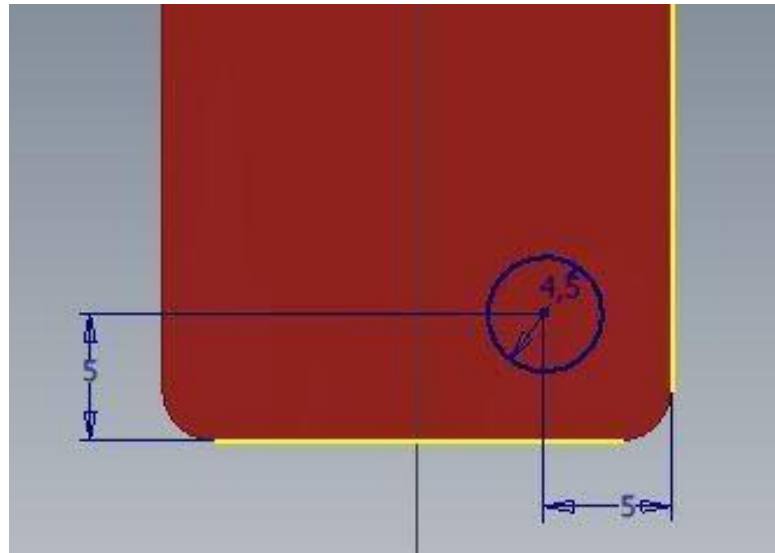


Рис. 17. Эскиз отверстия

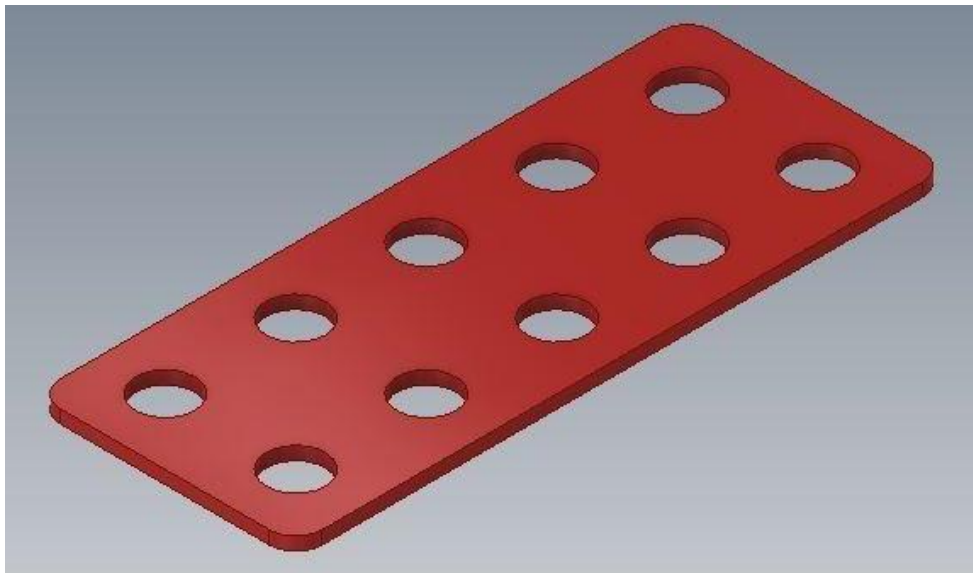


Рис. 18. Готовая деталь

Практическая работа №18

Проект «Мельница». Создание сборочных узлов.

Цель работы: изучение принципа создания сборочной единицы из ранее собранных узлов

Объем: 1 час

Задание: выполнить сборку деталей в сборочные узлы

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание под сборки «Лопасть»

Создадим файл сборки, откроем деталь «Планка 7» и разместим ее в начале координат.

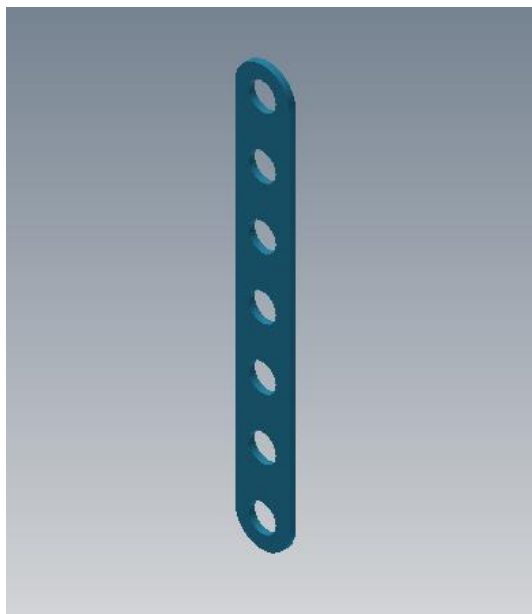


Рис. 1. Деталь «Планка 7»

Добавим в сборку две детали «Планка 3», и соединим с предыдущей деталью, как показано на рис. 2.

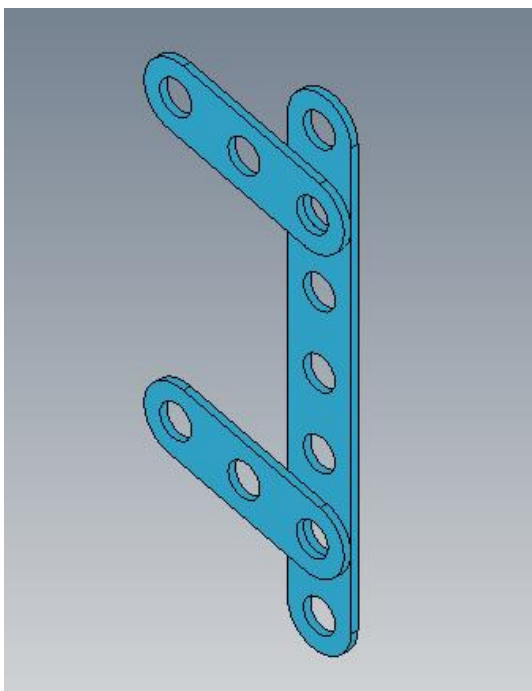


Рис. 2. Соединение деталей

Добавим в сборку деталь «Планка 5» и соединим ее, как показано на рис. 3.

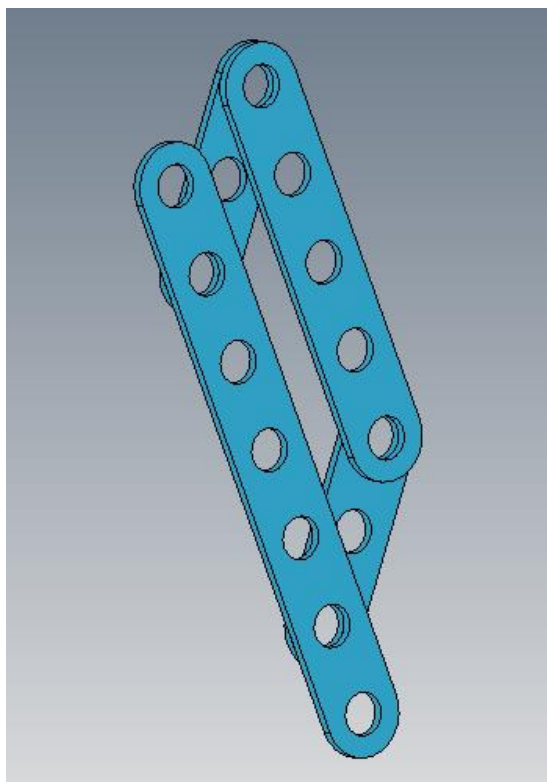


Рис. 3. Соединение деталей

Добавим болтовые соединения в требуемых местах и сохраним сборочный узел.

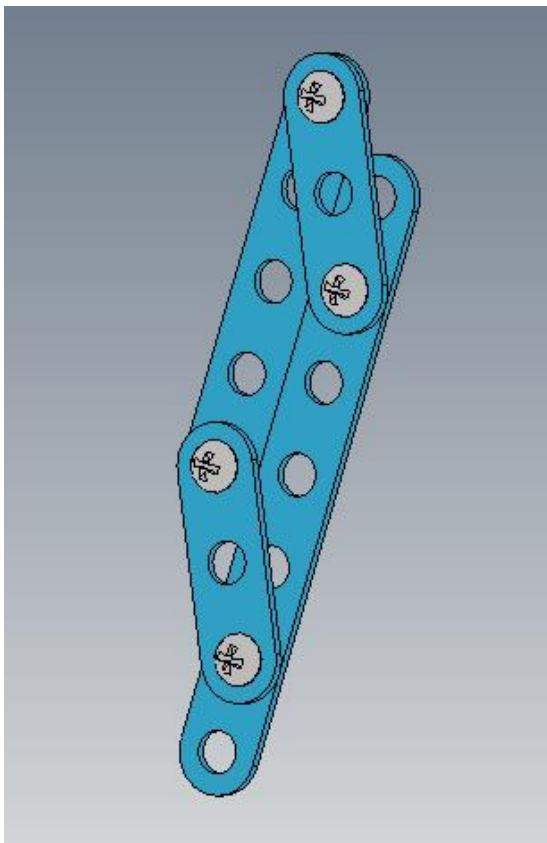


Рис. 4. Сборочный узел «Лопасть»

Создание под сборки «Винт»

Создадим файл сборки, добавим деталь «Колпак» и разместим ее в начале координат.

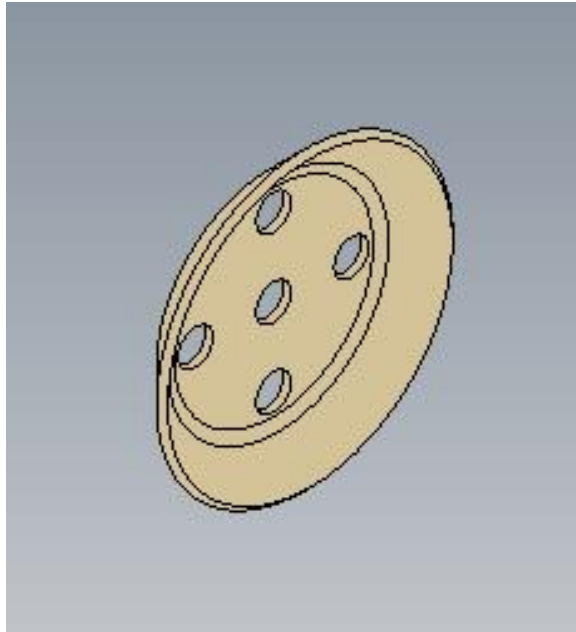


Рис. 5. Деталь «Колпак»

Добавим в сборку файл сборки «Лопасть», созданный ранее, и соединим с колпаком, как показано на рис.6. Затем, при помощи инструмента «Круговой массив», копируем лопасть.

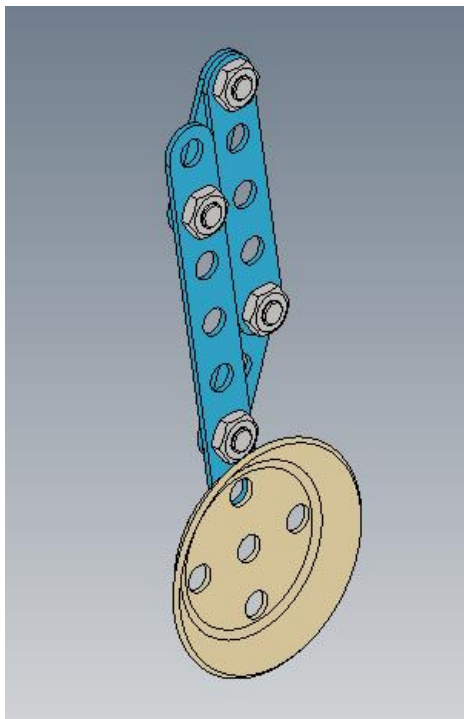


Рис. 6. Соединение сборки с деталью

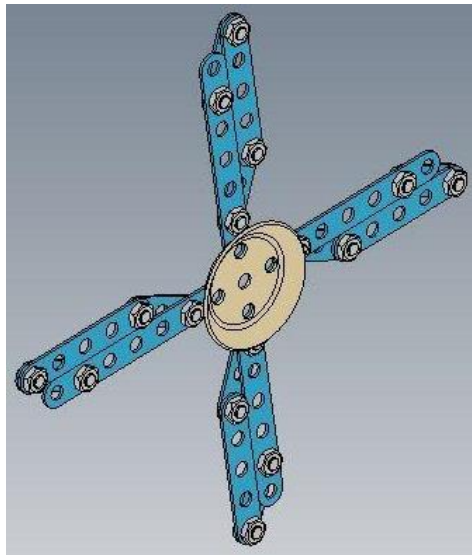


Рис. 7. Копирование лопастей

Разместим крепеж в требуемых местах и сохраним сборочный узел.

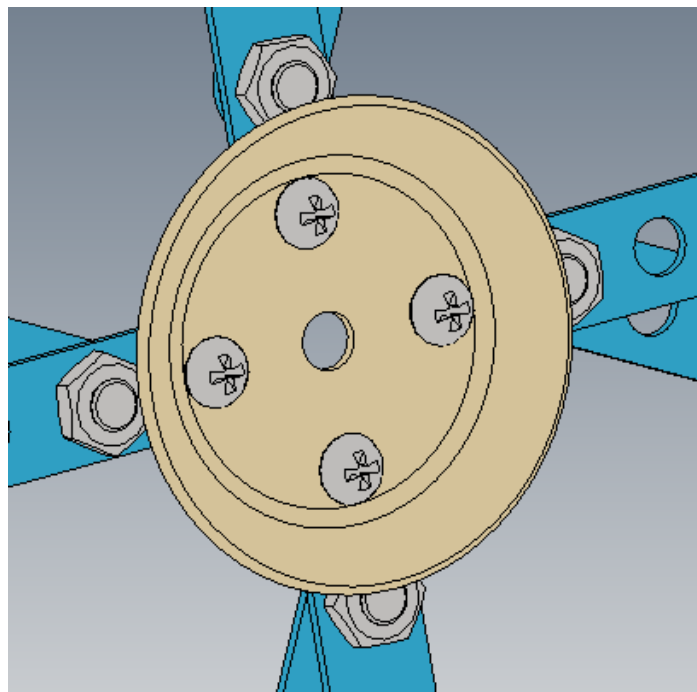


Рис. 8. Размещение крепежа

Практическая работа №19

Проект «Мельница». Создание сборочных узлов.

Цель работы: изучение принципа создания сборочной единицы из ранее собранных узлов

Объем: 1 час

Задание: выполнить сборку изделия из сборочных узлов

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание под сборки «Корпус»

Создадим файл сборки, добавим в него деталь «Панель», и разместим ее в начале координат.

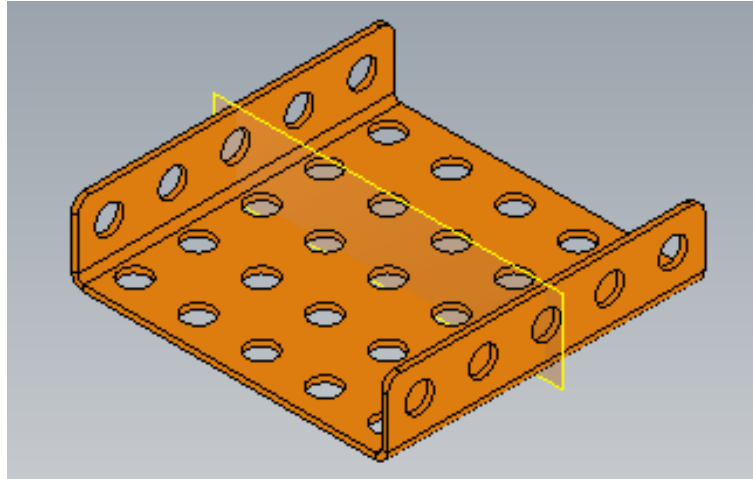


Рис. 1. деталь «Панель»

Добавим в сборку 4 детали «Планка 10» и разместим их, как показано на рис. 2.

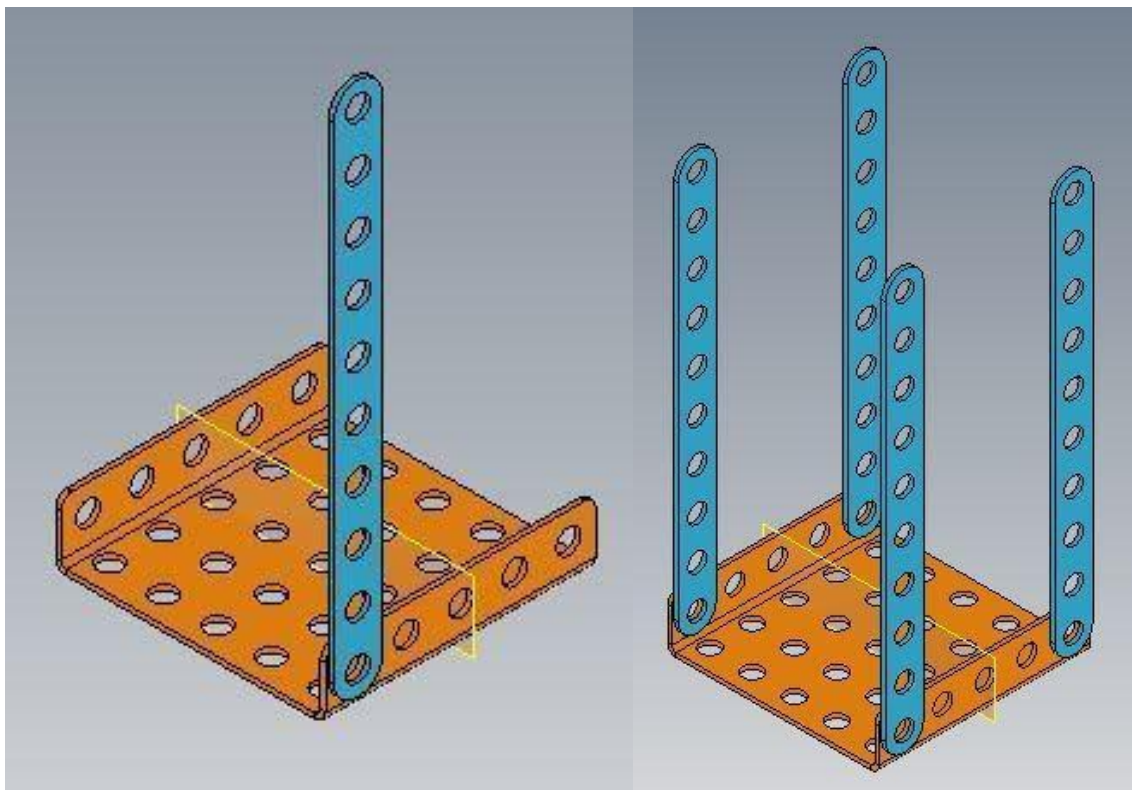


Рис. 2. Соединение деталей

Добавим в сборку две скобы и две детали «Планка 5». Соединим их с другими деталями, как показано на рис. 3.

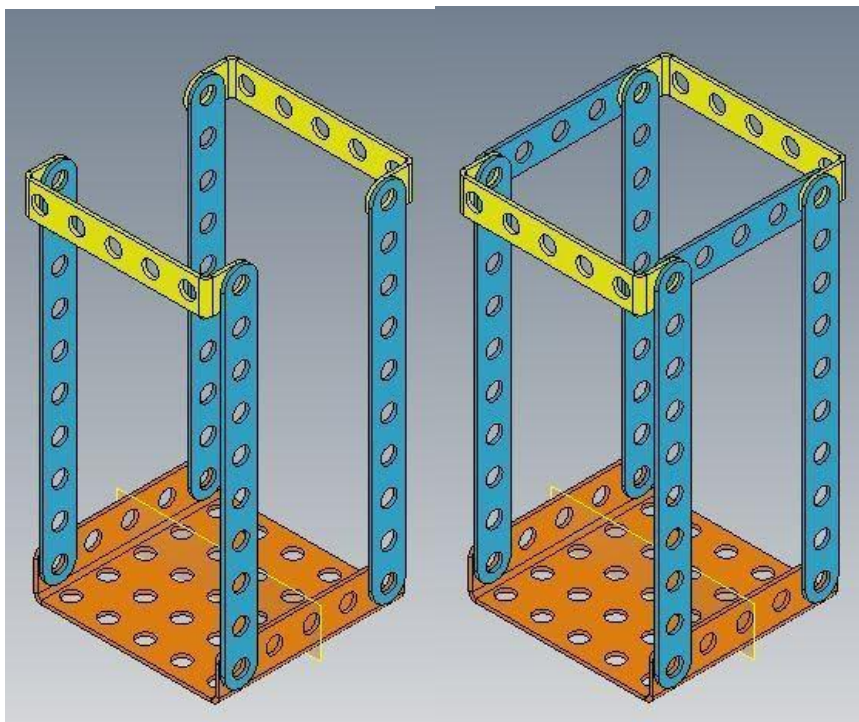


Рис. 4. Соединение деталей

Добавим детали «Планка 3», «Планка 5» и «Скоба», как показано на рис. 4.

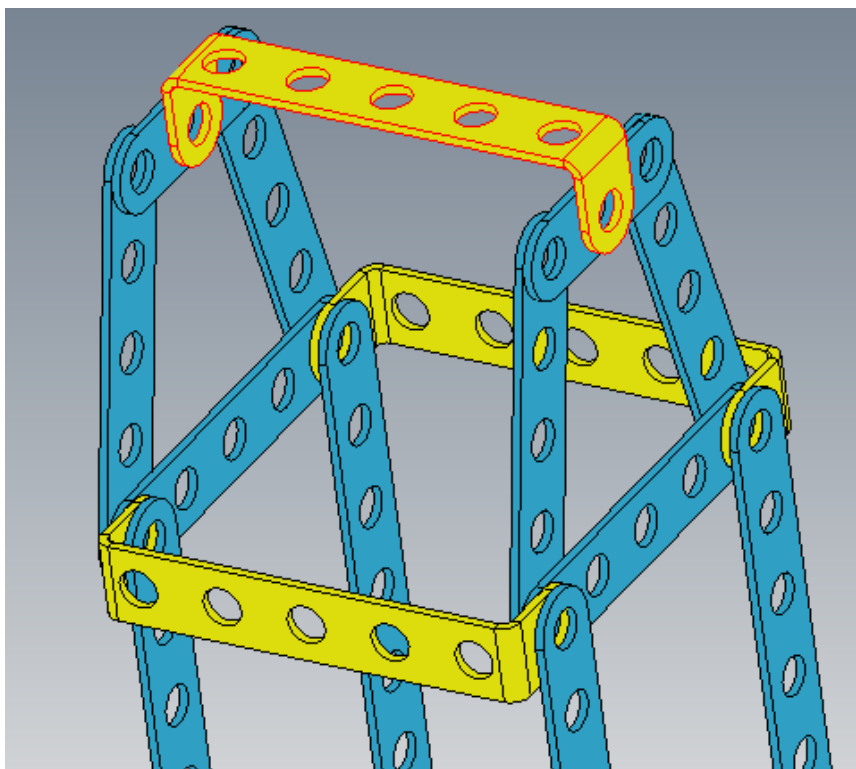


Рис. 5. Соединение деталей

Добавим крепеж и сохраним сборочный узел.

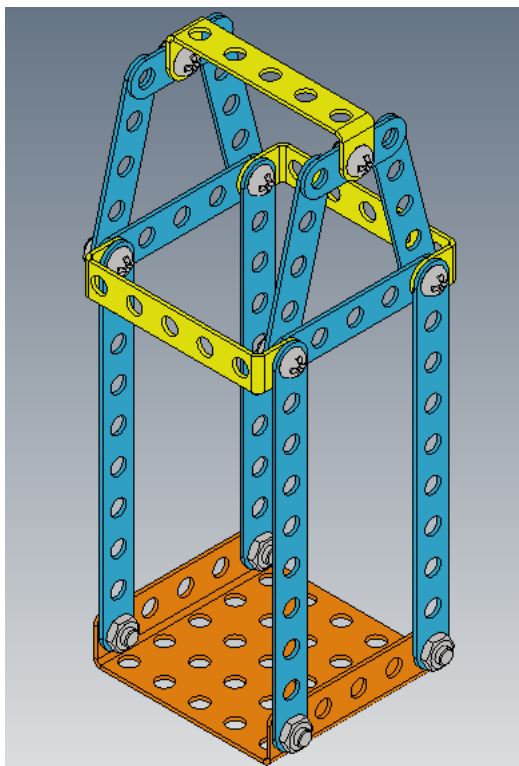


Рис. 6. Соединение деталей

Создание под сборки «Основание»

Создадим файл сборки, добавим в него деталь «Панель», и разместим ее в начале координат.

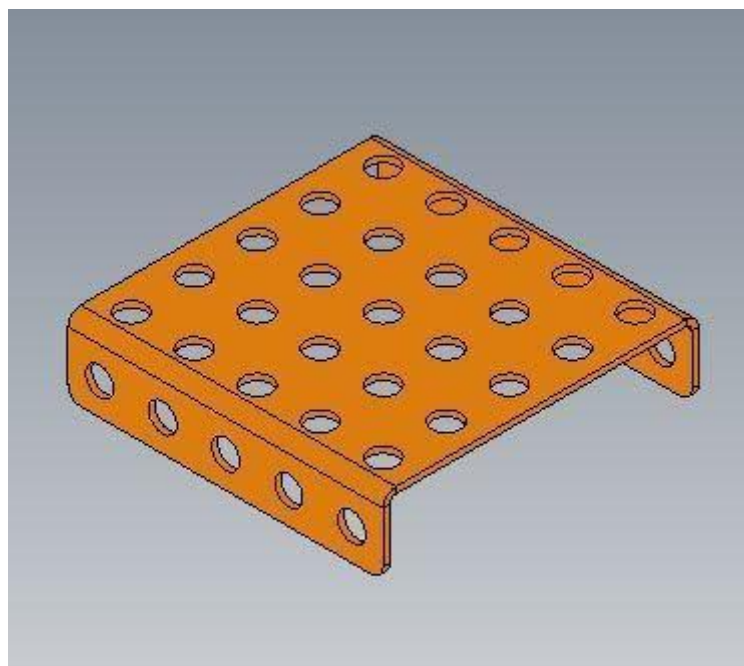


Рис. 7. Деталь «Панель»

Добавим в сборку 4 детали «Планка 3».

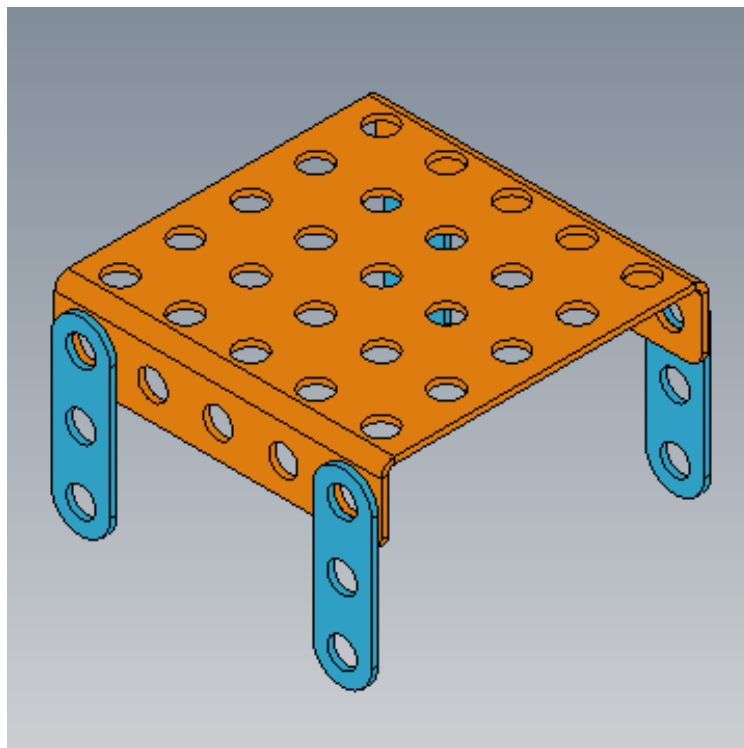


Рис. 8. Соединение деталей

Добавим в сборку две детали «Скоба».

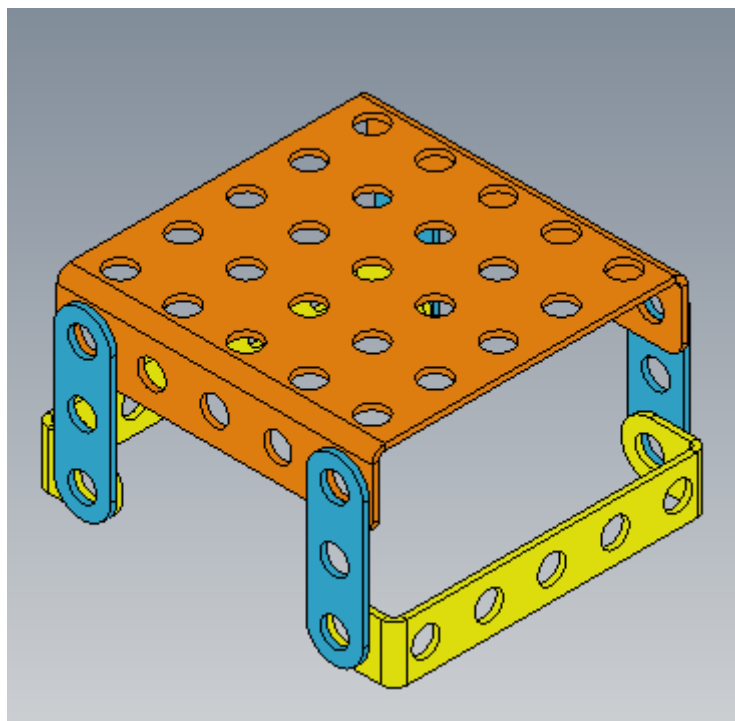


Рис. 9. Соединение деталей

Добавим в сборку пластины.

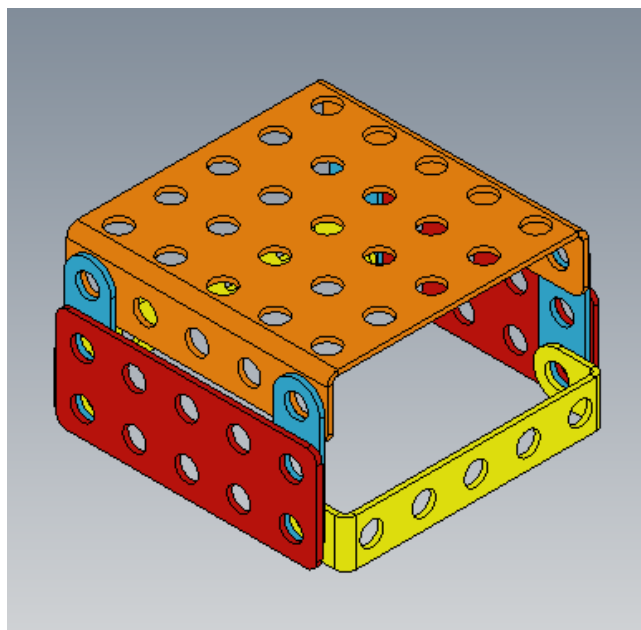


Рис. 10. Соединение деталей

Разместим необходимые крепежные элементы и сохраним подборку.

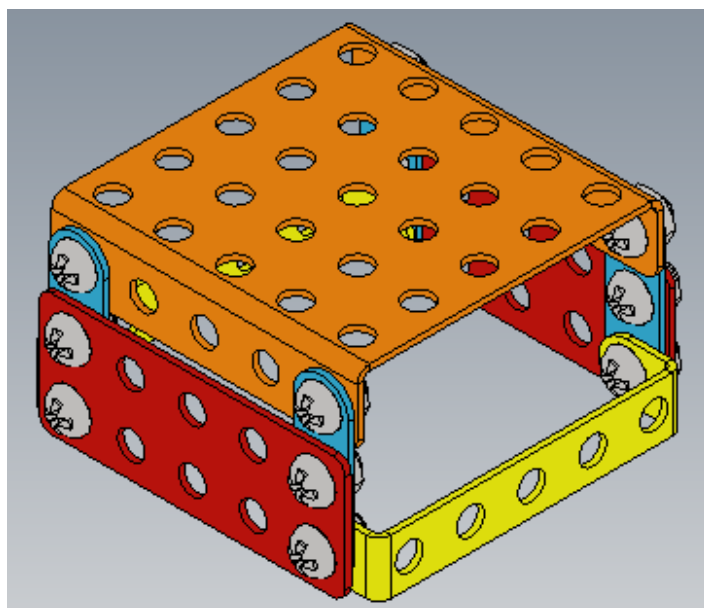


Рис. 11. Соединение деталей

Создание полной сборки изделия

Создадим файл сборки, добавим в него подборку «Основание» и разместим ее в начале координат.

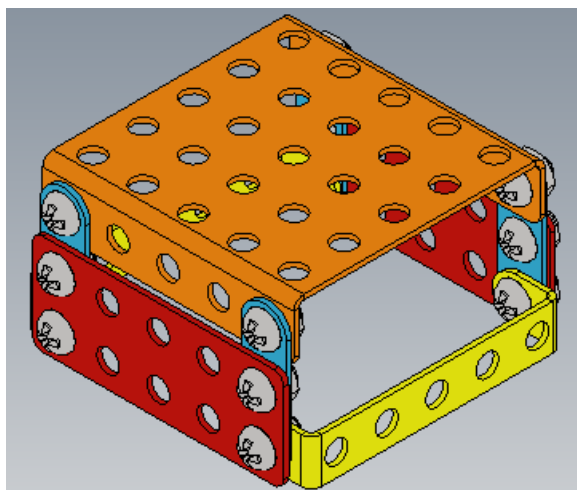


Рис. 12. Сборочный узел «Основание»

Добавим подставку «Корпус» и соединим его с основанием, вставив крепежные элементы.

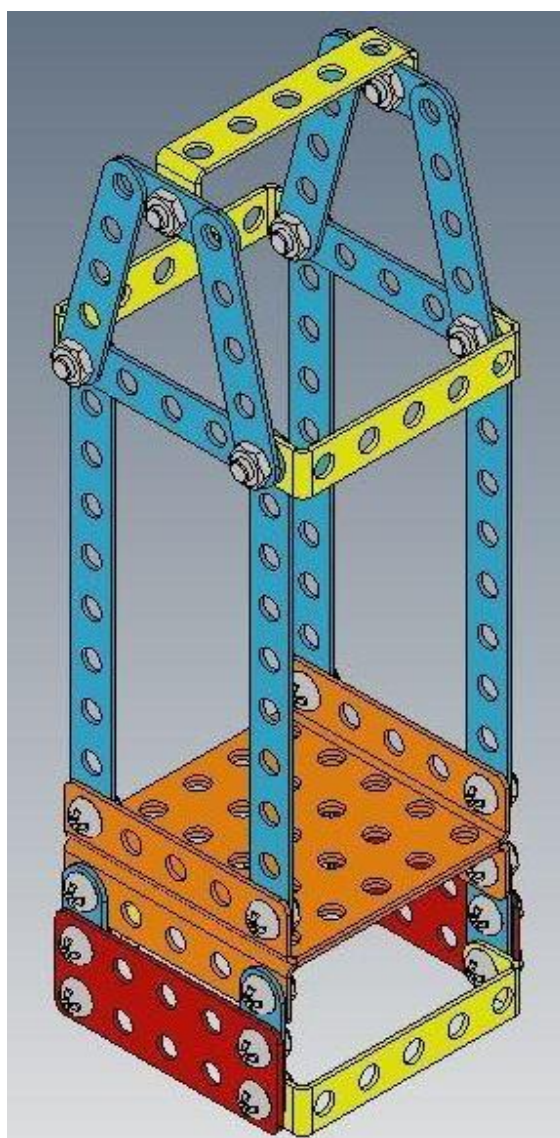


Рис. 13. Соединение сборочных узлов

Добавим в сборку деталь «Втулка».

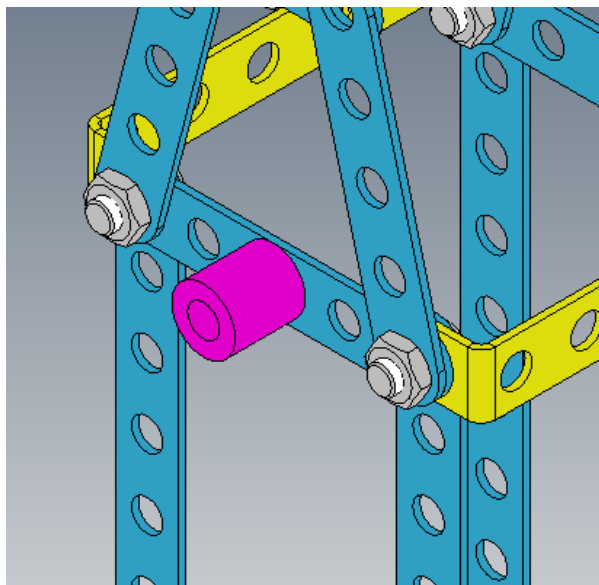


Рис. 13. Соединение детали

Добавим подсборку «Винт», разместим необходимый крепеж и сохраним сборку.

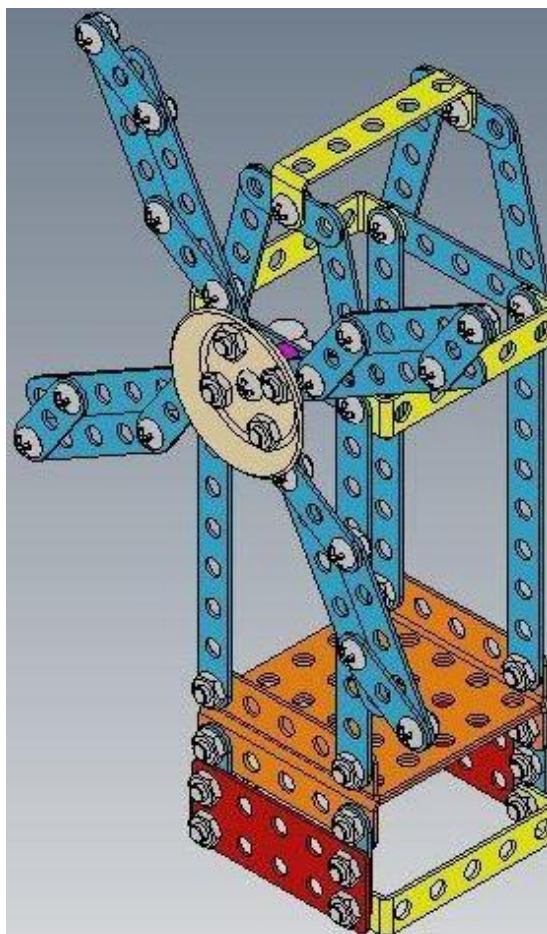


Рис. 14. Окончательный вид сборки

Практическая работа №20

Проект «Винт Архимеда». Моделирование винтовой поверхности

Цель работы: изучение принцип образования винтовой поверхности

Объем: 1 час

Задание: создать модель детали с винтовой поверхностью

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Теоретическая часть

Архимедов винт. Устройство и назначение

Архимедов винт — механизм, исторически использовавшийся для передачи воды из низлежащих водоёмов в оросительные каналы. Он был одним из нескольких изобретений и открытий, традиционно приписываемых Архимеду, жившему в III веке до н. э. Архимедов винт стал прообразом шнека.

Устройство состоит из наклоненной под углом к горизонту полой трубы с винтом внутри. Она была изобретена Архимедом примерно в 250 году до н. э. либо в Греции ранее. Винт можно представить, как наклонную плоскость, наведенную на цилиндр.

Винт вращается обычно с помощью ветряного колеса, либо вручную. В то время, как поворачивается нижний конец трубы, он собирает некоторый объём воды. Это количество воды будет скользить вверх по спиральной трубе во время вращения вала, пока наконец вода не выльется из вершины трубы, снабжая ирригационную систему.

Контактная поверхность между винтом и трубой не обязана быть идеально водонепроницаемой, потому что относительно большое количество воды черпается за один поворот по отношению к угловой скорости винта. Кроме того, вода, просачивающаяся из верхней секции винта, попадает в предыдущую секцию и так далее, таким образом, в машине достигается динамическое равновесие, что препятствует уменьшению механической эффективности.

«Винт» не обязан поворачиваться внутри неподвижной оболочки, он может вращаться вместе с нею как одно целое. Винт может быть герметично прикреплен с помощью смолы или другого связующего к оболочке либо отлит из бронзы как одно целое с оболочкой, как, по предположению некоторых исследователей, были сделаны устройства, орошавшие висячие сады в Вавилоне. Изображения древнегреческих и древнеримских водяных винтов показывают, что винт двигался человеком, наступавшим на внешнюю оболочку, чтобы вращать весь аппарат как единое целое, что требовало, чтобы корпус был жестко скреплен с винтом.

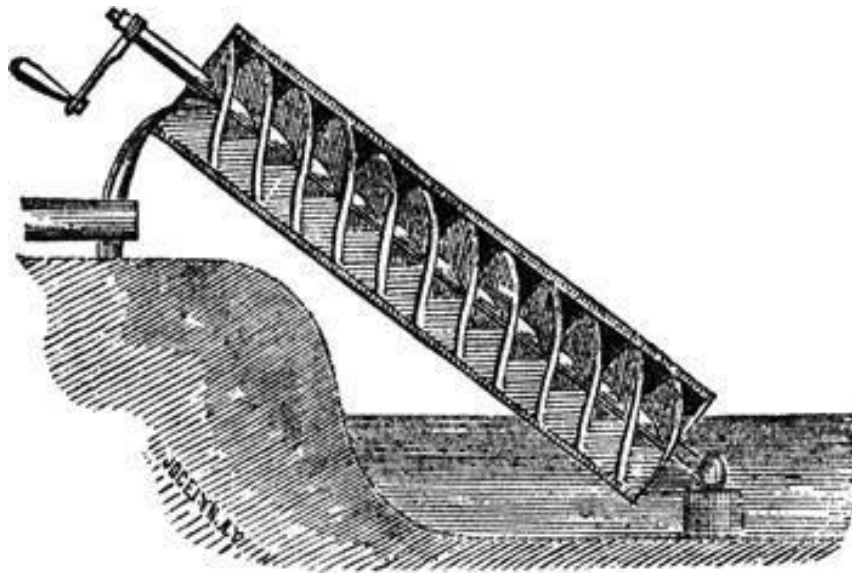


Рис. 1. Винт Архимеда

Практическая часть

Моделирование винта Архимеда

Создадим на базовой плоскости окружность диаметром 40 мм и выдавим ее на 120 мм.

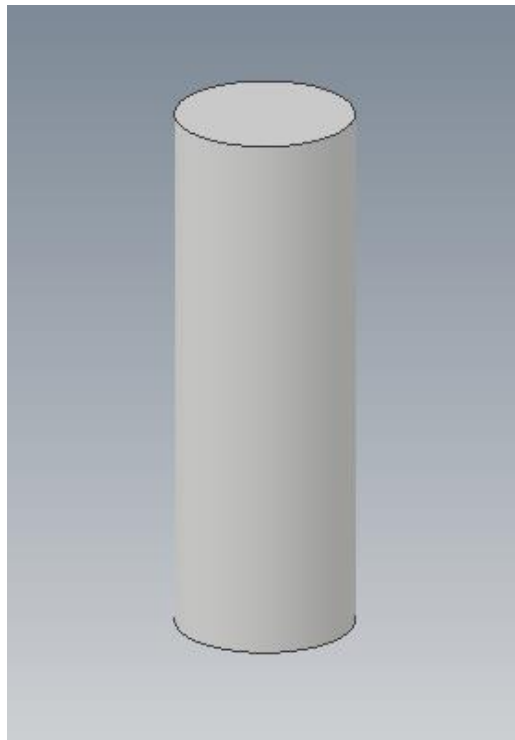


Рис. 2. Цилиндр

Выберем инструмент «3D-эскиз» и создадим спираль, которая выступит траекторией для дальнейшей работы инструмента «Сдвиг». Выберем инструмент «Спираль» и нажмем ЛКМ на

точках середины цилиндра вверху и внизу (задаем высоту спирали), после чего, в настройках инструмента, укажем значения, как показано на рис. 3, и примем операцию.

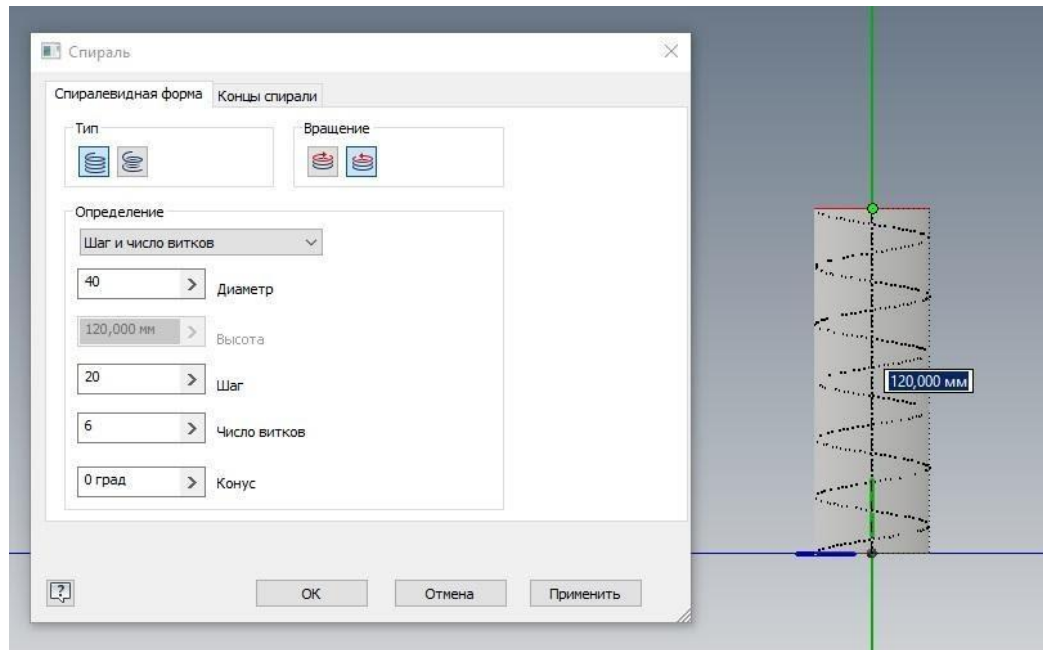


Рис. 3. Создание спирали

На нижней поверхности цилиндра создадим эскиз, как показано на рис. 4 и примем его (вспомогательная окружность определяет общий диаметр винта, а отрезок необходим для работы инструмента «Сдвиг»).

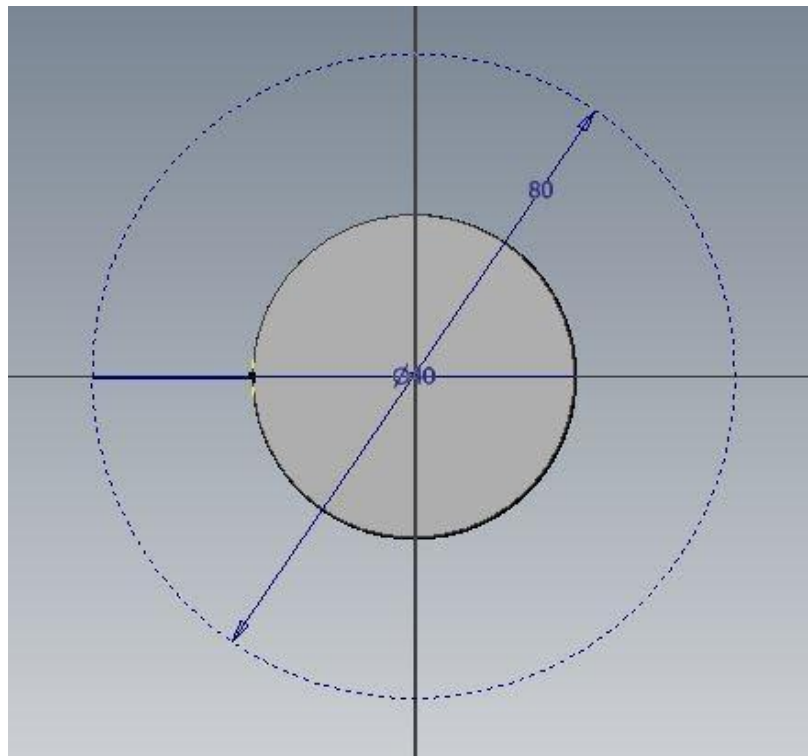


Рис. 4. Эскиз линии-образующей

При помощи инструмента «Сдвиг» создадим винтовую поверхность, как показано на рис. 5.

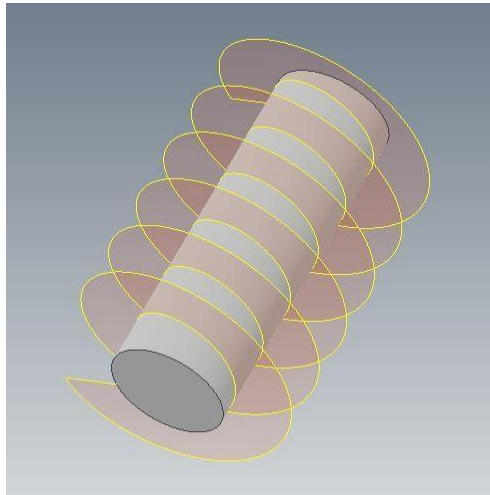


Рис. 5. Винтовая поверхность

При помощи инструмента «Толщина/Смещение» придадим созданной поверхности толщину, равную 3 мм. Сохраним деталь.

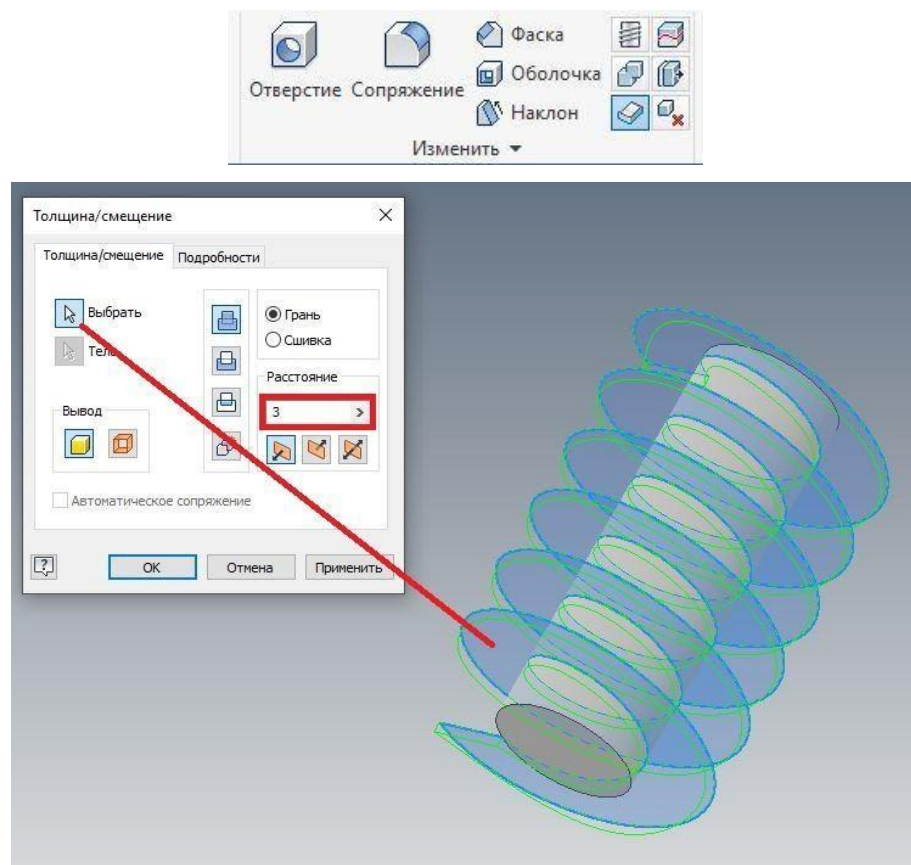


Рис. 6. Инструмент «Толщина/Смещение»

Моделирование корпуса

Создадим эскиз, как показано на рисунке, и выдавим его на 130 мм. Сохраним деталь.

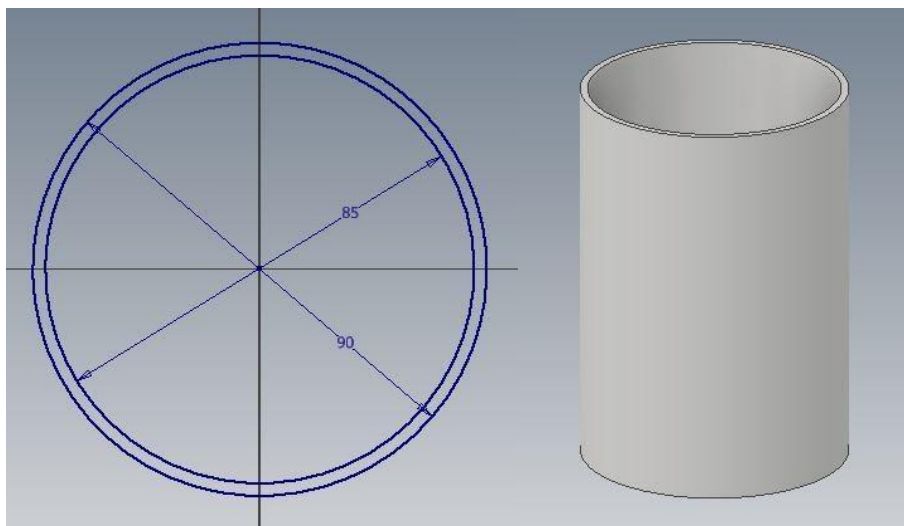


Рис. 7. Модель корпуса

Практическая работа №21

Проект «Винт Архимеда». Создание чертежа и анимация сборки.

Цель работы: изучение интерфейса анимации сборки

Объем: 1 час

Задание: создать сборку, оформить чертеж, получить файл с анимацией работы изделия

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание сборки

Добавим в сборку корпус и закрепим его в начале координат. Добавим в сборку винт и закрепим его внутри корпуса при помощи инструмента «Соединение».

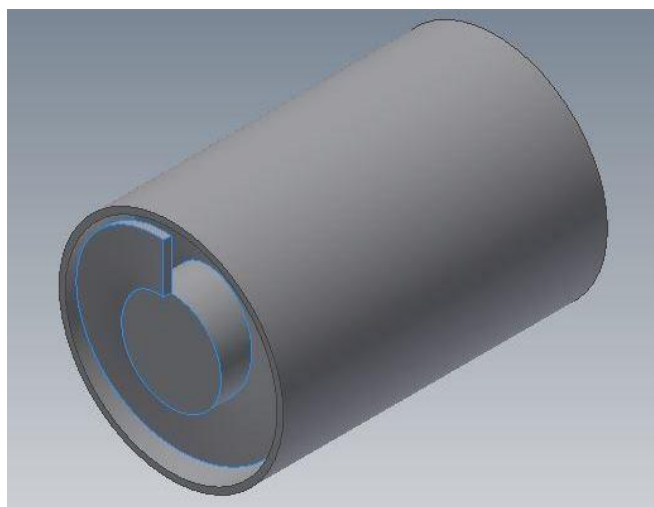


Рис. 1. Соединение деталей

Создадим половинное сечение сборки, чтобы увидеть, как выглядит сборка в разрезе. Выберем инструмент «Половинное сечение» во вкладке «Вид», а затем базовую плоскость, проходящую через середину детали. Примем операцию.

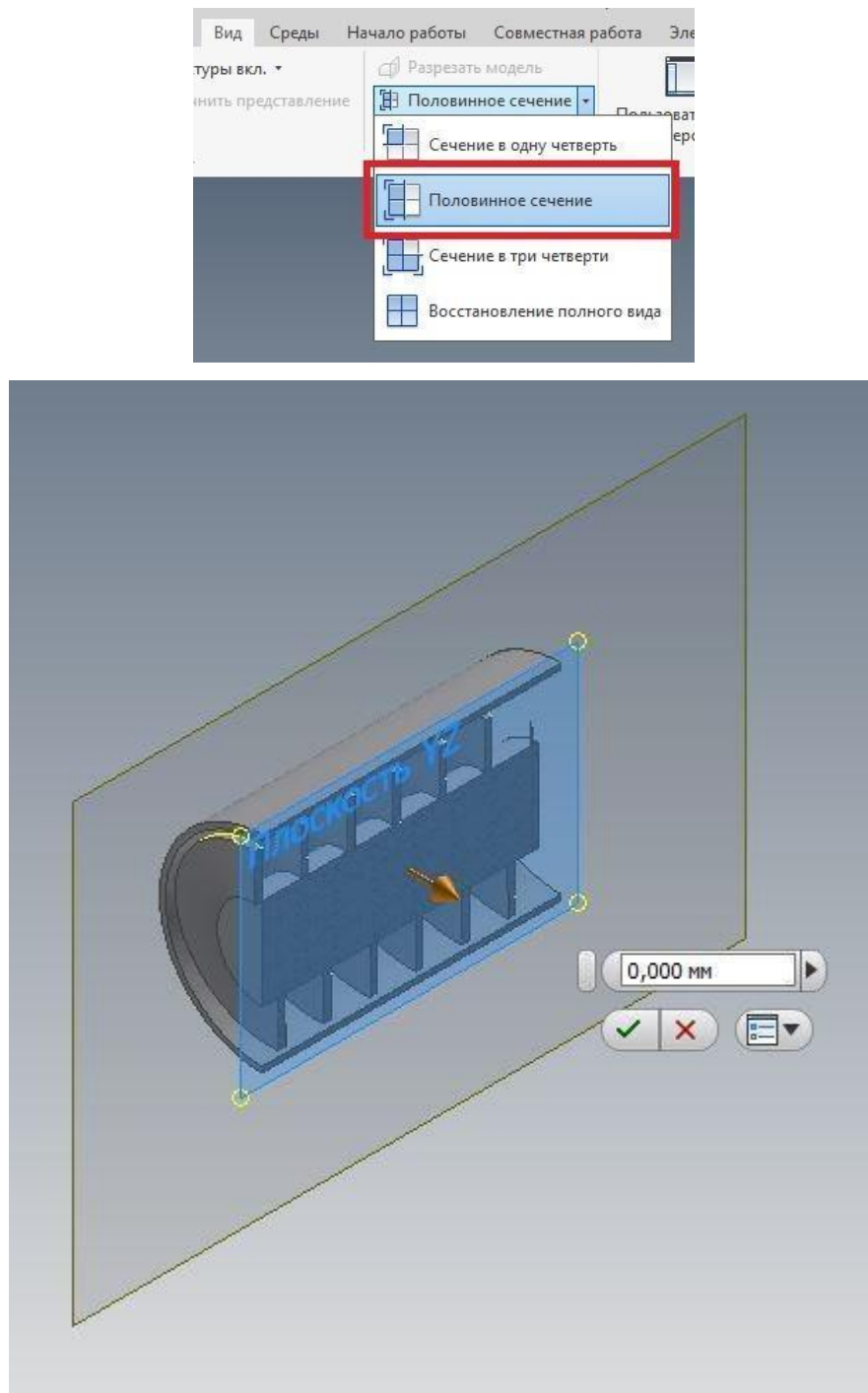


Рис. 2. Инструмент «Половинное сечение»

Создание чертежа

Создадим файл чертежа, добавим ссылку на деталь винта и разместим главный и проекционные виды, как показано на рис. 3.



The diagram shows a mechanical part with a cross-section. The part has a central cylindrical section on the left and a rectangular section on the right. The rectangular section is filled with diagonal hatching. A dashed line indicates a hidden internal feature or a change in material. The part is shown with a top view and a side view, with the hatching indicating the cross-section.

Разместим размеры, как показано на рис. 5.

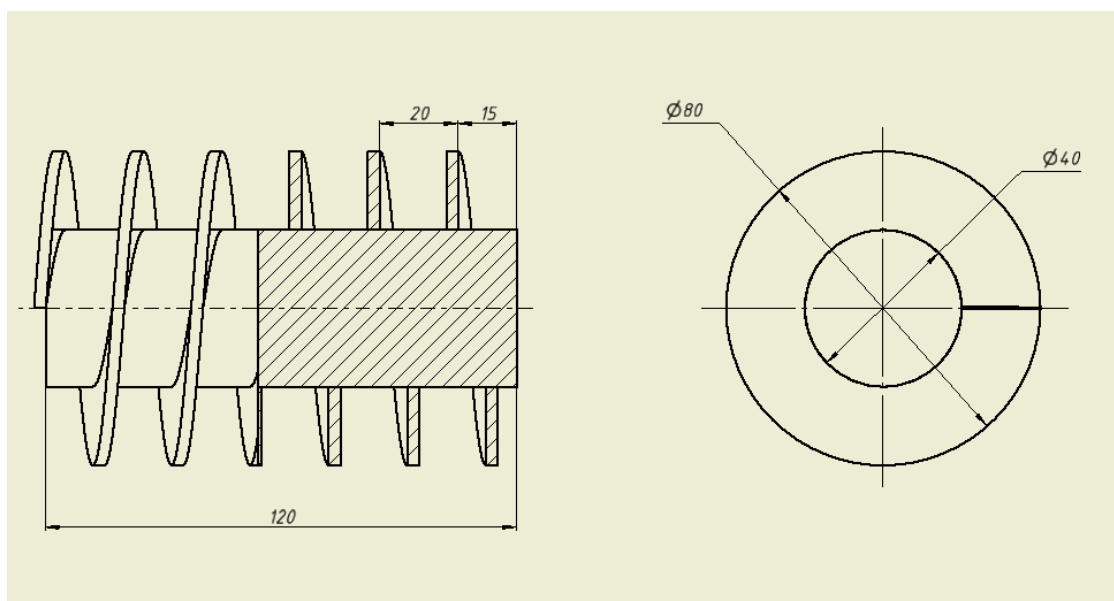


Рис. 5. Размеры

Создание анимации работы винта Архимеда

Создадим файл схемы и откроем сборку винта Архимеда. Откроем файл корпуса и обрежем его частично вдоль длины детали.

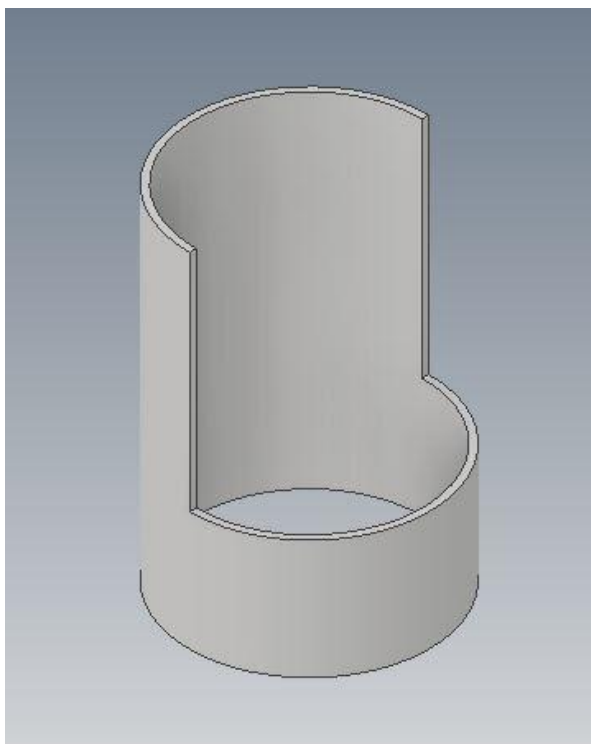


Рис. 6. Вырез в корпусе

Сохраним деталь и вернемся к файлу схемы. Выберем инструмент «Сдвинуть компоненты» и выберем винт. Зададим для операции параметры, как показано на рис. 7 и примем операцию.

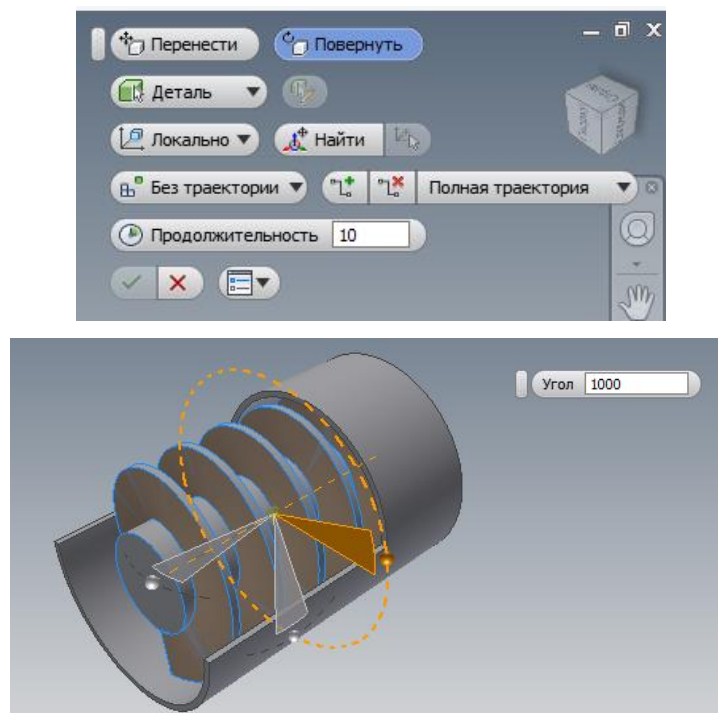


Рис. 7. Параметры движения компонентов

Воспроизведем анимацию, нажав на кнопку «Play» над таймлайном. Убедившись, что схема работает верно, выберем инструмент «Видео». Укажем параметры вывода, как показано на рис. 8.

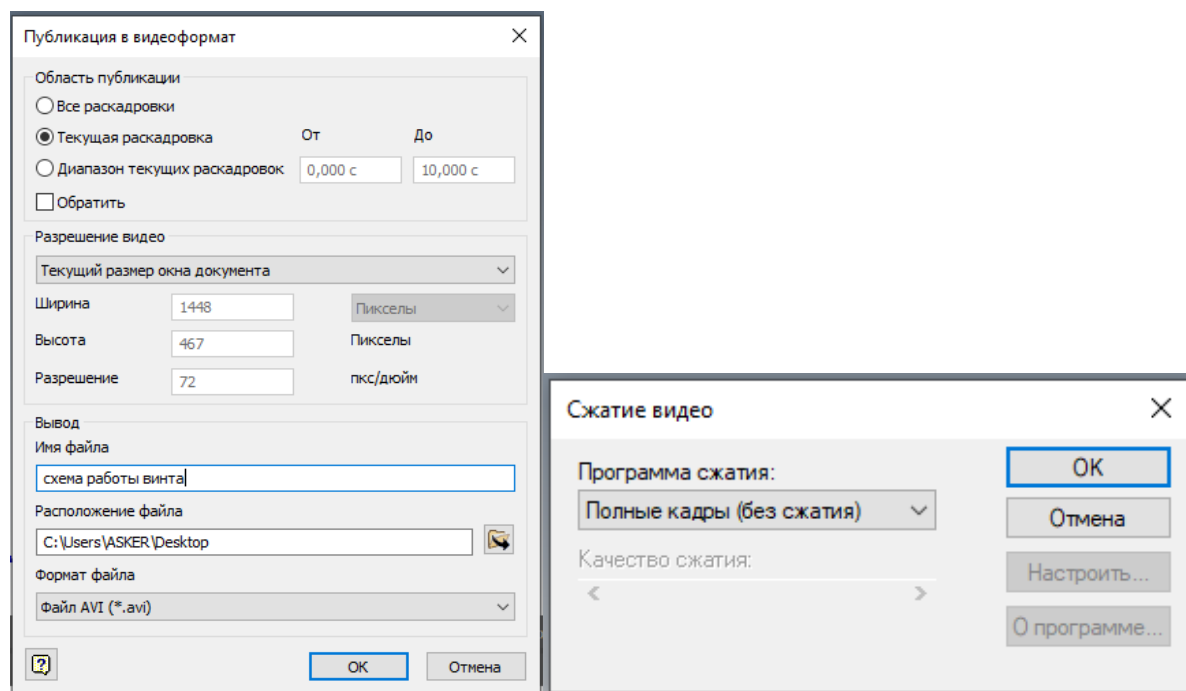


Рис. 8. Параметры видео

По завершении рендеринга видео сохраним все файлы, с которыми работали.

Практическая работа №22

Проект «Лонгборд». Поверхностное моделирование.

Цель работы: изучение принципов поверхностного моделирования

Объем: 1 час

Задание: создать модель лонгборда

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание формы лонгборда

Создадим эскиз фронтального профиля лонгборда, как показано на рис. 1, и примем его.

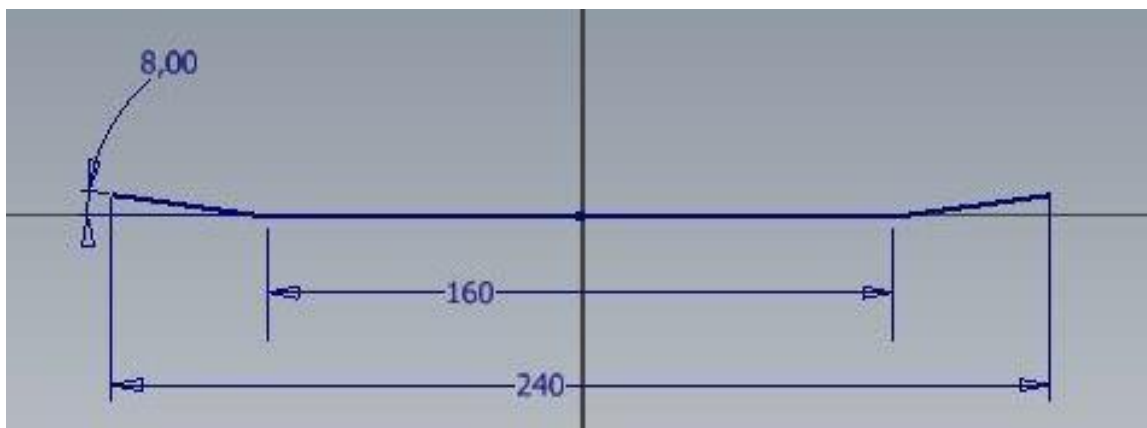


Рис. 1. Эскиз фронтального профиля

Создадим эскиз бокового профиля лонгборда, как показано на рис. 2, и примем его.

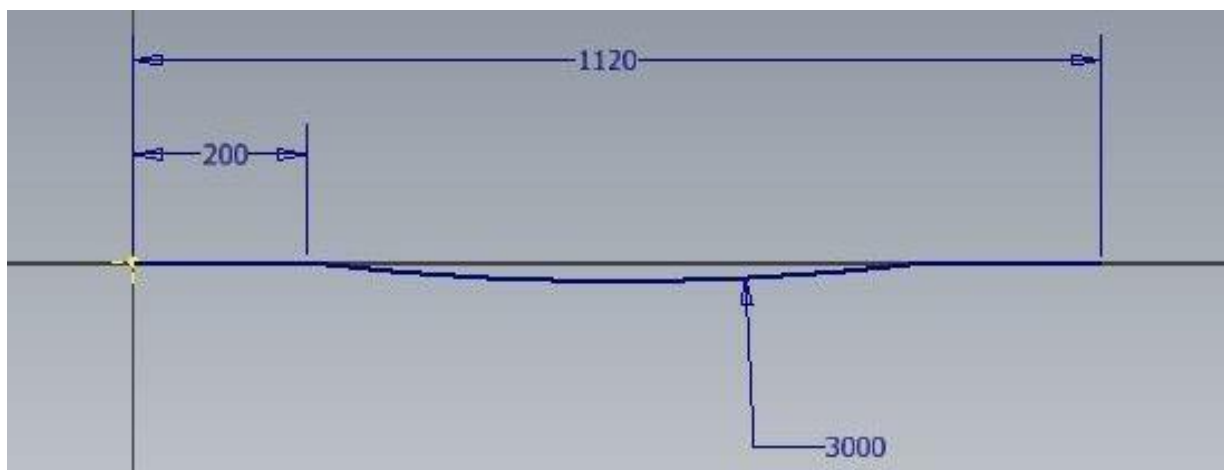


Рис. 2. Эскиз бокового профиля

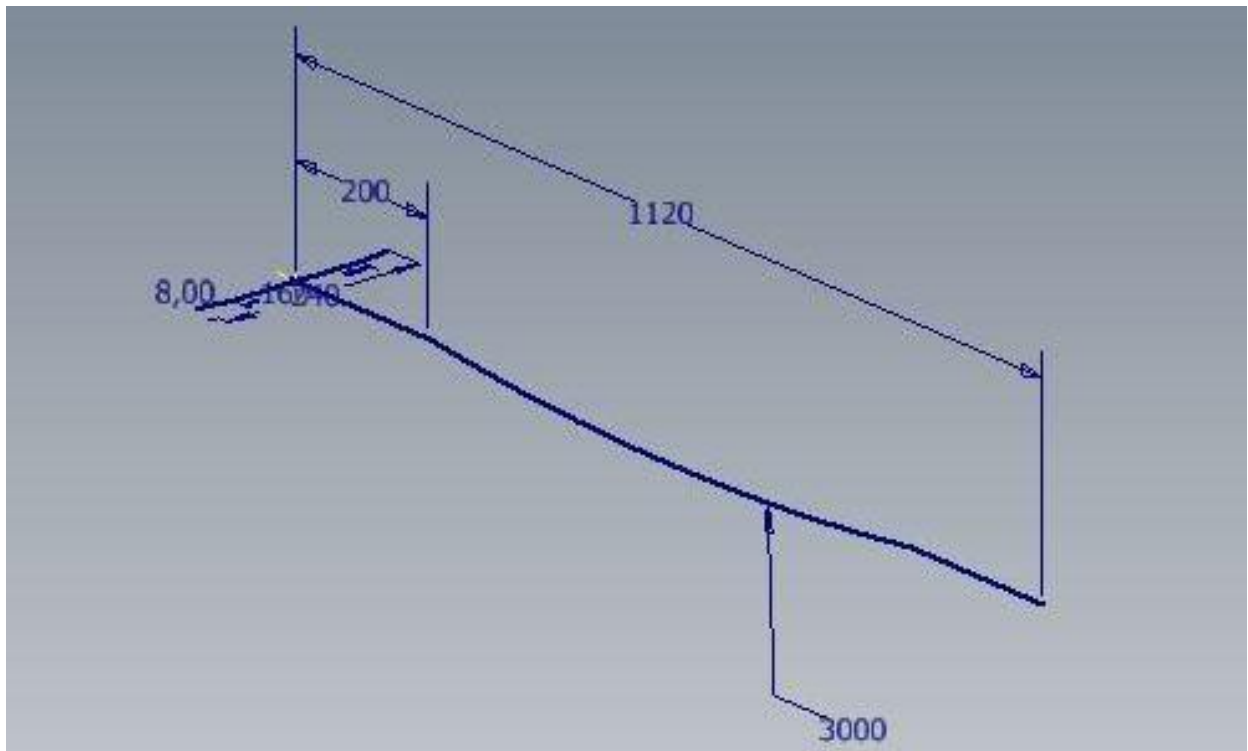


Рис. 3. Взаимное расположение эскизов в пространстве

Далее создадим поверхность при помощи инструмента «Сдвиг», в качестве профиля выбираем первый эскиз, в качестве траектории - второй.

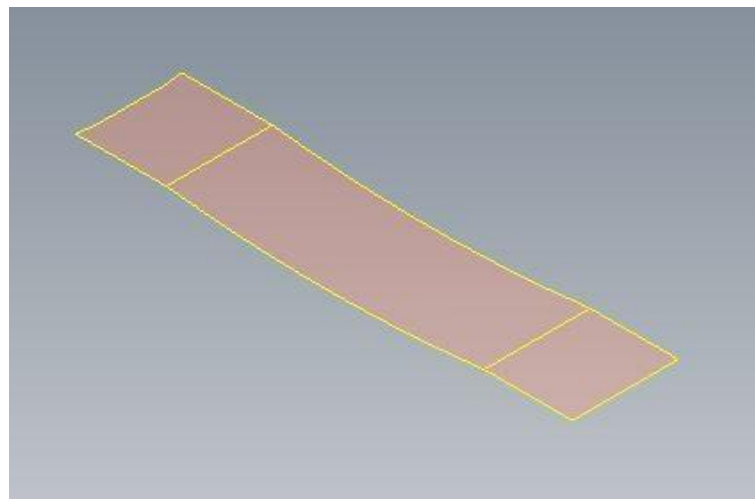


Рис. 4. Поверхность, полученная инструментом «Сдвиг»

Создадим смещенную плоскость на любом расстоянии над созданной поверхностью, и создадим на ней эскиз, формирующий форму лонгборда. Используем для построения размеры, как на рис. 5, и зависимости равенства и касательности.

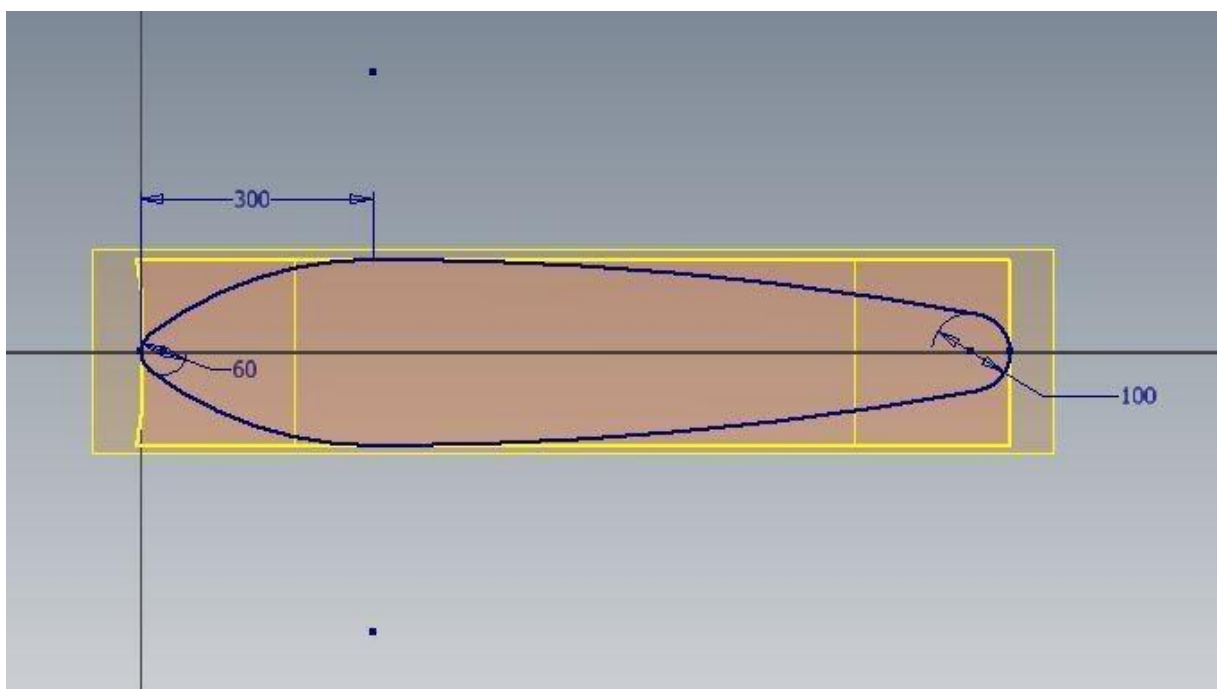


Рис. 5. Эскиз формы лонгборда

Выберем инструмент «Разделить», затем выберем эскиз контура лонгборда и три части поверхности под ним.

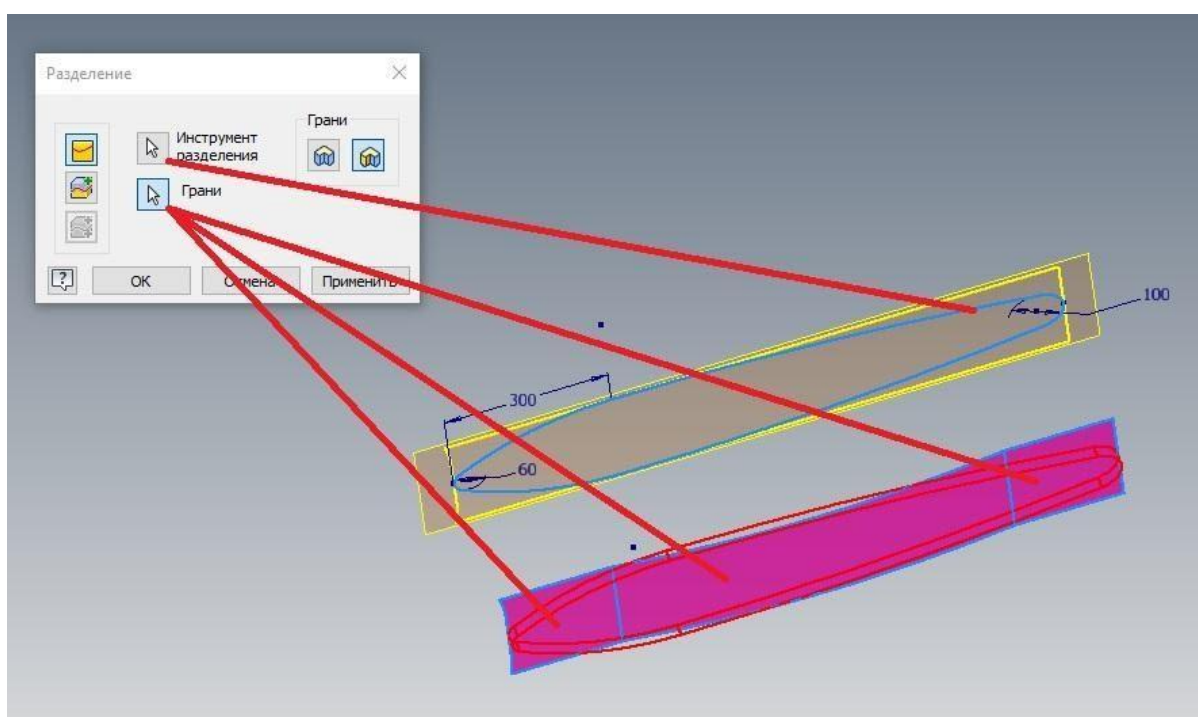


Рис. 6. Разделение поверхности

Далее выберем инструмент «Удалить грани» и выделим участки поверхности, как показано на рис. 8. Примем операцию.

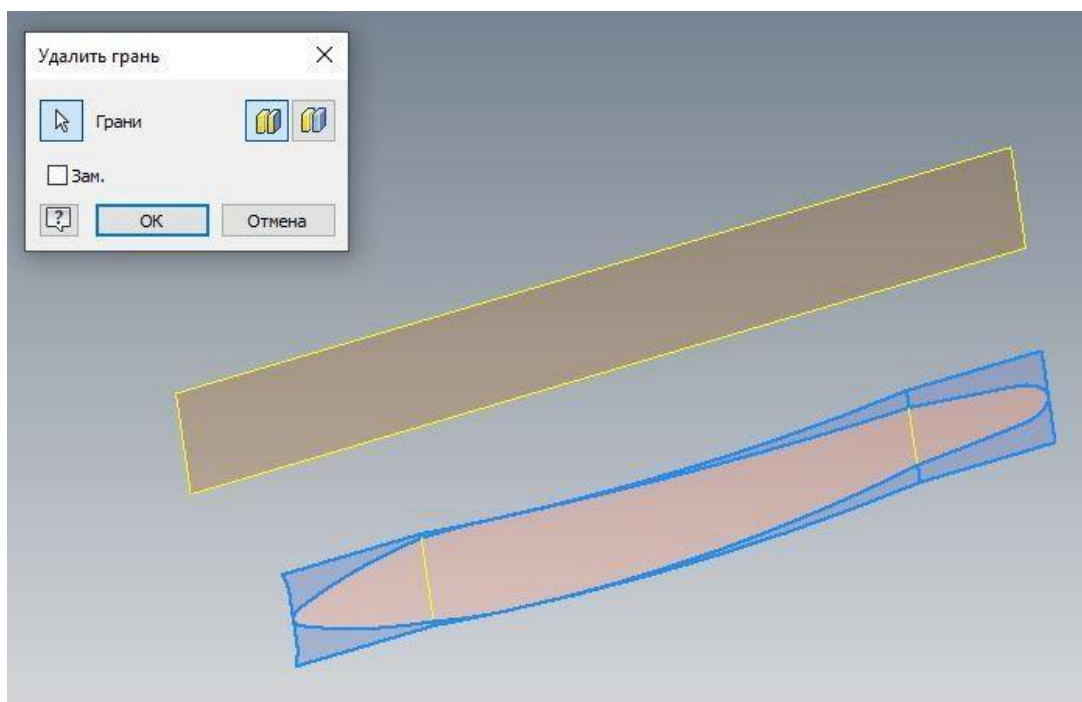


Рис. 7. Удаление граней

Выберем инструмент «Толщина/Смещение», затем три части поверхности, как на рисунке, и зададим толщину 10 мм. Сохраним деталь.

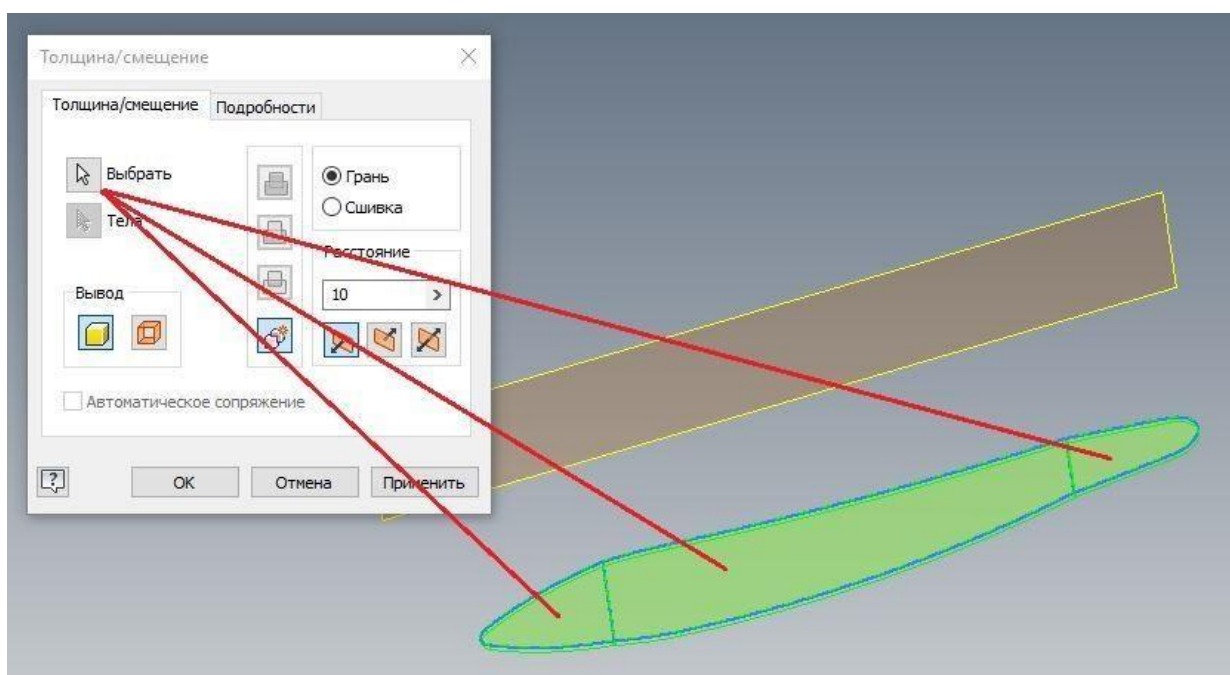


Рис. 8. Придание толщины поверхности

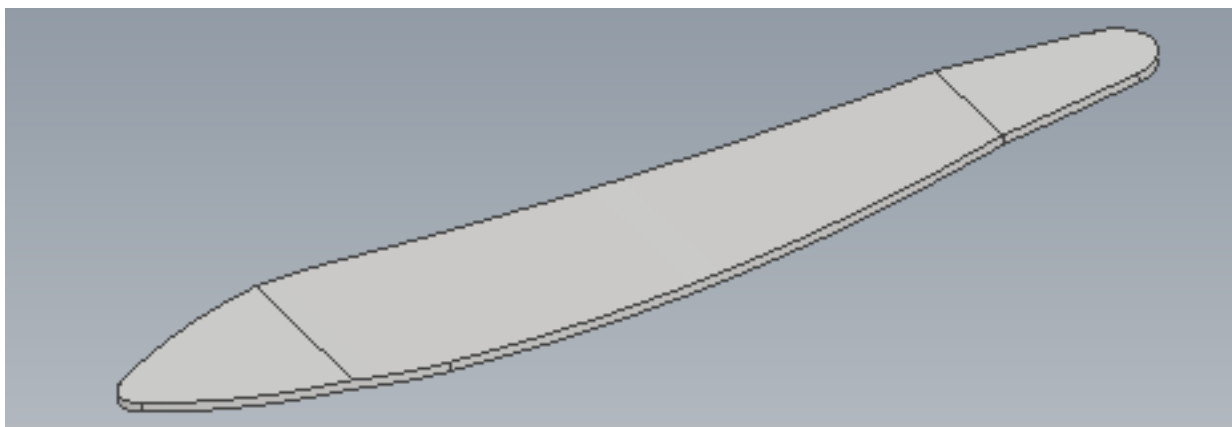


Рис. 9. Итоговая модель

Практическая работа №23

Проект «Лонгборд». Проектирование деталей.

Цель работы: самостоятельное проектирование дополнительных деталей, оформление проекта

Объем: 1 час

Задание: создать колеса лонгборда и их крепления

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

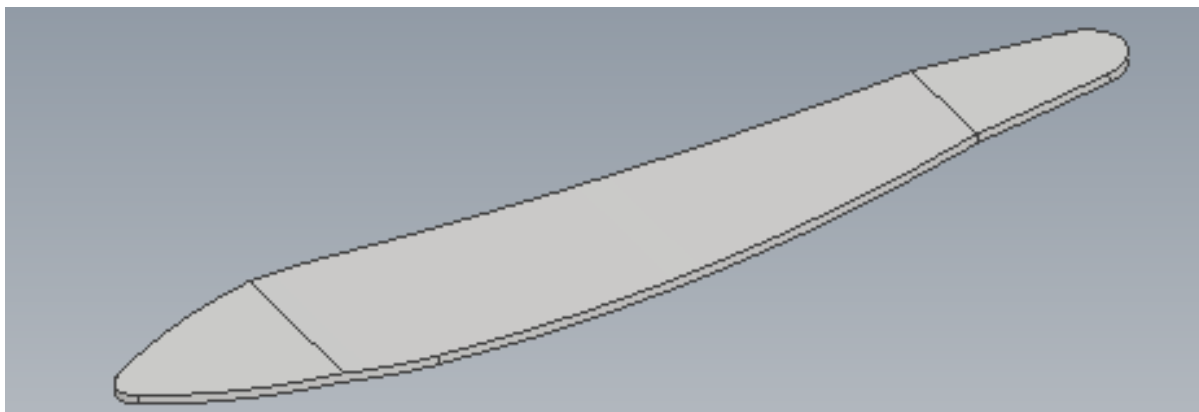


Рис. 1. Модель лонгборда

Лабораторная работа №24

Доработка и оформление выполненных работ

Цель работы: подготовить к защите выполненные работы

Объем: 1 час

Задание: проверить наличие и правильность выполнения проектов за весь курс, внести доработки, если это необходимо; загрузить фотореалистичные изображения выполненных проектов и составить из них презентацию с заголовками, соответствующим названиям проектов

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска

Программное обеспечение: Autodesk Inventor, MS Office Power Point/Гугл Презентации

Контрольная работа №25

Защита проектов

Цель работы: защитить выполненные работы

Объем: 1 час

Задание: представить презентацию по выполненным проектам, описывая принцип работы спроектированных изделий и особенности компонентов, обеспечивающих работоспособность механизмов

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска

Программное обеспечение: MS Office Power Point/Гугл Презентации

Практическая работа №26

Проект «Кулачковый насос». Моделирование деталей.

Цель работы: изучение принципа работы поршневого насоса, восстановление навыков работы в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: создать модели плоских деталей

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Теоретическая часть

Принцип работы и применение поршневого насоса

Поршневой насос (плунжерный насос) — один из видов объёмных гидромашин, в котором вытеснителями являются один или несколько поршней (плунжеров), совершающих возвратно-поступательное движение.

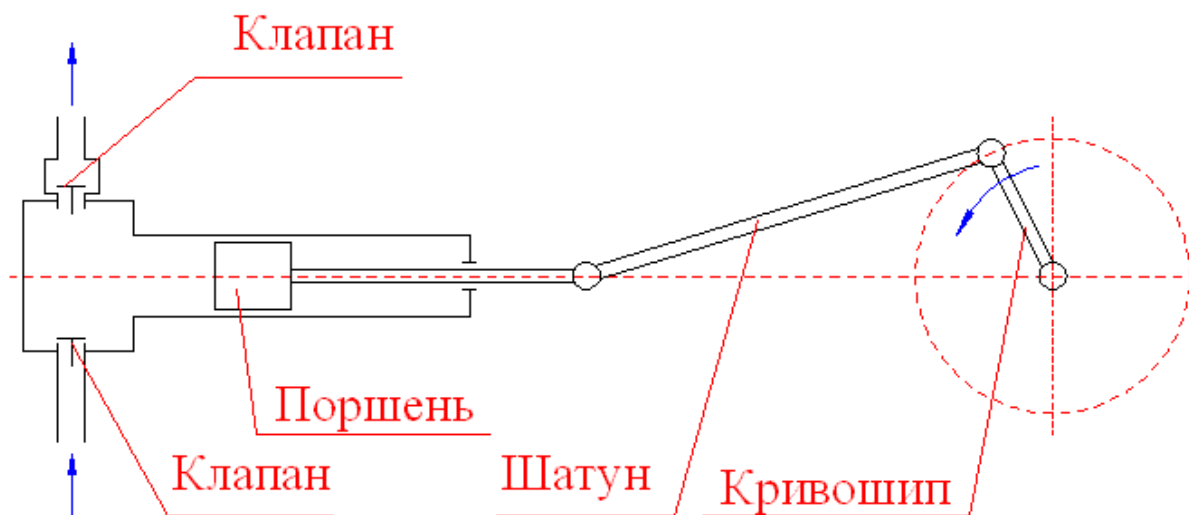


Рис. 1. Структурная схема поршневого насоса

Принцип работы таков: за счет поступательного движения поршня создается разрежение в полости под ним, и туда засасывается жидкость из подводящего (всасывающего) трубопровода. При обратном движении поршня на всасывающем трубопроводе закрывается клапан, предотвращающий протечку жидкости обратно, и открывается клапан на нагнетательном трубопроводе, который был закрыт при всасывании. Туда вытесняется жидкость, которая находилась под поршнем, и процесс повторяется. Недостаток такого насоса в том, что жидкость движется по трубопроводу с различной скоростью (скачками). Этот момент обычно обходят созданием насосов, в которых несколько поршней. Основное преимущество в том, что он способен закачивать жидкость, будучи в момент пуска незаполненным ею (сухое всасывание), и поэтому применяется обычно там, где этим преимуществом необходимо воспользоваться.

Одним из недостатков поршневых насосов, как и других объёмных насосов, являются пульсации подачи и давления. Пульсации можно уменьшить, расположив несколько поршней в ряд и соединив их с одним валом таким образом, чтобы циклы их работы были сдвинуты друг относительно друга по фазе на равные углы. Другим способом борьбы с пульсацией является использование дифференциальной схемы включения насоса, при которой нагнетание жидкости осуществляется не только во время прямого хода поршня, но и во время обратного хода.

Также широко применяют насосы двустороннего действия, у которых как поршневая, так и штоковая полости имеют (в отличие от дифференциальной схемы включения) свою клапанную систему распределения. У таких насосов коэффициент пульсаций ниже, а КПД выше, чем у насосов одностороннего действия.

Поршневые насосы используются с глубокой древности. Известно их применение для целей водоснабжения со II века до нашей эры. В настоящее время поршневые насосы используются в

системах водоснабжения, в пищевой и химической промышленности, в быту. Диафрагменные насосы используются, например, в системах подачи топлива в двигателях внутреннего сгорания.

Практическая часть

Моделирование детали «Шатун»

Шатун предназначен для передачи энергии вращающегося кривошипа на поступательно движущийся поршень. Создадим эскиз на одной из базовых плоскостей, как показано на рис. 2. Поочередно применим зависимость «Касательность» на отрезок (1) и окружность (3), и отрезок (2) и окружность (3). При помощи инструмента «Обрезать» удалим лишние части окружностей и выдавим полученный эскиз на 4 мм.

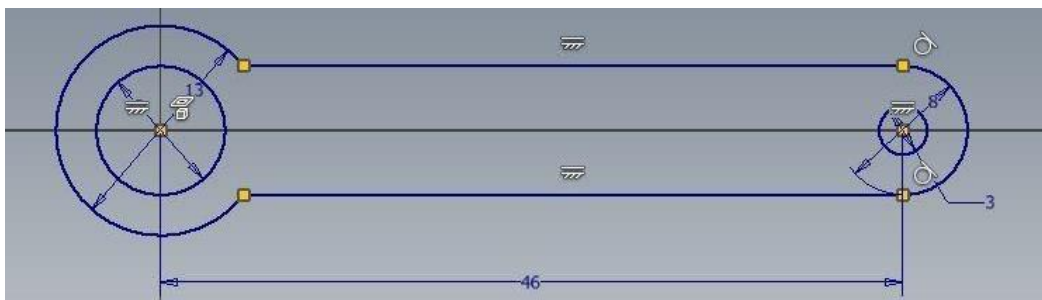


Рис. 2. Эскиз детали «Шатун»

Сохраним деталь.

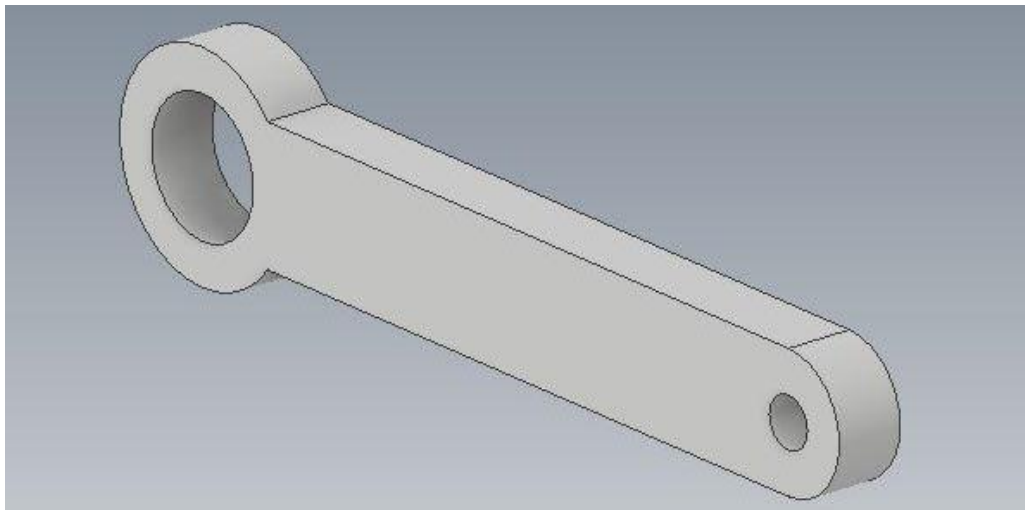


Рис. 3. Модель детали «Шатун»

Моделирование детали «Опора»

Опора предназначена для крепления кривошипа на корпусе поршневого насоса. Создадим эскиз, как показано на рис. 4. Инструментом «Обрезать» удалим дугу, выделенную пунктиром и выдавим полученный эскиз на 5 мм.

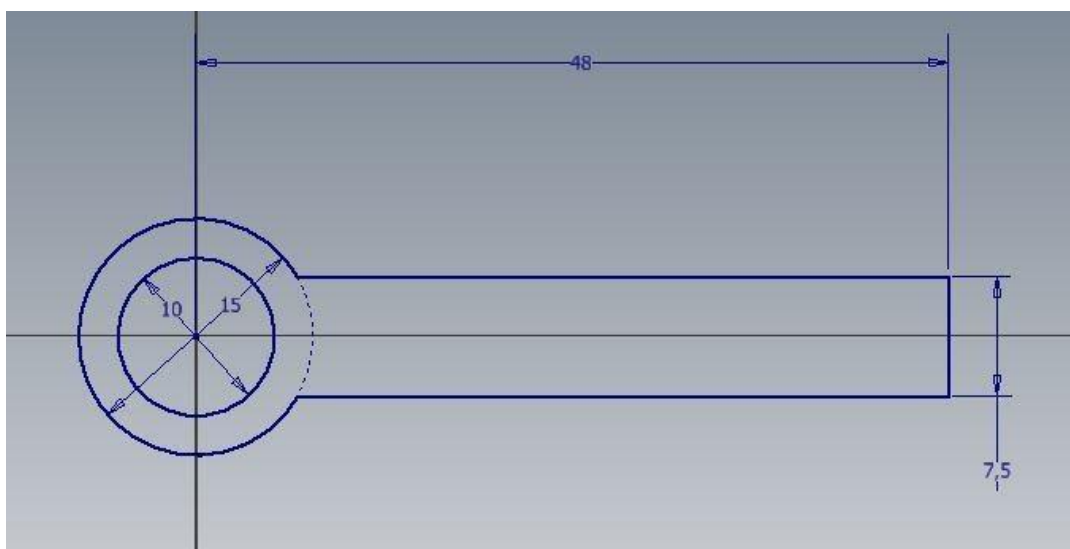


Рис. 4. Эскиз детали «Опора»

На верхней поверхности детали создадим эскиз, как показано на рис. 5, и выдавим его насквозь для получения прямоугольного выреза.

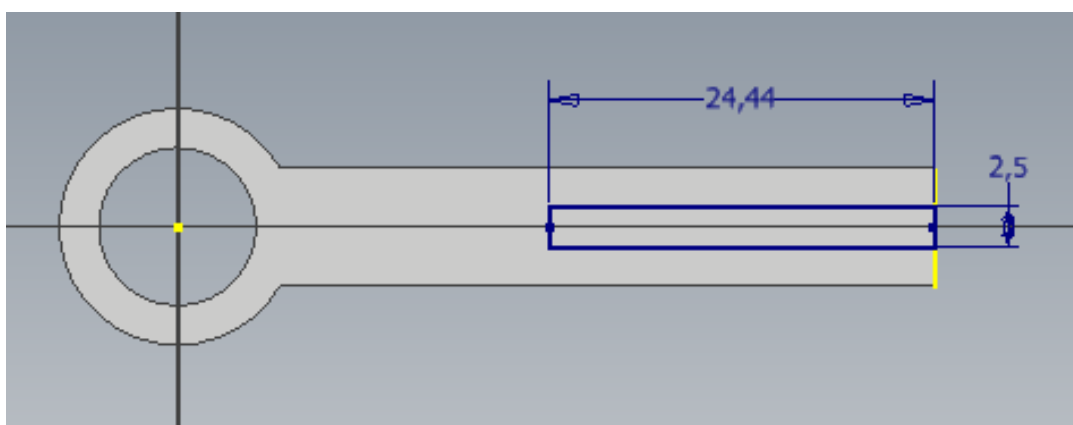


Рис. 5. Эскиз для выреза

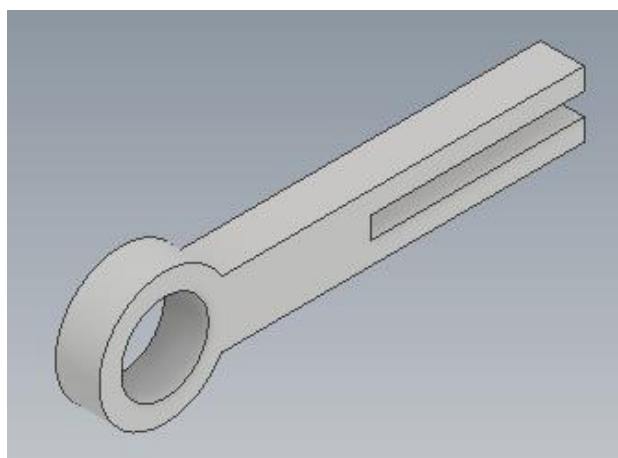


Рис. 6. Вырез на модели

На узкой верхней поверхности детали создадим эскиз, как показано на рис. 26.7, и выдавим его насквозь для получения отверстий. Сохраним деталь.

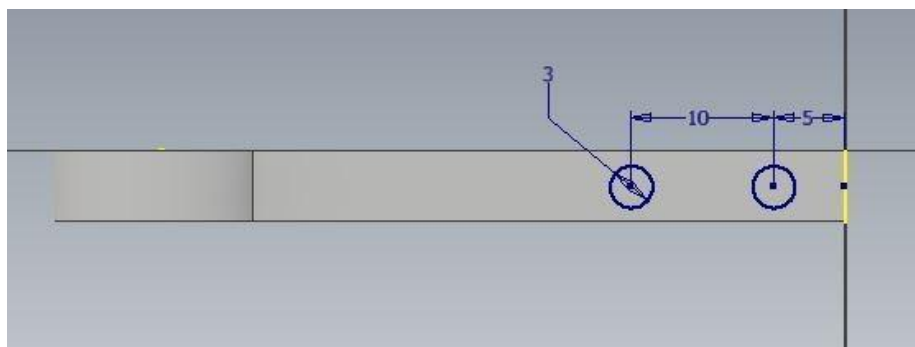


Рис. 7. Эскиз для отверстий

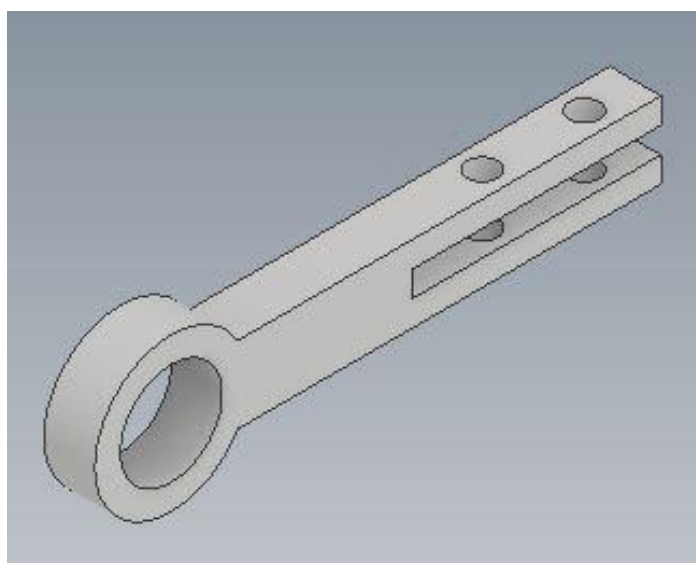


Рис. 8. Модель детали «Опора»

Практическая работа №27

Проект «Кулачковый насос». Моделирование деталей.

Цель работы: восстановление навыков работы в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: создать модели простых деталей

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование детали «Наконечник золотника»

Данная деталь соединяет кулачковый механизм с золотником. При моделировании обратите внимание на обозначение размеров на чертеже - нижняя часть имеет диаметральный размер, следовательно, является цилиндром.

Создадим эскиз, как показано на рис. 1 и выдавим его на 12 мм.

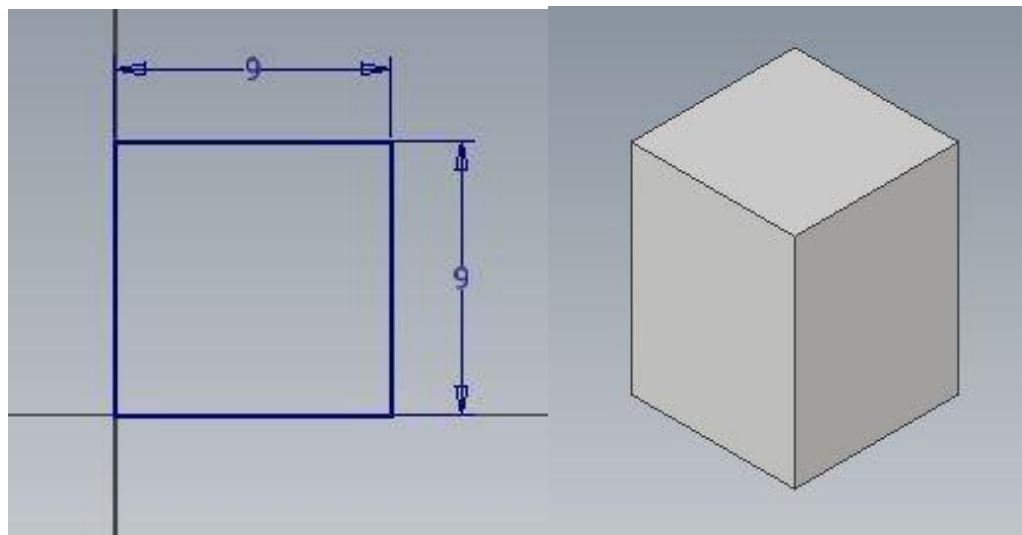


Рис. 1. Прямоугольный параллелепипед

На боковой поверхности создадим эскиз, как показано на рис. 2 и выдавим его насквозь для получения прямоугольного выреза.

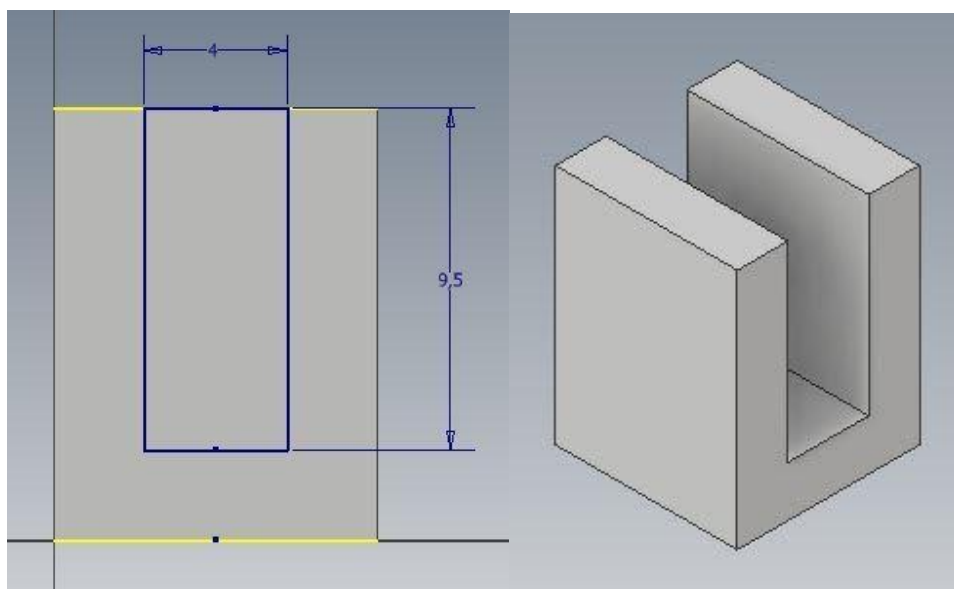


Рис. 2. Получение выреза

На боковой поверхности изобразим эскиз, как показано на рис. 3, и выдавим его для получения двух отверстий.

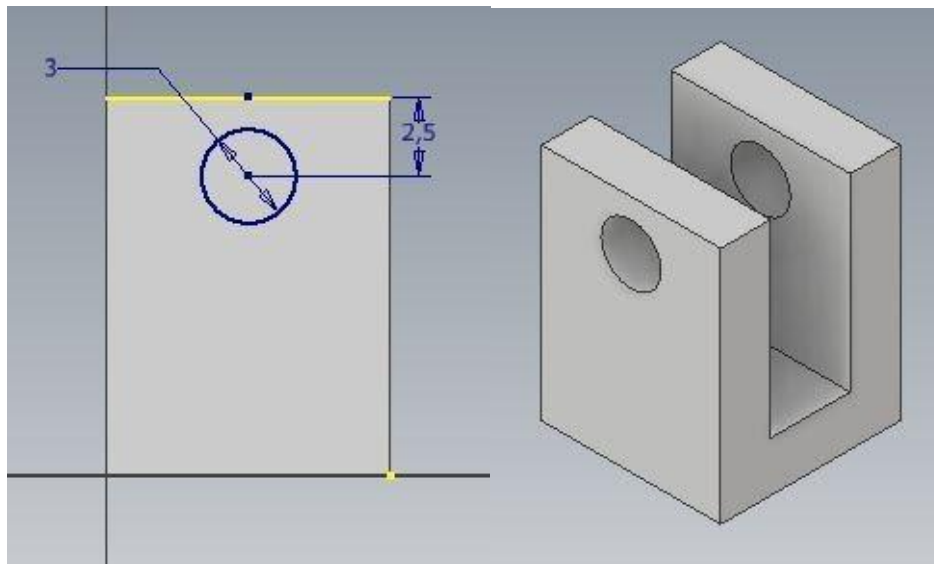


Рис. 3. Получение отверстий

На нижней части детали создадим эскиз в виде окружности и выдавим его на 5 мм с добавлением. Обязательно используем инструмент «Горизонтальность/Вертикальность». Сохраним деталь.

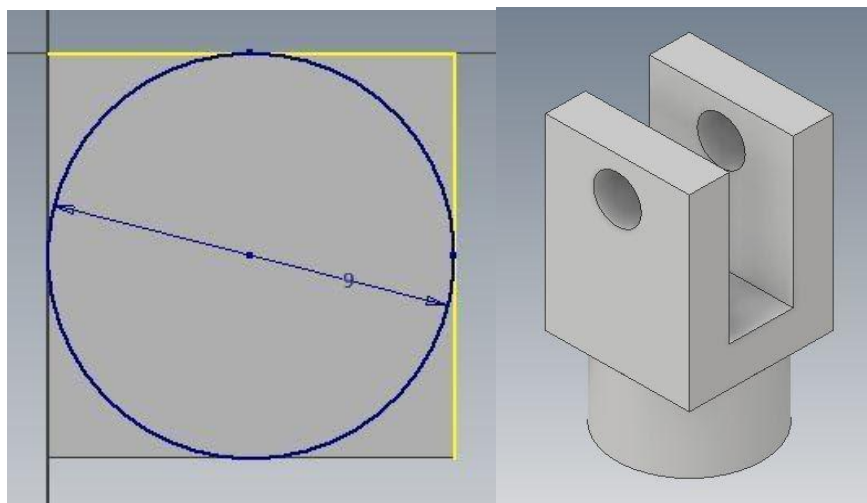


Рис. 4. Получение отверстий

Моделирование детали «Впускной патрубок»

Впускной патрубок, в ходе работы насоса, помещается в резервуар, из которого насосом откачивается жидкость. Создадим эскиз, как показано на рис. 5, и выдавим его на 20 мм.

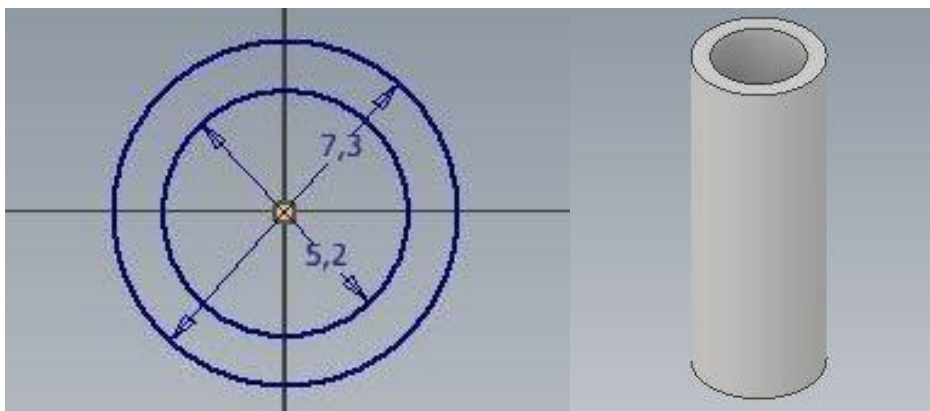


Рис. 5. Модель детали «Впускной патрубок»

Предложите слушателям создать такую же деталь, но с использованием инструмента «Вращение» (как «Втулка» в проекте «Блок»). По окончании процесса моделирования преподавателем проводится контрольная проверка работ учащихся: модели должны быть выполнены качественно, без визуальных дефектов. Ученики заполняют отчеты о выполнении работы, преподаватель проверяет качество заполнения отчета, особое внимание уделяя пункту о возникших у ученика трудностях - по возможности, необходимо дать соответствующее пояснение.

Практическая работа №28

Проект «Кулачковый насос». Моделирование деталей.

Цель работы: восстановление навыков работы в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: создать модели пространственных деталей

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование детали «Кривошип»

Кривошип приводится в действие внешней силой и создает вращательное движение для одного из концов шатуна, преобразующего это движение в поступательное движение для поршня.

Создадим эскиз, состоящий из прямоугольника и двух окружностей, расположенных на его правой и левой сторонах. Обрежем лишние элементы эскиза и выдавим на бмм, чтобы получить результат, как на рис. 1.

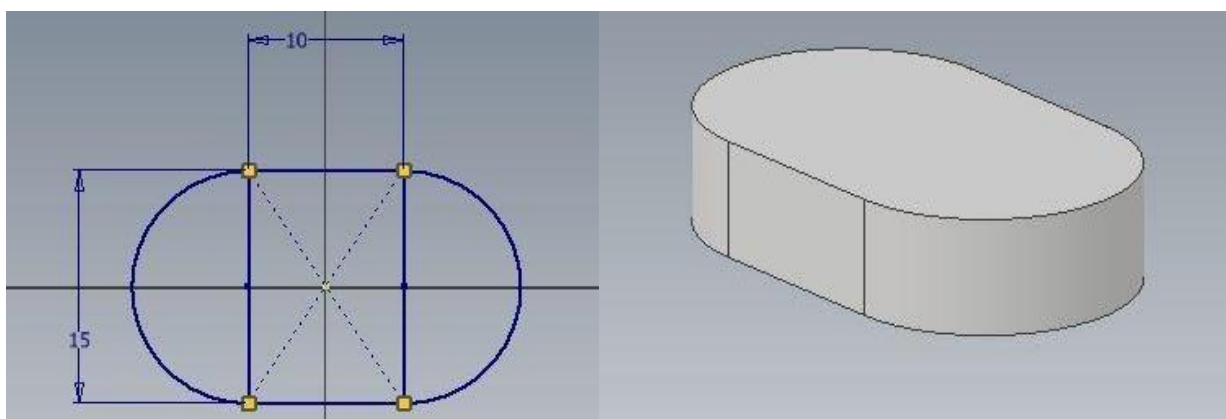


Рис. 1. Основание кривошипа

Создадим эскиз, как показано на рис. 2, и выдавим его на 4 мм.

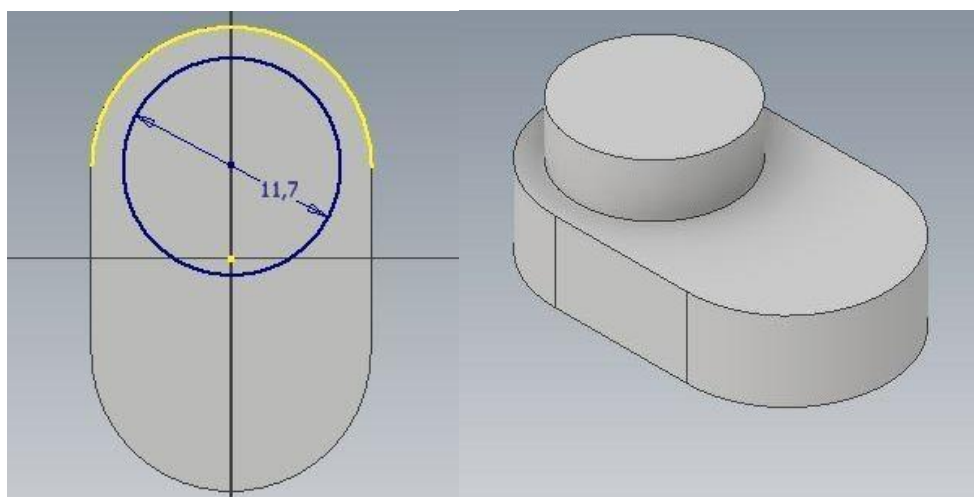


Рис. 2. Моделирование кривошипа

Создадим эскиз на поверхности цилиндра, как показано на рис. 3 и выдавим его на 8 мм.

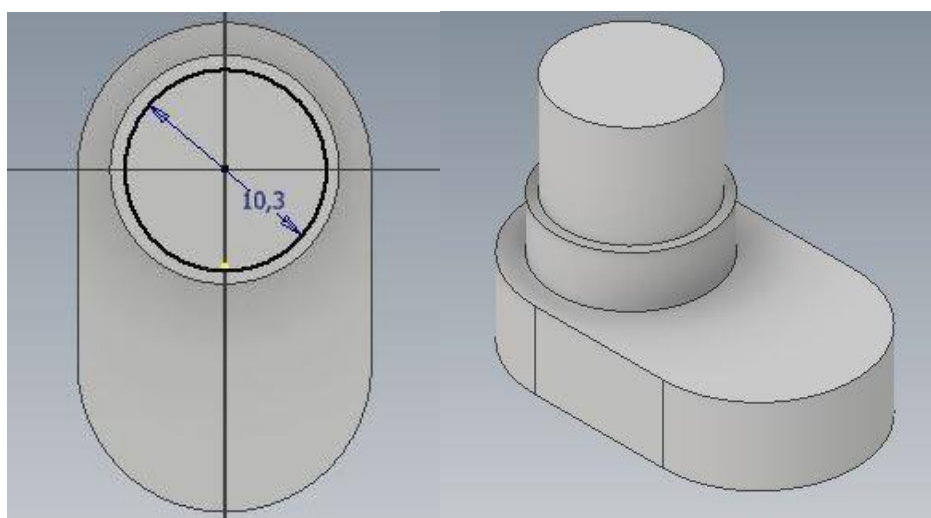


Рис. 3. Моделирование кривошипа

Создадим на поверхности цилиндра эскиз в виде шестиугольника при помощи инструмента «Многоугольник». Изобразим произвольный многоугольник, затем установим для него размер, согласно чертежу и выровняем, если необходимо, один из углов при помощи инструмента «Горизонтальность/Вертикальность». Выдавим эскиз на 15 мм.

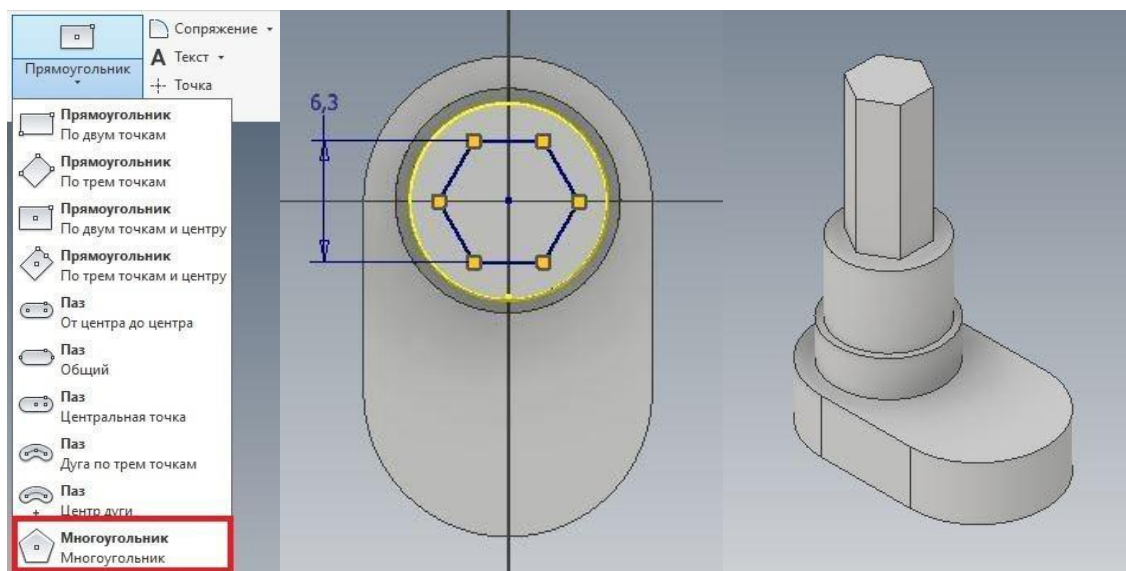


Рис. 4. Получение шестигранной призмы

Создадим эскиз, как показано на рис. 5 и выдавим его насквозь для получения отверстия.

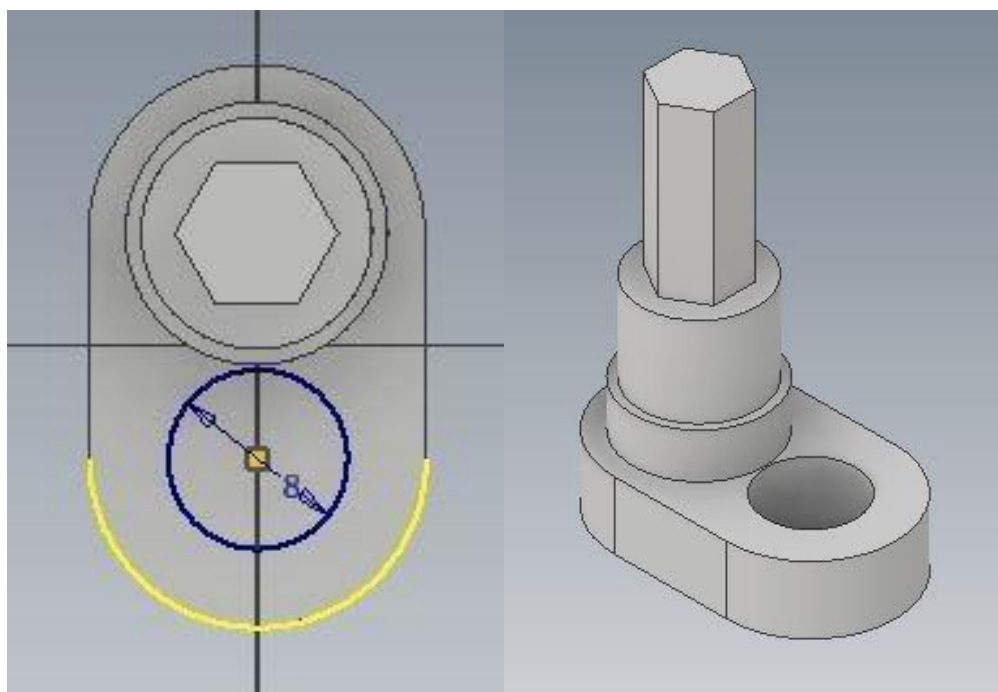


Рис. 5. Создание отверстия

На плоской боковой поверхности детали создадим эскиз, как показано на рис. 6 и выдавим его насквозь для получения отверстия. Сохраним деталь.

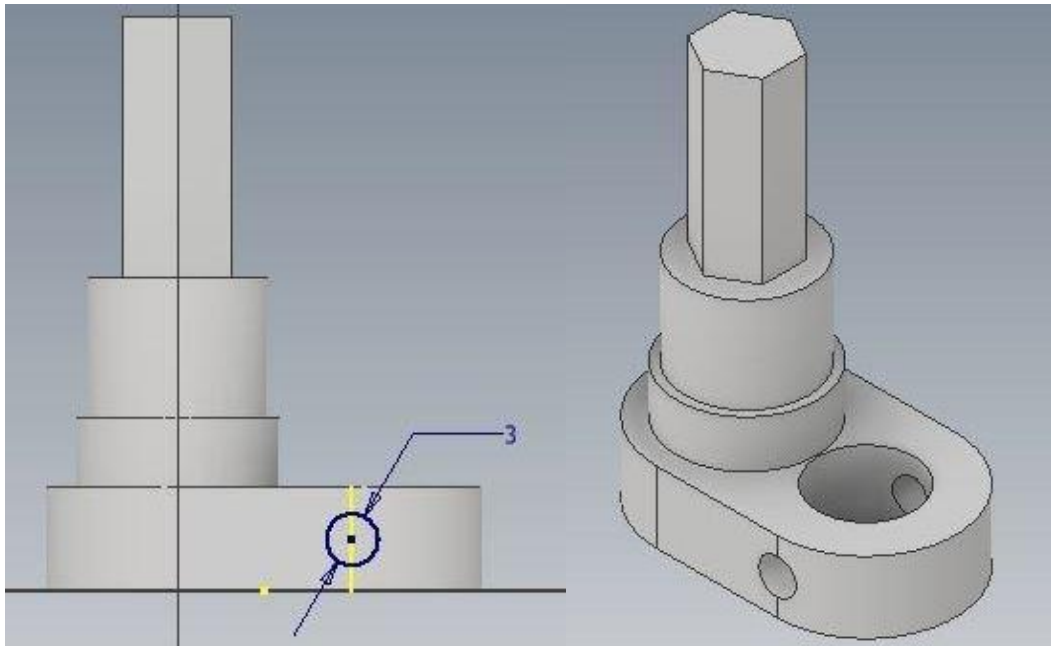


Рис. 6. Создание радиального отверстия

Моделирование детали «Ножка насоса»

Данная деталь в двух экземплярах необходима для поддержания корпуса насоса на небольшом расстоянии от дна резервуара, в который помещается поршневой насос.

Создадим эскиз, как показано на рисунке. Сначала, при помощи инструмента «Отрезок» и «Дуга по трем точкам» изобразим внешний контур детали. Для создания дуги выбираем соответствующий инструмент, нажимаем ЛКМ в точке (1) и (2) для установки концов дуги, затем, переместив указатель мыши немного вверх, нажимаем ЛКМ в точке (3) для задания кривизны дуги (см. рис. 7).

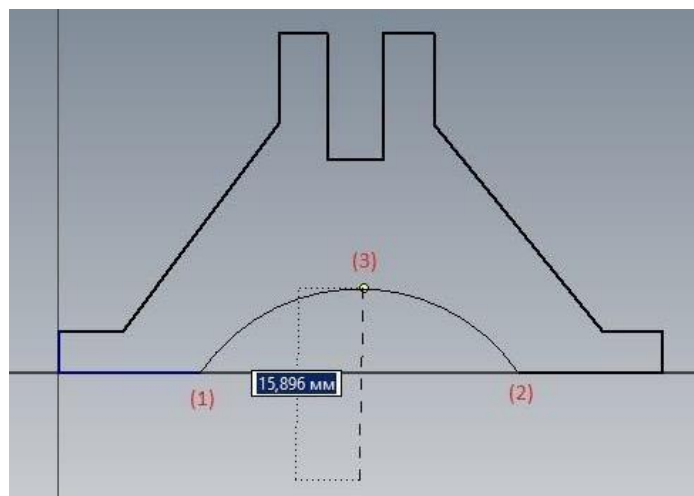


Рис. 7. Построение дуги по трем точкам

Зададим равенство между соответствующими отрезками (зависимость «Равенство»), установим необходимые размеры и выдадим эскиз на 5 мм.

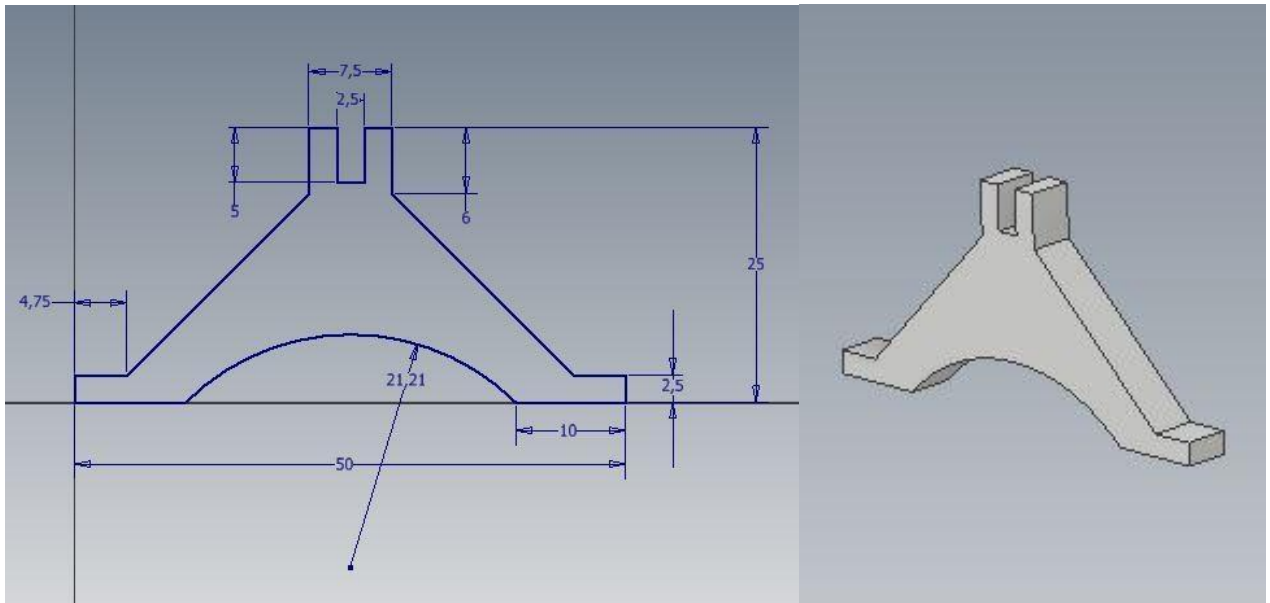


Рис. 8. Профиль ножи

Создадим эскиз на поверхности детали, как показано на рис. 9. Для этого воспользуемся инструментом «Смещение» с величиной 2,5 мм. Выдавим полученный эскиз внутрь детали, для получения углубления, на 2,5мм.

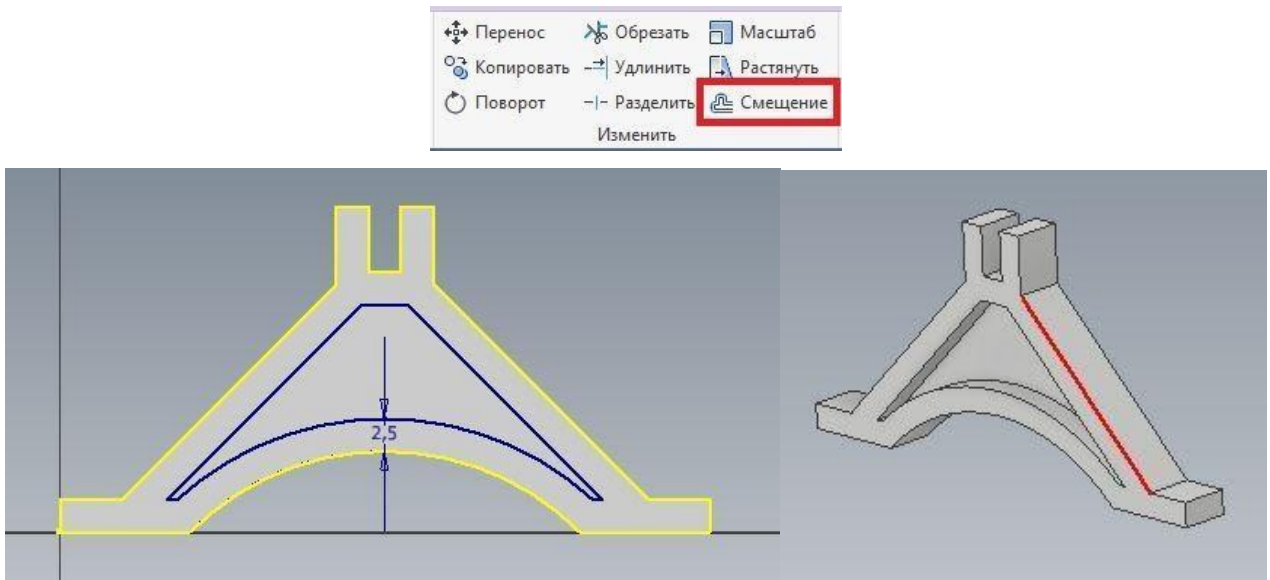


Рис. 9. Работа инструмента «Смещение»

Создадим эскиз, как показано на рисунке, и выдавим его насквозь для получения отверстий в детали. Сохраним деталь.

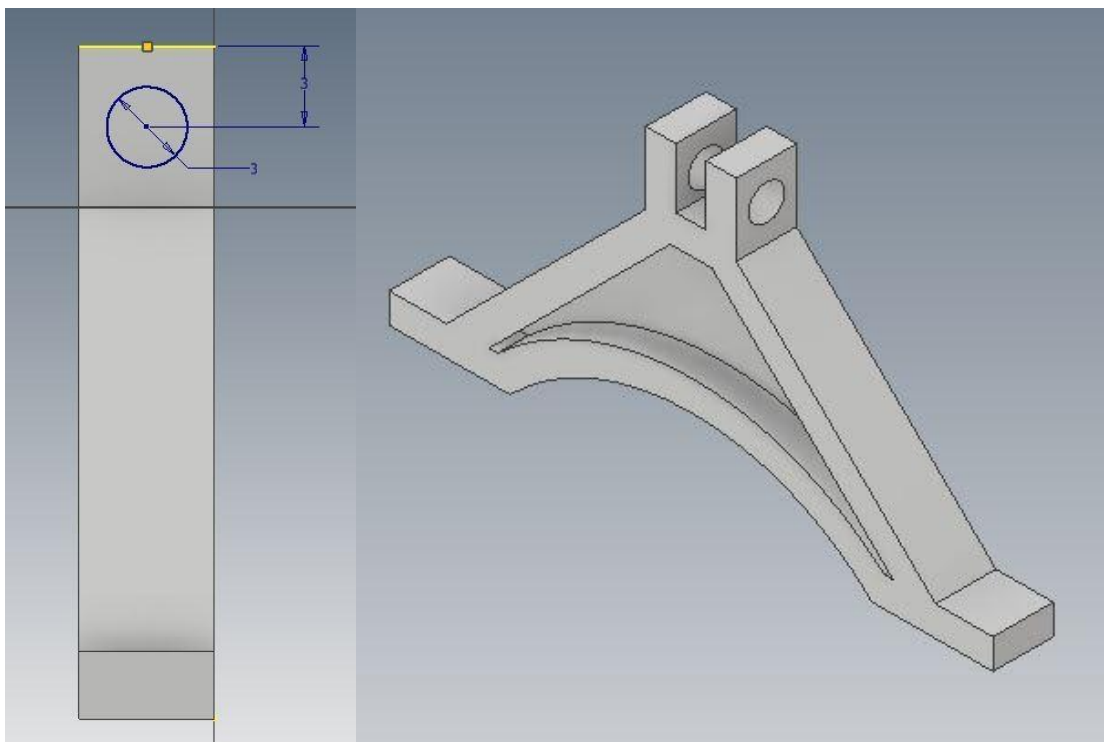


Рис. 10. Получение отверстия

Практическая работа №29

Проект «Кулачковый насос». Моделирование деталей.

Цель работы: восстановление навыков работы в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: создать модели деталей со сложными эскизами

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование детали «Кулачок»

Создадим эскиз, как показано на рис. 1, где (1) - (4) - дуги, (5) и (6) - отрезки. Для установки размера отрезков, как на рисунке, после выбора отрезка инструментом «Размеры», нажимаем ПКМ, и из контекстного меню выбираем «Параллельно». Выдавим эскиз на 4 мм.

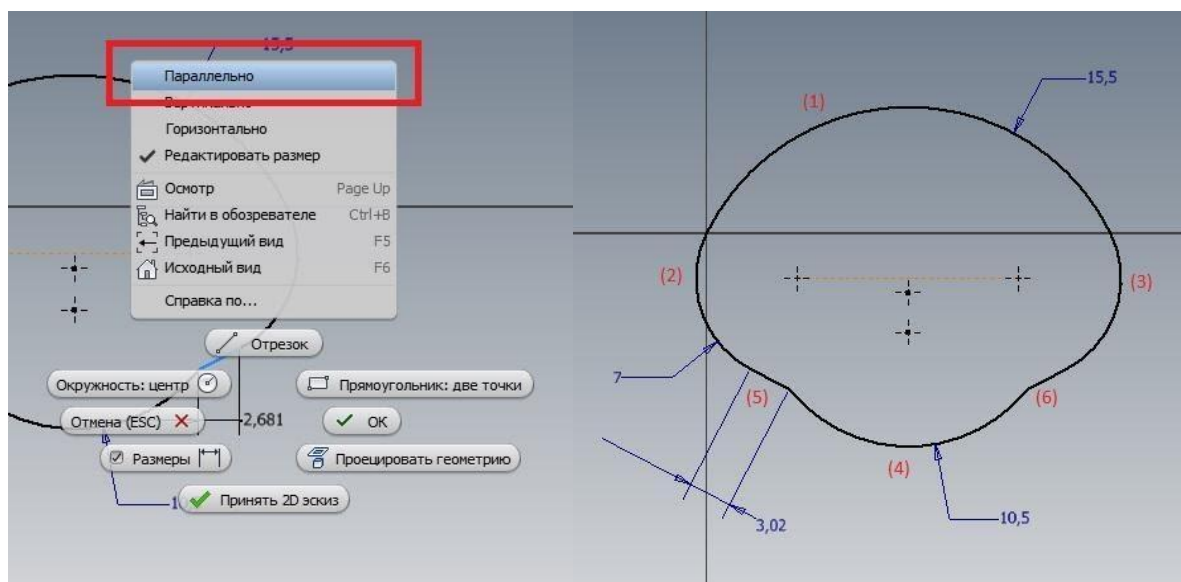


Рис. 1. Эскиз профиля кулачка

При помощи инструмента «Смещение» создадим эскиз, как показано на рис. 2, и выдавим его внутрь детали на 2 мм.

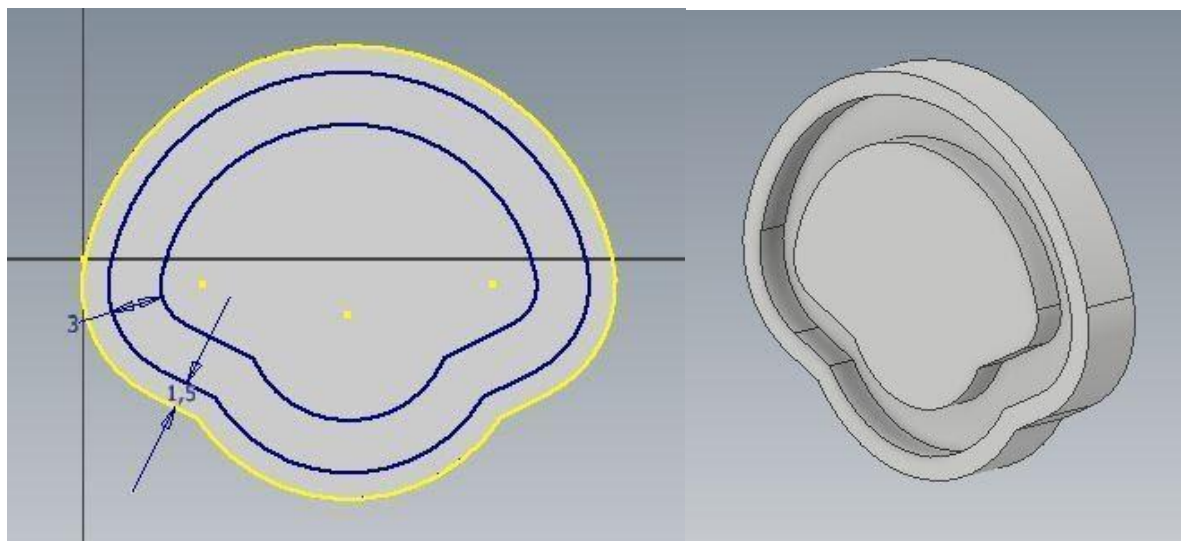


Рис. 2. Получение канавки для толкателя

Создадим эскиз, как показано на рис. 3, и выдавим его насквозь для создания выреза.

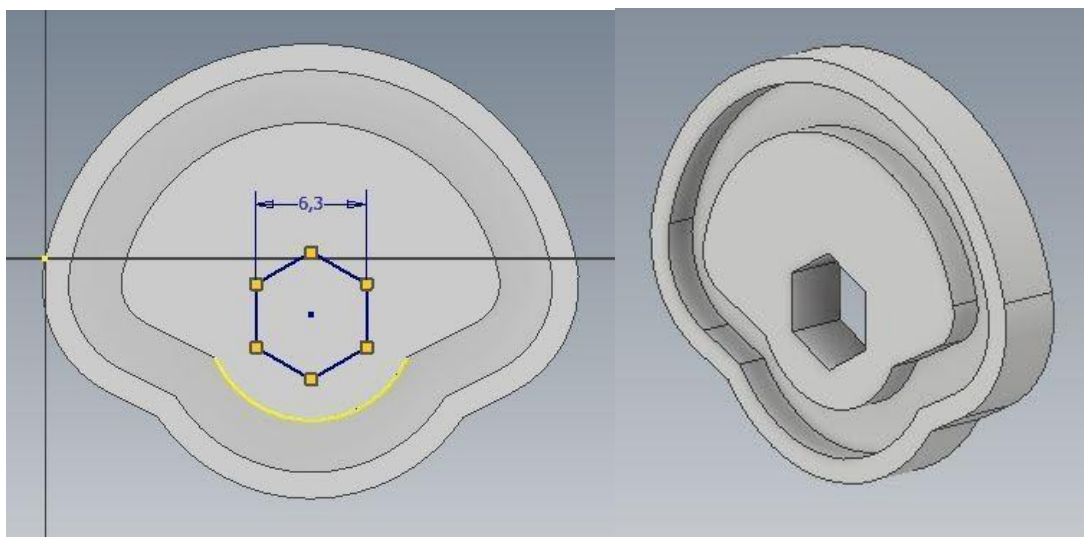


Рис. 3. Получение шестигранного паза

Добавим сопряжения и сохраним деталь.

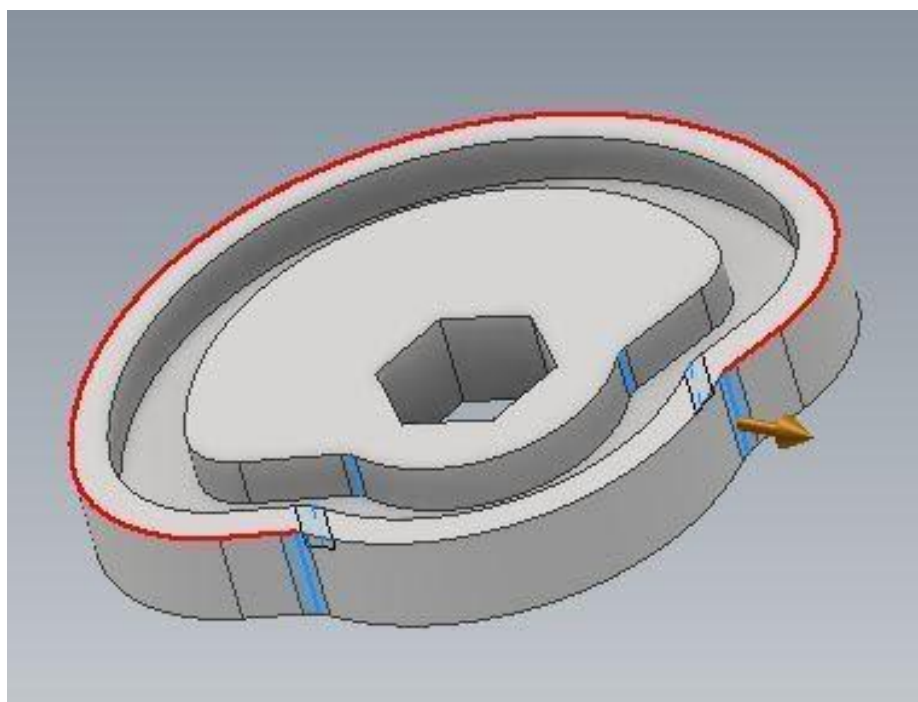


Рис. 4. Модель детали «Кулачок»

Моделирование детали «Шейка шатуна»

Создадим эскиз, как показано на рис. 5, и выдавим его на 16 мм.

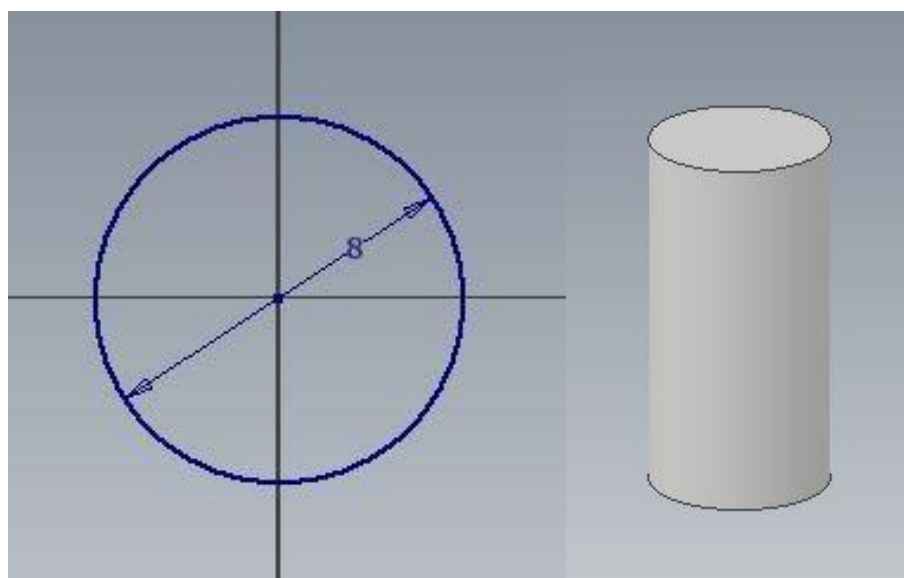


Рис. 5. Цилиндр для детали «Шейка шатуна»

На одной из базовых плоскостей, пересекающих тело, выполним эскиз, как показано на рис. 6, и симметрично выдавим его для создания отверстий. Сохраним деталь.

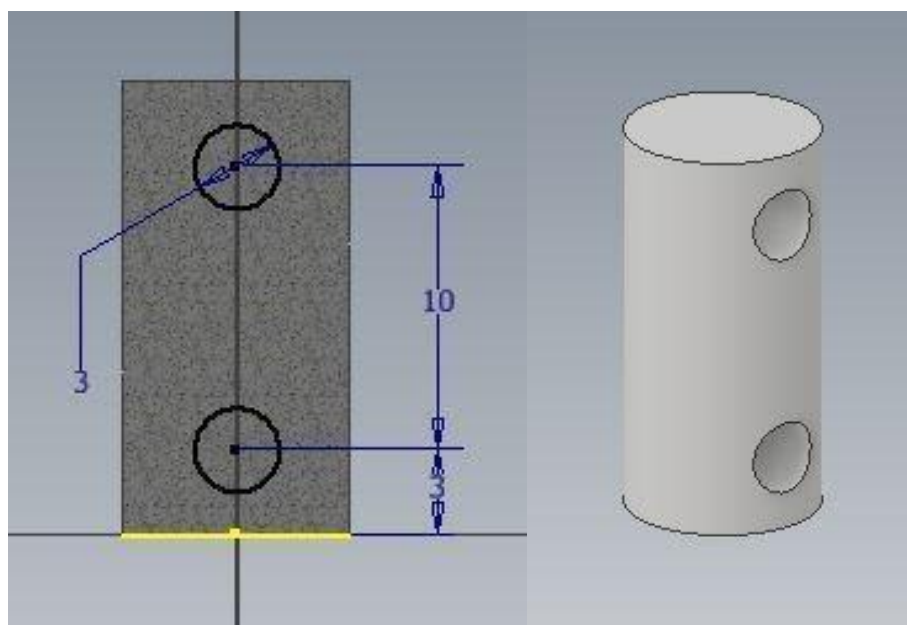


Рис. 6. Получение сквозных радиальных отверстий

Практическая работа №30

Проект «Кулачковый насос». Моделирование деталей.

Цель работы: восстановление навыков работы в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: создать модели сложных деталей

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование детали «Выпускной патрубок»

Данная деталь служит для выпуска воды из корпуса поршневого насоса в ходе его работы. Создадим эскиз, как показано на рис. 1 и примем его. (обратим внимание на зависимости касательности между дугами и отрезками).

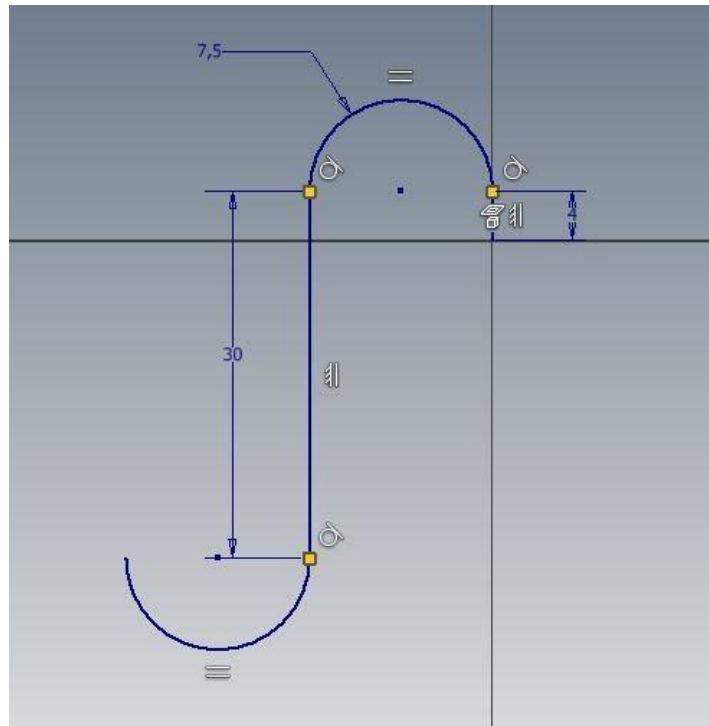


Рис. 1. Эскиз профиля

На базовой плоскости, перпендикулярной отрезку 30 мм, создадим эскиз, как показано на рис. 2 и примем его.

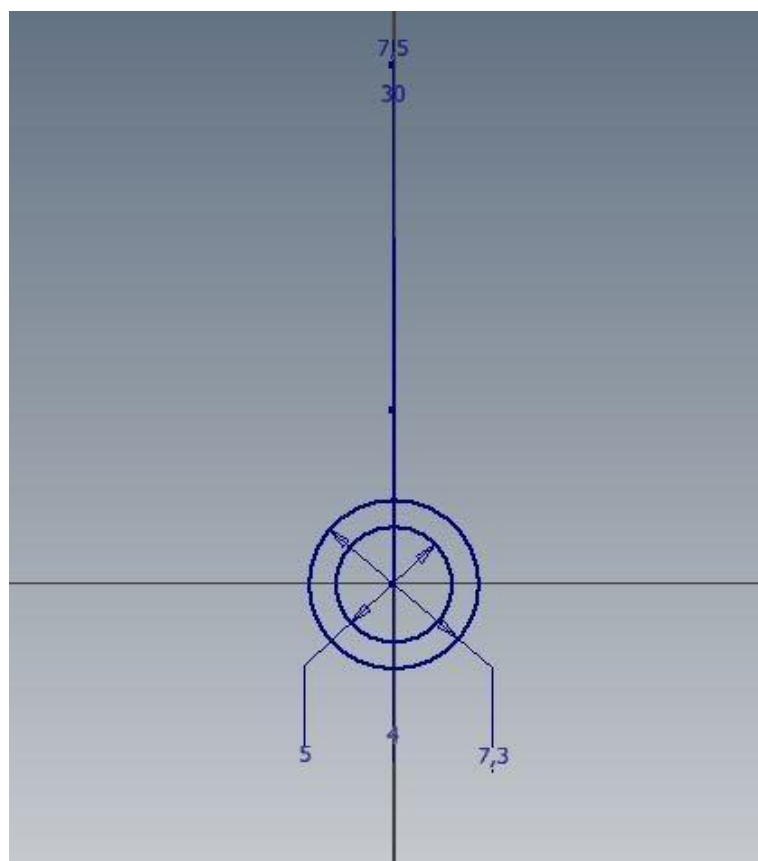


Рис. 2. Эскиз сечения

При помощи инструмента «Сдвиг» создадим объемное тело, (где первый эскиз - траектория, второй эскиз - профиль) и сохраним деталь.

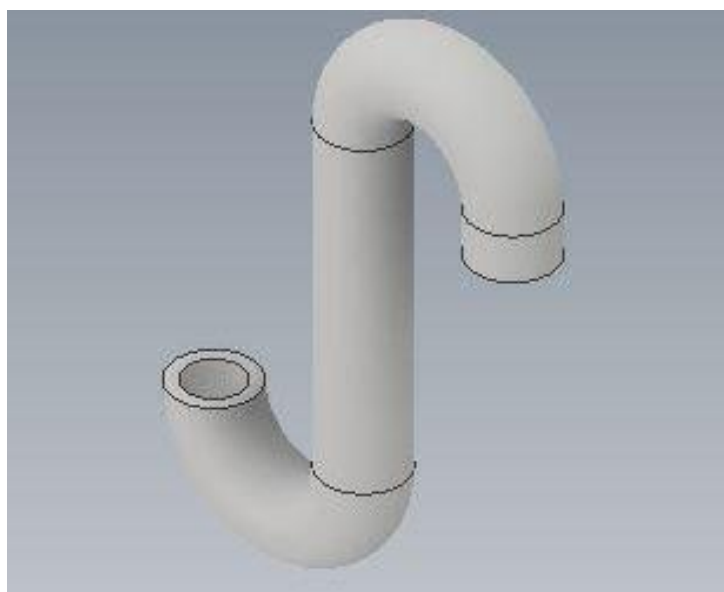


Рис. 3. Модель детали «Выпускной патрубков»

Моделирование детали «Поршень»

Данная деталь, в ходе работы поршневого насоса, движется внутри цилиндрического канала в корпусе, создавая давление/разрежение, необходимые для функционирования устройства.

Создадим эскиз, как показано на рис. 4, и выдавим его на 20 мм.

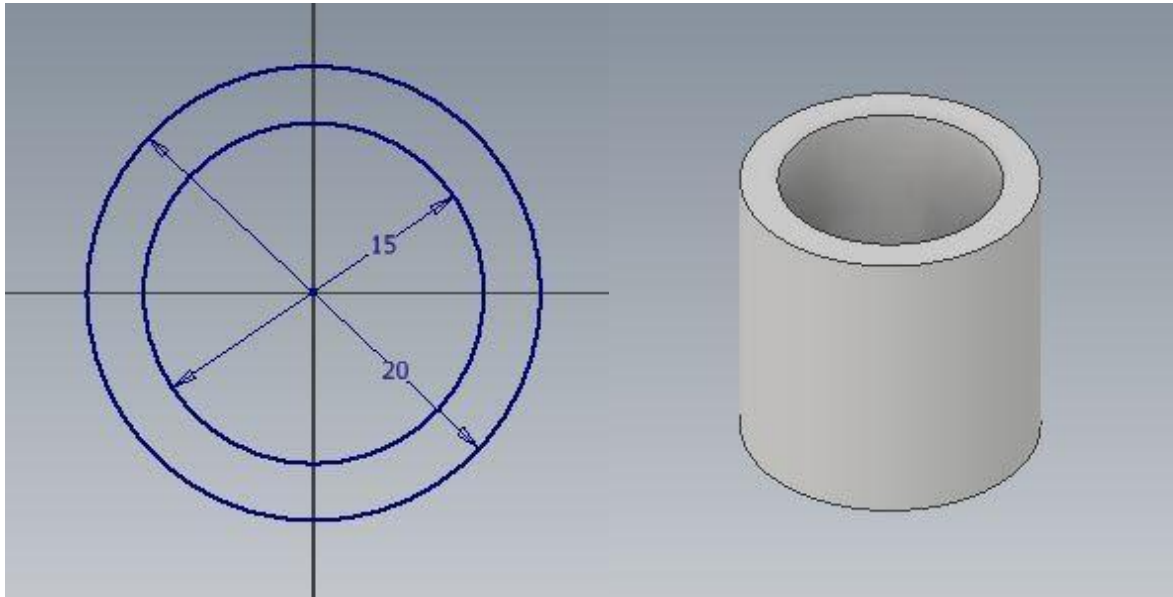


Рис. 4. Модель полого цилиндра для поршня

На нижней поверхности создадим эскиз в виде окружности и выдавим его внутрь детали для создания дна поршня.

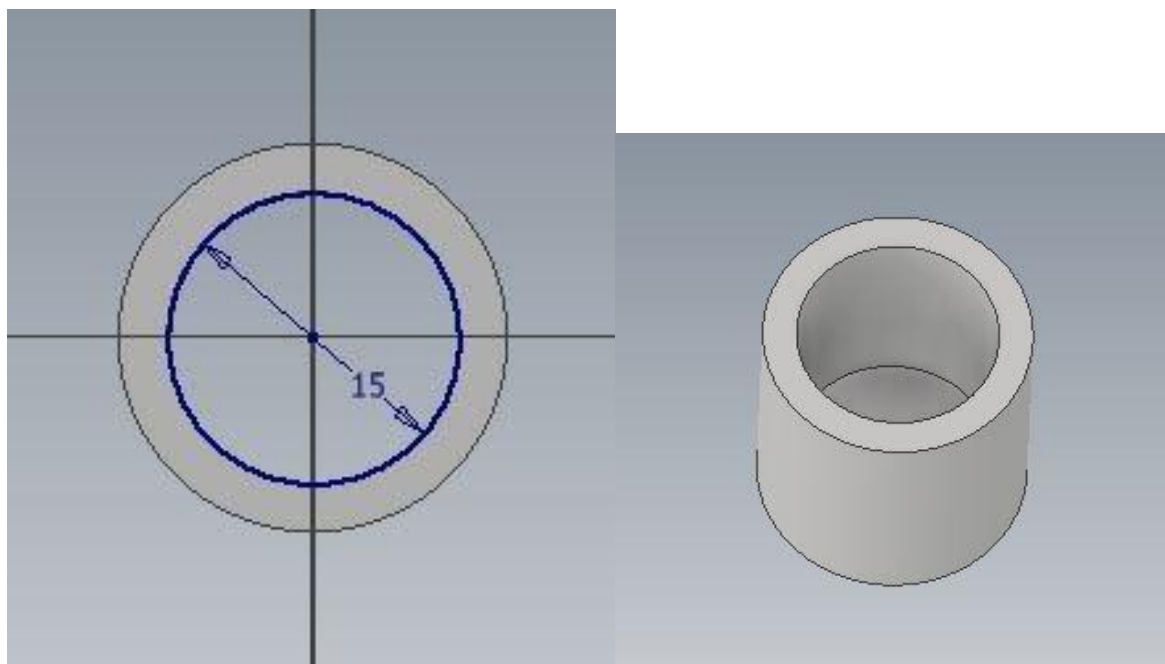


Рис. 5. Создание дна поршня

На одной из базовых плоскостей, пересекающих деталь, создадим эскиз, как показано на рис. 6, и симметрично выдавим его 18 мм.

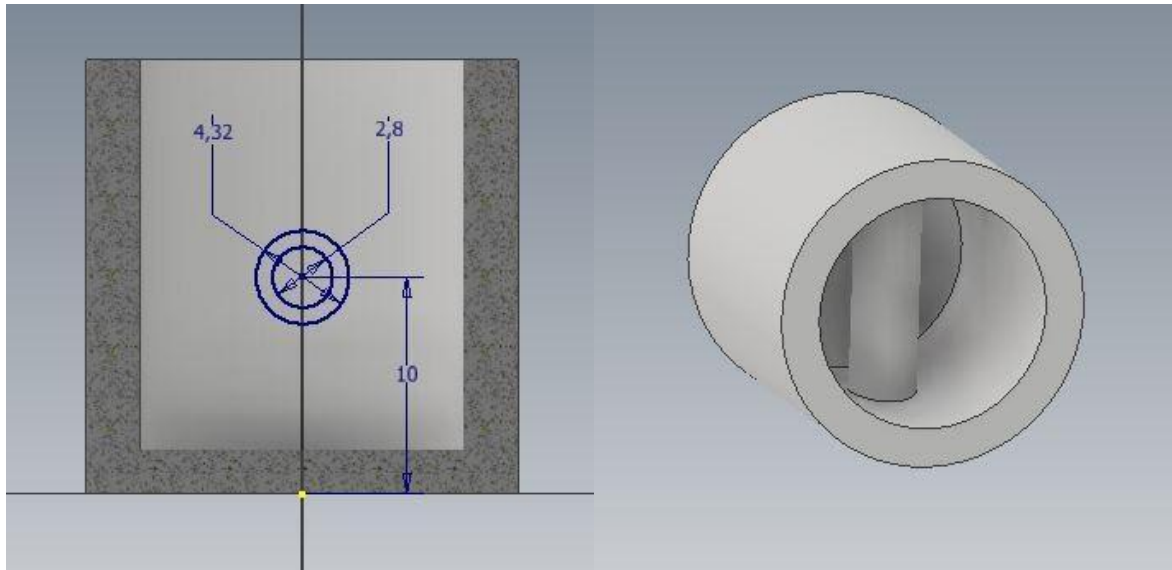


Рис. 6. Создание шейки поршня

На этой же базовой плоскости создадим эскиз, как показано на рисунке, и выдавим его симметрично, насквозь детали, для создания отверстия.

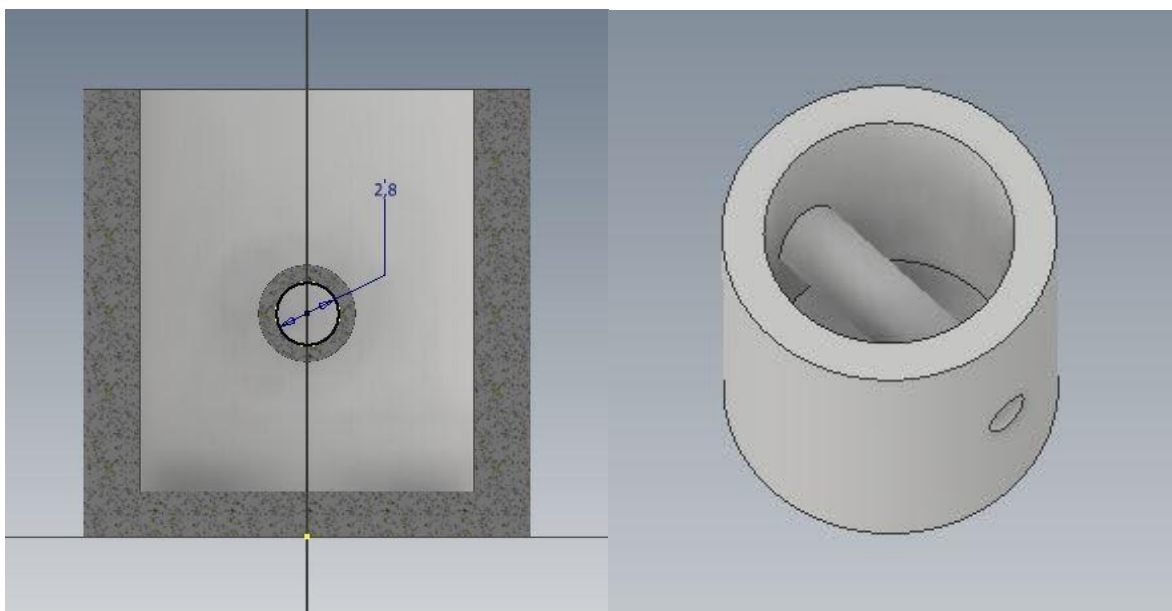


Рис. 7. Создание сквозного отверстия в шейке поршня

Создадим на верхней плоскости поршня эскиз, как показано на рис. 8, и вырежем его выдавливанием так, чтобы прорезать насквозь шейку поршня. Сохраним деталь.

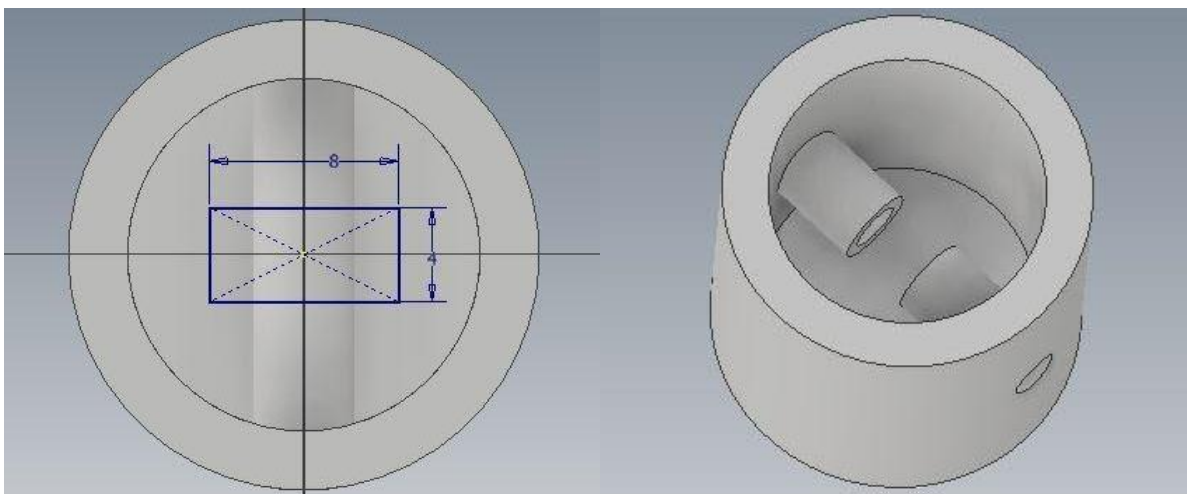


Рис. 8. Создание выреза

Практическая работа №31

Проект «Кулачковый насос». Моделирование сложной корпусной детали.

Цель работы: изучение приемов моделирования сложных деталей

Объем: 1 час

Задание: создать модель сложной корпусной детали

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование детали «Корпус насоса»

Данная деталь представляет собой основу для крепления всех остальных деталей проекта, внутри которой находятся каналы, по которым из впускного патрубка вода движется к выпускному. Создадим эскиз, как показано на рис. 1, и выдавим его на 50 мм.

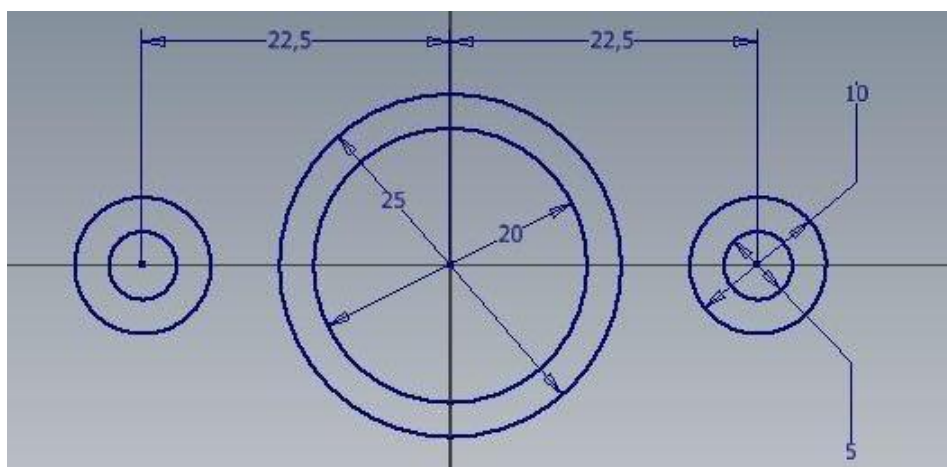


Рис. 1. Базовый эскиз

На одной из базовых плоскостей, пересекающей только большой цилиндр детали, изобразим эскиз, как показано на рис. 2, и выдавим его симметрично на 45 мм.

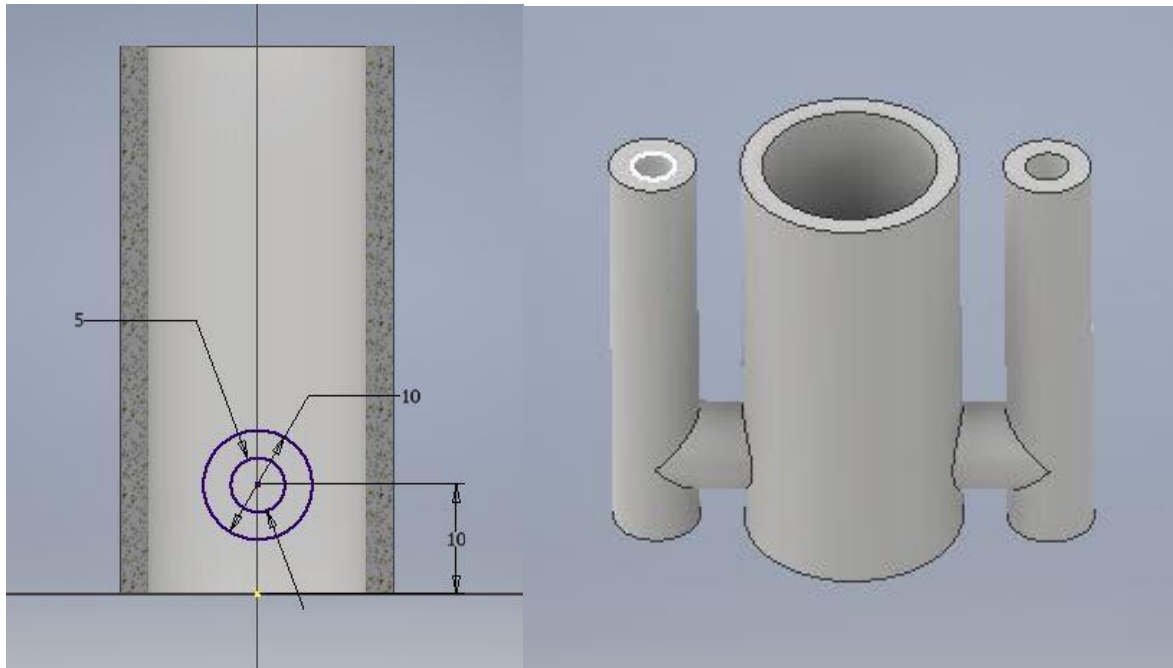


Рис. 2. Соединительные трубки

Создадим эскиз на базовой плоскости, проходящей через все цилиндры детали, как показано на рис. 3, и симметрично выдавим его на 2,5 мм.

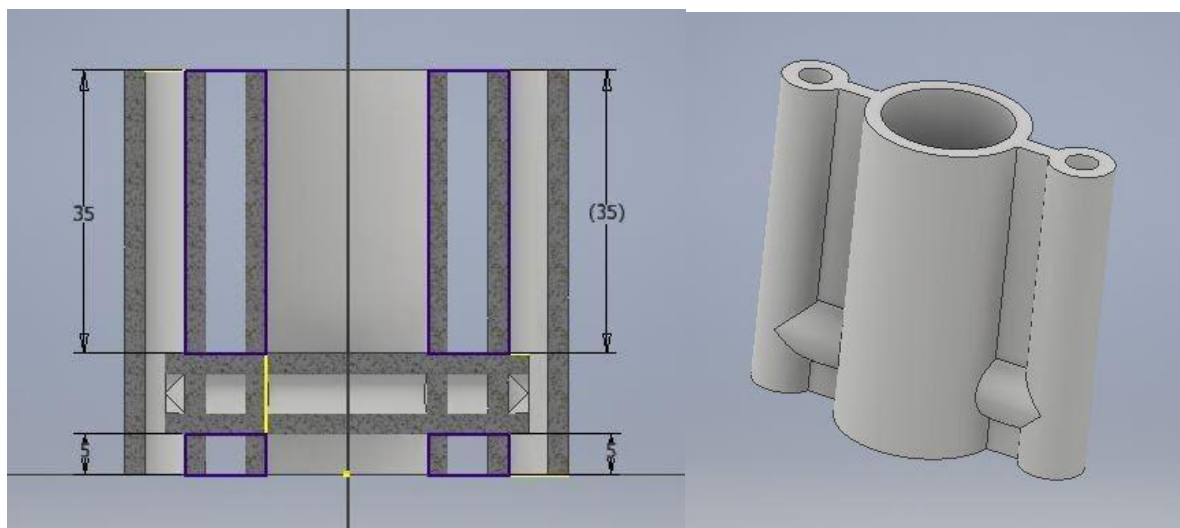


Рис. 3. Ребра жесткости

На только что созданной поверхности создадим эскиз, как показано на рис. 4, и выдавим его насквозь, для создания отверстий.

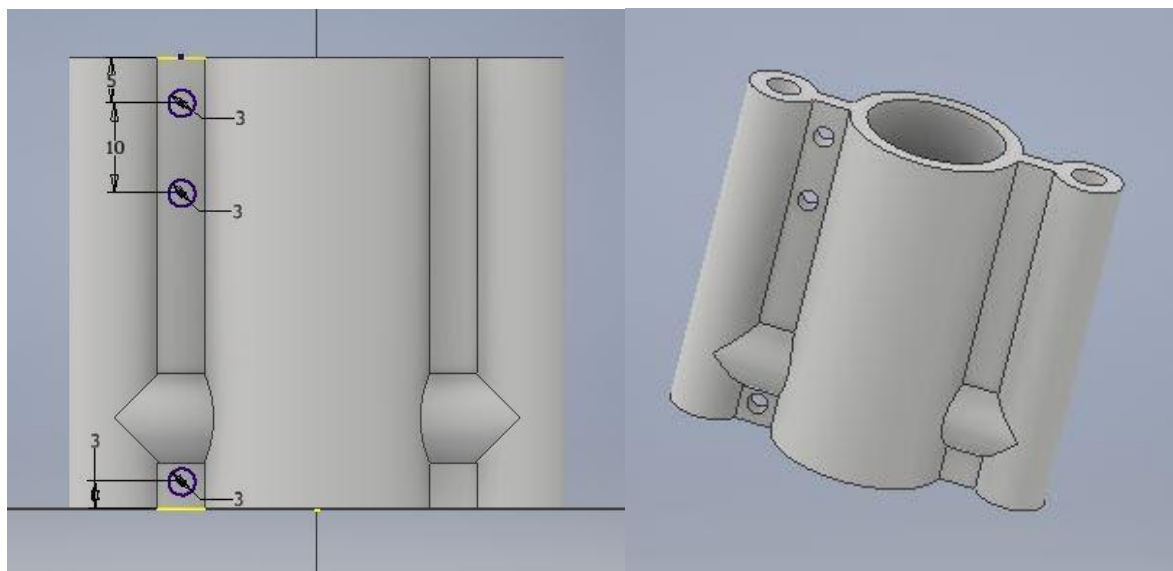


Рис. 4. Получение крепежных отверстий

При помощи инструмента «Зеркальный массив» и базовой плоскости создадим копию набора отверстий.

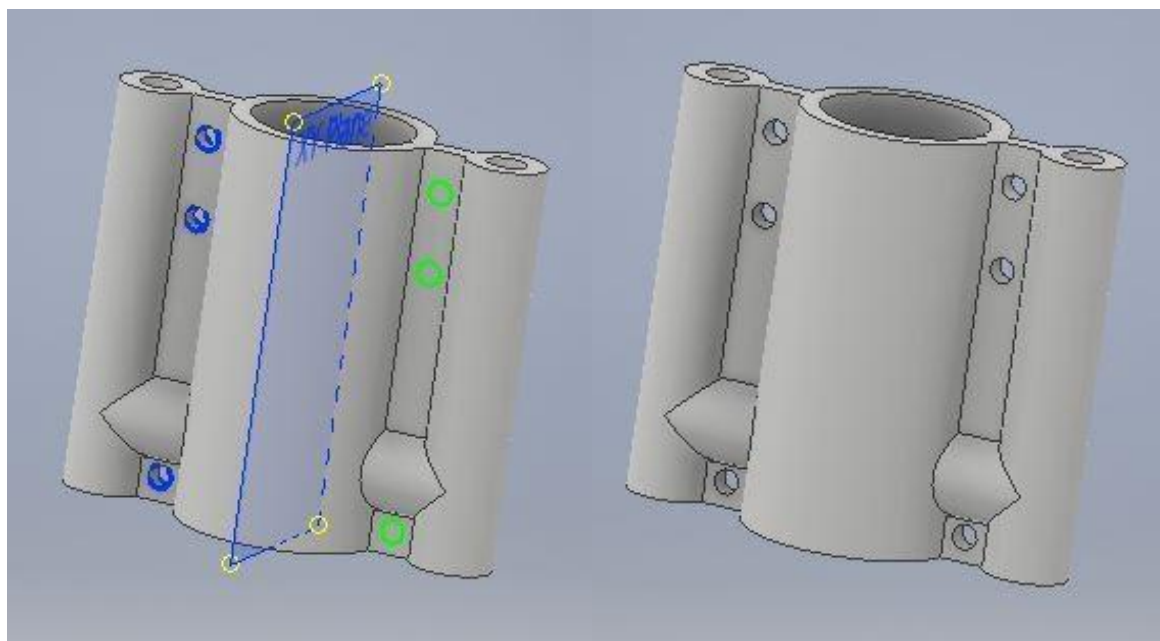


Рис. 5. Зеркальное отражение отверстий

На верхней поверхности детали создадим эскиз, как показано на рис. 6 и выдавим его насквозь.

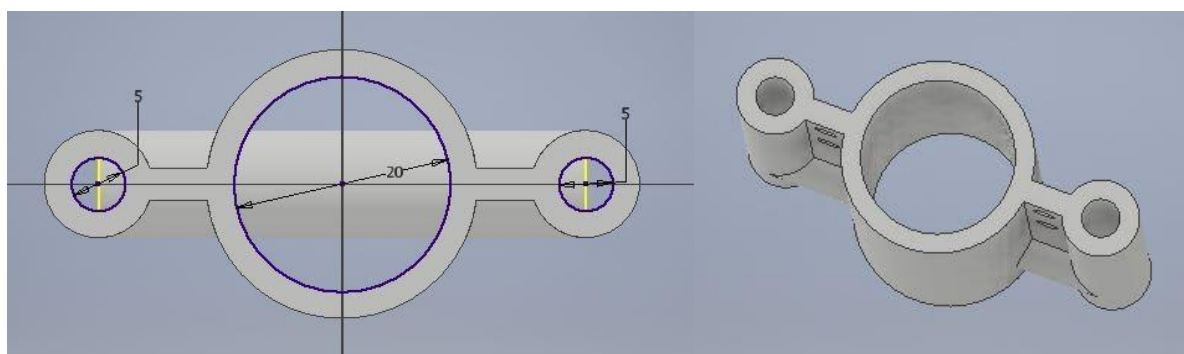


Рис. 6. Вырезание сквозных отверстий

На базовой плоскости детали, проходящей только через средний цилиндр, создадим эскиз, как показано на рис. 7, и вырежем его симметрично на 45мм. Сохраним деталь.

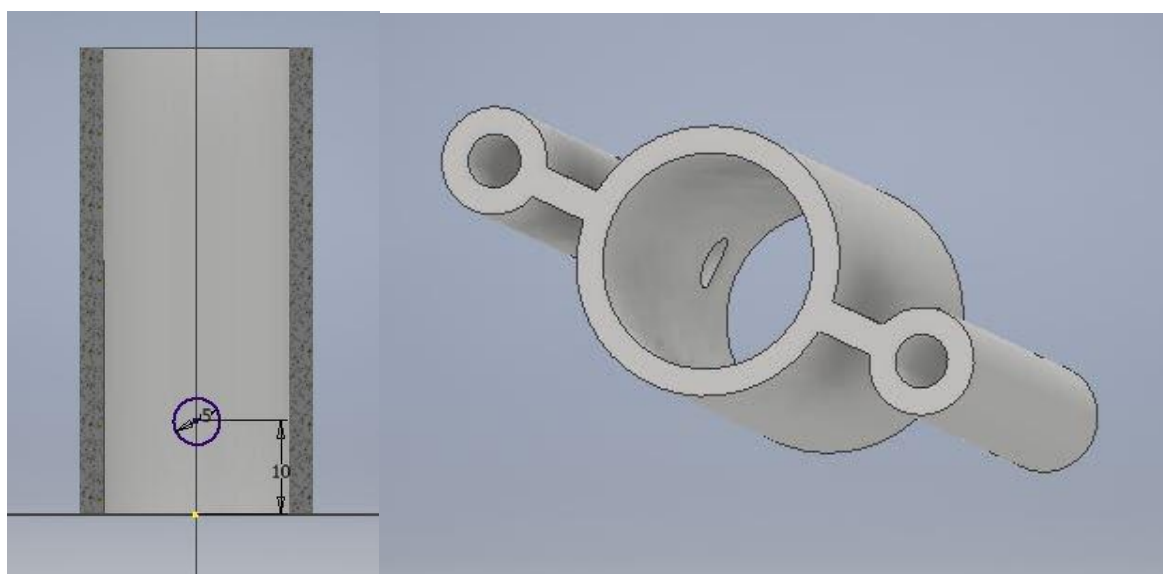


Рис. 7. Вырезание каналов

На нижней поверхности создадим эскиз в виде окружности, и выдавим его внутрь детали для создания дна корпуса.

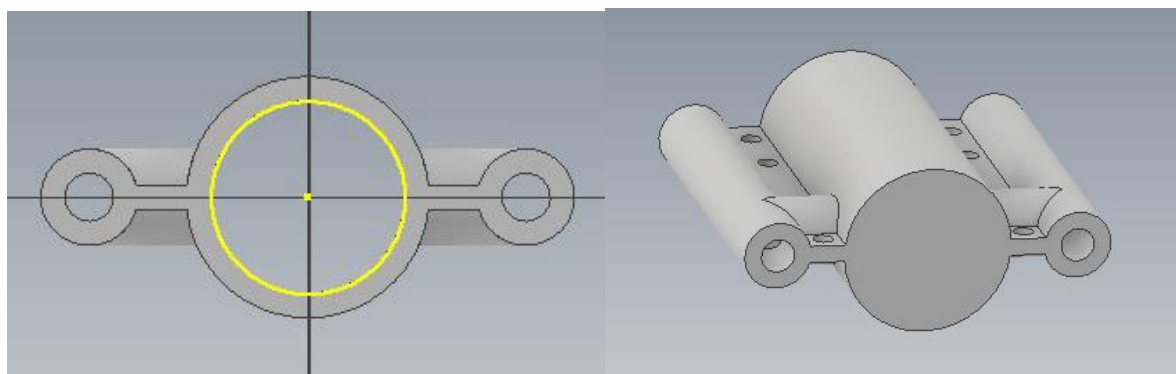


Рис. 8. Создание дна

Деталь готова.

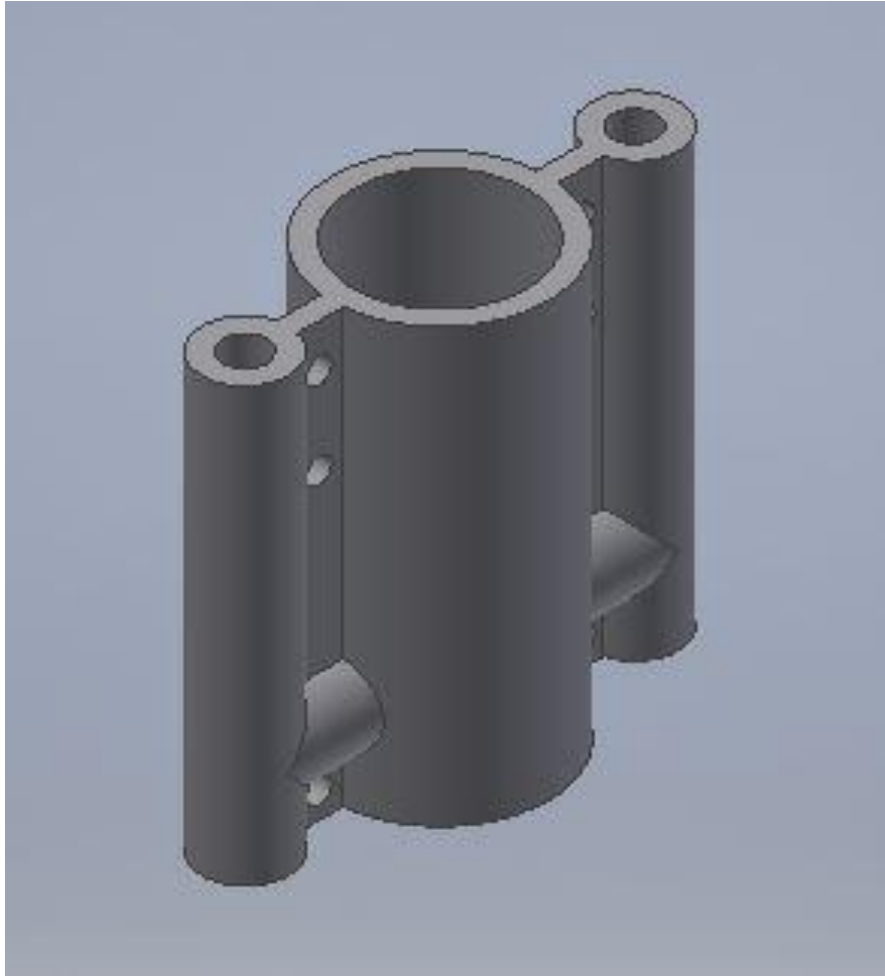


Рис. 9. Деталь «Корпус»

Практическая работа №32

Проект «Кулачковый насос». Сборка изделия.

Цель работы: создание сборки со сложными зависимостями

Объем: 1 час

Задание: создать модель сборки

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание сборки кулачкового насоса

Добавим в сборку основную деталь - корпус, и закрепим ее в начале координат.

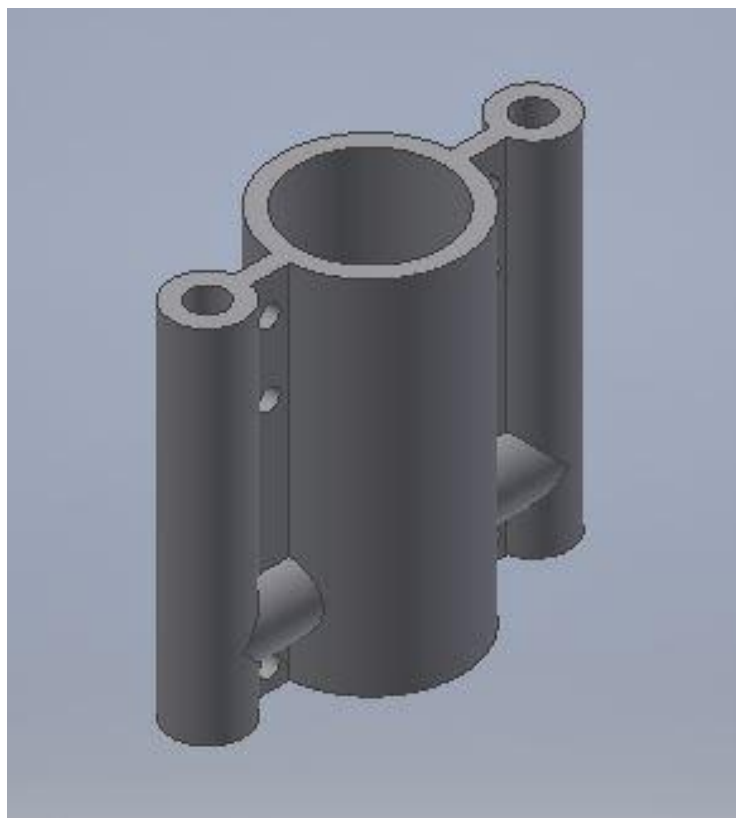


Рис. 1. Деталь «Корпус»

Добавим две ножки насоса. Для этого, в момент размещения детали на рабочей области, дважды нажмите ЛКМ в разных точках рабочего пространства.

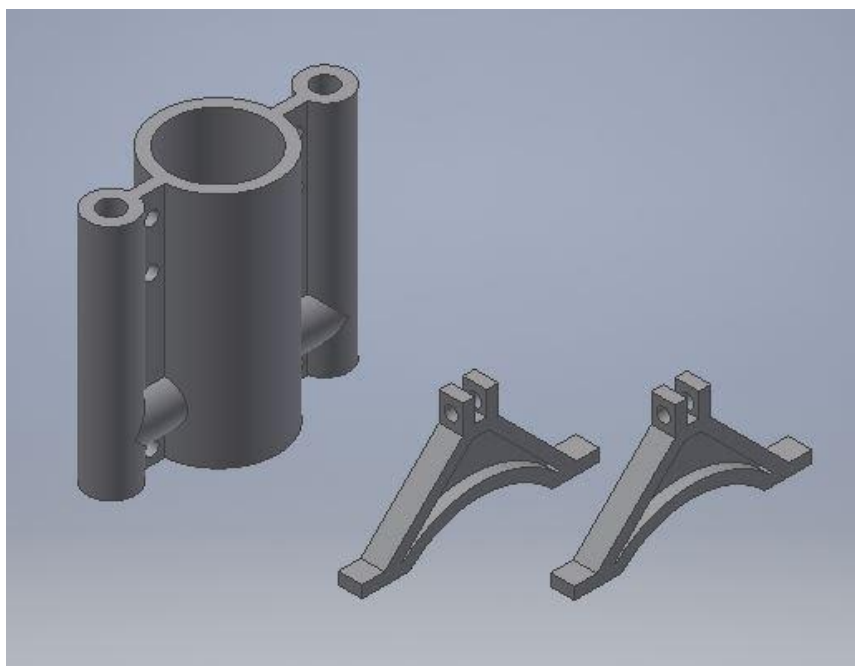


Рис. 2. Вставка ножек

При помощи инструмента «Соединение» прикрепим ножку к корпусу, выбрав элементы, показанные на рисунке. В случае, если соединяемые элементы выбраны верно, но деталь ориентирована некорректно, используйте иконки (1) и (2). Если прикрепляемая деталь располагается под неверным углом, выберете тип соединения «С поворотом», затем, во вкладке «Пределы», устанавливаем текущий предел кратный 90 (90, 180, 270), пока деталь не разместится верно. Установим галочки для начального и итогового значений, равных текущему, и примем операцию. Аналогичным способом крепим вторую ножку.

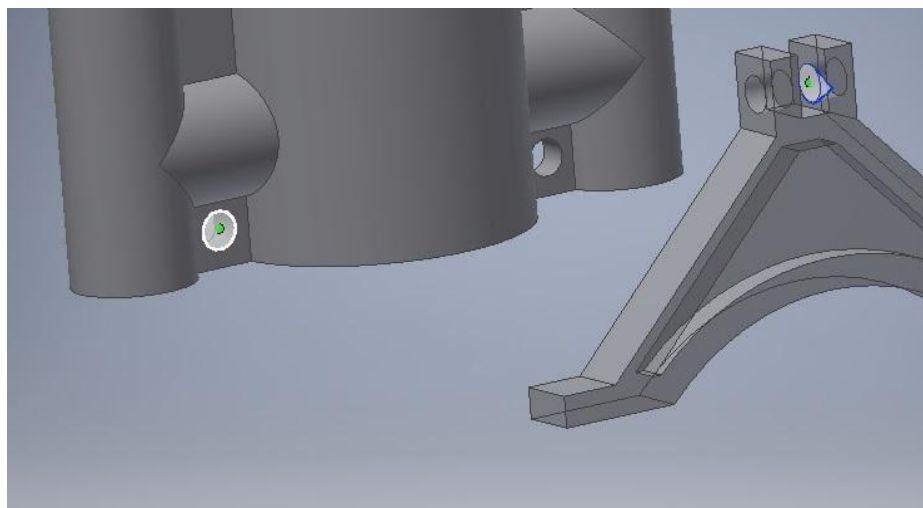


Рис. 3. Соединение ножек

Вставим в сборку, аналогичным способом, впускной и выпускной патрубки, выбирая в качестве соединяемых элементов окружности внизу корпуса и округлые края патрубков.

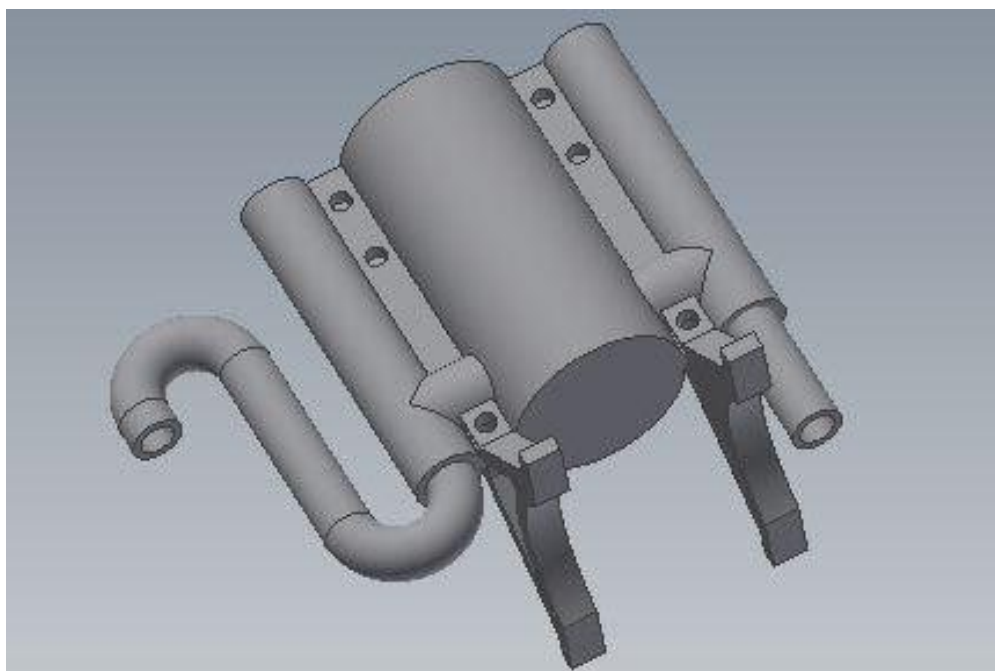


Рис. 4. Присоединение патрубков

Далее, аналогичным способом, добавим в сборку две опоры. Важно, чтобы соответствующие отверстия в опорах и корпусе находились на одном уровне.



Рис. 5. Присоединение опор

Добавим в сборку два кривошипа, выровняв их оси с осями отверстий в опорах при помощи инструмента «Зависимость».

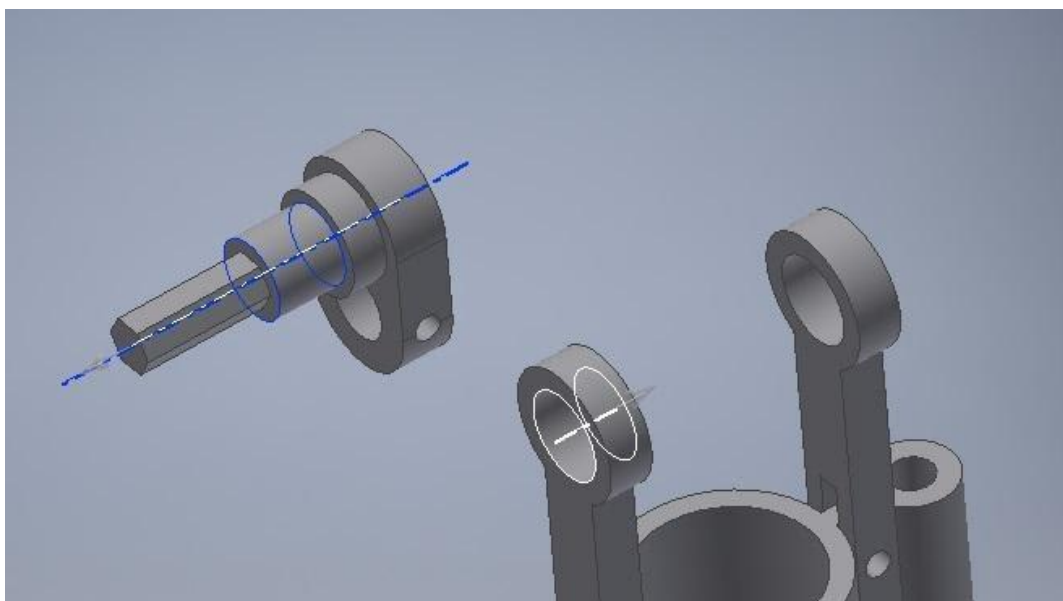


Рис. 6. Присоединение кривошипа

Теперь выровняем оси отверстий кривошипа при помощи инструмента «Зависимость», аналогично прошлому шагу. Выберем внутренние поверхности отверстий и примем операцию.

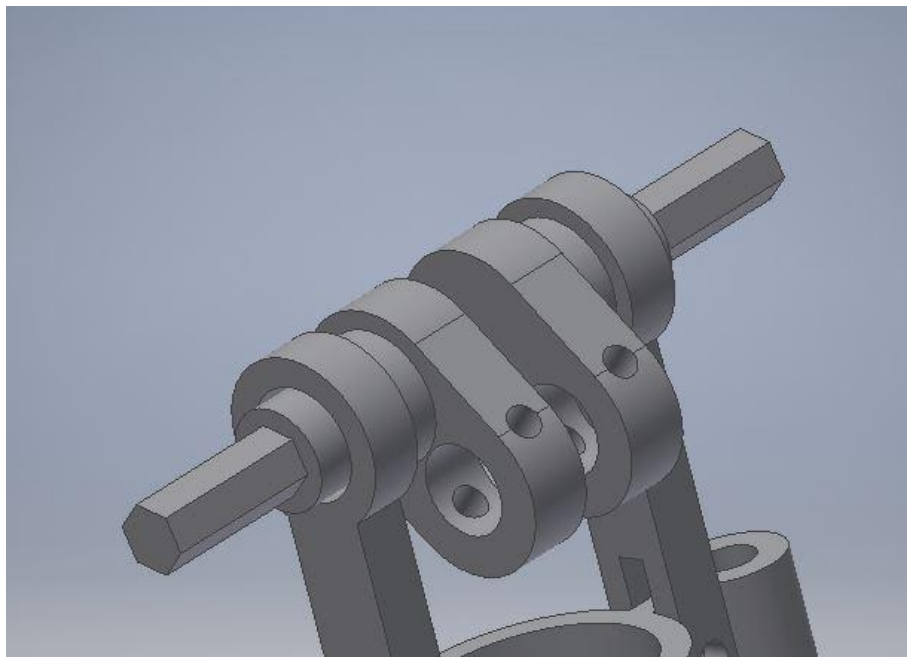


Рис. 7. Соединение кривошипов

Аналогичным образом выровняем оси шейки шатуна и отверстий в кривошипах при помощи инструмента «Зависимость». Затем выровняем оси отверстий в шейке шатуна с осями отверстий в кривошипах.

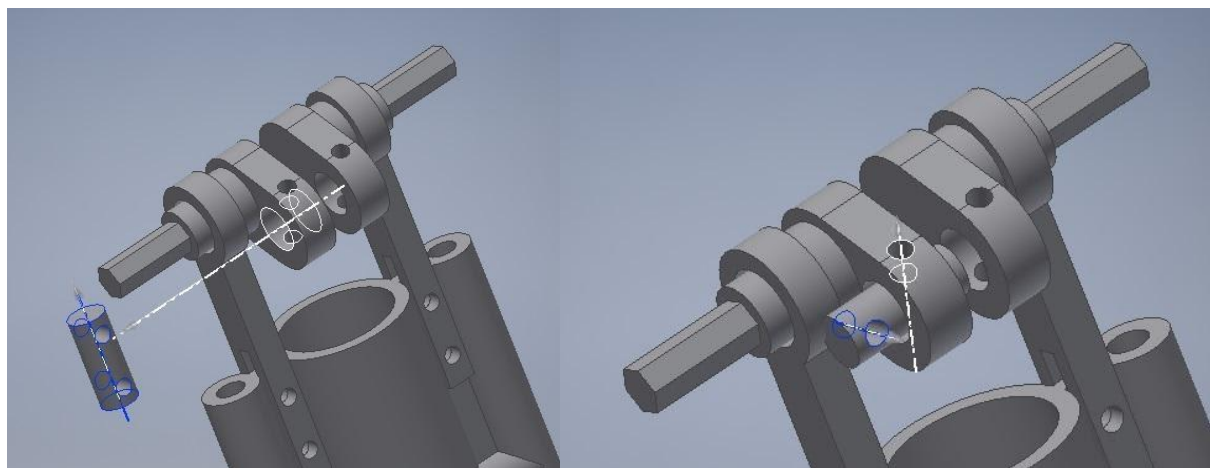


Рис. 8. Присоединение шейки шатуна

При помощи инструмента «Соединение» присоединим к сборке шатун. При этом важно, при выборе элементов, нажимать ЛКМ именно на средние зеленые точки элементов. Если выбрать не получается, наводим указатель мыши на нужную поверхность, затем удерживаем CTRL и выбираем нужную точку.

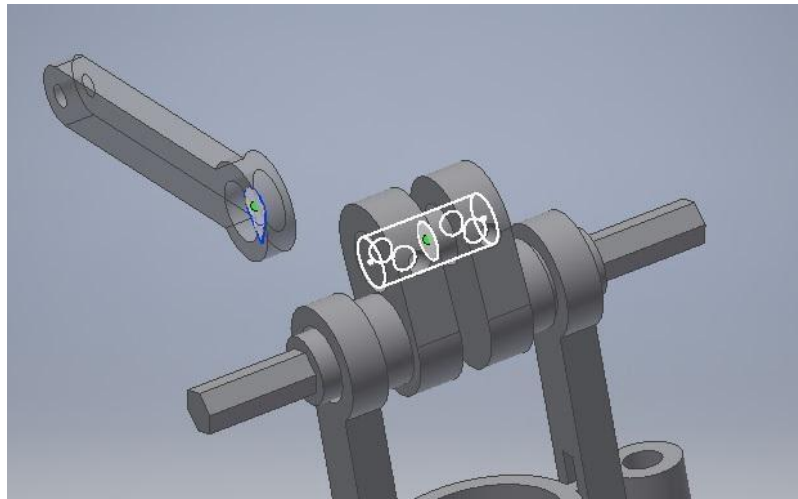


Рис. 9. Присоединение шатуна

Зажав ЛКМ на любую из деталей, ее можно перемещать в пространстве сборки. Делаем это, по необходимости, для более удобного представления текущей сборки. Добавим в сборку поршень, выровняв его ось с осью центрального цилиндра корпуса. Также закрепим поршень на шатун при помощи инструмента «Соединение».

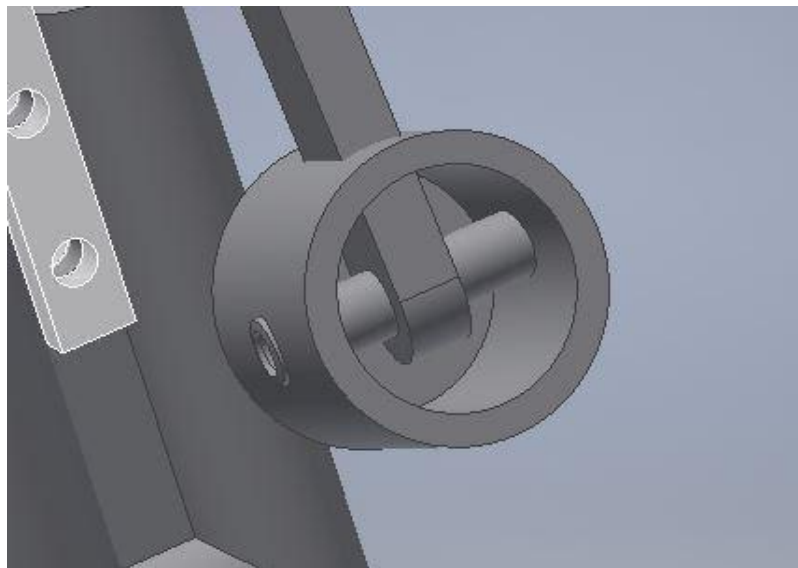


Рис. 10. Присоединение поршня

Добавим в сборку клапаны золотника, выровняв их оси с осями отверстий в корпусе.

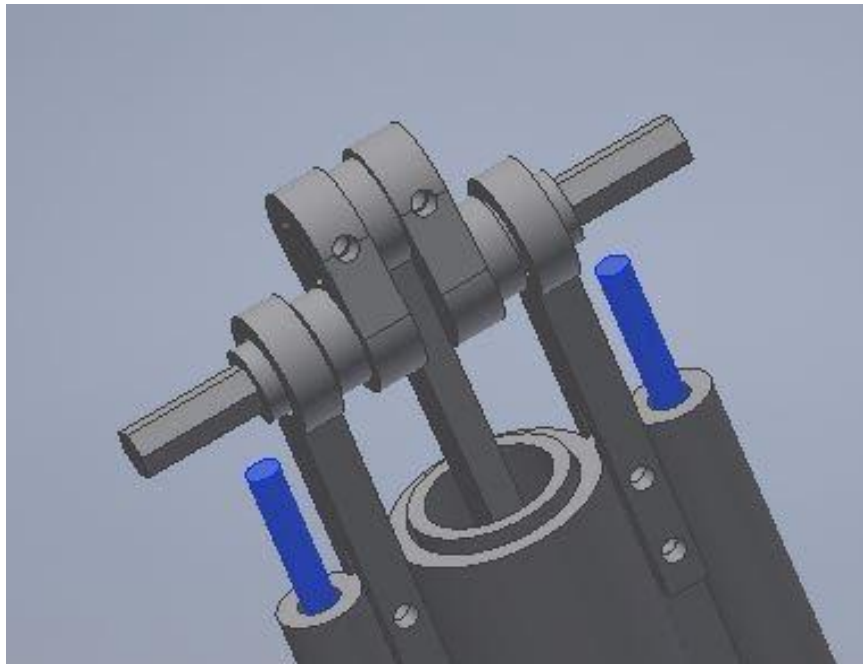


Рис. 11. Вставка золотников

Закрепим наконечник золотника на вершинах клапанов. Укажем тип соединения - «Жесткий».

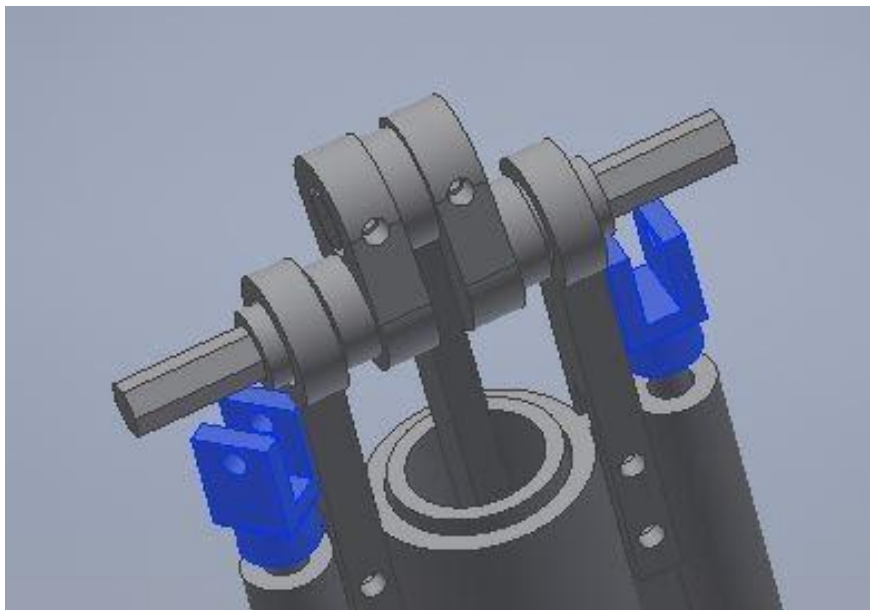


Рис. 12. Соединение наконечников с золотниками

Добавим в сборку кулачок и соединим его с кривошипом, выбрав показанные на рисунке элементы. Тип соединения - «Цилиндрический». Установим зависимость между одной из граней отверстия в кулачке и поверхностью кривошипа. Выберем тип зависимости «Угловой», а способ решения - «Направленный». Аналогично для кулачка на другой стороне детали.



Рис. 13. Соединение кулачка

Теперь, при помощи инструмента «Зависимость», присоединим заднюю плоскость кулачка к соответствующей плоскости наконечника золотника.

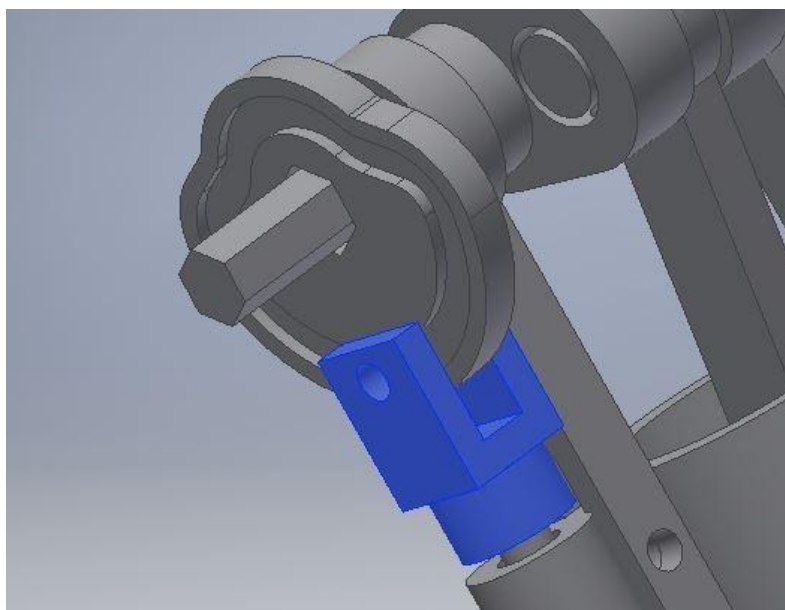


Рис. 14. Выравнивание кулачка с наконечником золотника

Добавим к сборке крепежные изделия. В САПР существует модуль, позволяющий добавлять крепеж из готовой библиотеки стандартизированных элементов, автоматически подбирающий крепеж к отверстиям смоделированных деталей. Выберем инструмент «Болтовое соединение» во вкладке «Проектирование». Зададим параметры, как на рис. 14, выберем крепежный элемент.

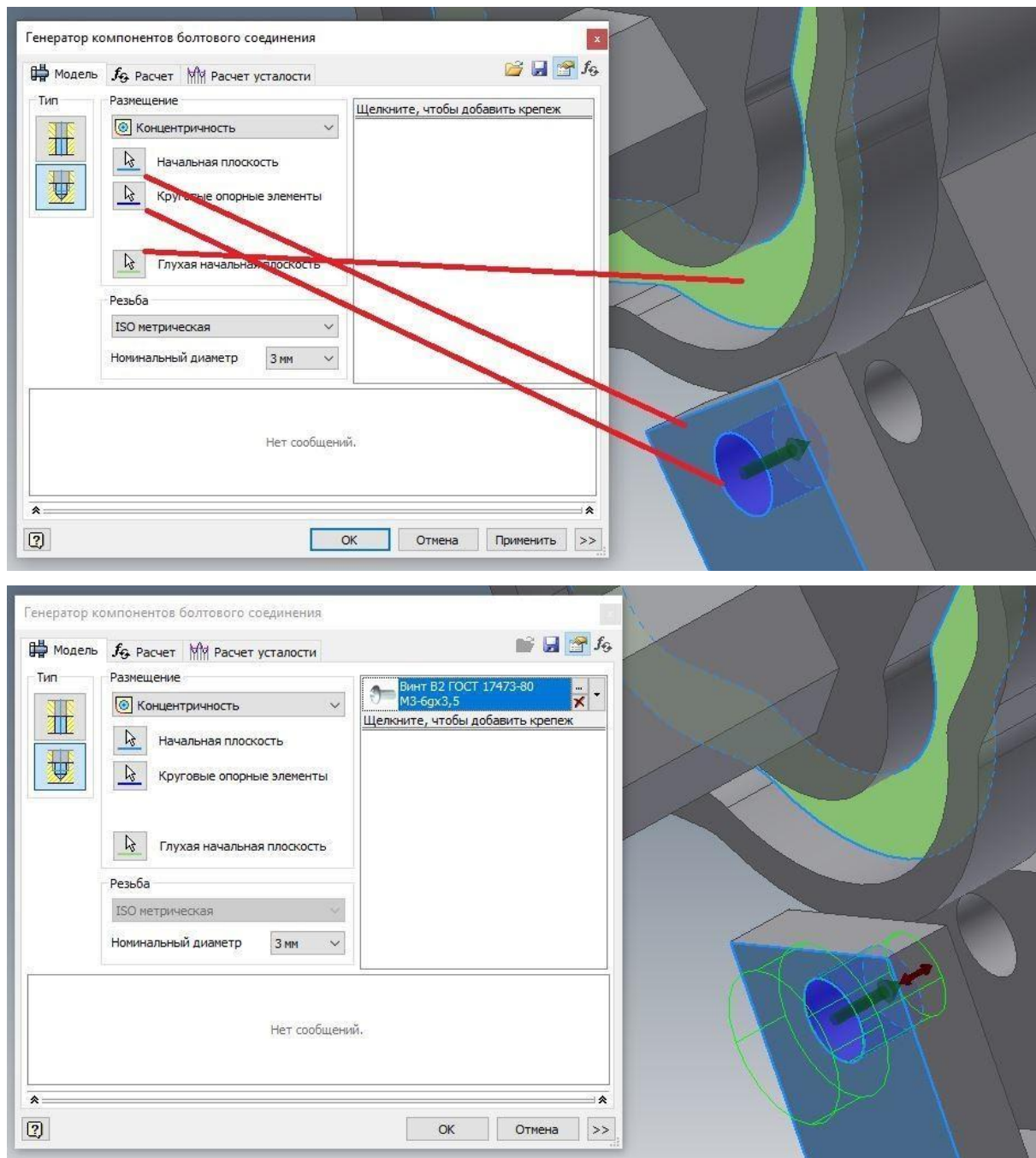


Рис. 15. Вставка крепежного элемента из библиотеки

Установим управляющую зависимость «Обкатка». Аналогично сделаем для противоположного кулачка.

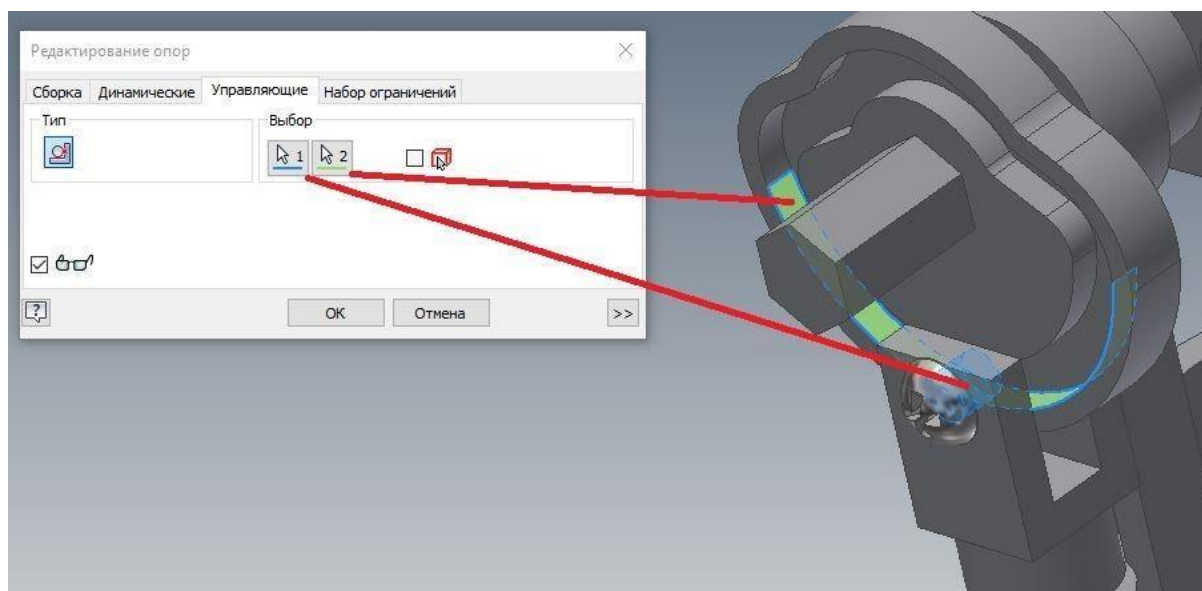


Рис. 16. Зависимость «Обкатка»

Установим крепежи во всех необходимых местах. Сохраним сборку.

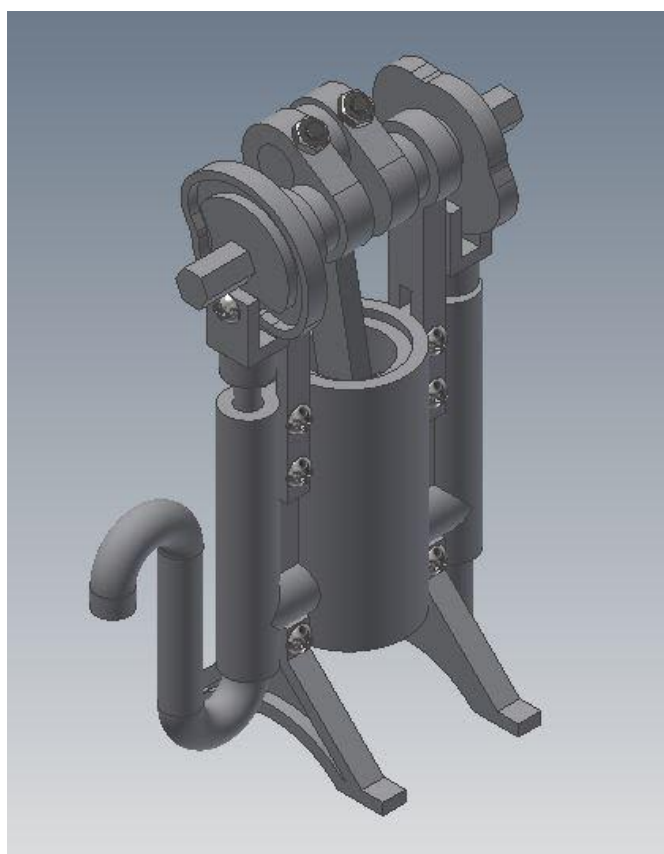


Рис. 17. Готовая сборка

Практическая работа №33

Проект «Кулачковый насос». Анимация разборки механизма.

Цель работы: восстановление навыков работы в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: получить видеофайл с анимацией разборки механизма

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание схемы кулачкового насоса

Создадим файл схемы, укажем путь к сборке поршневого насоса.

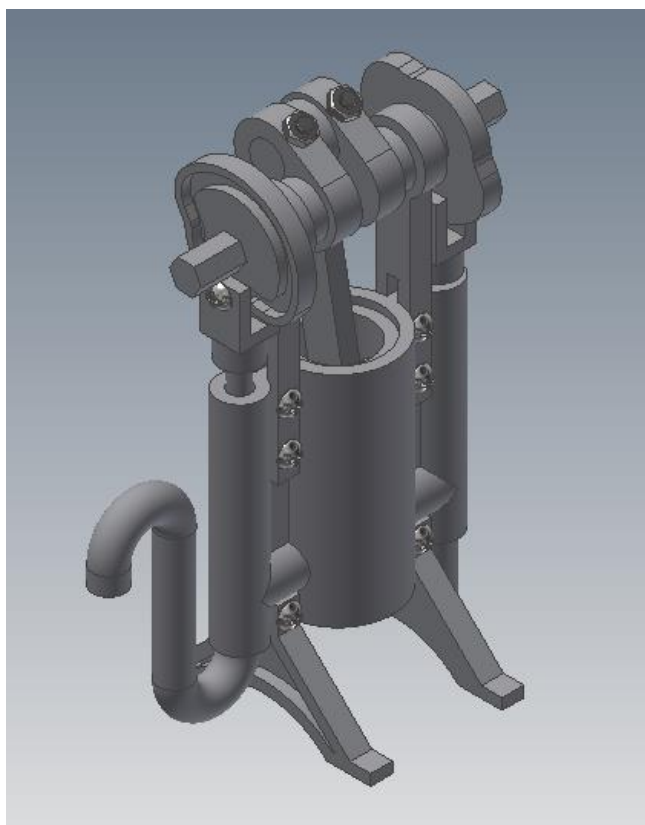


Рис. 1. Кулачковый насос

Выберем инструмент «Сдвинуть компоненты», затем выберем одну из деталей. Укажем параметры, как на рис. 2 и примем операцию.

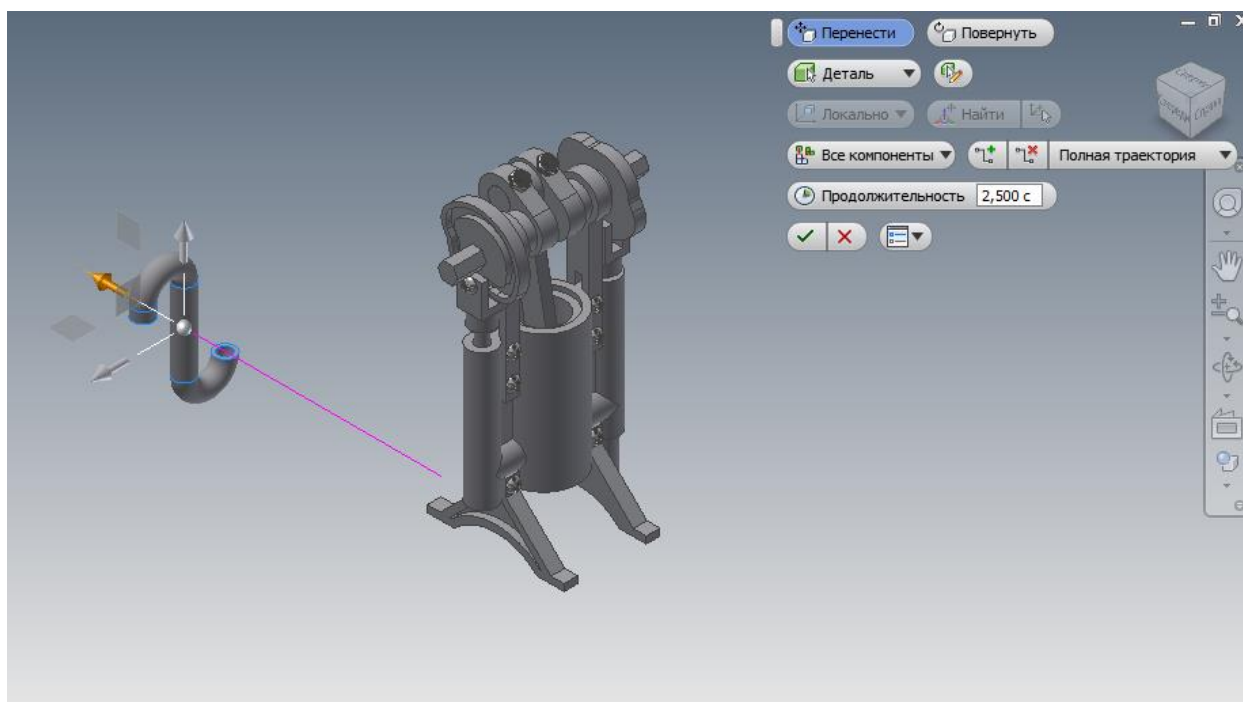


Рис. 2. Сдвиг компонента

Далее, аналогичным способом сдвигаем все компоненты.

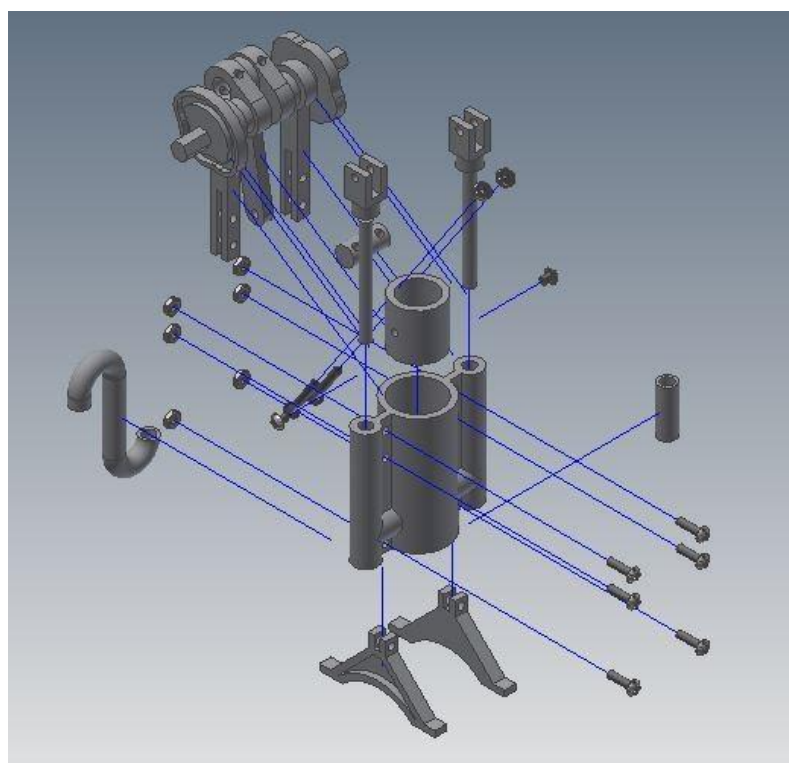


Рис. 3. Сдвиг остальных компонентов

Выберем инструмент «Запись видео», сохраним видеоролик.

Лабораторная работа №34

«Изучение методов 3D-сканирования»

Цель работы: изучение методов 3D-сканирования

Объем: 1 час

Задание: сравнить основные методы 3D-сканирования

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска, 3D-сканер Artec Eva

Теоретическая часть

Методы 3D-сканирования

Задачи модификации технологического процесса на основании анализа изготовленного изделия, изучения собираемости деталей, высокоточного контроля непосредственно на рабочем месте или проведения виртуальных испытаний на основе трехмерных моделей выявили необходимость создания нового класса оборудования, получившего название «3D-сканер».

В данный класс оборудования входят различные устройства, метод работы которых зачастую коренным образом отличается друг от друга, но все они позволяют формировать 3D-модель на основе физического объекта, т.е. производить оцифровку. Наиболее часто используемые методы можно разделить на три группы:

- точечная триангуляция;
- линейная триангуляция;
- интерференционное проецирование.

Точечная триангуляция

При использовании точечной триангуляции с помощью щупа в один момент времени получают координаты одной точки. Схема действия представлена на рис. 1. Для получения всей модели изделия производится обход по характерным точкам. Если объект измерения представляет собой сложную деталь, то количество измерений приходится увеличивать пропорционально сложности. Поверхность между ближайшими измеренными точками выстраивается по математическим алгоритмам, тем самым вносится погрешность в построение модели. Также объект должен быть зафиксирован на протяжении всего процесса измерения. Контактным методом возможно измерять только относительно твердые поверхности.

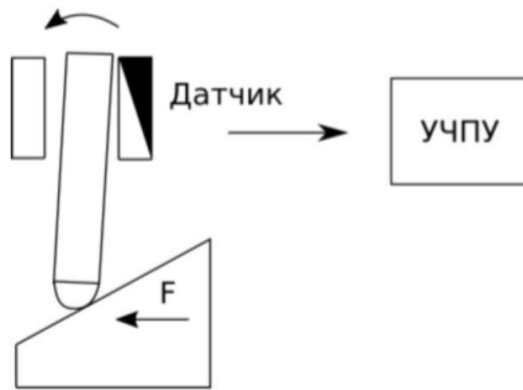


Рис. 1. Схема сканирования методом точечной триангуляции

Линейная триангуляция

При линейной триангуляции с помощью луча лазера или источника света проецируется полоса, которая считывается цифровой камерой. Схема действия систем, основанных на данном методе, приведена на рис. 2. Последовательно проецируя полосу на все поверхности, объект охватывается полностью. Считанные полосы преобразуются в координаты составляющих их точек. В связи с особенностями проецирования полосы, возникают ограничения по возможности сканирования объектов. На деталях могут быть зоны, недоступные для систем лазерного сканирования.

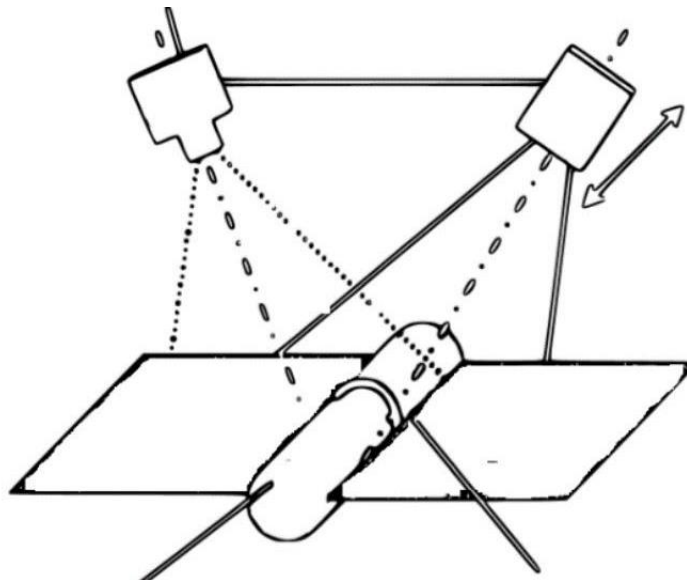


Рис. 2. Схематическое изображение метода линейной триангуляции

Интерференционное проецирование

Интерференционные 3D-сканеры основаны на проецировании белого света, поверх считываемого цифровыми камерами участка поверхности. Схема работы систем, основанных на

данном методе, приведена на рис. 3. Цифровой камерой считывается положение точек объекта сразу со всей измерительной площади за счет проецирования множества линий на участок поверхности. Система сканирования проводит автоматический сдвиг линии и получает координаты со всего участка поверхности изделия. Для получения полной модели изделие сканируется с разных сторон. За одно измерение проецируется несколько интерференционных картин, покрывающих всю исследуемую область. Используя снимки с камер и учитывая постоянство угла между камерами, программным обеспечением системы определяются координаты точек на поверхности объекта.

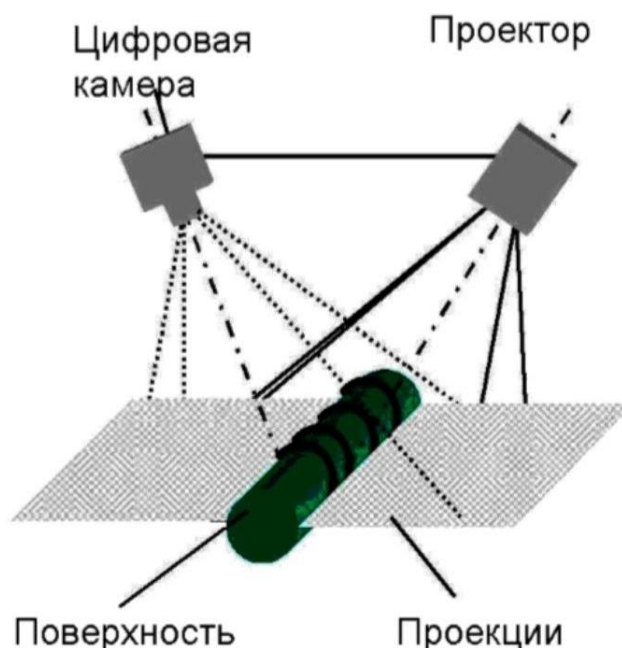


Рис. 3. Схематическое изображение метода интерференционного проецирования

Метод точечной триангуляции предоставляет повышенную точность сканирования по сравнению с другими за счет определения положения точек поверхности контактным способом. Метод линейной триангуляции уступает по точности всем представленным методам сканирования. Скорость работы при линейной триангуляции намного больше, чем у точечной, но ниже, чем у интерференционного проецирования. На методе интерференционного проецирования основан ряд мобильных систем.

Таким образом, в зависимости от требований имеется возможность выбрать метод, позволяющий получить оптимальные характеристики для конкретной задачи.

По окончании теоретической части преподавателем проводится контрольная проверка полученных учащимися знаний, ответы на возникающие вопросы. Ученики заполняют отчеты о выполнении работы, преподаватель проверяет качество заполнения отчета, особое внимание уделяя пункту о возникших у ученика трудностях - по возможности, необходимо дать соответствующее пояснение.

Лабораторная работа №35

«Особенности 3D-сканирования объекта среднего диапазона»

Цель работы: изучение порядка выполнения 3D-сканирования

Объем: 1 час

Задание: познакомиться с 3D-сканером Artec Eva

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска, 3D-сканер Artec Eva

Теоретическая часть

3D-сканирование объектов среднего диапазона

Для сканирования в рамках среднего диапазона (от 30-40 см до 1-2 м) часто используются ручные 3D-сканеры, которые сочетают достаточную точность с мобильностью и скоростью построения 3D-моделей. Часто для таких задач используют 3D-сканеры компании Artec - Eva, Spider, Leo.

3D-сканер Artec представляет собой видеокамеру, регистрирующую кадры, каждый из которых является объемным изображением. Сканеры Artec отличаются простотой использования и дружелюбным интерфейсом, поэтому идеально подходят для учебного процесса. Однако, как и все сканеры, они довольно требовательны к вычислительным мощностям компьютера, с которым они используются. Процедура сканирования заключается в том, чтобы сделать снимки с разных сторон объекта и под переменными углами. Оборудование автоматически создает единую сетку из зарегистрированных кадров с помощью поставляемого вместе со сканером программного обеспечения. Сканер в процессе работы использует метод структурного света, принцип которого представлен на рис. 1.

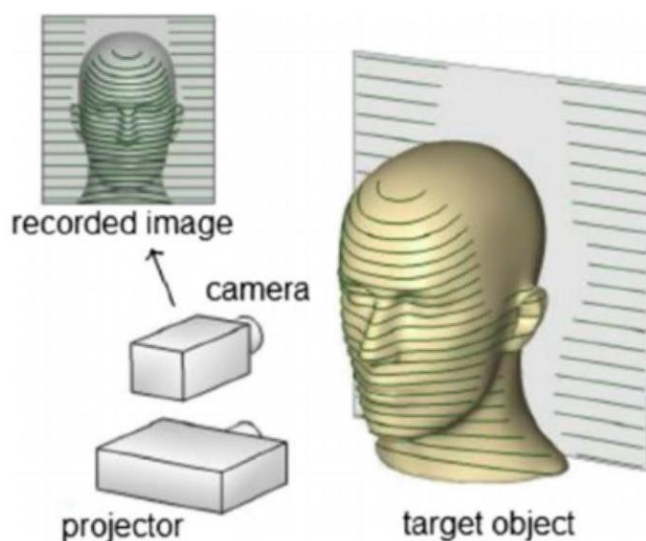


Рис. 1. Принцип работы 3D-сканера по методу структурного света

Следует отметить, что черные и зеркальные объекты практически не поддаются сканированию. В качестве варианта сканирования таких объектов можно использовать дополнительные инструменты, например, аэрозоли, которые наносятся на объект сканирования и тем самым матируют его. Специальные аэрозоли для сканирования легко смываются с модели, не оставляя никаких дефектов - например, таким способом в промышленности сканируют автомобили.

Сканеры Artec позволяют получать объекты достаточно высокой точности. Самым распространенным из них является Artec Eva (рис. 2).



Рис. 2. 3D-сканер Artec Eva

Программное обеспечение и функции сканера помогают ему захватывать широчайший спектр цветовых решений (до 24 бит). Оборудование автоматически обрабатывает информацию о геометрии и цвете объекта, что помогает на высоком уровне объединить все это в текстурную модель. Сканер получил возможность работать с самыми разными 3D-приложениями, что в свою очередь упростило процесс редактирования и просмотра 3D-моделей.

Процедура сканирования состоит из трех этапов: съемки, обработки, экспорта. В результате будет получена качественная 3D-модель объекта.

Для начала нужно нацелить 3D-сканер на нужный объект. Специфика расположений камеры сканера позволяет сканировать объекты различной величины (от маленькой игрушки до автомобиля). Сам объект в процессе сканирования должен находиться на расстоянии от 40 см до 1 м от камеры.

Затем инициируем сканирование. Правильное сканирование выполнить не сложно, так как при возникновении каких-либо затруднений или ошибок система автоматически подает визуальные и звуковые сигналы. Такие сигналы она подает в случае, если теряет опорную точку и не понимает, как поместить текущий скан на общий скан модели. Для того чтобы избавиться от ошибки, достаточно вернуть объект в поле зрения сканера и продолжить работы с места, где сканер потерял точку. При этом стоит быть осторожным, так как при возобновлении сканирования ПО не всегда однозначно располагает объект при дальнейшем сканировании. В качестве рекомендации, если уже отсканирована достаточно большая зона, стоит остановить процесс сканирования и начать новый скан. После окончания сканирования объекта полученные сканы можно объединить внутренними средствами ПО сканера Artec.

Есть два базовых способа сканирования объекта - вращение камеры и вращение объекта. В первом случае процедура сканирования предполагает перемещение 3D-сканера вокруг всего объекта. Система запускает процесс выравнивания сканируемой поверхности в режиме реального времени, что позволяет запустить сканирование точно, и правильно определить необходимый объем работы. При этом пользователь может выполнять сканирование в любой удобной последовательности, подстраиваться под ситуацию и уделить больше внимания труднодоступным областям сканирования. Во втором случае сканер жестко закрепляется на штативе, а объект вращается в поле зрения сканера, например, с использованием поворотного стола.

После выполнения сканирования и объединения всех сканов в один объект, сканер предлагает возможность оптимизации сетки, сглаживания поверхности и заполнения полостей и разрывов в полученном скане.

После постобработки скана ПО позволяет экспортировать результаты сканирования в самые распространенные 3D-форматы: ASCII, AOP, STL, PLY, VRML, OBJ. Благодаря этому можно будет работать с самыми современными 3D-приложениями: CopyCAD, Autodesk Maya, Geomagic, Rapidform, Pixologic ZBrush, 3DMax, Autocad, Blender и др.

По окончании теоретической части преподавателем проводится контрольная проверка полученных учащимися знаний, ответы на возникающие вопросы. Ученики заполняют отчеты о выполнении работы, преподаватель проверяет качество заполнения отчета, особое внимание уделяя пункту о возникших у ученика трудностях - по возможности, необходимо дать соответствующее пояснение.

Лабораторная работа №36

«Выполнение 3D-сканирования объекта»

Цель работы: выполнение 3D-сканирования

Объем: 1 час

Задание: получить 3D-скан объекта

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска, 3D-сканер Artec Eva

Практическая часть

Выполнение 3D-сканирования объекта

В качестве объекта сканирования была выбрана дрель (рис. 1).



Рис. 1. Объект для сканирования

Подключите сканер для начала работы. Для этого вставьте USB-кабель в USB-порт вашего компьютера; а затем силовой кабель в розетку. Подключение проводов к 3D-сканеру показано на рис. 2. Светодиодный индикатор на корпусе сканера Artec Eva на короткое время загорится синим цветом, сигнализируя о том, что устройство загружается.



Рис. 2. Подключение проводов 3D-сканера Artec Eva

В целях экономии ресурсов компьютера на время сканирования рекомендуется закрывать другие ресурсоемкие приложения. Для начала сканирования необходимо открыть программу Artec Studio, выбрать режим «Съемка» на боковой панели (рис. 3). В открывшейся панели можно:

- выбрать метод позиционирования для текущей сессии; задать границы рабочей зоны в миллиметрах (плоскости отсечения);
- установить чувствительность. При нормальных значениях чувствительности достигается максимальная точность, но возможны проблемы со съемкой поверхностей с малым коэффициентом отражения. Высокие значения чувствительности позволяют снимать широкий диапазон поверхностей даже с низкой отражающей способностью, но с увеличением шумов и сниженной точностью;
- изменить скорость съемки (количество кадров в секунду) - рекомендуемые значения при плавном
- движении сканера лежат в диапазоне 7-15 кадров в секунду;
- установить или снять флажок «не снимать текстуру», чтобы соответственно выключить или
- включить съемку текстуры (рекомендуем снять данный флажок).

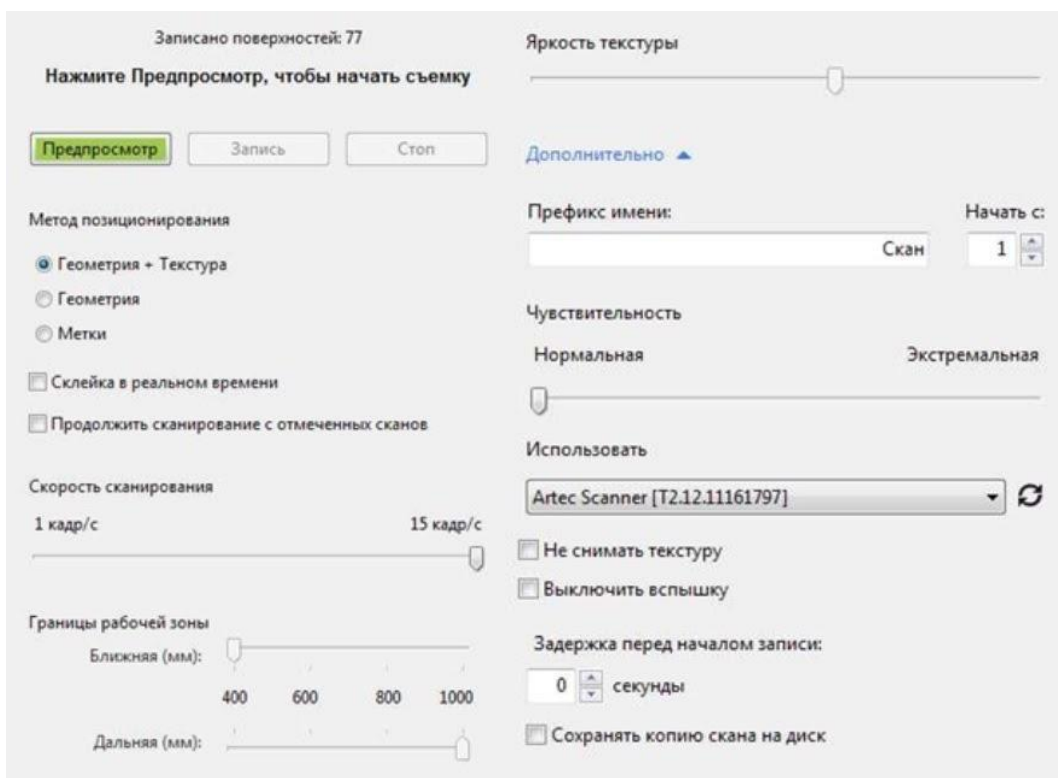


Рис. 3. Панель настроек съемки

Для запуска съемки нажмите либо кнопку «Предпросмотр», либо клавишу F7 на клавиатуре, либо кнопку на корпусе сканера.

«Геометрия + Текстура» - стандартный режим сканирования, подходящий для большинства случаев. Режим Геометрия хорошо работает на низкопроизводительных компьютерах. Используя режим «Склейка» в реальном времени, можно получить модель сразу после завершения сканирования. Чтобы активировать данный режим, нажмите Стоп, а затем установите соответствующий флажок и нажмите «Предпросмотр».

Отсканируйте объект со всех сторон за один сеанс, если это возможно, плавно перемещая сканер вокруг объекта. Возможен другой способ, подразумевающий вращение самого объекта вокруг своей оси и перемещения сканера в вертикальной плоскости.

Во время сканирования обращайте больше внимания на изображение объекта на экране, чем на реальный объект.

Если слышен зуммер, и появляется красное сообщение об ошибке, плавно направьте сканер на уже отсканированный участок. Существует несколько причин появления ошибки «Отслеживание траектории прервано»:

- сканируемый объект находится за пределами экспозиции (рабочая зона сканера от 40 до 100 см от объекта);

- сканер движется слишком быстро.

Как только Вы закончите, нажмите меню «Файл» и выберите «Сохранить проект». Завершив сканирование объекта со всех нужных ракурсов и получив достаточное количество данных, можно приступать к созданию 3D-модели.

После сканирования была получена 3D-модель (рис. 4), в полученной модели могут встречаться ряд дефектов:

- неправильное расположение осей координат;
- наличие лишних элементов, попавших в поле сканера;
- наличие дырок и неровных границ;
- шумные области на 3D-модели.

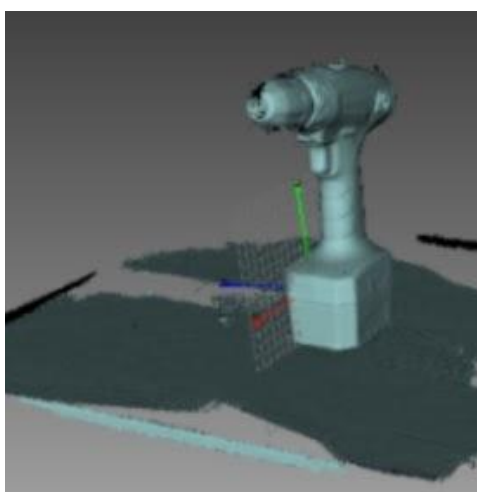


Рис. 4. Модель отсканированного объекта

По окончании практической части преподавателем проводится контрольная проверка качества снятого учащимися 3D-скана объекта. Ученики заполняют отчеты о выполнении работы, преподаватель проверяет качество заполнения отчета, особое внимание уделяя пункту о возникших у ученика трудностях - по возможности, необходимо дать соответствующее пояснение.

Лабораторная работа №37

Лабораторная работа «Обработка результата 3D-сканирования»

Цель работы: обработка результата выполнения 3D-сканирования

Объем: 1 час

Задание: обработать 3D-скан объекта

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска, 3D-сканер Artec Eva

Практическая часть

Обработка результата 3D-сканирования объекта

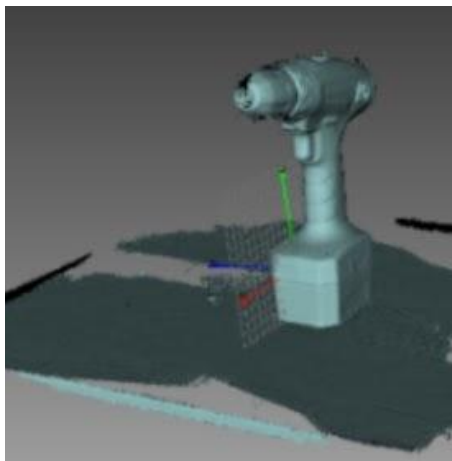


Рис. 1. Модель отсканированного объекта

Разместим модель (Рис. 1) на координатных плоскостях. Для этого используем инструмент «Позиционирование» на панели «Редактор». Выберите координатную плоскость, на которой Вы хотите разместить 3D-модель (XOY, YOZ или ZOX). Отметьте с помощью ЛКМ как минимум три точки на поверхности модели, и плоскость, проходящая через центр этого множества точек, построится автоматически. Удалим лишние элементы, попавшие в поле сканера. Для этого необходимо изменить вид объекта из перспективной в ортогональную проекцию (Вид/Ортогональная проекция). Далее изменяем точку обзора модели (Вид/Точка обзора/Прямо).

С помощью инструмента «Ластик» выделяем прямоугольную область и удаляем лишние элементы, тем самым формируя ровную поверхность модели.

При помощи Фильтра мелких объектов можно эффективно удалять ненужные объекты, используя алгоритм фильтрации по размеру объекта. В Рабочей области выделите только редактируемую модель и откройте панель «Команды». Для того, чтобы запустить алгоритм фильтрации, нажмите кнопку «Применить» на закладке Фильтр мелких объектов. При нажатии на стрелке рядом с кнопкой открывается закладка настроек алгоритма. На этой закладке можно выбрать один из двух режимов работы алгоритма (параметр mode):

- mode - при выборе из выпадающего меню варианта leave biggest objects из сцены будут удалены все объекты кроме самого большого; при выборе варианта filter by threshold будут удалены объекты, число полигонов в которых ниже числа, указанного в параметре threshold;
- threshold - пороговое значение фильтра, равное количеству полигонов и используемое в случае выбора режима работы filter by threshold.

Иногда поверхность сканируемого объекта, его форма или условия съёмки не позволяют достаточно хорошо отсканировать все детали - так что на модели, полученной в результате склейки, остаются дыры, соответствующие тем областям реального объекта, которые не попали в поле зрения сканера. Для таких случаев в Artec Studio предусмотрен инструмент, позволяющий интерполировать поверхность в подобных областях.

Для того, чтобы начать анализ и исправление модели, выделите её и нажмите на кнопку «Края боковой панели». Открывшаяся панель состоит из двух вкладок: Края и Дырки, в каждой из которых представлен список замкнутых границ, обнаруженных на поверхности, отсортированный по длине. Работа в обеих вкладках осуществляется идентичным образом. При выделении элемента списка соответствующая граница подсвечивается в окне 3D-вида. Если в панели выбрана опция «Перемещать камеру к выделенному элементу», то модель автоматически развернется таким образом, чтобы выбранная граница была видна в окне 3D-вида. По умолчанию, при переключении между границами камера плавно перемещается от одной границы к другой.

В случае, если рассматриваемая модель имеет слишком большой размер, данное перемещение может занимать много времени. Для быстрого переключения необходимо выключить опцию «Анимировать камеру». Пользователь должен выбрать те границы, которые нуждаются в исправлении, поставив возле их номера галочку. Такие границы будут подсвечены цветом в окне 3D-вида. Для выделения/снятия выделения со всех границ на панели предусмотрены кнопки «Выделить все» и «Снять выделение». Также границы можно выделять непосредственно на поверхности. Для этого нужно развернуть модель таким образом, чтобы интересующая граница оказалась видимой в окне 3D-вида. После этого её можно выделить нажатием ЛКМ. Получившийся результат обработки вы можете видеть на рис. 2.

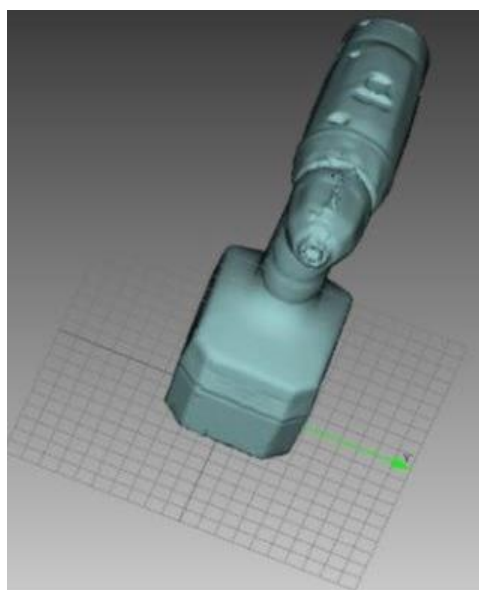


Рис. 2. Модель после закрытия дыр

На вкладке «Дырки» у вас есть возможность запустить автоматическое сглаживание дырок после их заполнения: для этого достаточно поставить галочку в опции «Сглаживать дырки» после заполнения. На вкладке Края интенсивность сглаживания границ настраивается ползунком Интенсивность. Алгоритм сглаживания позволяет сгладить шумные области на 3D-модели. В приложении Artec Studio существует два инструмента: автоматическое сглаживание всей модели и ручное сглаживание отдельных областей кисточкой.

Для того, чтобы воспользоваться ручным инструментом «Сглаживающая кисть», выделите одну поверхность, откройте панель Редактор и нажмите на кнопку в окне 3D вида. При нажатии клавиши Ctrl вокруг курсора в окне 3D-вида появится оранжевое пятно. Его размеры можно изменить при помощи Колеса прокрутки, посредством ввода с клавиатуры значения (мм) диаметра в поле Размер кисти или передвигая ползунок на панели Сглаживающая кисть. Также можно отрегулировать интенсивность сглаживания с помощью ползунка или посредством внесения значения в поле Интенсивность. Нажатие ЛКМ в этом режиме применит сглаживание к выделенному участку модели (рис. 3).

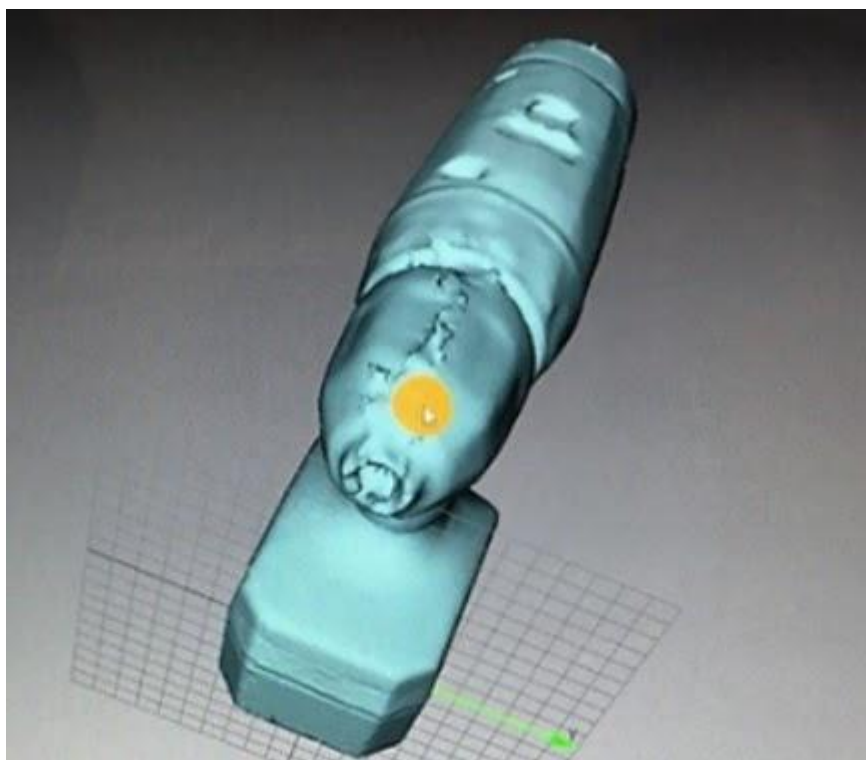


Рис. 3. Сглаживание недостаточно отсканированного участка

После завершения редактирования нажмите кнопку Применить. После окончания процесса обработки экспортируйте полученную модель в формат STL.

По окончании работы преподавателем проводится контрольная проверка качества редактирования учащимися 3D-скана. Ученики заполняют отчеты о выполнении работы,

преподаватель проверяет качество заполнения отчета, особое внимание уделяя пункту о возникших у ученика трудностях - по возможности, необходимо дать соответствующее пояснение.

Практическая работа №38

Проект «Подшипник». Применение и конструкция.

Цель работы: изучение конструкции подшипников и их применение в механизмах

Объем: 1 час

Задание: создать модель кольца при помощи операции «Вращение»

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Теоретическая часть

Изучение конструкции подшипников и их применение в механизмах



Рис. 1. Подшипники

Подшипник — сборочный узел, являющийся частью опоры или упора и поддерживающий вал, ось или иную подвижную конструкцию с заданной жесткостью. Фиксирует положение в

пространстве, обеспечивает вращение, качение с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передаёт нагрузку от подвижного узла на другие части конструкции.

По принципу работы все подшипники можно разделить на несколько типов:

- подшипники качения;
- подшипники скольжения;

К подшипникам скольжения также относят:

- газостатические подшипники;
- газодинамические подшипники;
- гидростатические подшипники;
- гидродинамические подшипники;
- магнитные подшипники.

Основные типы подшипников, которые применяются в машиностроении - качения и скольжения.

Практическая часть

Изучение операции «Вращение» на примере моделирования компонентов подшипника

Тела вращения – это объемные тела, которые возникают при вращении некой плоской фигуры, которая, в свою очередь, ограничена кривой и крутится вокруг оси, лежащей в той же плоскости.

Основные тела вращения:

- Шар - это геометрическая фигура, которая образована в результате вращения полукруга вокруг диаметра.
- Цилиндр - это геометрическая фигура, которая образована в результате вращения прямоугольника вокруг одной из его сторон.
- Конус - это геометрическая фигура, которая образована в результате вращения прямоугольного треугольника вокруг одного из своих катетов.
- Тор - это геометрическая фигура, которая образована в результате вращения окружности вокруг прямой.

Проанализируем определение тел вращения и поймем, что для создания такого тела необходим замкнутый контур и ось, вокруг которой будет производиться вращение. Создадим цилиндр. Построим прямоугольник.

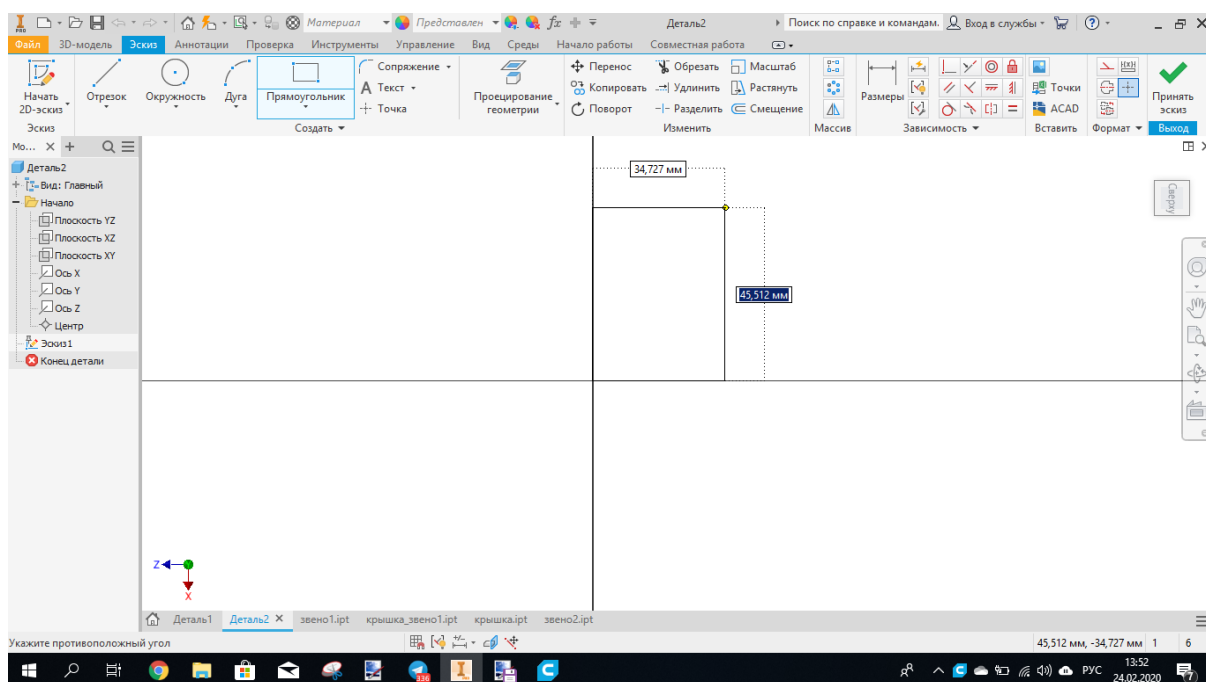


Рис. 2. Эскиз прямоугольника

Повернем прямоугольник вокруг одной из его сторон.

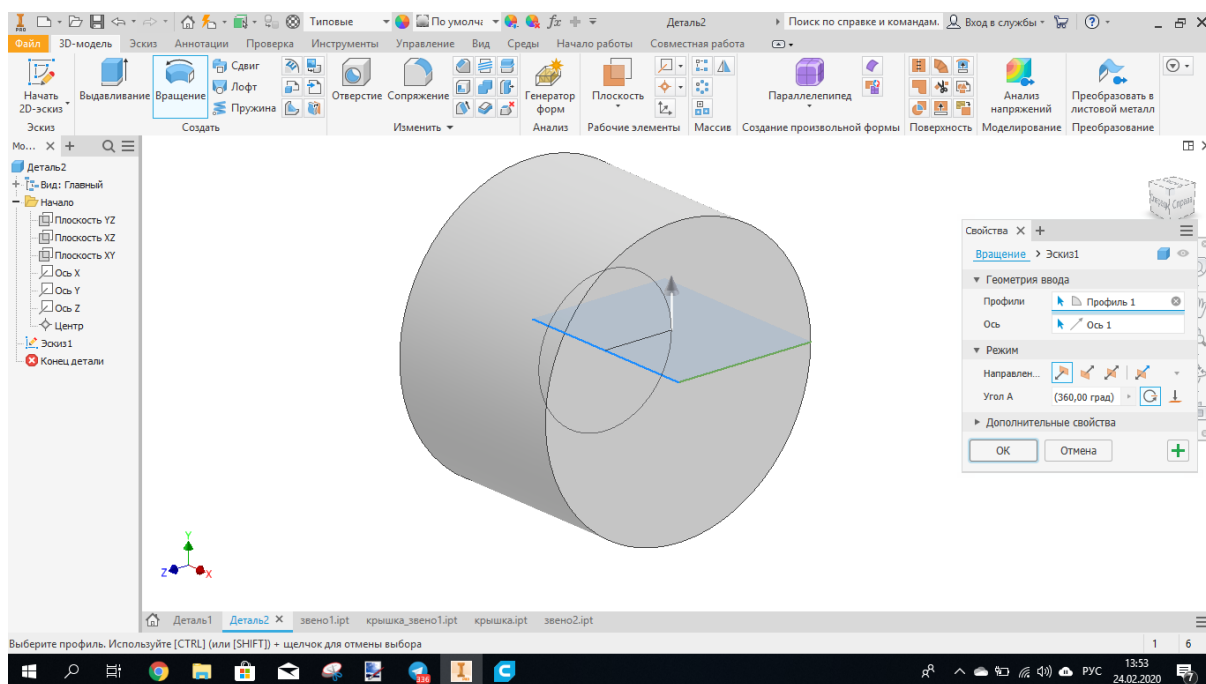


Рис. 3. Моделирование цилиндра

Затем повернем прямоугольника вокруг оси, лежащей вне прямоугольника. Чтобы внести изменения в эскиз воспользуемся деревом построений. Дважды кликаем ЛКМ на «Эскиз» и давайте отредактируем его: проведем отрезок, параллельно одной из сторон прямоугольника на некотором отдалении от него.

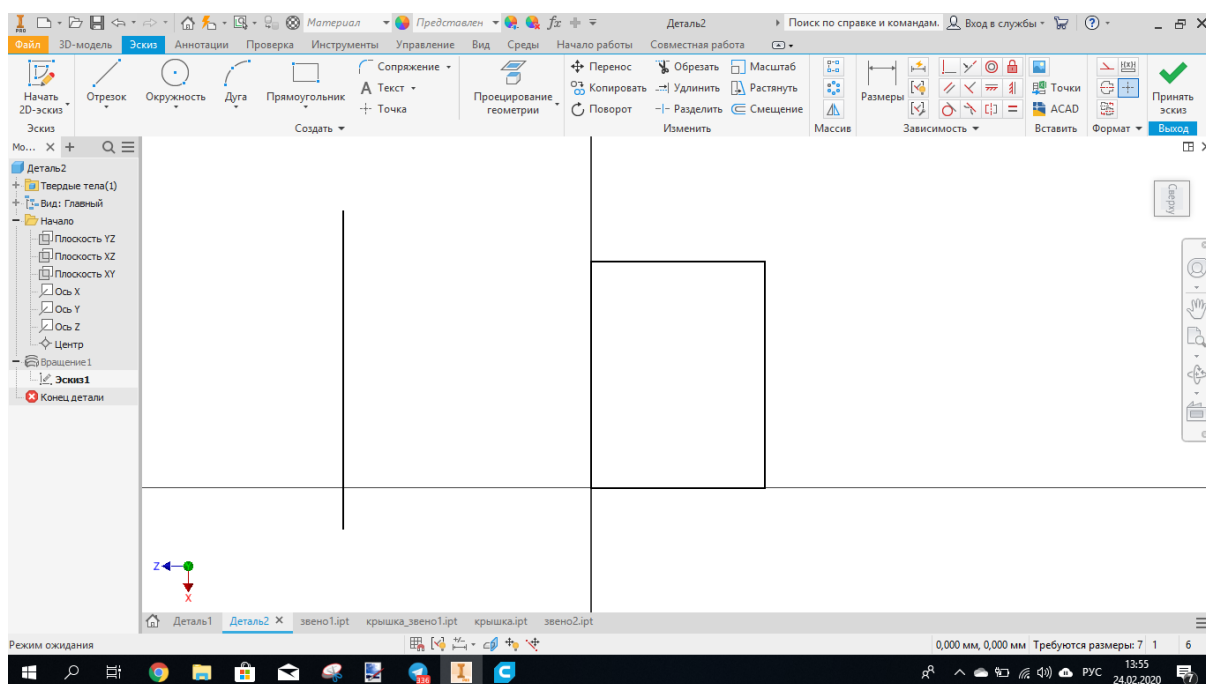


Рис. 4. Редактирование эскиза

Принимаем эскиз. Далее дважды кликаем ЛКМ на «Вращение 1» в дереве построений и выбираем другую ось. Таким образом, получим цилиндр с цилиндрическим отверстием - кольцо.

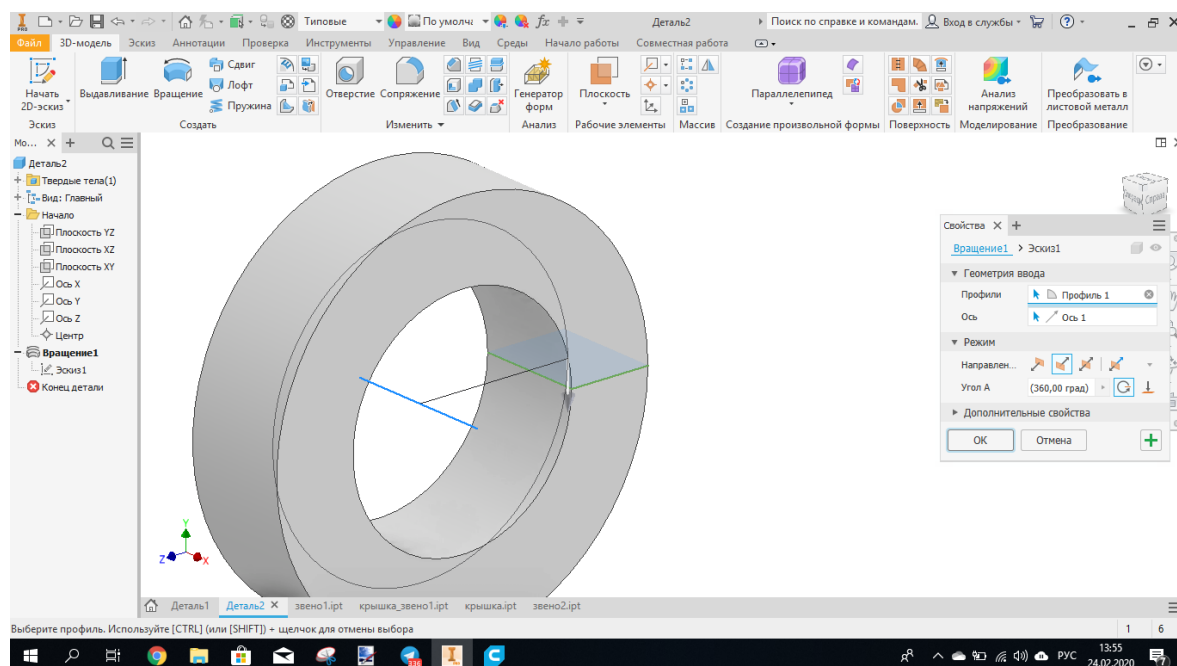


Рис. 5. Моделирование кольца

Практическая работа №39

Проект «Подшипник». Моделирование деталей.

Цель работы: моделирование деталей подшипника по чертежу при помощи операции «Вращение»

Объем: 1 час

Задание: создать модели деталей подшипника

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Теоретическая часть

Приступить к выполнению типового проекта «Подшипник». Подшипник будет состоять из следующих компонентов:

- 1) внешнее кольцо;
- 2) шарик (тело качения);
- 3) сепаратор;
- 4) внутреннее кольцо.

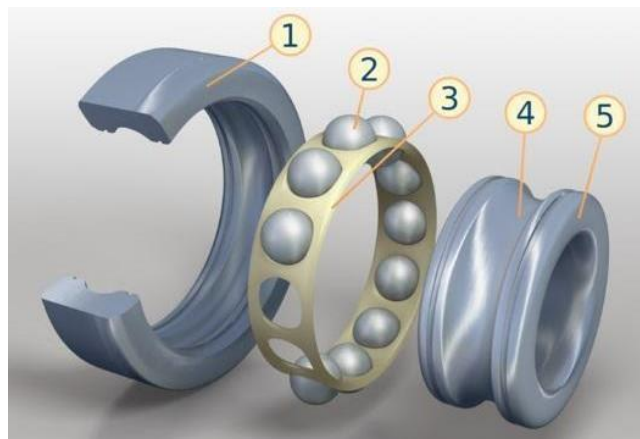


Рис. 1. Компоненты подшипника

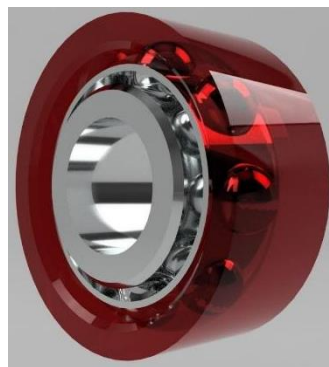


Рис. 2. Итоговый проект

Практическая часть

Смоделируем первый компонент проекта - внешнее кольцо. Это задание следует выполнять по чертежу.

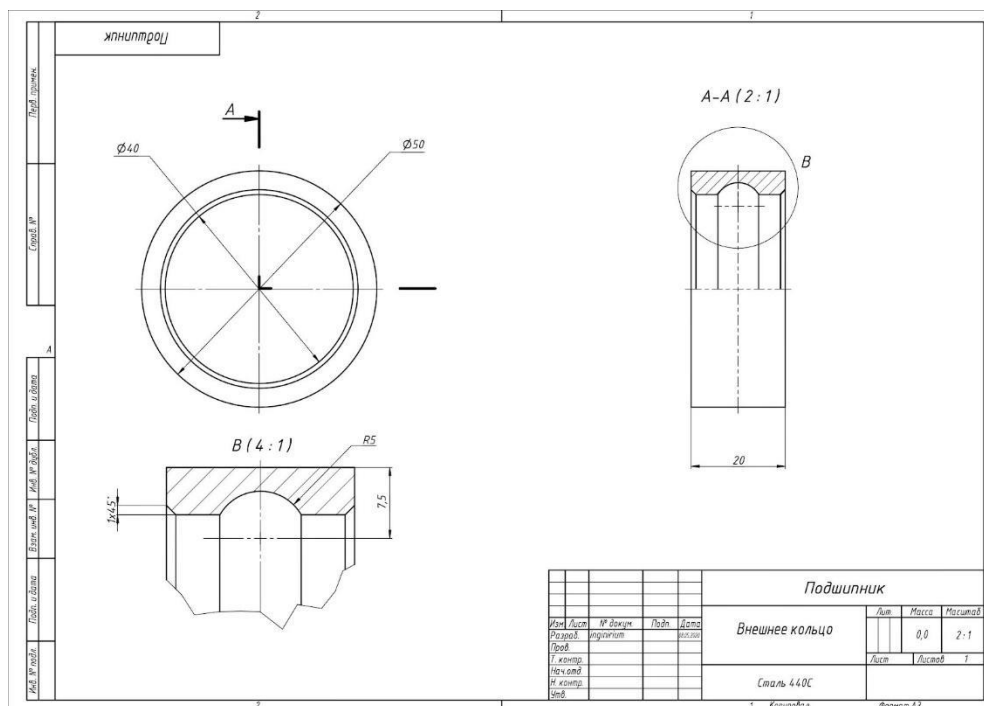


Рис. 3. Чертеж внешнего кольца подшипника

Для построения внешнего кольца, требуется создание одного 2D-эскиза и одной операции «Вращение». Строить эскиз можно в любой базовой плоскости. При построении эскиза применяется различные инструменты уже изученные ранее, такие как: отрезок, окружность, осевая линия, фаска. В результате построения получается замкнутый контур.

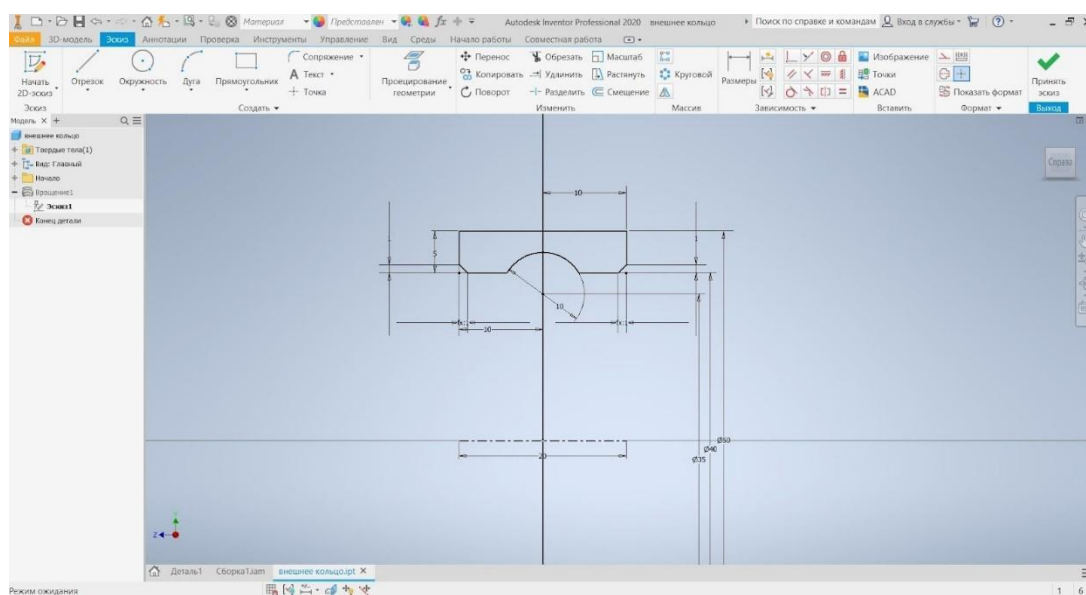


Рис. 4. Эскиз внешнего кольца подшипника

Необходимо принять эскиз и применить операцию «Вращение».

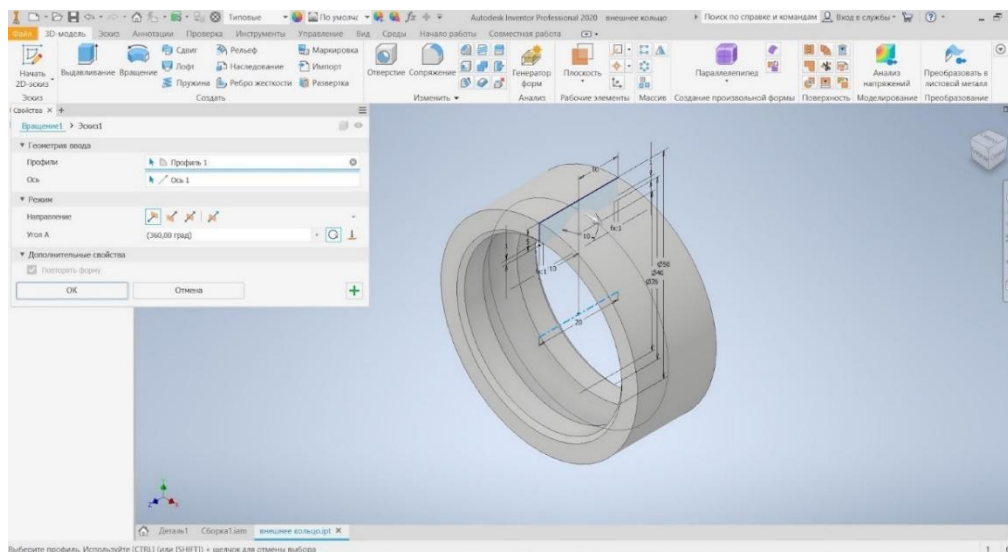


Рис. 5. Модель внешнего кольца подшипника

Компонент «Внешнее кольцо» готов. Необходимо сохранить компонент в папку с название проекта, так как в дальнейшем все компоненты данного проекта будут использоваться в сборке.

Далее построим сепаратор подшипника. Перед началом моделирования, также, как и в случае с внешним кольцом, следует ознакомиться с чертежом.

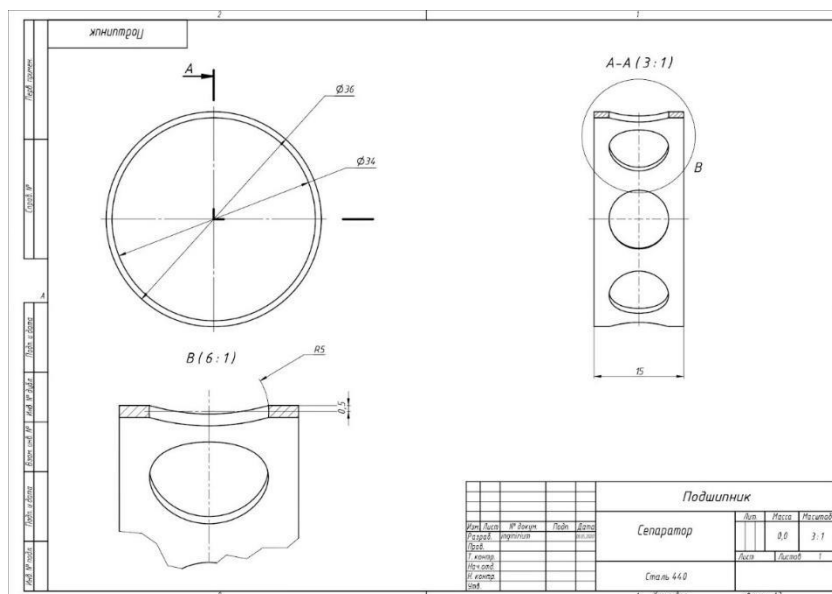


Рис. 6. Чертеж сепаратора подшипника

Построение следует начинать с создания эскиза. В качестве базовой плоскости, можно выбрать любую базовую плоскость. Первым действием необходимо создать кольцо толщиной 1 мм и шириной 15 мм. Создать кольцо можно как используя операцию вращения, так и операцию выдавливание.

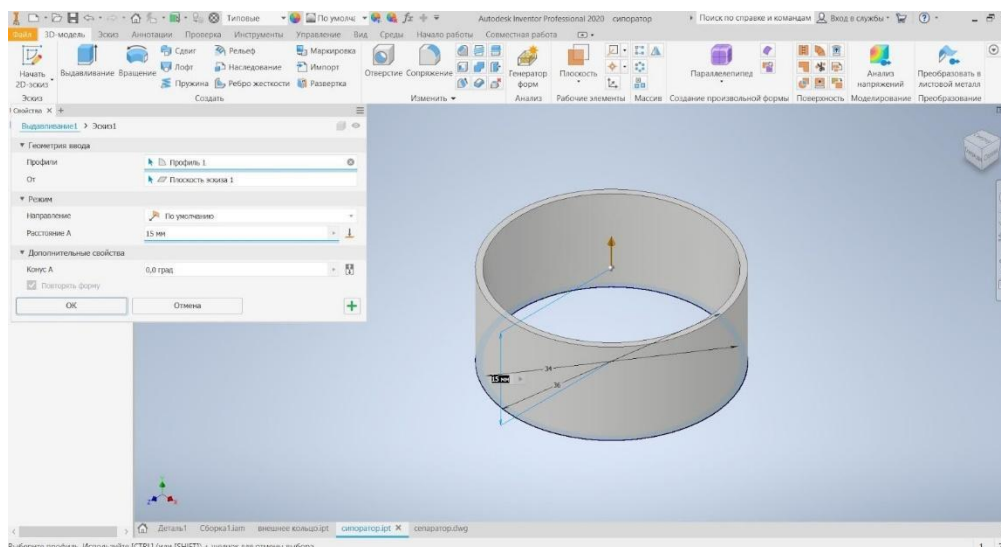


Рис. 7. Модель кольца для сепаратора

Далее, необходимо создать отверстия под тела качения (шарики). Для начала создаем новый 2D-эскиз на одной из основных плоскостей. Плоскость должна разделять модель пополам. При создании можно воспользоваться функцией «разрезать модель», горячая клавиша F7. Создаем необходимый эскиз по чертежу. После формирования эскиза, необходимо применить к нему операцию «Вращение». В качестве вывода устанавливаем «Вырезать» так как в нашем случае, необходимо получить вырез под тело качения, а не шар.

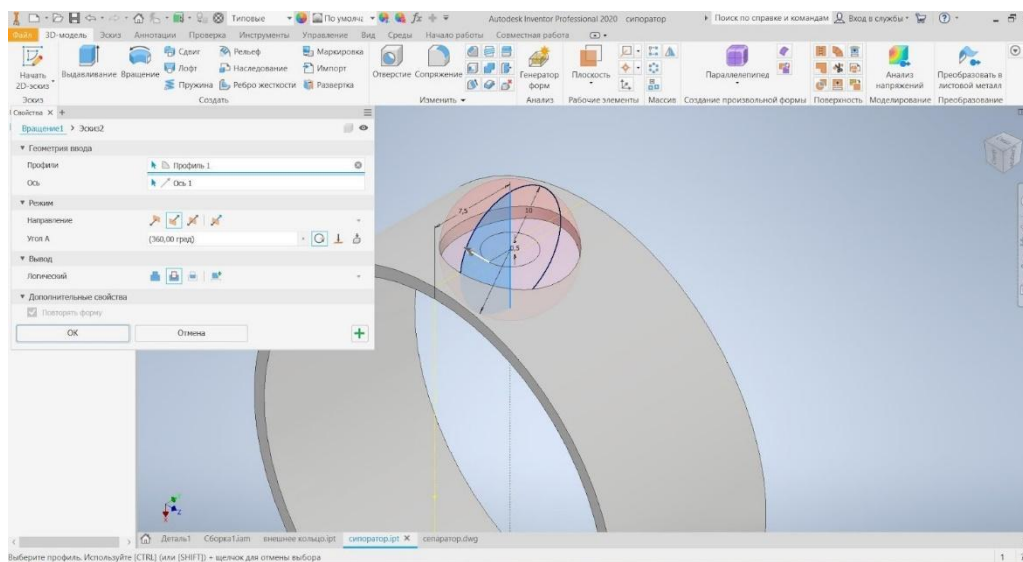


Рис. 8. Вырезание поверхности под тело качения

После создания одного отверстия, воспользовавшись операцией «Круговой массив», нужно создать еще семь копий. После выбора данной операции, открывается меню настройки. В меню настройки имеются следующие основные параметры: инструмент выбора объекта, который

подвергается дальнейшему копированию «элементы», инструмент выбора оси вращения «ось вращения», количество копий с учетом оригинала и спектр градуса на котором будет происходить копирование. Преподавателю необходимо объяснить аудитории о базовых настройках кругового массива. Стоит обратить внимание, на то, что в качестве оси вращения можно выбирать подходящую цилиндрическую грань.

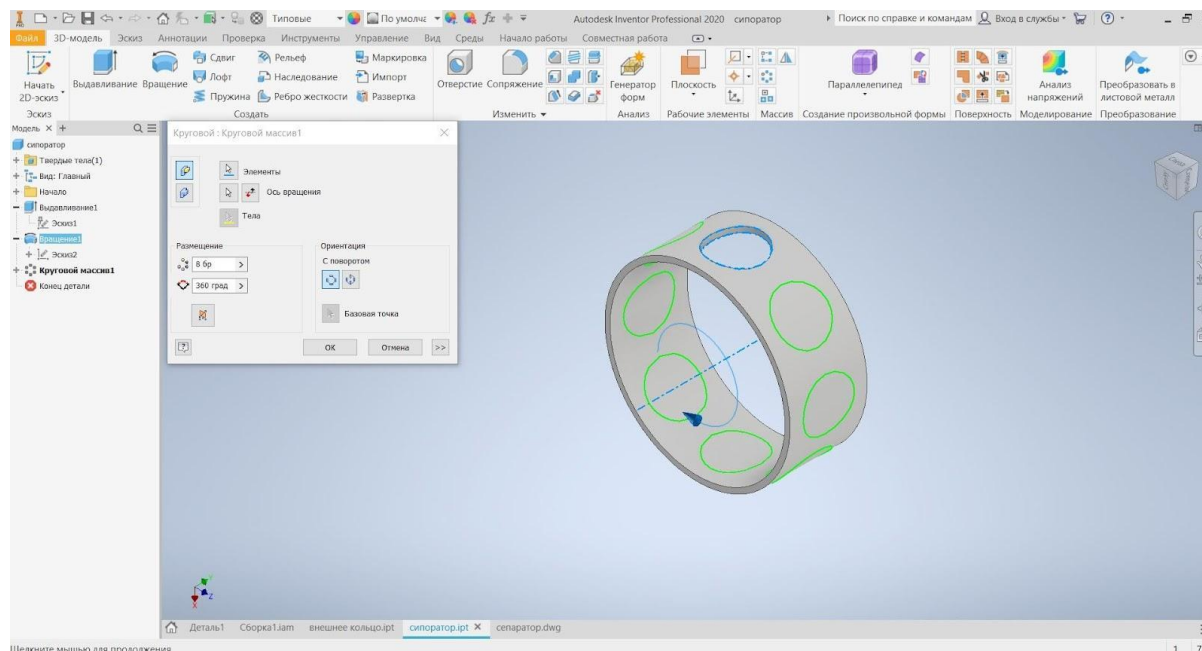


Рис. 9. Копирование отверстия

После применения операции, получаем готовый сепаратор.

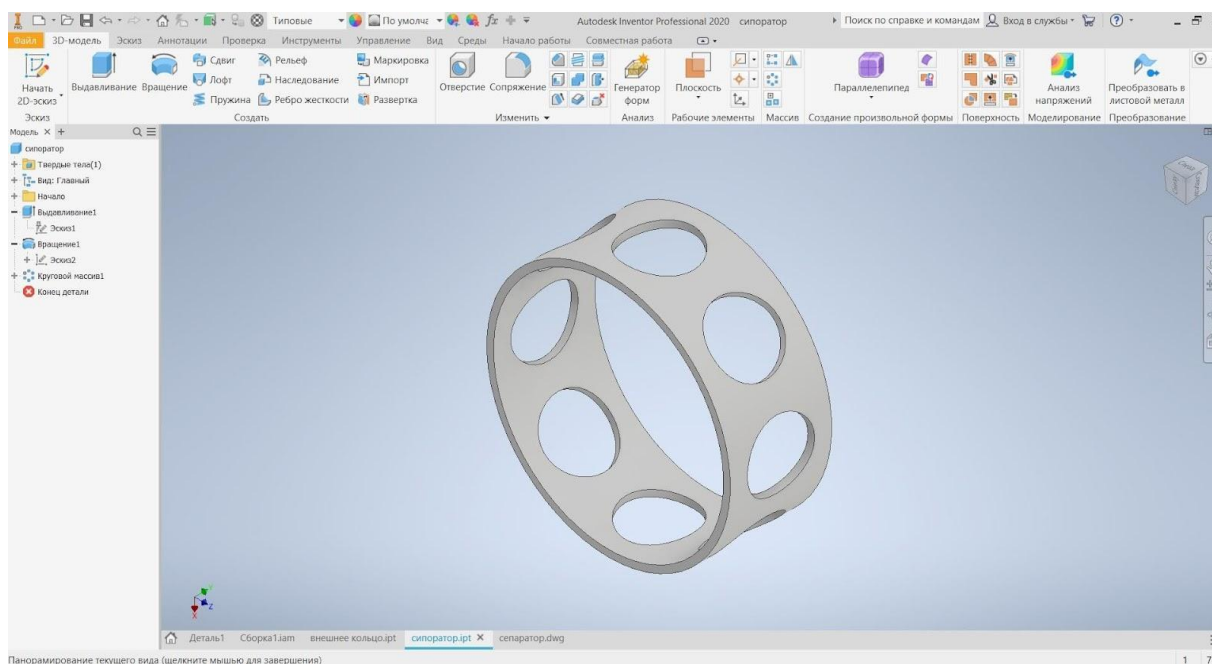


Рис. 10. Деталь «Сепаратор»

Разберем чертеж компонента «Внутреннее кольцо». Моделирование этого компонента выполните самостоятельно.

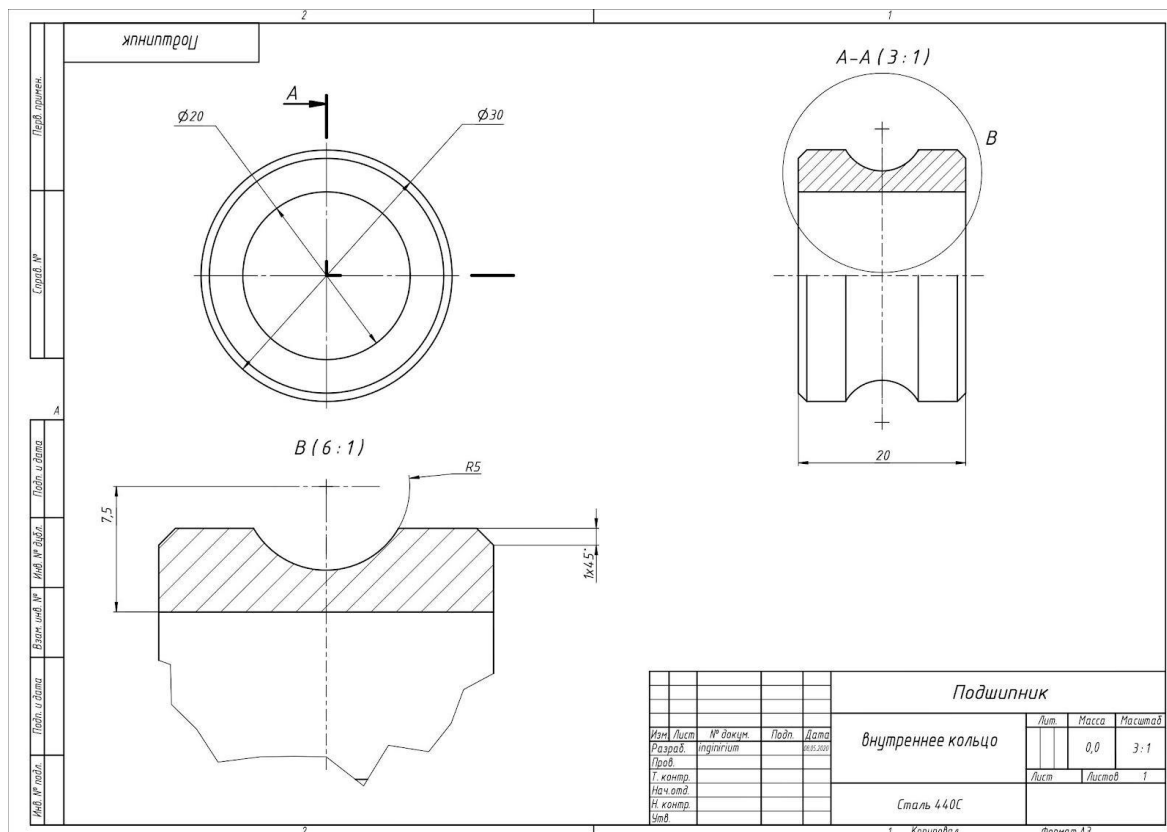


Рис. 11. Чертеж внутреннего кольца подшипника

Практическая работа №40

Проект «Подшипник». Сборка изделия.

Цель работы: изучение сборочных зависимостей

Объем: 1 час

Задание: выполнить сборку изделия

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание сборки типового проекта «Подшипник».

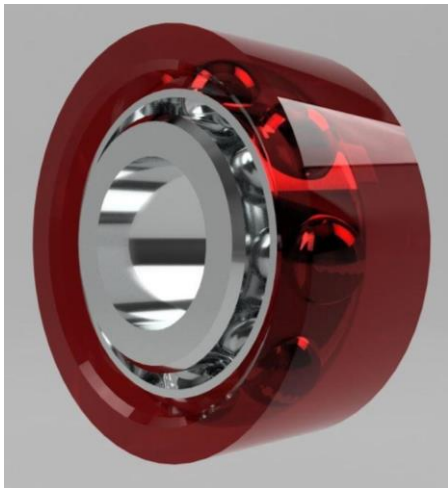


Рис. 1. Модель подшипника

Для проведения занятия необходимо наличие всех компонентов проекта для создания сборки, преподавателю следует убедиться в наличии всех компонентов у каждого обучающегося, в противном случае, преподаватель должен раздать все составляющие сборки ученикам. Компоненты сборки можно взять в приложении.

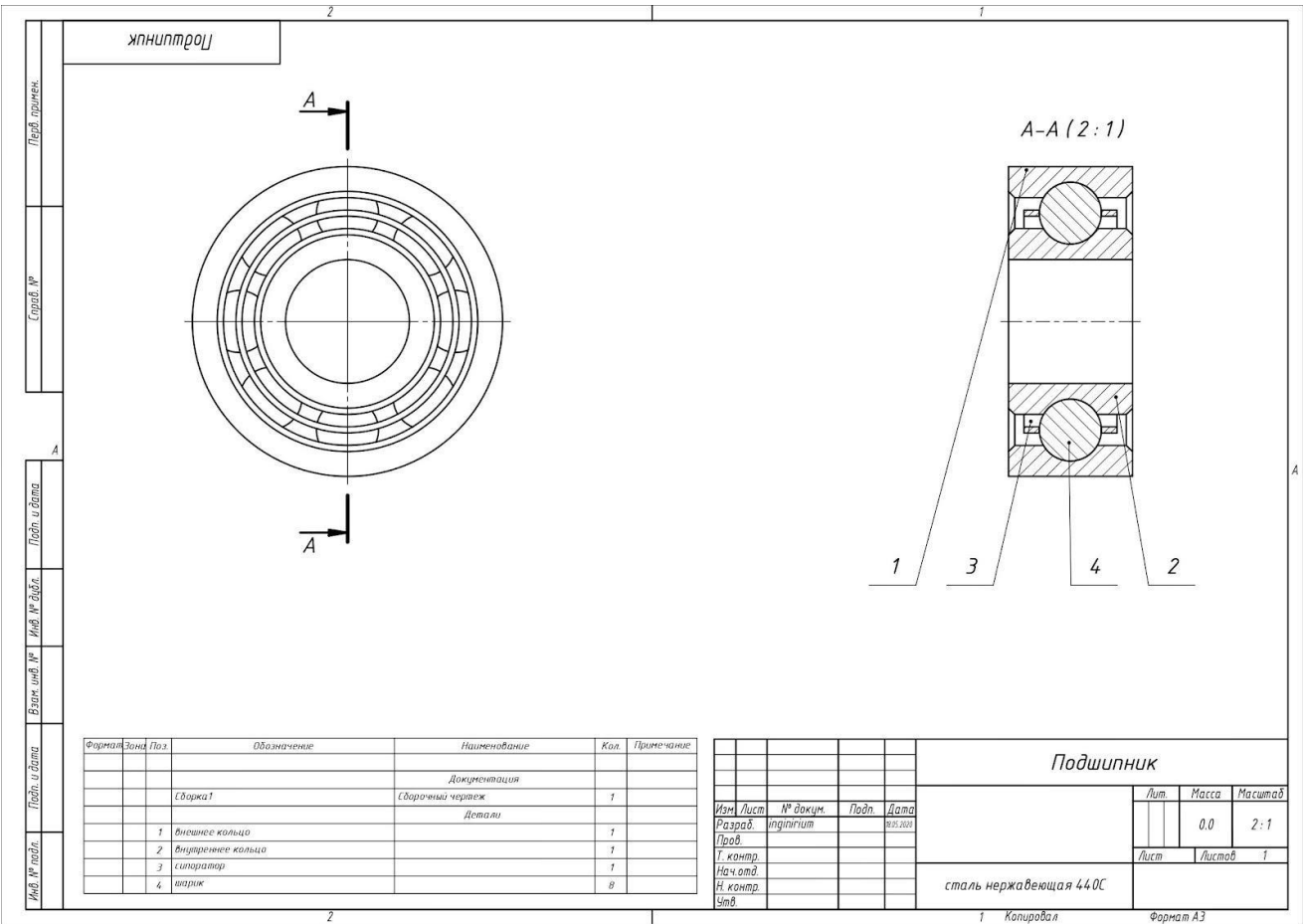


Рис. 2. Чертеж подшипника

Перед созданием сборки необходимо изучить интерфейс рабочей среды.

С левой стороны экрана, находится браузер. В браузере отображаются все компоненты, которые были загружены в сборку. В верхней части экрана панель инструментов. С правой стороны, находится панель инструментов навигации. Для создания сборки необходимо загрузить все компоненты в рабочее пространство среды сборки. За загрузку компонентов отвечает кнопка «Вставить» в верхнем левом углу экрана.

После выбора данной функции, необходимо загрузить все компоненты подшипника:

1. внешнее кольцо
2. внутреннее кольцо
3. сепаратор

Для создания сборки необходим один комплект всех компонентов. Для размещения моделей в рабочей области, нужно щелкнуть ЛКМ. От количества ЛКМ зависит количество загружаемых компонентов соответственно. Есть возможность загружать каждый компонент как по отдельности, так и группой. Для того, чтобы загрузить группу компонентов, необходимо зажать клавишу ctrl на клавиатуре или воспользоваться областью выделения с помощью зажатой ЛКМ.

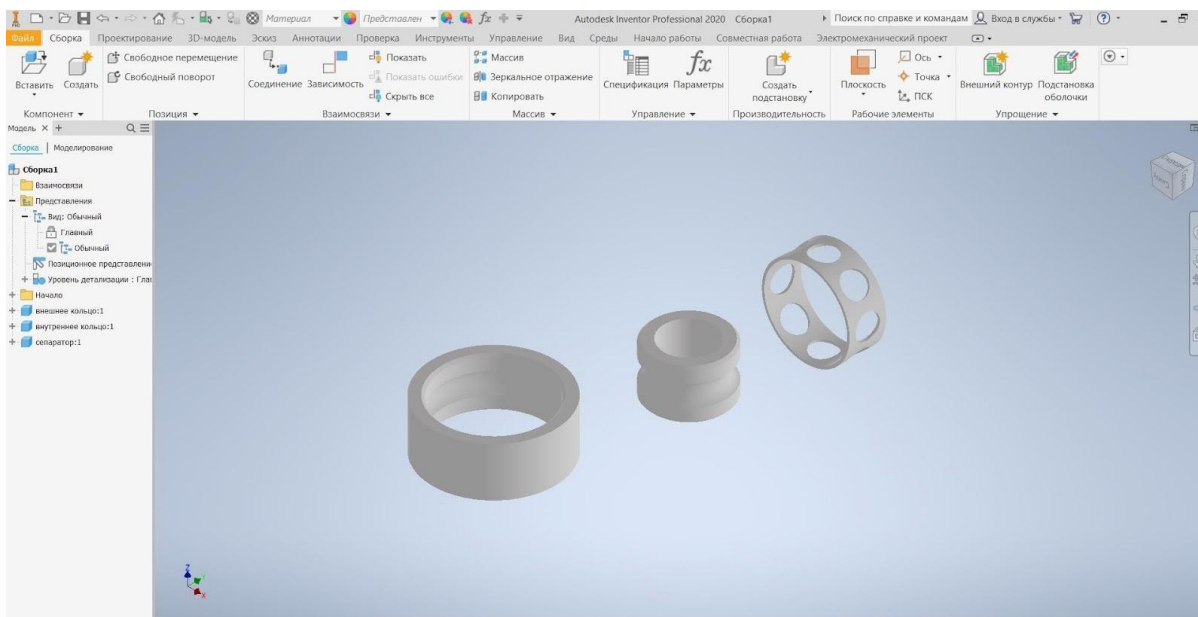


Рис. 3. Компоненты подшипника

Сборку типового проекта необходимо создать с помощью зависимостей.

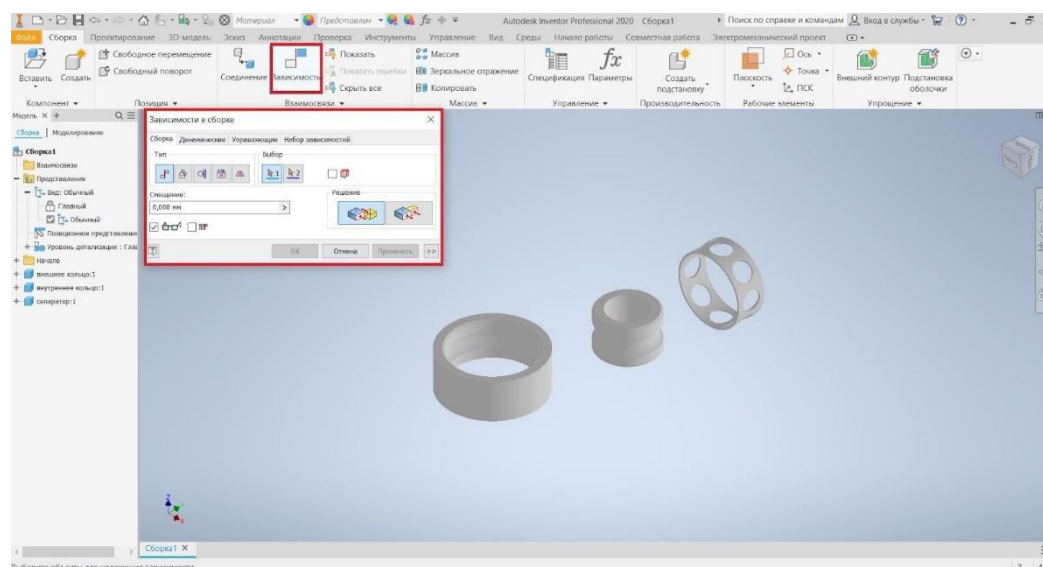


Рис. 4. Задание зависимостей

Преподавателю необходимо разъяснить аудитории основной принцип создания сборок через зависимость. Начинать создание сборки стоит с создания опорного компонента, который не имеет степеней свободы. Лишать степеней свободы выбранный компонент стоит через зависимость, типа «Совмещение», решение «Совмещение». В качестве компонента стоит взять «Внешнее кольцо». Необходимо создать 3 зависимости, между основными плоскостями всей сборки и основными плоскостями компонента.

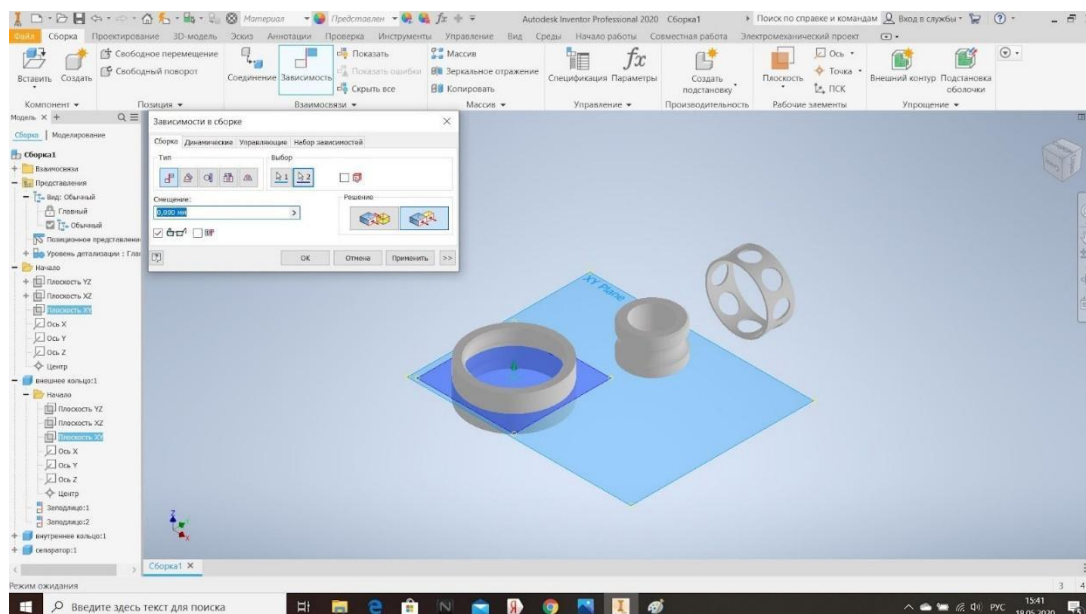


Рис. 5. Задание зависимостей

После создания трех зависимостей совмещение, компонент становится статичным. Стоит обратить внимание, на то, что все созданные зависимости можно найти, раскрыв компонент

внешнее кольцо. Каждую из созданных зависимостей можно отредактировать, нажав ПКМ на нужной зависимости и выбрав строку **«Правка»**, или же удалить, нажав ПКМ на зависимости и выбрать строку **«Удалить»**.

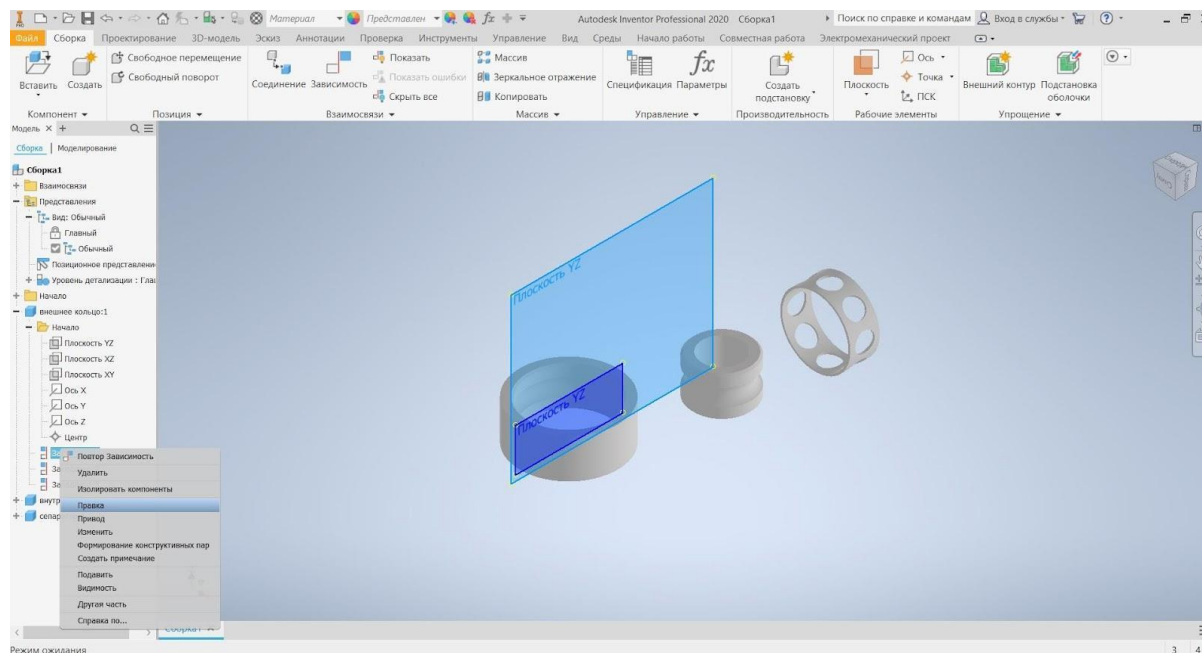


Рис. 6. Задание зависимостей

Следующим этапом нужно создать еще один компонент сборки - шарик (тело качения).

Для этого необходимо выбрать соответствующую команду в ленте **«Создать»**. В открывшемся окне указываем путь сохранения компонента и его название **«Шарик подшипника»**.

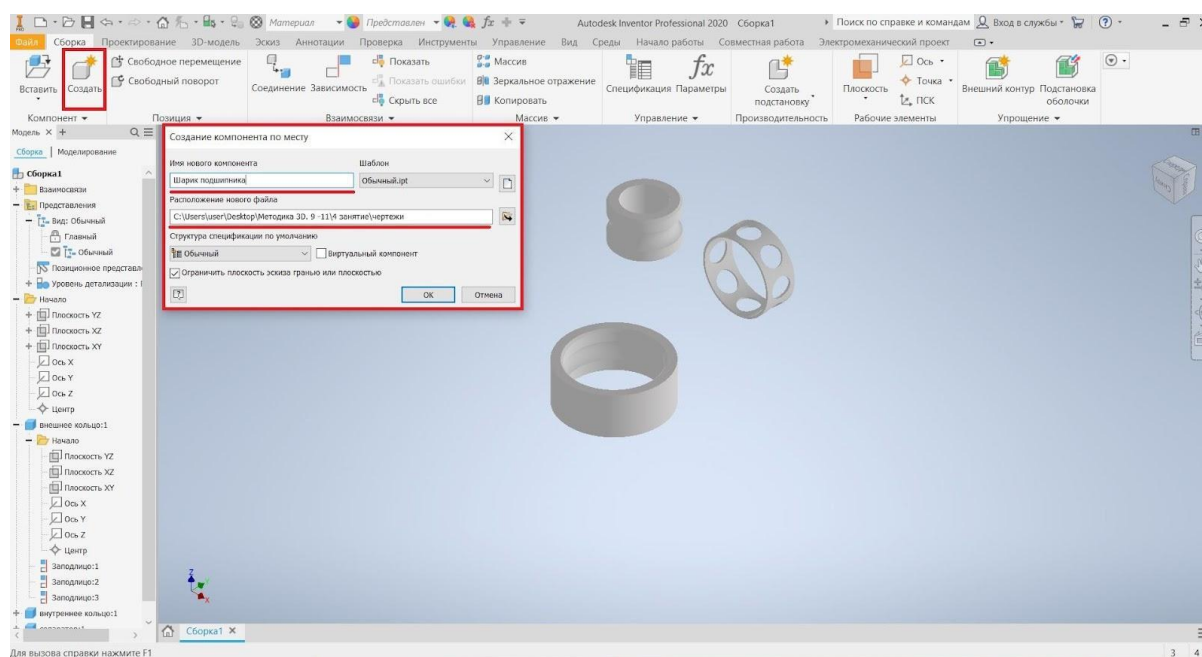


Рис. 7. Создание шариков

После нажатия в любом месте на рабочей области ЛКМ. Приступаем к созданию нового компонента внутри сборки. Создание 3D модели происходит по тем же принципам, которые были пройдены ранее. Диаметр шарика равен 10 мм. Создаем компонент с помощью операции вращение.

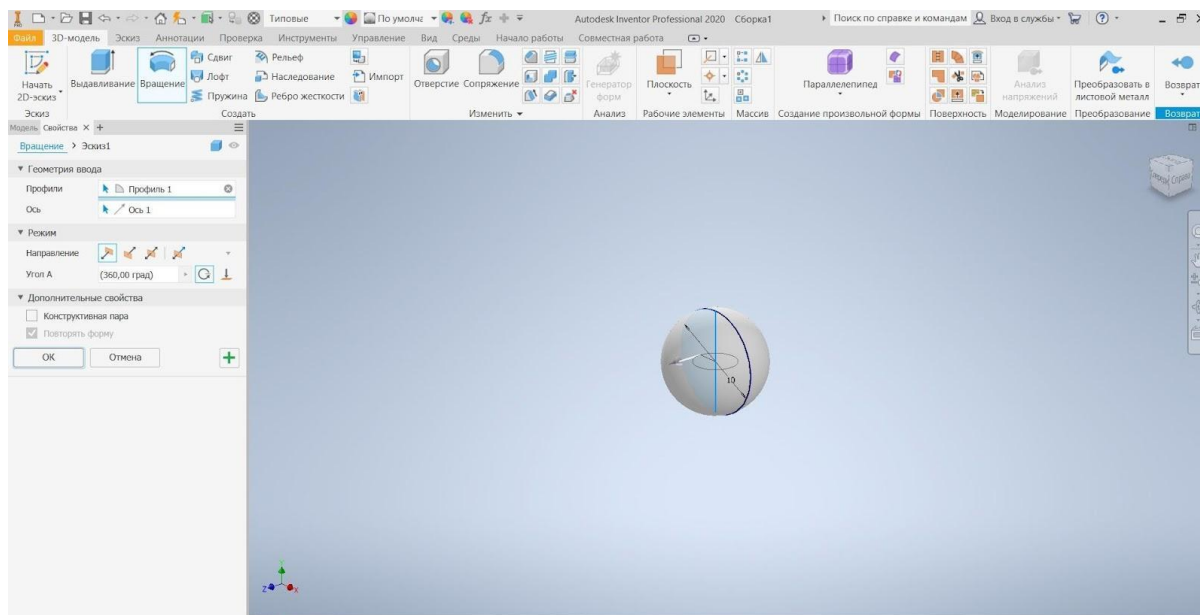


Рис. 8. Создание шариков

После создания компонента, нажимаем кнопку «**Возврат**» в правой части ленты и возвращаемся в режим сборки. Стоит обратить внимание на то, что компонент шарик, появился шарик. Новый компонент готов.

Следующим этапом необходимо создать копии компонента шарик, а затем вставить все тела качения в сепаратор. Для создания копии можно нажать ПКМ на компоненте и выбрать строку «**Копировать**» или используя кнопку «Вставить» загрузить необходимое количество копий. Количество шариков в подшипнике: 8 шт.

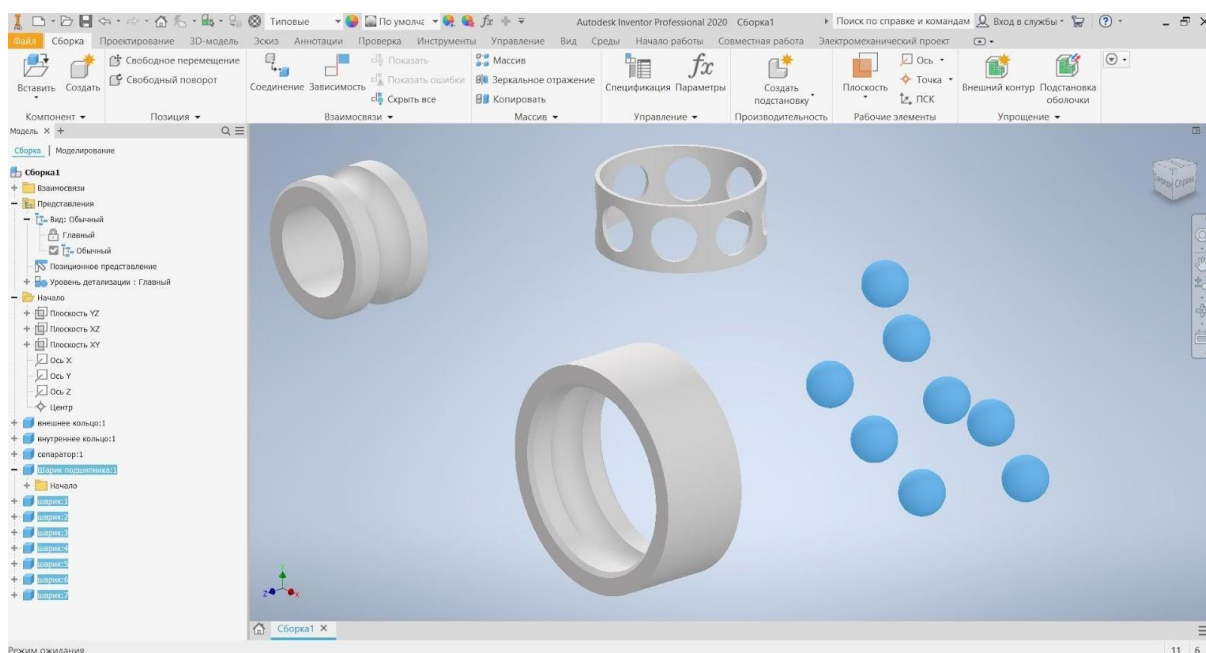


Рис. 9. Создание шариков

Создаем зависимость «Касательность» между шариком и внутренней, криволинейной гранью отверстия в сепараторе. Решение зависимости «Внутри».

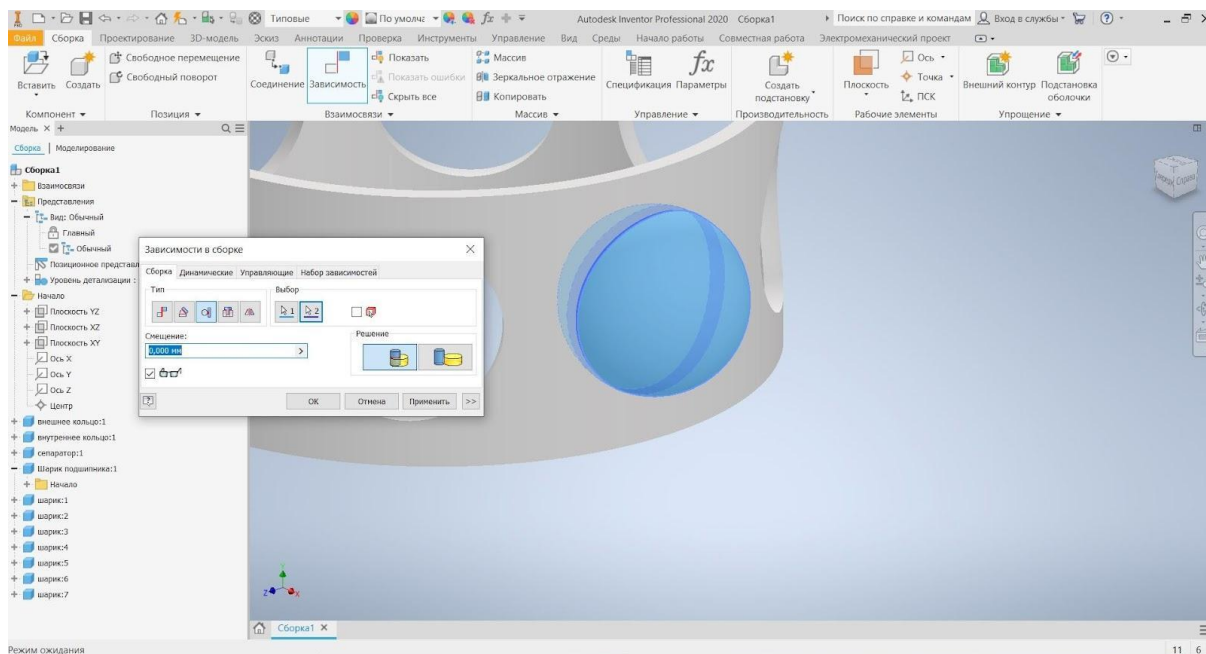


Рис. 10. Создание шариков

Применяем эту зависимость ко всем шарикам и отверстиям сепаратора.

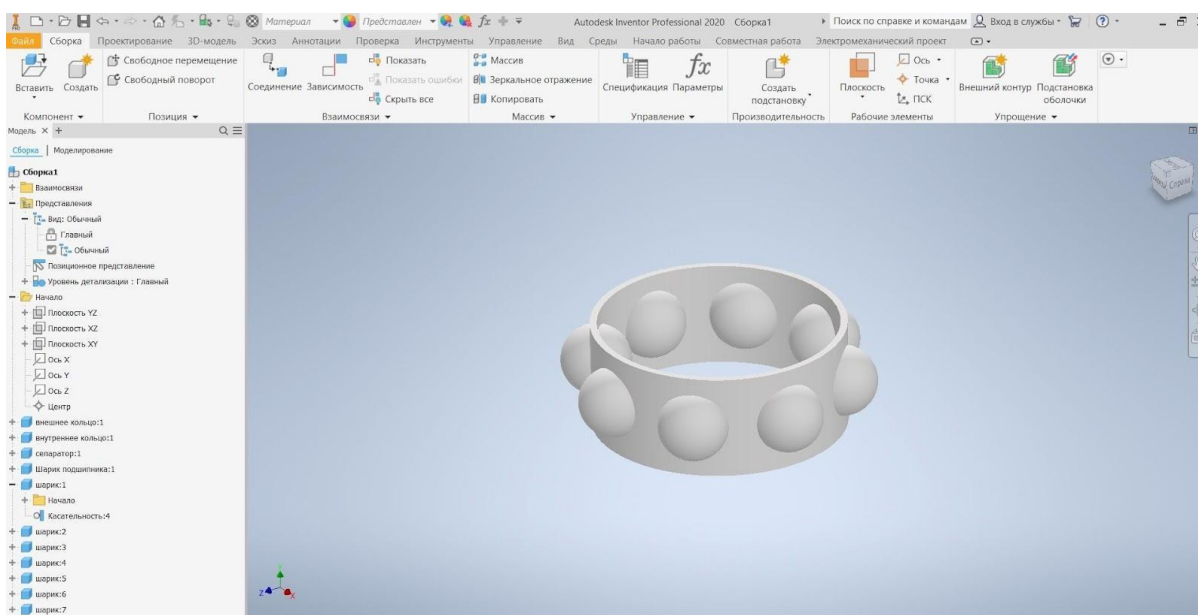


Рис. 11. Создание шариков

Далее, с помощью зависимости «Совмещение» необходимо создать «Соосность» между внешним кольцом и сепаратором. Для того, чтобы применить данную зависимость, необходимо выбрать любую цилиндрическую грань сепаратора и цилиндрическую грань внешнего кольца.

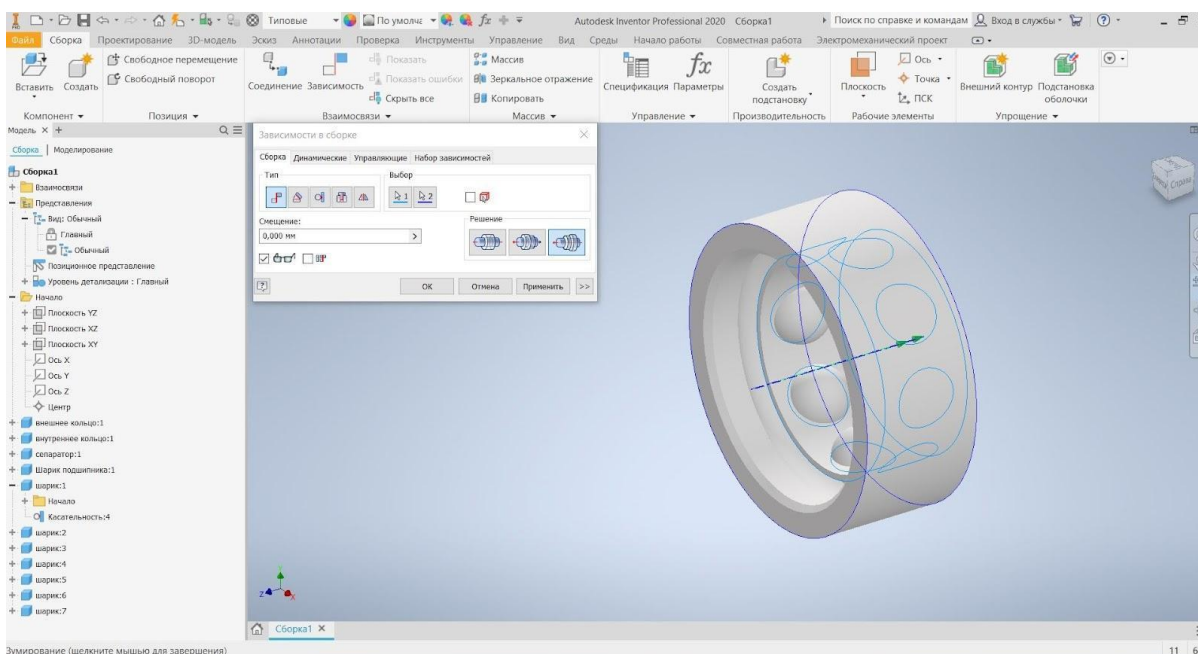


Рис. 12. Задание зависимостей

После чего, необходимо лишить еще одной степени свободы сепаратор с помощью зависимости «Совмещение» относительно плоских граней.

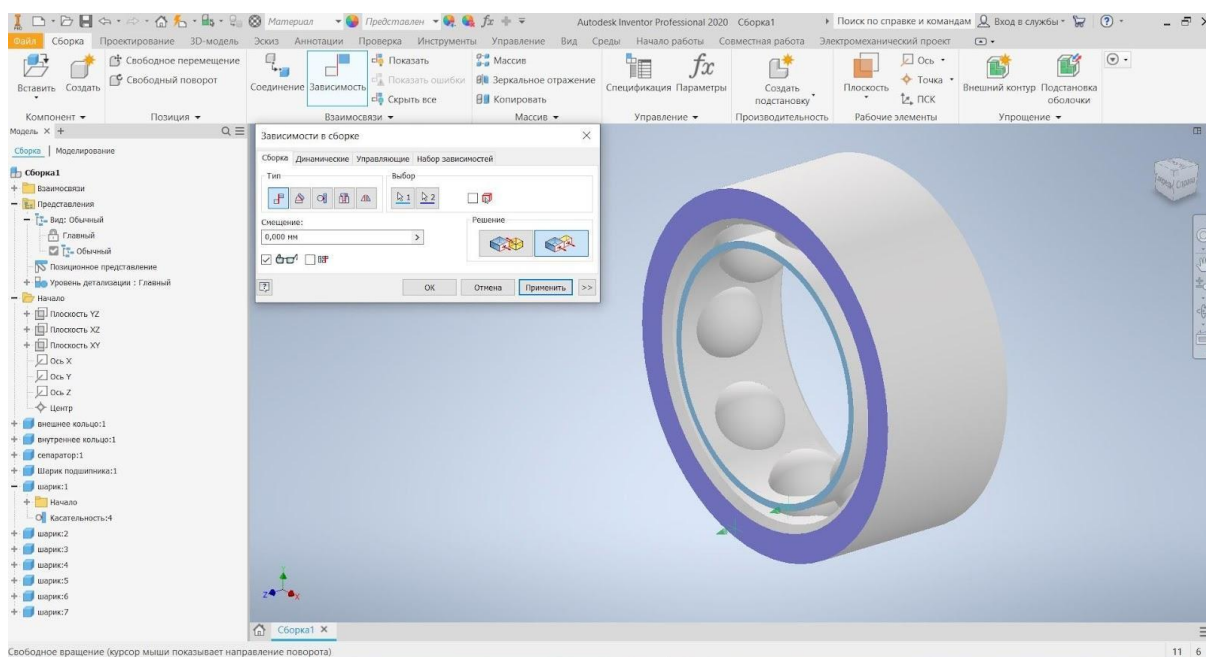


Рис. 13. Задание зависимостей

Тем самым оставив одну степень свободы сепаратору - это вращение. Последним этапом создания сборки будет создания зависимостей «Соосность» и «Совмещение», применительно к внутреннему кольцу. В качестве проверки усвояемости информации, преподавателю стоит дать данное задание учащимся, в качестве самостоятельного. Время на выполнение 5 - 10 минут.

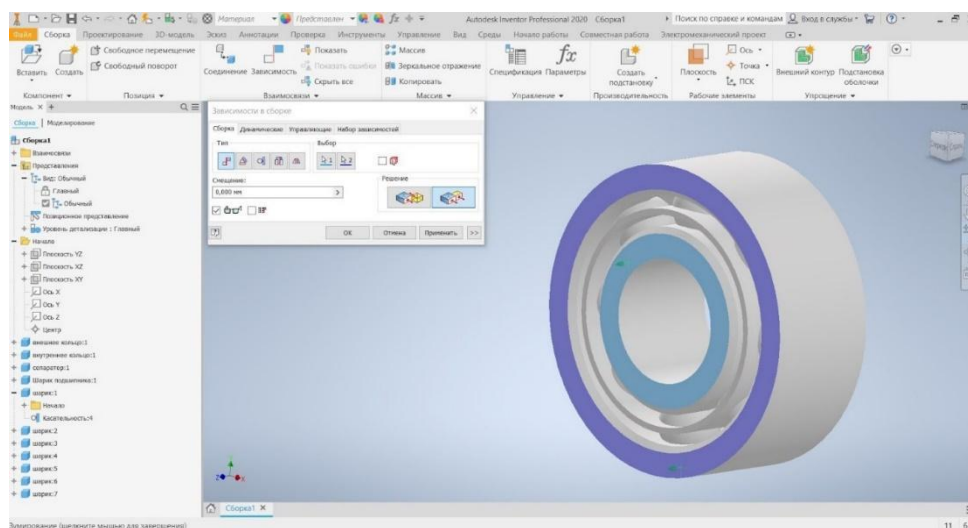


Рис. 14. Задание зависимостей

Сборка завершена. После создание сборки необходимо проверить механизм на наличие пересечений.

Для этого необходимо перейти в соответствующую вкладку «**Проверка**» и выбрать кнопку «**Анализ пересечений**». Для проведения анализа необходимо выбрать все компоненты сборки и

нажать ОК. При наличии пересечений, программа отметит периметр пересечений красным цвет.

Обнаружен ряд пересечений!

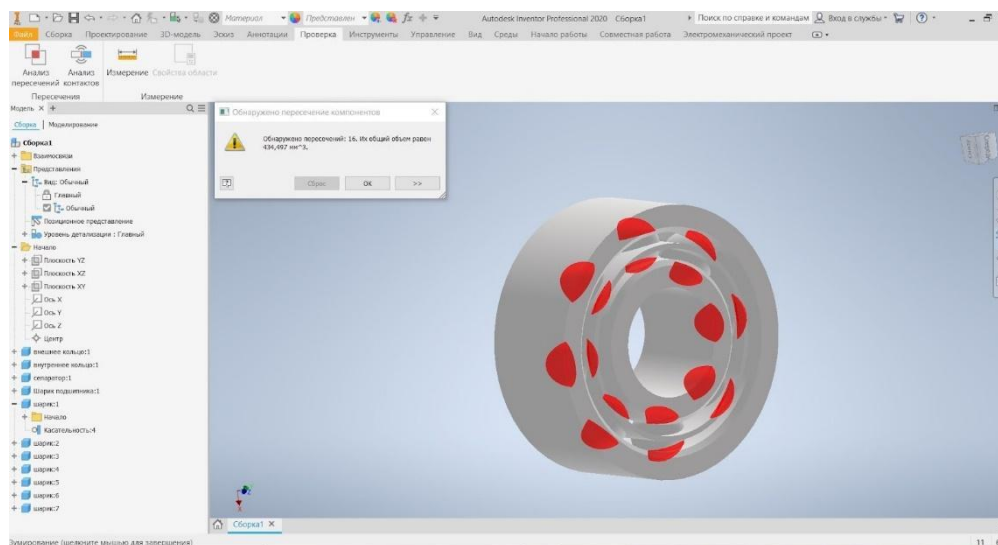


Рис. 15. Ошибка пересечений

Результатом пересечений тел качения, внешнего и внутреннего кольца, связаны с неправильным расположением сепаратора. Для исправления данной ошибки необходимо изменить зависимость «Совмещения» между сепаратором и кольцами. Зависимость можно удалить и создать новую либо редактировать существующую. Для редактирования зависимости, необходимо щелкнуть ЛКМ на зависимости в компоненте «сепаратор» и в открывшемся окне ввести 2,5 мм, тем самым создав необходимое смещение. После редактирования зависимости, пересечения устранились.

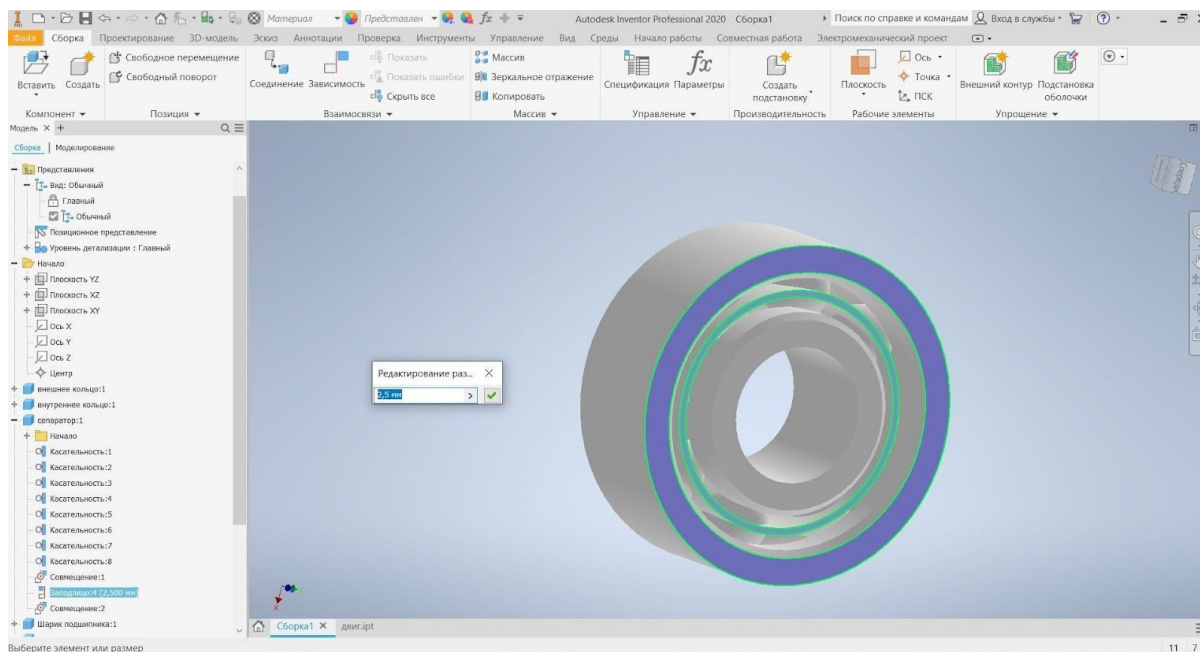


Рис. 16. Итог

Практическая работа №41

Проект «Подшипник». Создание фотореалистичного изображения изделия и анимации его работы.

Цель работы: восстановление навыков работы в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: получить фотореалистичное изображение изделия и видеофайл с анимацией его работы

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание фотореалистичного изображения.

Следующая тема - создание рендера. Перед созданием фотореалистичного изображения, необходимо разъяснить обучающимся о разнице между текстурой материалом и цветом. После чего стоит перейти к задаче материалов, текстур и цвета.

Вкладка выбора материала находится в самой верхней строке программы, вкладка текстур находится правее вкладки материалы, между вкладками текстура и материалы, находится иконка в виде цветового круга, отвечающая за настройку свойств текстуры, правее вкладки текстуры находится иконка в виде цветового круга с бегунком, которая отвечает за цвет.

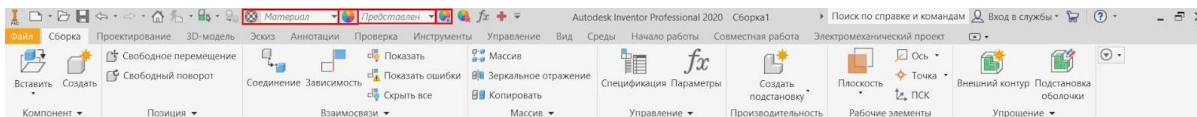


Рис. 1. Интерфейс Inventor

Следует обратить внимание, на тот факт, что после задачи определенного материала, программа автоматически выставляет текстуру, которая соответствует этому материалу. Текстуру в процессе можно поменять. К примеру, можно задать материал, алюминий марки 6061 и поменять соответствующую текстуру алюминия, скажем на древесину - дуб. Внешний вид компонента изменится, но физические свойства компонента из алюминия останутся прежними.

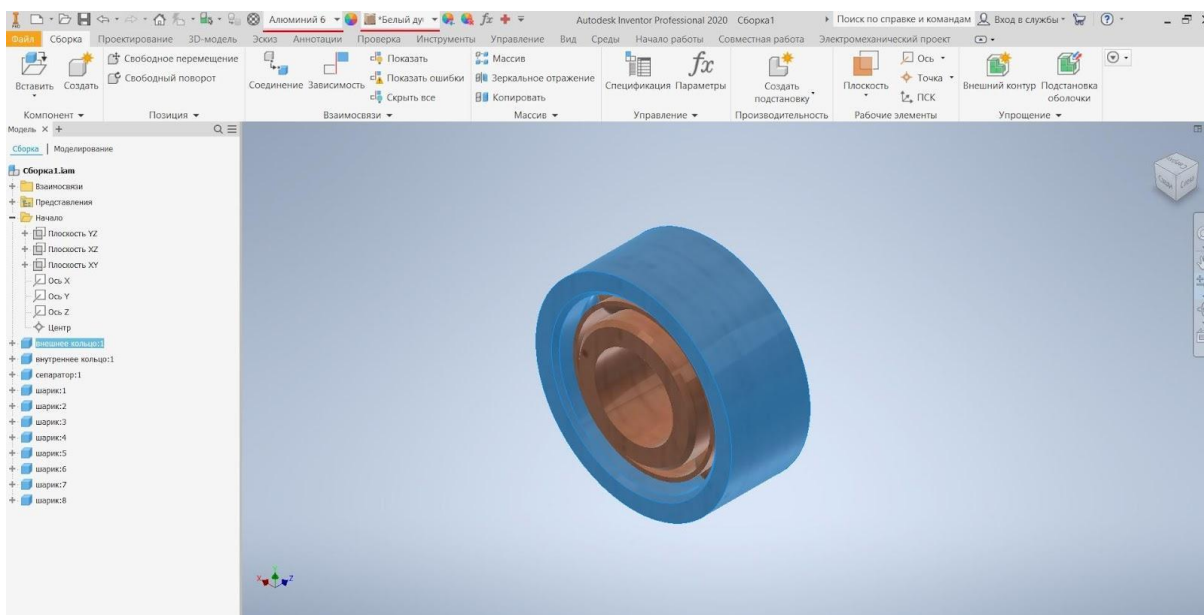


Рис. 2. Подшипник с материалами

После задачи определения материала также можно посмотреть основные физические свойства изделия, в соответствии с материалом. Для этого необходимо щелкнуть ЛКМ на значке сборки в браузере и в открывшемся меню выбрать предпоследнюю строку, «Свойства Inventor». После чего откроется меню настройки свойств, в котором нужно выбрать последнюю вкладку «Физические». В открывшейся вкладке можно увидеть плотность материала, после установки точности и выбора кнопки «Обновить», программа сама рассчитает основные свойства, присущие компоненту с учетом материала.

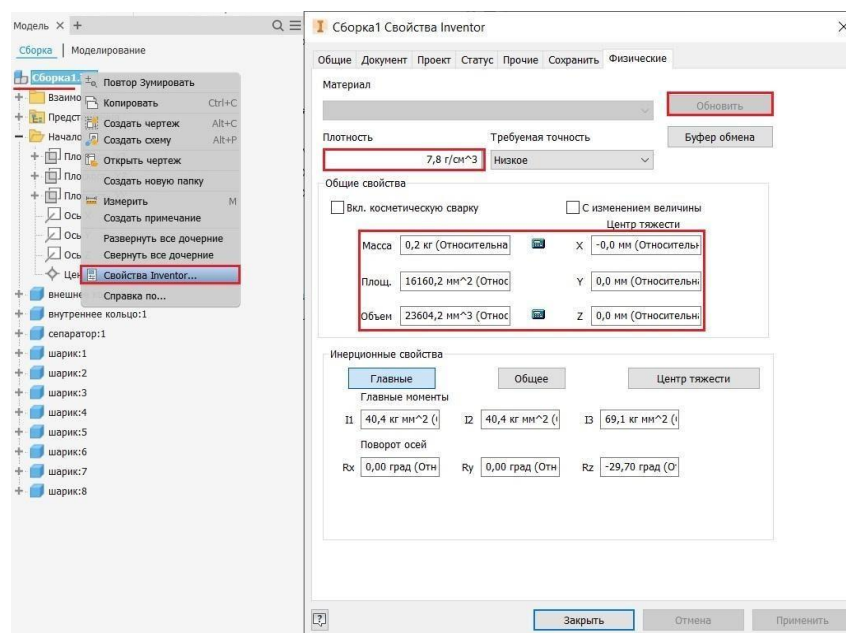


Рис. 3. Свойства материалов

Необходимо задать всем компонентам сборки, материал: **сталь нержавеющая**, текстура внешнего кольца: **прозрачный желтый**.

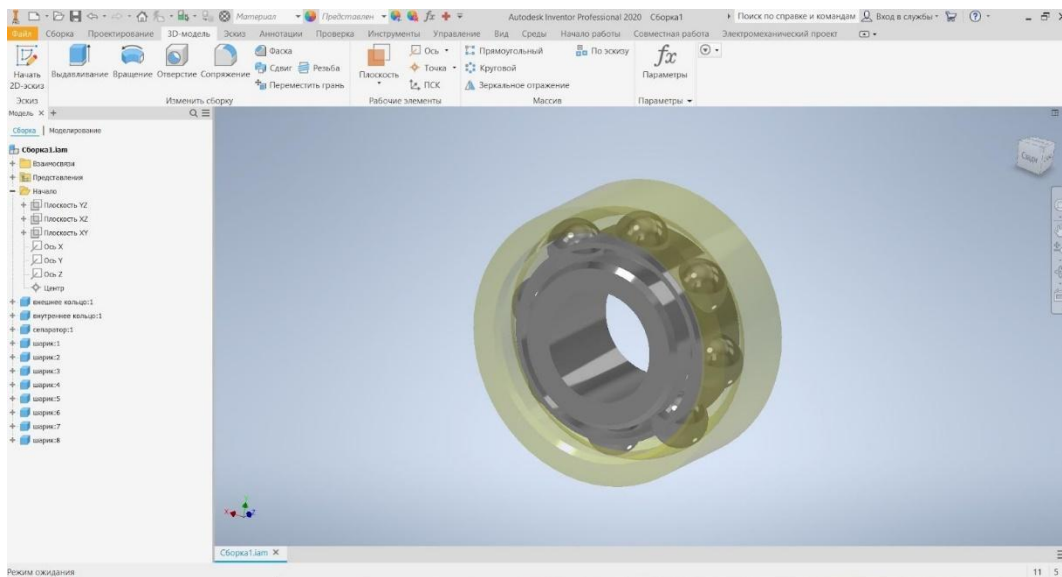


Рис. 4. Подшипник с материалом и текстурами

Далее следует перейти к созданию фотореалистичного изображения. Перед созданием рендера необходимо настроить сцену. Для настройки сцены необходимо перейти в вкладку «Вид».

Необходимо установить следующие параметры:

Стиль отображения: **реалистичный**

Тени: **тени везде**

Вид: **перспективный**

Источник света: **по желанию**

После чего стоит настроить положение камеры и нажать на кнопку «трассировка лучей». После создания чернового рендера нужно изменить освещение и «точность материалов» на «Точное» и дождаться среднего качества изображения.

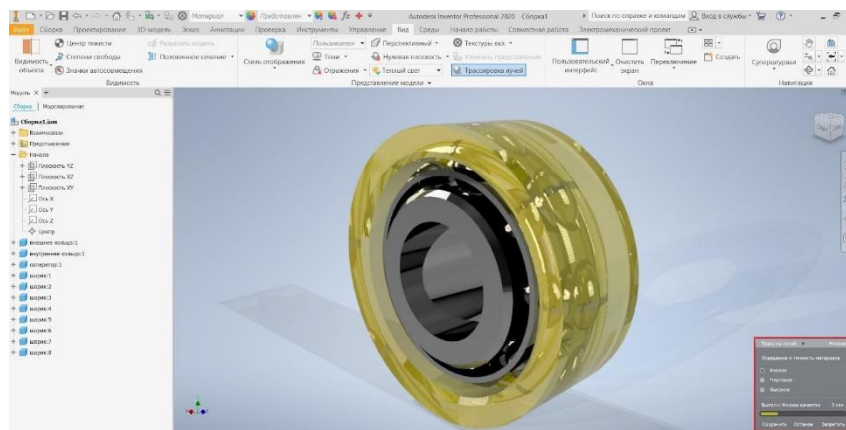


Рис. 5. Фотореалистичное изображение

После создания фотореалистичного изображения, необходимо его сохранить в формате JPG в соответствующую папку с проектом.

Создание анимации

Анимация работы подшипника будет создана в среде «Схема».

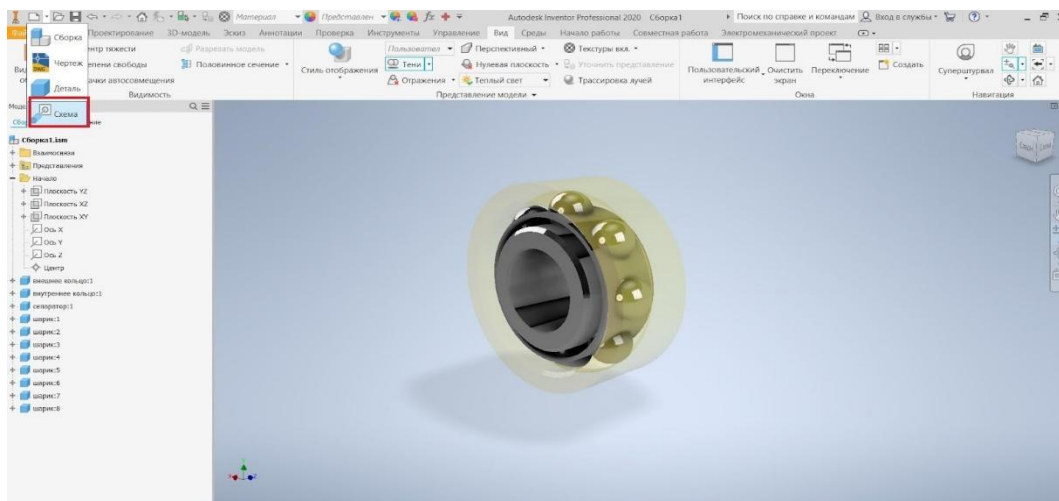


Рис. 6. Среда «Схема»

После выбора соответствующей среды, необходимо указать путь к сборке.

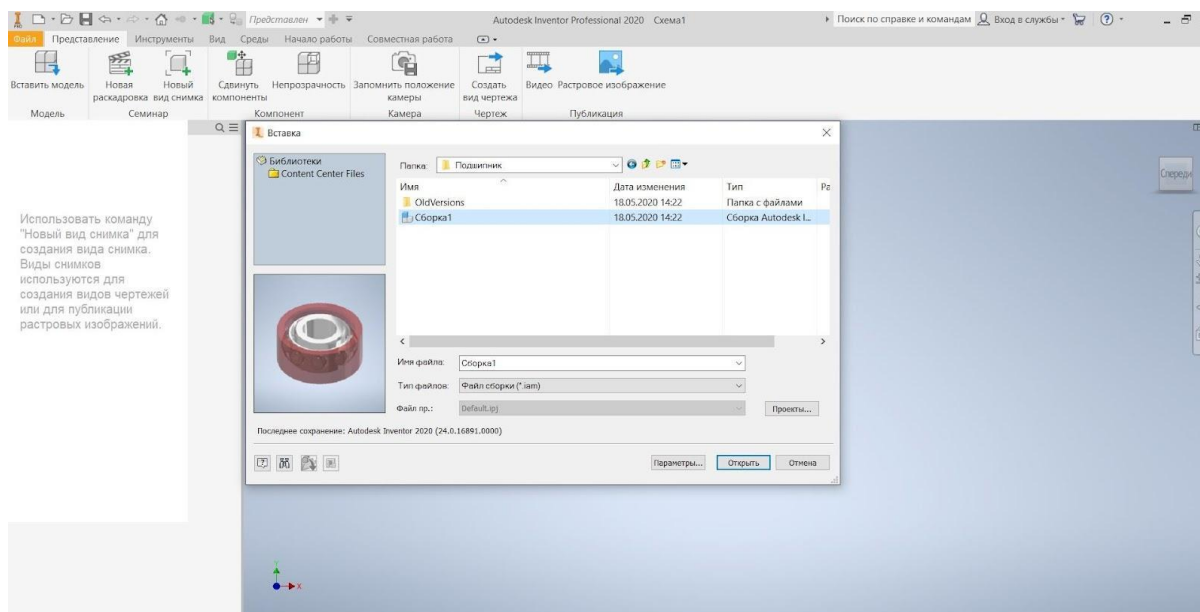


Рис. 7. Путь к сборке

Следует задать вращение внутреннему кольцу, сепаратору и телам вращения. Для этого необходимо выбрать кнопку в панели инструментов «Сдвинуть компонент», далее нужно выбрать каждый компонент, который будет совершать вращение, выбирать следует компоненты поочередно с зажатой клавишей Ctrl.

В открывшемся меню компонента следует поменять активность кнопки «Перенести» на «Повернуть».

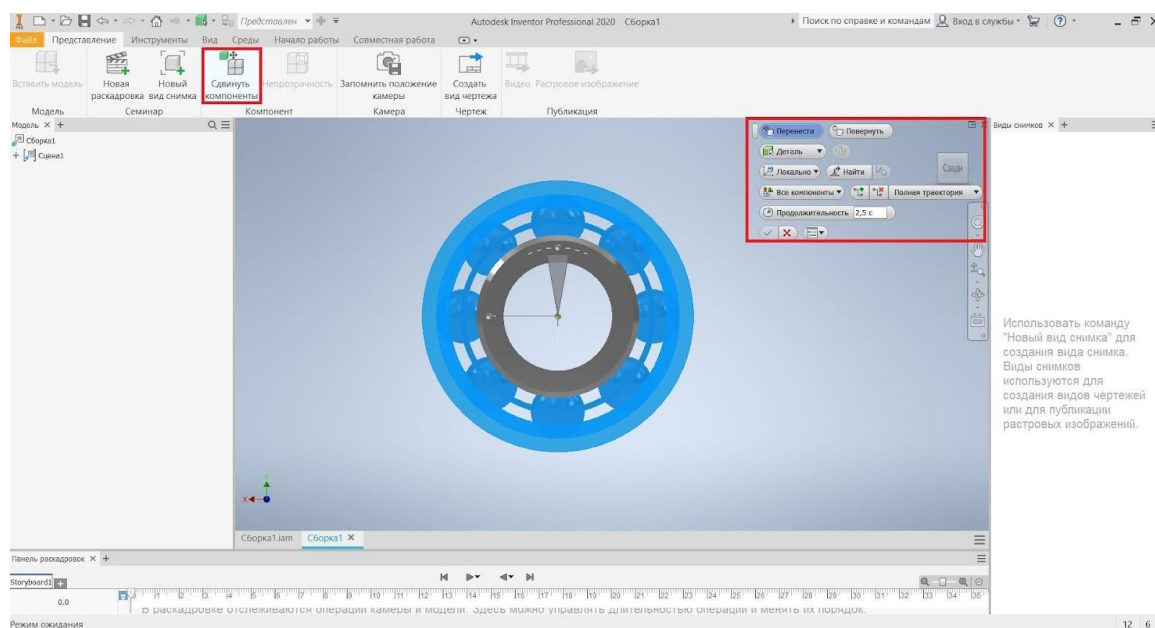


Рис. 8. Настройка анимации

После чего необходимо установить градус поворота, щелкнув на необходимый спектр поворота, всего спектров поворота три соответственно, по одному в каждом измерении, все три спектра появляются после выбора компонентов и подготовки их к анимации. Необходимо установить угол поворота в 1300 градусов, также нужно установить время, за которое будет осуществляться поворот, время поворота 5 секунд.

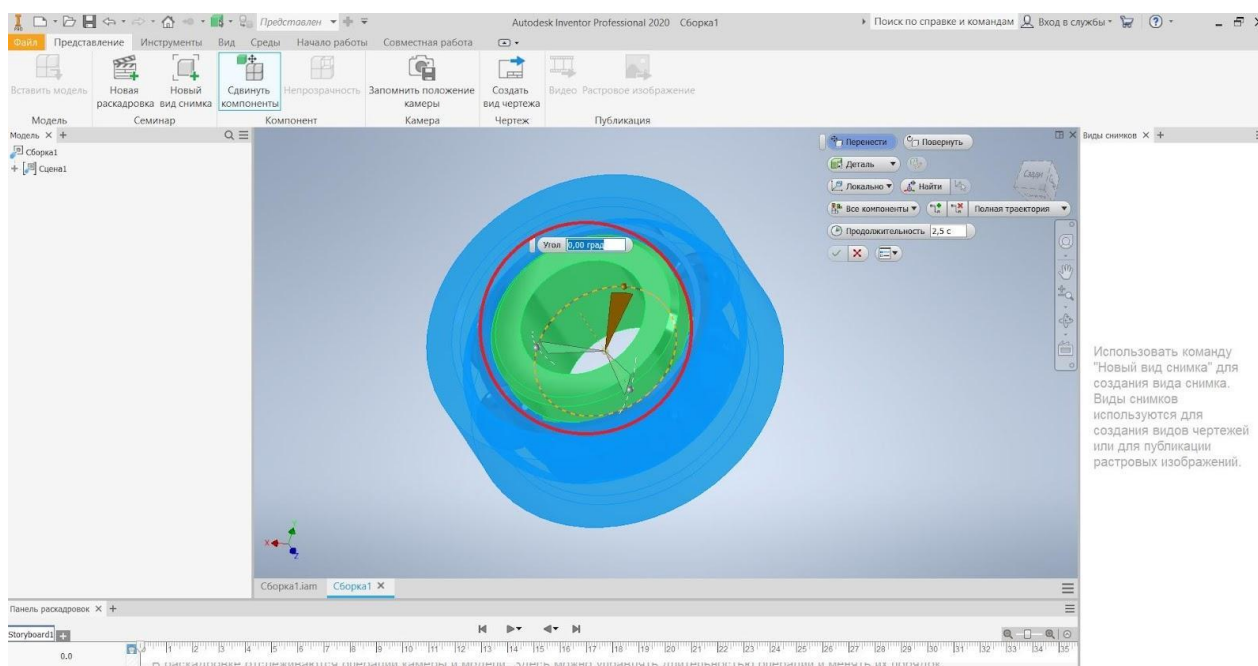


Рис. 9. Настройка анимации

После чего следует применить все действия и нажать на кнопку «ок».

Все необходимые действия выполнены. Для проигрывания анимации есть соответствующая кнопка.

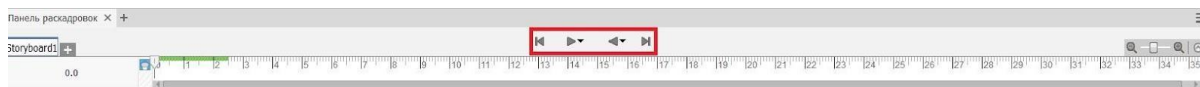


Рис. 10. Кнопка запуска анимации

Для рендера видео нужно выбрать кнопку «Видео».

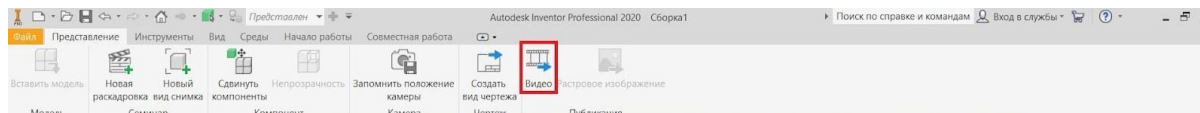


Рис. 11. Кнопка «Видео»

Откроется меню настройки рендера, в котором необходимо обратить внимание на следующие параметры

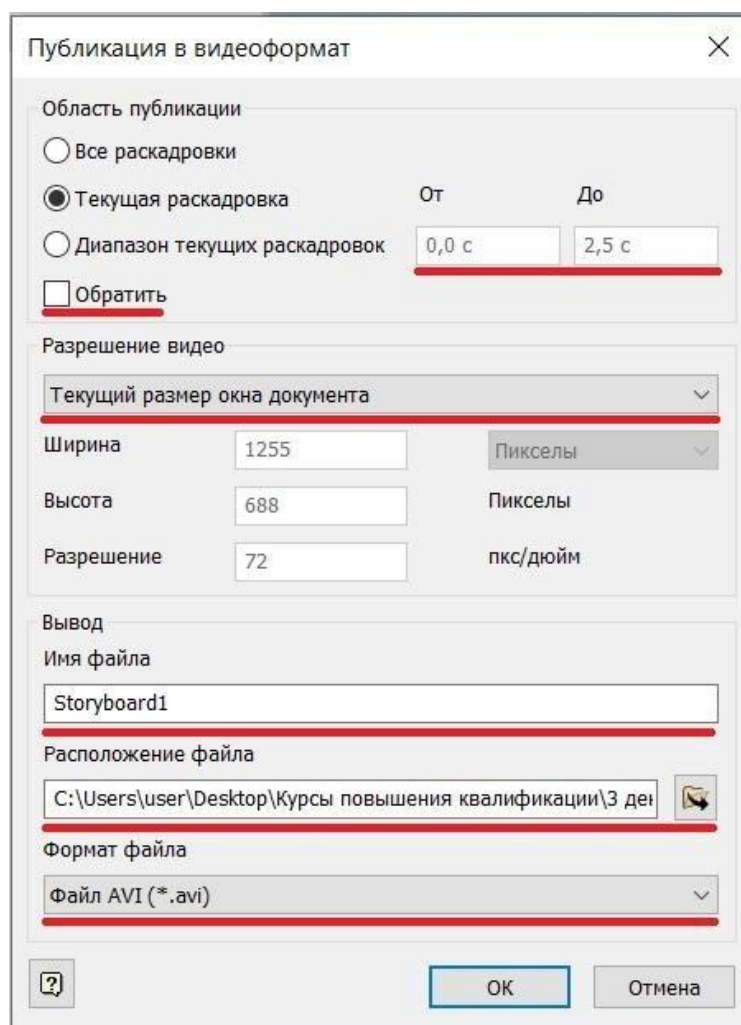


Рис. 12. Настройка рендера

После настройки необходимо принять все действия. По завершению рендера, видео анимации будет находиться в соответствующей папке. Преподаватель делает финальную проверку работ, проводит рефлексю.

Практическая работа №42.

Проект «Редуктор». Зубчатые механизмы и передаточное отношение.

Цель работы: изучение видов зубчатых передач, понятие о передаточном отношении

Объем: 1 час

Задание: изучить зубчатые механизмы

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Теоретическая часть

Лекция на тему: «Зубчатые механизмы».

Редукторы (латинского слова **reductor**) получили широкое распространение во всех отраслях промышленного и аграрного хозяйства, поэтому их производство с каждым годом увеличивается, появляются новые модификации, совершенствуются уже существующие модели.

Редуктор служит для снижения частоты вращения тихоходного вала и увеличения усилия на выходном валу. Редуктор может иметь одну или несколько ступеней, цель которых увеличение передаточного отношения. По типу механической передачи редукторы могут быть червячными, коническими, планетарными или цилиндрическими. Конструктивно редуктор выполнен как отдельное изделие, работающее в паре с электродвигателем и установленное с ним на одной раме.

Промышленностью сегодня выпускаются редукторы общего и специального назначения.

Редукторы общего назначения могут применяться во многих случаях и отвечают общим требованиям. Специальные же редукторы имеют нестандартные характеристики подходящие под определенные требования.

Классификация, основные параметры редукторов

В зависимости от типа зубчатой передачи **редукторы бывают цилиндрические, конические, волновые, планетарные, глобоидные и червячные**. Широко применяются комбинированные редукторы, состоящие из нескольких совмещенных в одном корпусе типов передач (цилиндроконические, цилиндروحервячные и т.д.).

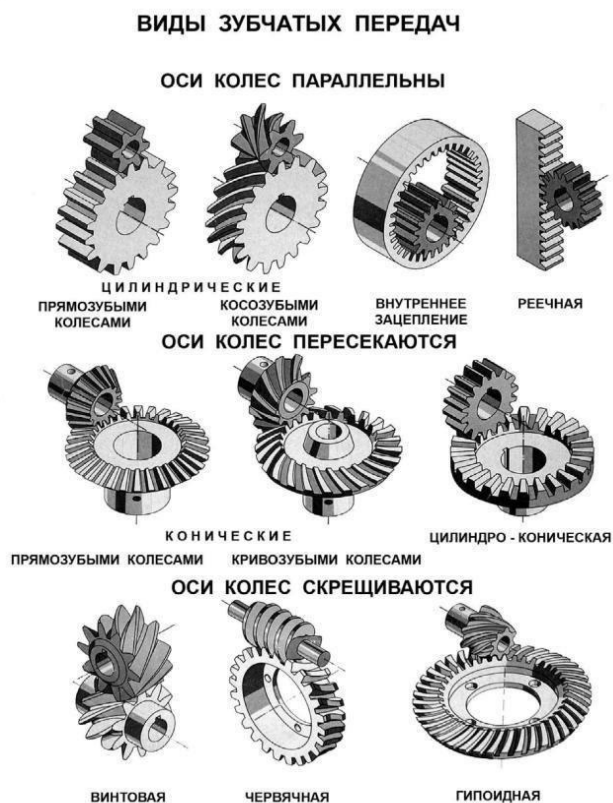


Рис. 1. Зубчатые передачи

Конструктивно редукторы могут передавать вращение между перекрещивающимися, пересекающимися и параллельными валами.

Так, например, цилиндрические редукторы позволяют передать вращение между параллельными валами, конические - между пересекающимися, а червячные - между пересекающимися валами.

Общее передаточное число может достигать до нескольких десятков тысяч и зависит от количества ступеней в редукторе. Широкое применение нашли редукторы, состоящие из одной, двух или трех ступеней, причем они могут, как описывалось выше, совмещать разные типы зубчатых передач.

Классификация зубчатых передач; возможности, достоинства, недостатки разных видов зубчатых передач.

Меньшее из пары зубчатых колес принято называть шестерней (трибом), большее – колесом. Термин «зубчатое колесо» можно применять как к шестерне, так и к колесу зубчатой передачи. Индексы «1» и «2» присваивают соответственно параметрам шестерни и колеса.

Зацепление зубчатых колес можно кинематически представить как качение без скольжения друг по другу двух поверхностей, называемых начальными. Для цилиндрических передач это цилиндры,

для конических – конусы. Точку качения начальных поверхностей определяют, как полюс зацепления. По числу пар зацепляющихся колес зубчатые передачи бывают одно-, двух- и многоступенчатыми.

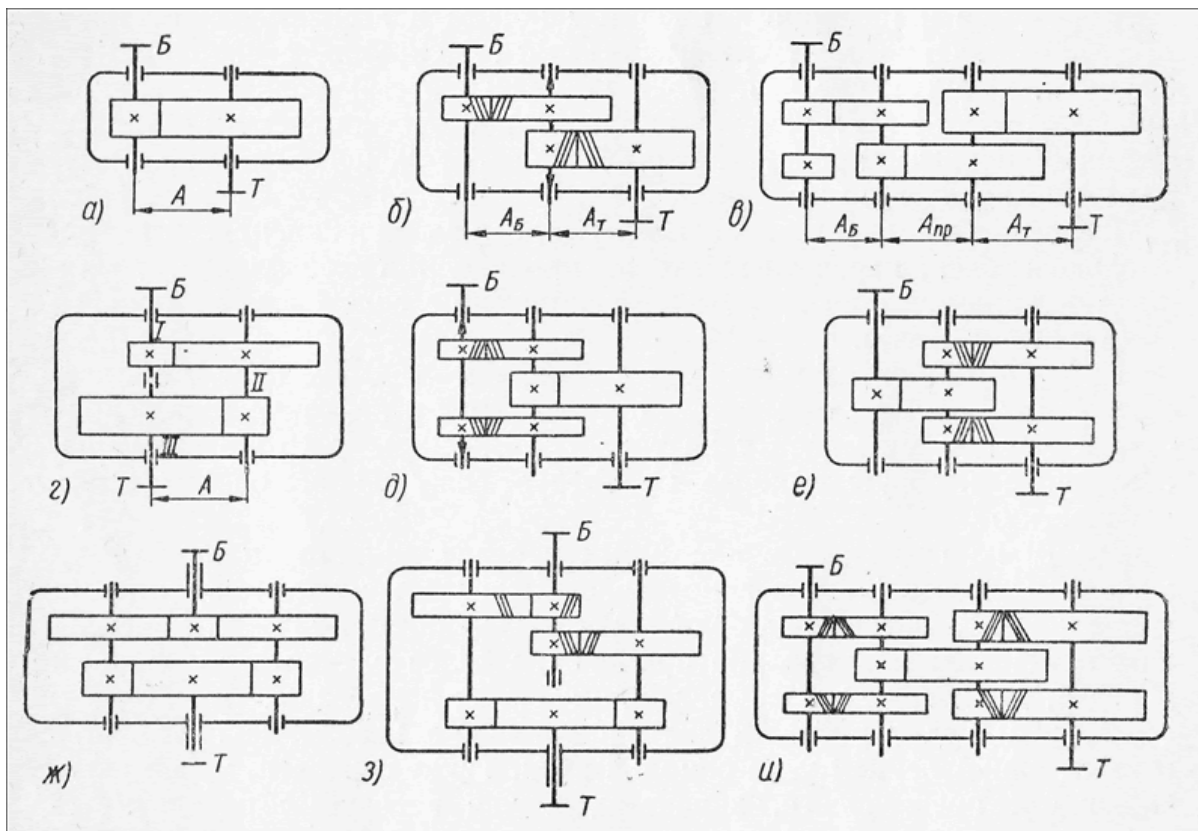


Рис. 2. Зубчатые передачи

По профилю зубьев: очертания зуба в плоскости поперечного сечения профиль зуба; эвольвентные, циклоидальные, круговые (зацепление Новикова).

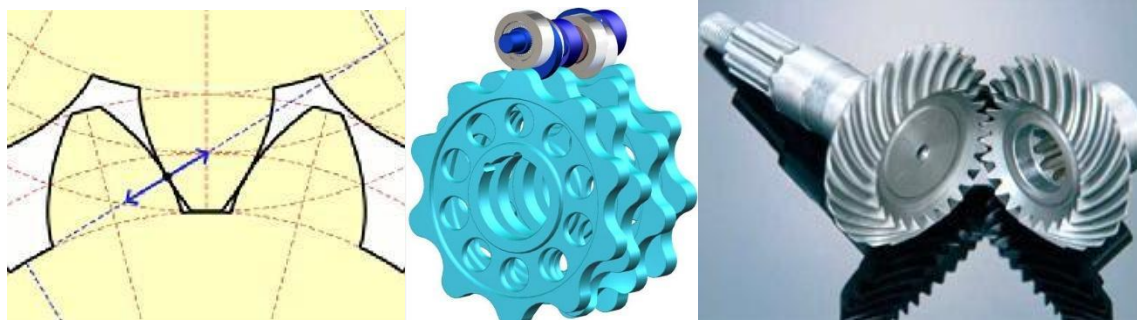


Рис. 3. Зацепления зубьев

По взаимному расположению осей их делят на цилиндрические – с параллельными осями, конические – с пересекающимися осями, на червячные, винтовые – со скрещивающимися в пространстве осями.

Зацепление зубчатых колес может быть внешним и внутренним.

Реечные зубчатые передачи преобразуют вращательное движение в поступательное или наоборот.

По расположению зубьев относительно образующих начальной поверхности колеса зубчатые передачи делят на прямозубые и косозубые, шевронные и с круговым зубом.

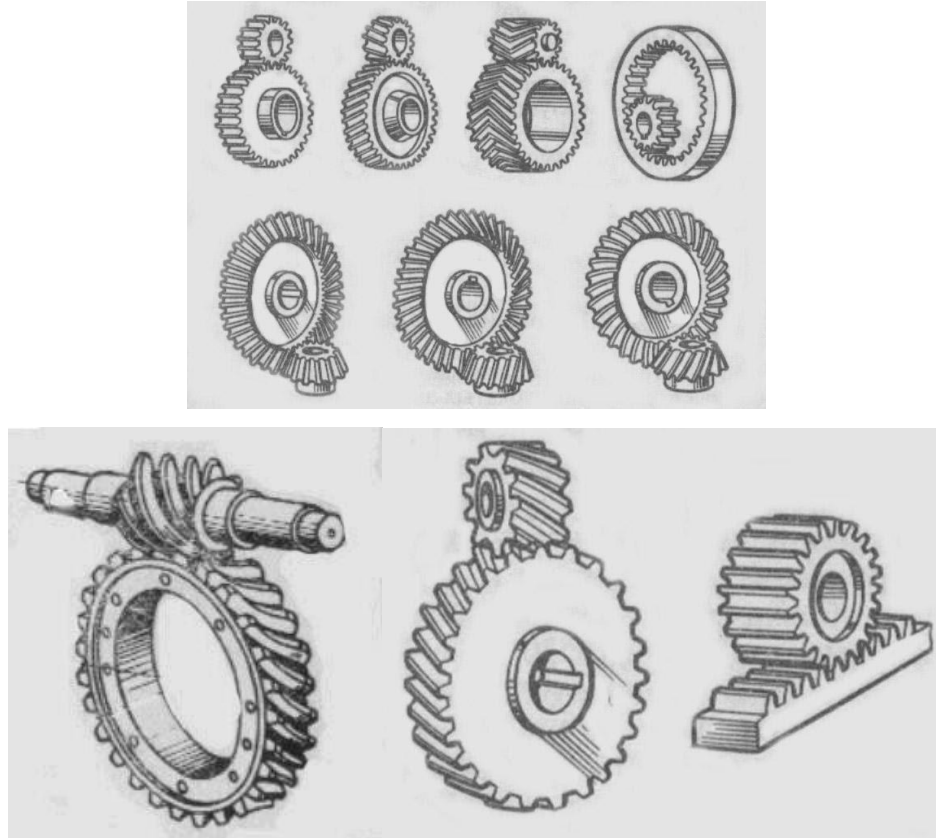


Рис. 4. Зубчатые передачи

Прямозубыми называются колеса (передачи), направление каждого зуба которых совпадает с образующей начальной поверхности (цилиндра или конуса).

Косозубыми называются зубчатые колеса, направление каждого зуба которых составляет некоторый постоянный угол с образующей начальной поверхности.

Обладают рядом достоинств по сравнению с прямозубыми: благодаря наличию угла наклона зубья вступают в зацепление по своей длине постепенно, что обеспечивает более равномерную и плавную работу и естественно, снижение шума механизма вследствие большего коэффициента перекрытия. У косозубых колес минимальное число зубьев при котором не происходит подрезания, меньше, чем у прямозубых. Косозубые передачи позволяют подобрать при заданном межосевом расстоянии за счет изменения угла наклона пары колес со стандартным модулем.

К недостаткам косозубых передач следует отнести более сложное изготовление колес по сравнению с прямозубыми и появление дополнительного осевого усилия, передаваемого на опоры. Для устранения осевого усилия можно применять шевронные зубчатые колеса. Венец шевронного колеса состоит из участков с правым и левым направлением зубьев. Зубья такого колеса могут быть нарезаны на одном ободе или венец состоит из жесткого соединения двух косозубых колес с разным направлением наклона зубьев. Шевронные колеса сложнее в изготовлении косозубых.



Рис. 5. Шевронная передача

Шевронными называются колеса, зубчатый венец которых образуется из двух рядов косых зубьев противоположного направления.

Для устранения осевого усилия можно применять шевронные зубчатые колеса. Венец шевронного колеса состоит из участков с правым и левым направлением зубьев. Зубья такого колеса могут быть нарезаны на одном ободе или венец состоит из жесткого соединения двух косозубых колес с разным направлением наклона зубьев. Шевронные колеса сложнее в изготовлении косозубых.



Рис. 6. Коническая передача

Конические колеса могут быть прямозубыми, косозубыми и с круговым зубом.

Конические зубчатые колеса применяют для передачи вращательного движения между валами, оси которых пересекаются под некоторым углом.

Преимущественно применяют прямозубые конические колеса и только тогда, когда нельзя использовать цилиндрические. Это объясняется большей сложностью изготовления и сборки конических передач. Одно из колес конических передач из-за пересечения осей валов располагается

консольно, что создает дополнительные трудности при конструировании опор. Кроме того, валы и опоры нагружаются не только радиальными, но и осевыми силами. Применение более сложных опор приводит к снижению КПД и к большему шуму, чем при применении цилиндрических передач.

Наибольшее распространение получили передачи с эвольвентным профилем зубьев. Во-первых, эвольвентное зацепление мало чувствительно к отклонениям межосевого расстояния, не нарушается правильность зацепления. Во-вторых, профиль зубьев инструмента для нарезания эвольвентных зубчатых колес может быть прямолинейным, сравнительно простое изготовление и контроль инструмента и колес, одним инструментом можно нарезать колеса с разным числом зубьев. Траекторией точки контакта эвольвентных профилей зубьев является прямая линия.

По характеру своей работы передачи могут быть реверсивные и неревверсивные. По конструктивному выполнению корпуса зубчатые передачи бывают открытыми и закрытыми. Открытые не имеют защиты от попадания пыли и грязи, закрытые передачи имеют жесткий корпус и работают в масляной ванне.

По величине окружной скорости различают передачи – тихоходные (до 3 м/с), средних скоростей (3 ... 15 м/с) и быстроходные (свыше 15 м/с).

Червячные передачи применяют, когда оси ведущего и ведомого валов перекрещиваются под углом 90°.



Рис. 7. Червячная передача

Достоинством червячных передач по сравнению с зубчатыми является возможность получить большие передаточные отношения (числа) в одной ступени, до 80 в силовых передачах и до нескольких сотен в кинематических. Червячным редукторам присущи также бесшумность в работе; высокая плавность зацепления; компактность; свойство самоторможения, заключающееся в невозможности передачи вращения от колеса к червяку, что позволяет исключать из привода тормозные устройства; надежность и простота эксплуатации.

Недостатками червячных передач являются большое относительное скольжение сопряженных поверхностей в зацеплении; большие потери на трение; малый КПД; значительный

нагрев зацепляющихся элементов в силовых передачах, что требует специальных мер для дополнительного охлаждения; высокая сложность и точность изготовления и сборки.

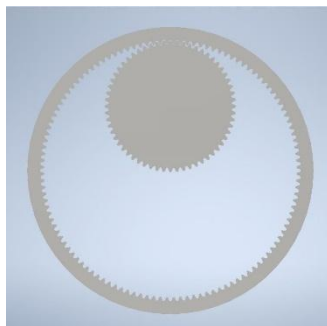


Рис. 8. Планетарная передача

Планетарными называют многосвязные механизмы, в которых обязательно есть зубчатые колеса с движущимися геометрическими осями.

Планетарные передачи позволяют получать большие передаточные отношения при малых габаритах и массе механизма, снимать с одной (центральной) оси движения с разными угловыми скоростями. Планетарные механизмы широко используются в шкальных отсчетных устройствах, где подвижное центральное колесо связывают со шкалой грубого отсчета, а водило – со шкалой точного отсчета; в механизмах настройки. Недостатками планетарных передач являются повышенное требование к точности изготовления, относительно большой мертвый ход, уменьшение КПД с ростом передаточного отношения.

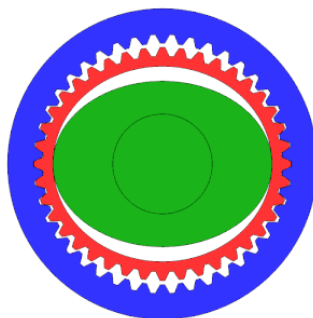


Рис. 9. Волновая передача

Волновые зубчатые механизмы имеют ряд достоинств: большие передаточные отношения (50 ... 250 в одноступенчатой передаче) при малых габаритах и массе; высокие точность и плавность вследствие уменьшения общей ошибки при большом числе зацепляющихся зубьев и минимальный мертвый ход; высокий КПД (0,7 ... 0,9) благодаря малым скоростям скольжения в зацеплении; возможность передачи вращательного движения в герметически закрытое пространство или через

непроницаемую перегородку. Двухступенчатая схема волновой передачи позволяет получать передаточные отношения до нескольких тысяч.

По сравнению с планетарными передачами волновые имеют большие КПД, точность и меньший мертвый ход.

К недостаткам волновых передач относятся сложность изготовления и невозможность получения малых передаточных отношений (меньше 50).

Применяются волновые передачи в кинематических и силовых приводах с большим передаточным отношением; в отсчетных устройствах повышенной точности; как привод для передачи движения в герметизированное пространство.

Расчет передаточного отношения

Для того чтобы определить передаточное отношение, нужно иметь по крайней мере две шестерни, сцепленные друг с другом; такое сцепление называется зубчатой передачей. Как правило, первая шестерня является ведущей шестерней (крепится к валу двигателя), а вторая – ведомой шестерней (крепится к валу нагрузки). Между ведущей и ведомой шестернями может быть сколь угодно много шестерен. Они называются промежуточными.

Сейчас будет рассмотрена передача с двумя шестернями. Для определения передаточного отношения эти шестерни должны быть сцеплены друг с другом (то есть их зубья сцеплены и одна шестерня поворачивает другую). Например, дана небольшая ведущая шестерня (шестерня 1) и большая ведомая шестерня (шестерня 2).

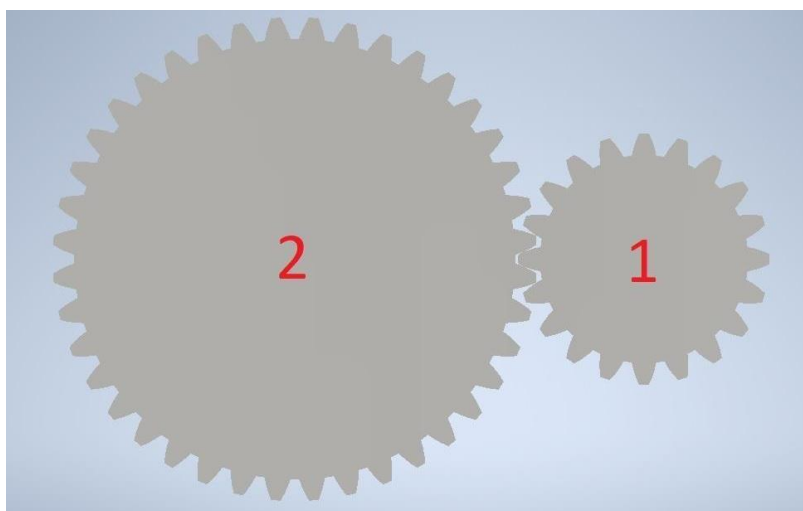


Рис. 10. Системы из двух шестерён

Простейший способ найти передаточное отношение между двумя шестернями – сравнить количество зубьев на каждой из них. Необходимо определить количества зубьев на ведущей

шестерне. В данном примере меньшая (ведущая) шестерня имеет 20 зубьев, а большая (ведомая) шестерня имеет 30 зубьев.

Необходимо разделить количество зубьев ведомой шестерни на количество зубьев ведущей шестерни, чтобы вычислить передаточное отношение. В зависимости от условий задачи, можно записать ответ в виде десятичной дроби, обыкновенной дроби или в виде отношения (х:у).

В данном примере: $40/20 = 2$. Так же ответ можно записать в виде $4/2$ или $2:1$.

Такое передаточное отношение означает, что меньшая ведущая шестерня должна совершить два оборота, чтобы большая ведомая шестерня совершила один оборот. Это имеет смысл, так как ведомая шестерня больше, а значит вращается медленнее.

Практическая работа №43.

Проект «Редуктор». Проектирование зубчатого зацепления.

Цель работы: изучение генератора зубчатого зацепления в Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: получить модели зубчатых колес, отредактировать их в соответствии с чертежом

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание цилиндрического зубчатого зацепления.

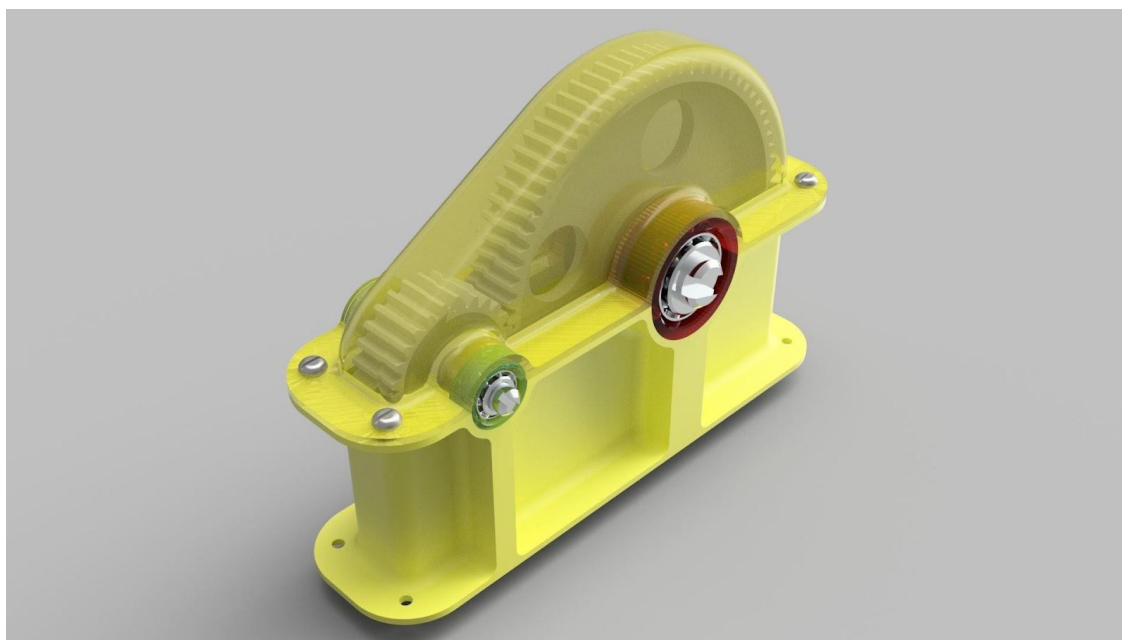


Рис. 1. Модель редуктора

В качестве следующего типового проекта будет смоделирован простейший одноступенчатый редуктор с цилиндрическим зубчатым зацеплением. Для проектирования различных объектов в Inventor, есть так называемые генераторы, которые позволяют быстро создавать объекты по заданным параметрам. Для создания зубчатого зацепления, можно воспользоваться соответствующим генератором, который доступен в среде - сборка, вкладка - проектирование. Данный модуль позволяет генерировать различные зубчатые зацепления, необходимо выбрать решение - цилиндрическое зубчатое зацепление.

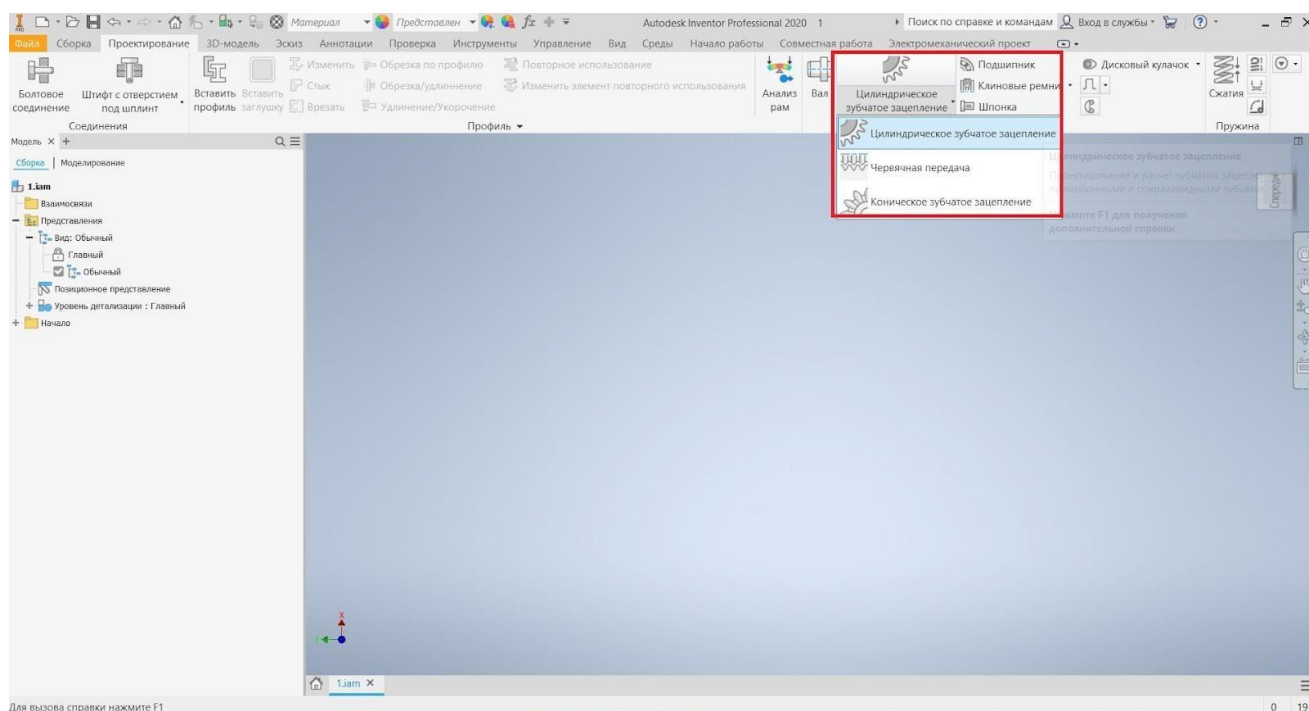


Рис. 2. Создание зубчатого зацепления

После выбора соответствующего пункта, откроется генератор компонентов цилиндрического зубчатого зацепления.

Генератор компонентов цилиндрического зубчатого зацепления

Модель **Расчет**

Общие

Выбор модели

Количество зубьев

Требуемое передаточное отношение

3

Модуль

2,000 мм

Межосевое расстояние

100 мм

Угол профиля

20,0000 град

Угол наклона зуба

0,0000 град

Выбор коэффициента смещения

Пользовательский

Общий коэффициент смещения

0,0000 бр

Просмотр...

Результаты

Зубчатое колесо 1

d_a 53,200 мм

d 50,000 мм

d_f 45,800 мм

x_z 0,1014 бр

x_b -0,6425 бр

x_d -0,7791 бр

s_a 0,9271 бр

b_r 0,4000 бр

Зубчатое колесо 2

d_a 153,200 мм

d 150,000 мм

d_f 145,800 мм

13:14:08 Модель: Зубчатое колесо 1: Коэффициент смещения (x) меньше Коэффициент смещения без уклона (x_b)

13:14:08 Модель: Количество зубьев пропорционально - скидки одних и тех же зубьев выполняются относительно регулярно

13:14:08 Расчет: Соответствие при подборе в процессе расчета!

Исходный параметр

☒ Передаточное отношение

☐ Количество зубьев

Тип размера

☒ Модуль

☐ Диаметральный шаг

Достижение межосевого расстояния

☒ Поправка зубьев

☐ Угол наклона зуба

Размеры зубьев

Зубчатое колесо 1

Коэффициент высоты головки зуба a^* 0,8000 бр

Зазор c^* 0,2500 бр

Скругление основания ножки зуба r_f^* 0,3500 бр

Зубчатое колесо 2

☒ Зубчатое колесо 2

Коэффициент высоты головки зуба a^* 0,8000 бр

Зазор c^* 0,2500 бр

Скругление основания ножки зуба r_f^* 0,3500 бр

Расчитать

OK

Отмена

Рис. 3. Создание зубчатого зацепления

В данном генераторе необходимо настроить следующие параметры:

Требуемое передаточное отношение: **3.**

Межосевое расстояние: **100 мм.**

Зубчатое колесо 1

Ширина грани: **20 мм**

Зубчатое колесо 2

Ширина грани: **20 мм**

После ввода параметров, необходимо выбрать - **рассчитать**. Передача готова для создания. По умолчанию, генератор создает сцепку из двух зубчатых колес, но для дальнейшей анимации работы редуктора, нужно создавать, каждое колесо по отдельности. Первым этапом необходимо создать ведущее колесо. В вкладке зубчатое колесо 2(ведомое) нужно выбрать - **нет модели**. После нажатия на кнопку «ок», ведущее колесо зависнет над курсором, однократное нажатие ЛКМ

позволит разместить объект на рабочей области. Стоит обратить внимание, что в браузере появилось обозначение цилиндрического зацепления.



Рис. 4. Создание зубчатого зацепления

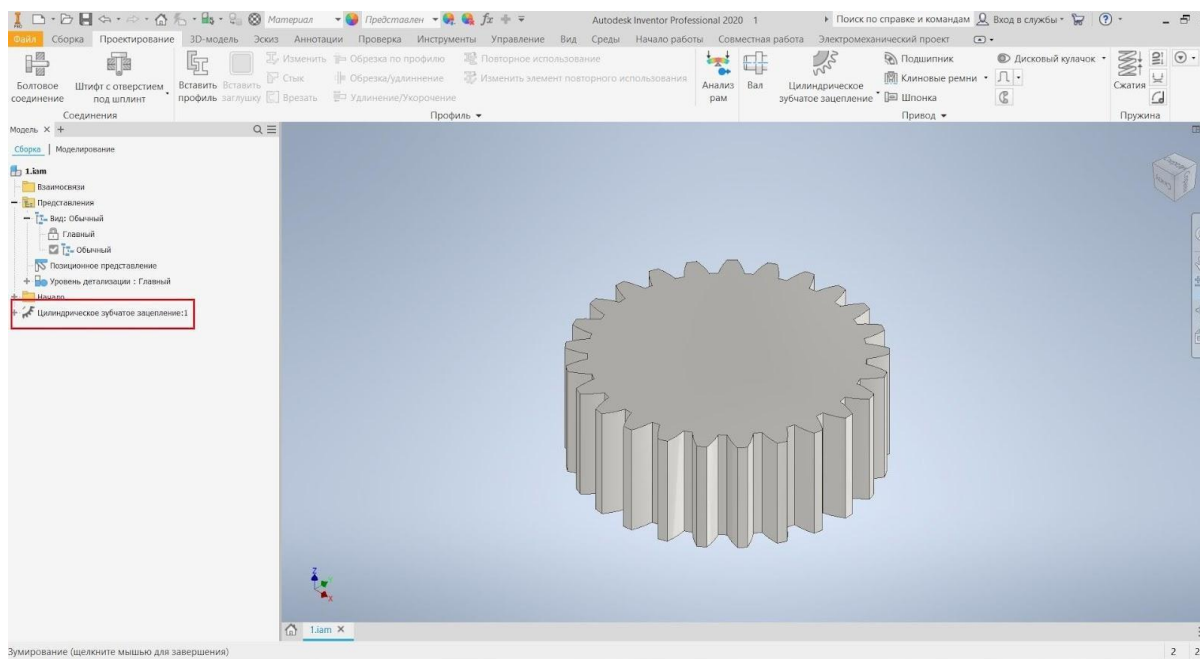


Рис. 5. Зубчатое колесо

По аналогии следует создать ведомое зубчатое колесо. После выбора генератора, настройки в нем остаются неизменными, стоит убрать компонент зубчатое колесо 1, а зубчатое колесо 2, напротив оставить.

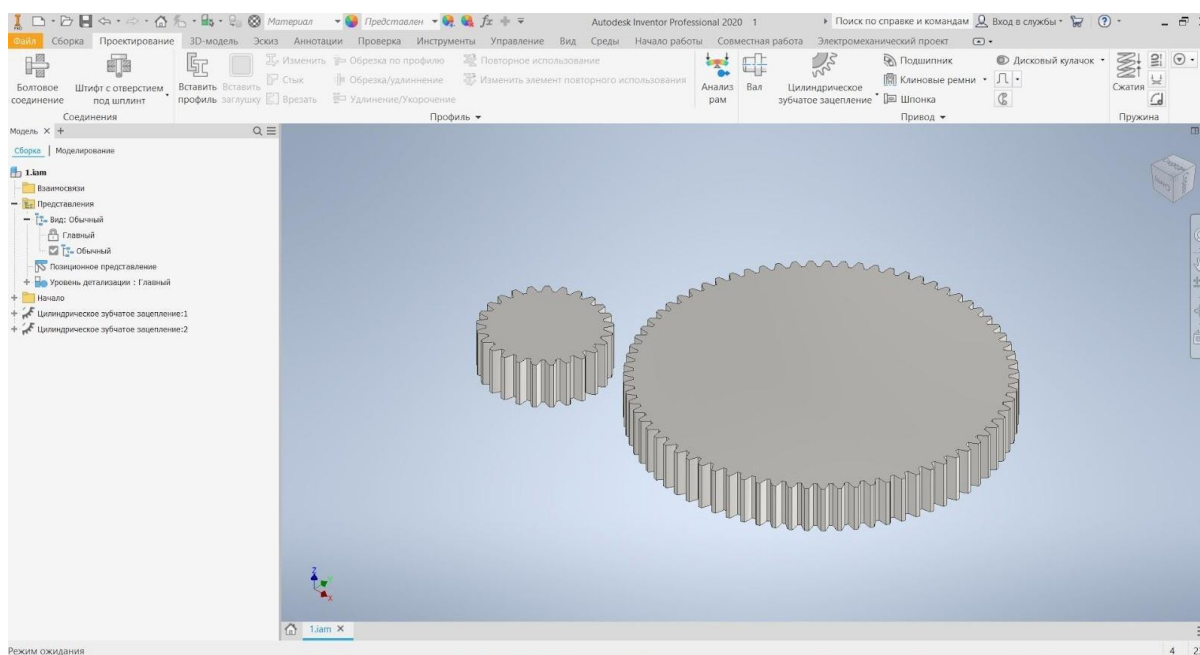


Рис. 6. Создание зубчатого зацепления

Каждый из созданных объектов можно редактировать внутри сборки нажав два раза на объекте ЛКМ. Следует отредактировать объекты по следующим чертежам (чертежи можно найти в приложении).

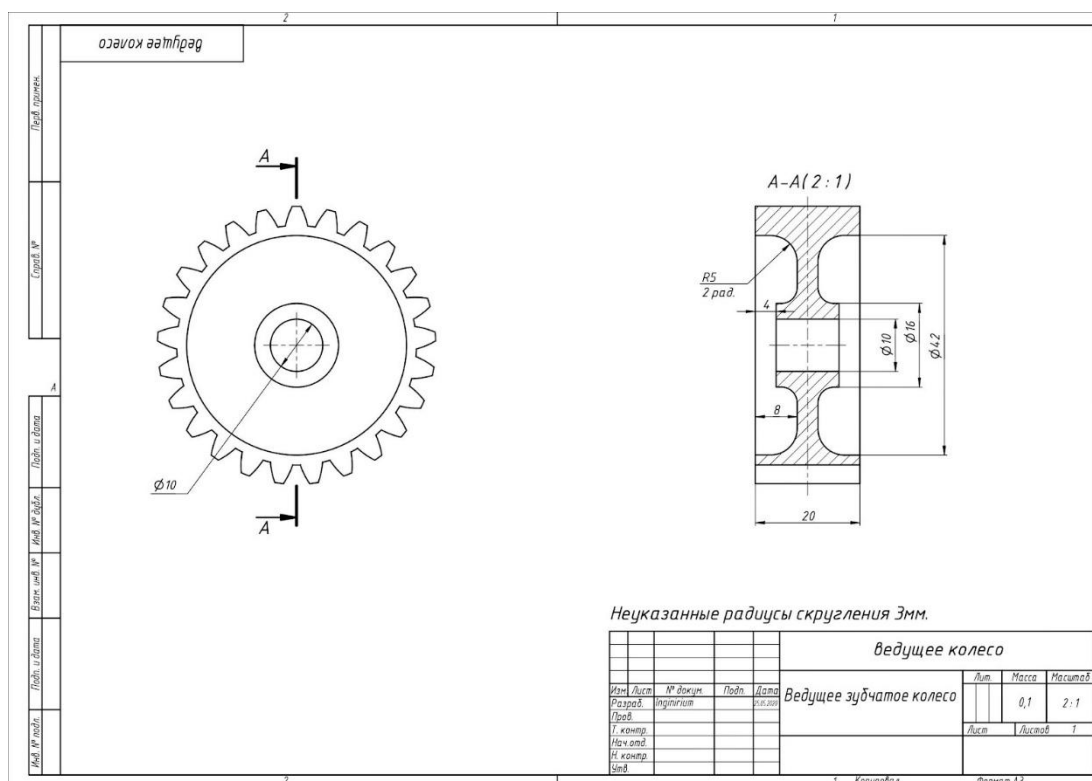


Рис. 7. Чертеж зубчатого колеса

Редактирование ведущего колеса выполняется одной операцией вращения.

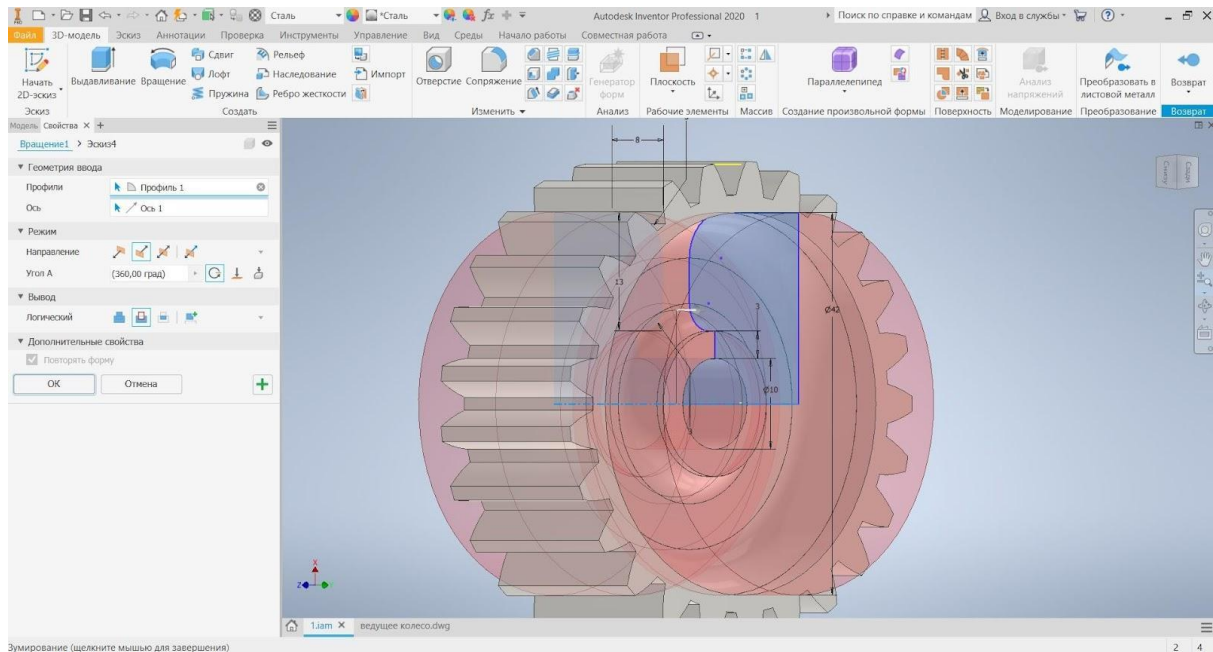


Рис. 8. Редактирование зубчатого колеса

Ведомое зубчатое колесо так же следует отредактировать, по следующему чертежу.

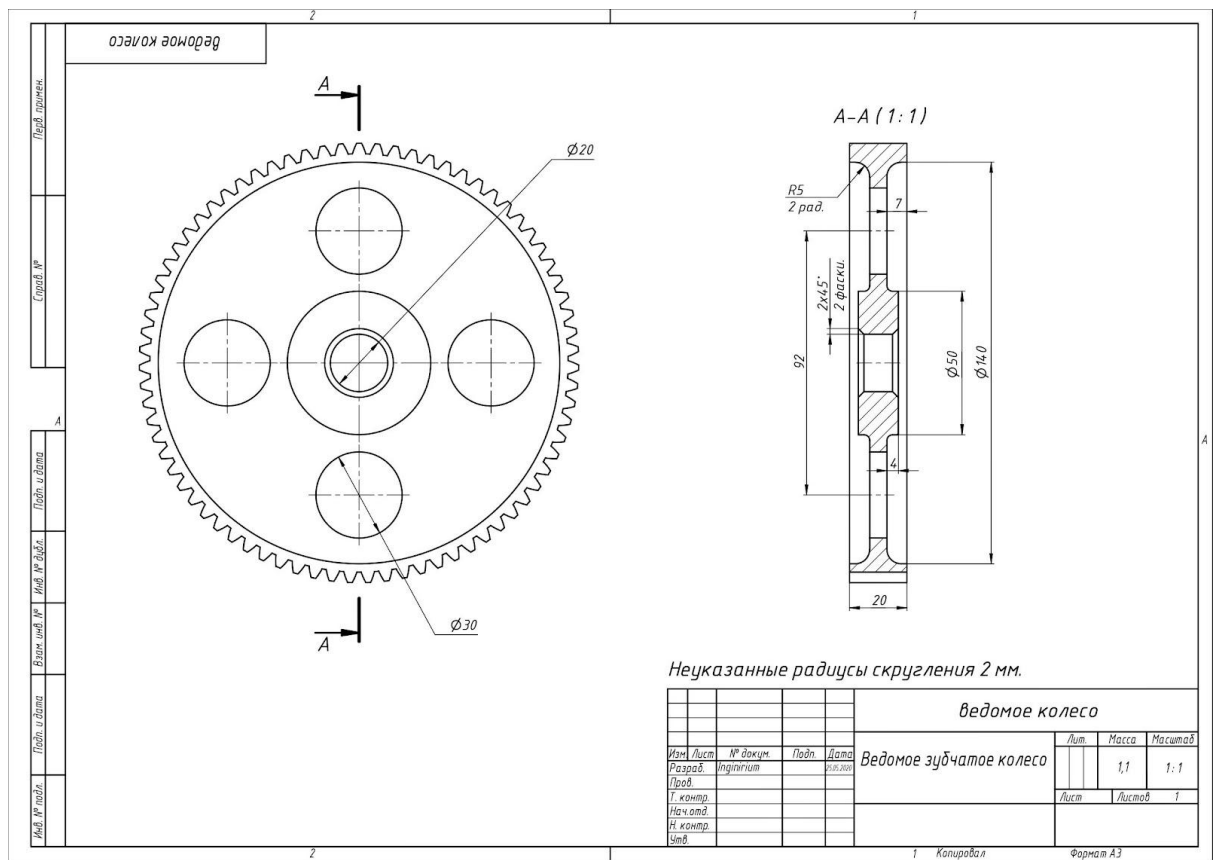


Рис. 9. Чертеж зубчатого колеса

Необходимые редактирования выполняются с помощью трех операций:

1. Вращение
2. Выдавливание
3. Круговой массив

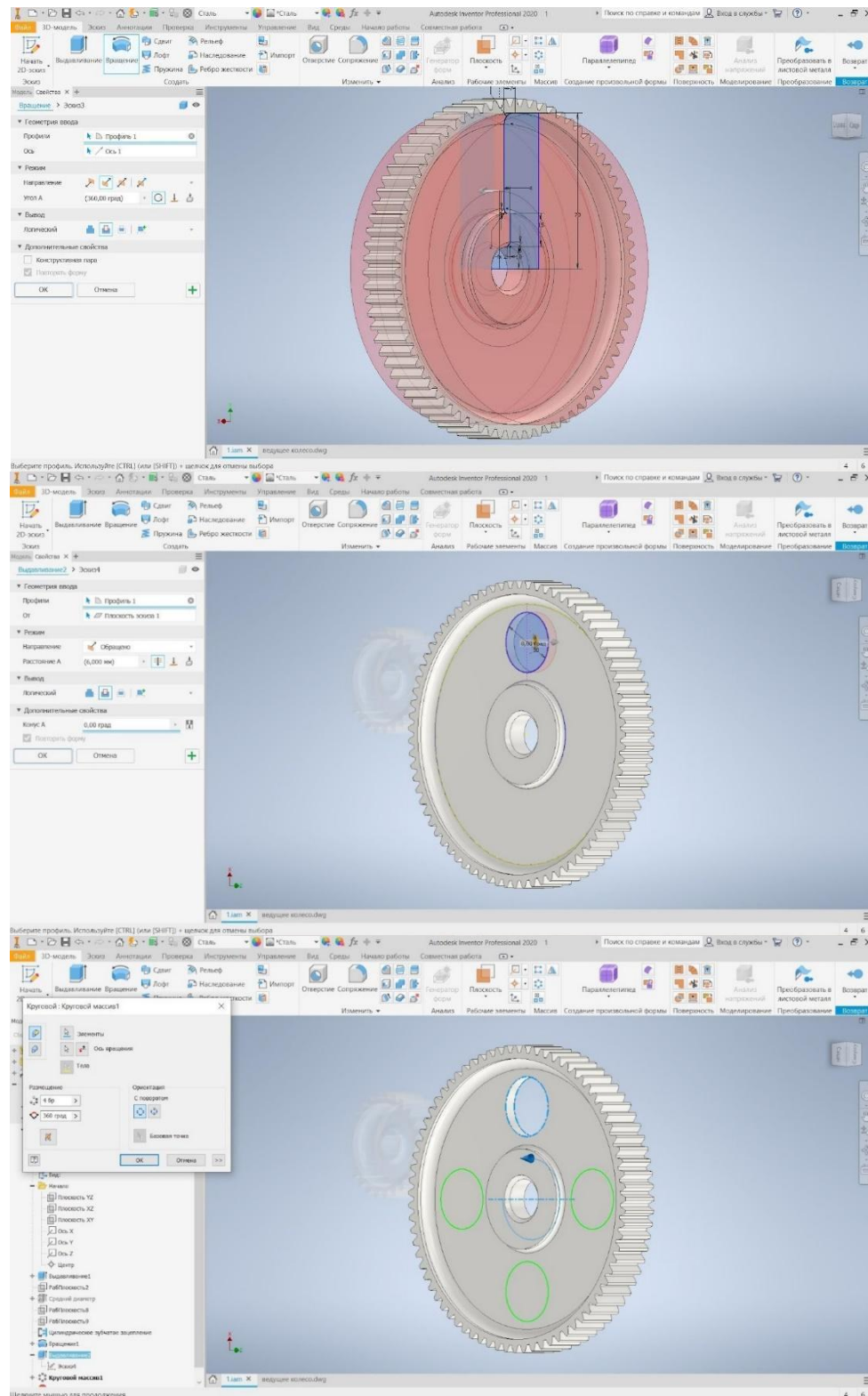


Рис. 10. Редактирование зубчатого колеса

Зубчатые колеса готовы. Следует сохранить проделанную работу в соответствующую папку. Преподаватель осуществляет финальный осмотр работ обучающихся, исправляет ошибки, дает комментарии, проводит рефлексию.

Практическая работа №44

Проект «Редуктор». Моделирование корпуса под ранее спроектированные детали.

Цель работы: изучение принципа проектирования новых деталей в интерфейсе «Сборка»

Объем: 1 час

Задание: создать модель корпуса, подходящего для ранее сгенерированного зубчатого зацепления

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Моделирование корпуса редуктора.

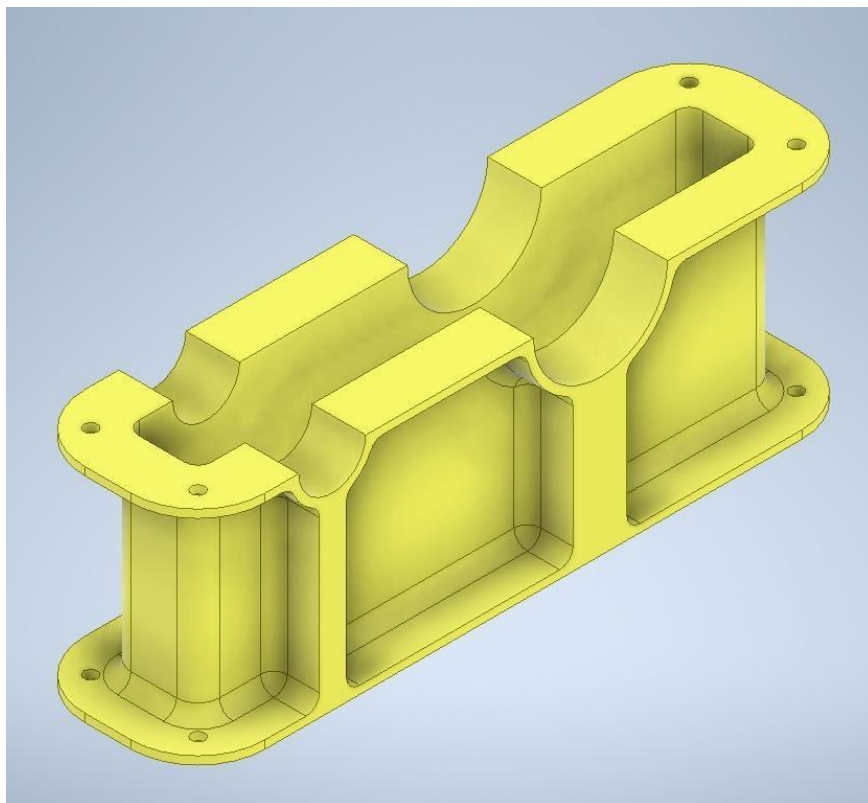


Рис. 1. Корпус редуктора

Первую практическую часть урока следует посвятить моделированию корпуса редуктора. Преподавателю необходимо предоставить чертеж детали в материальном формате(распечатанный) либо в электронном (файл). Корпус моделируется за 13 основных действий. В методике будет описан такой же порядок действий, который представлен на картинке.

Для первой операции - выдавливание потребуется создать 2D эскиз на базовой плоскости XZ, эскиз имеет форму прямоугольника со сторонами 210х27 мм.

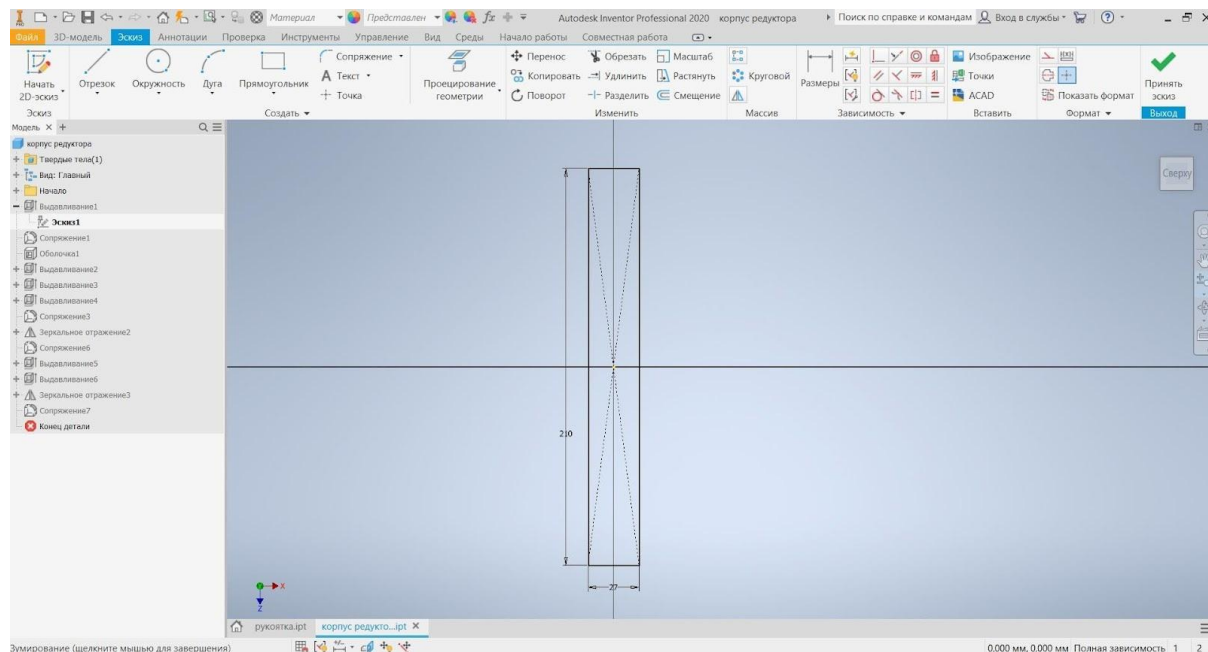


Рис. 2. Создание корпуса редуктора

К эскизу нужно применить операцию выдавливание, глубина выдавливания 76.6 мм.

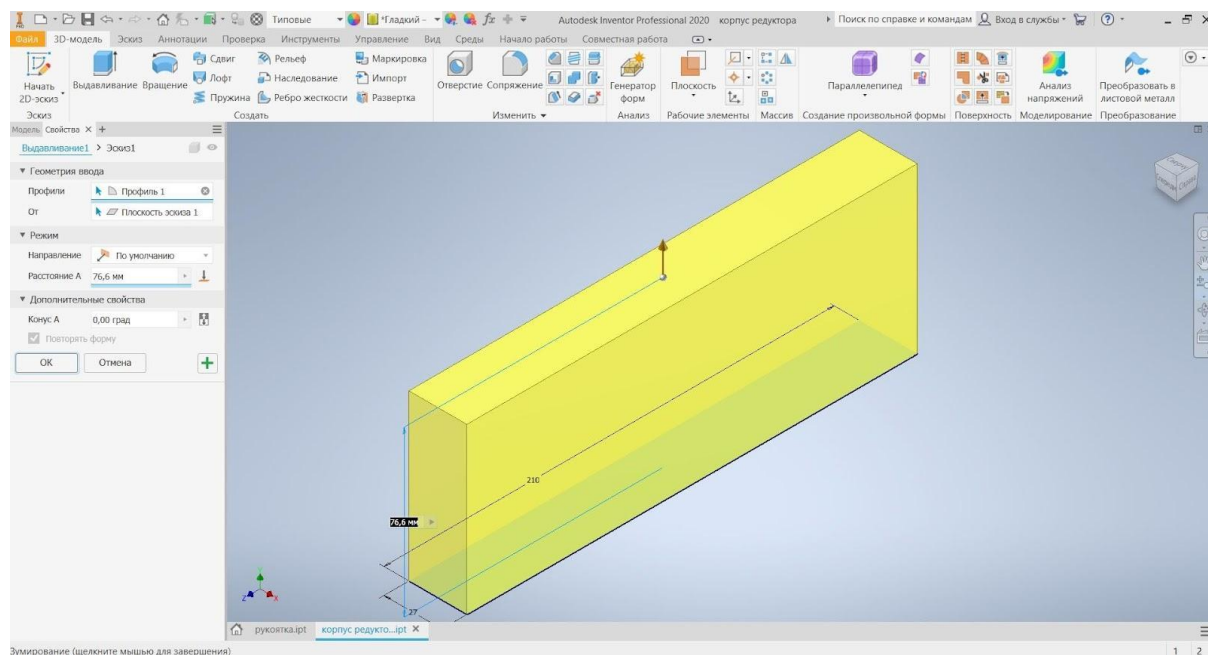


Рис. 3. Создание корпуса редуктора

Вторым действием создается сопряжение, на вертикальных ребрах, радиус сопряжения 5 мм.

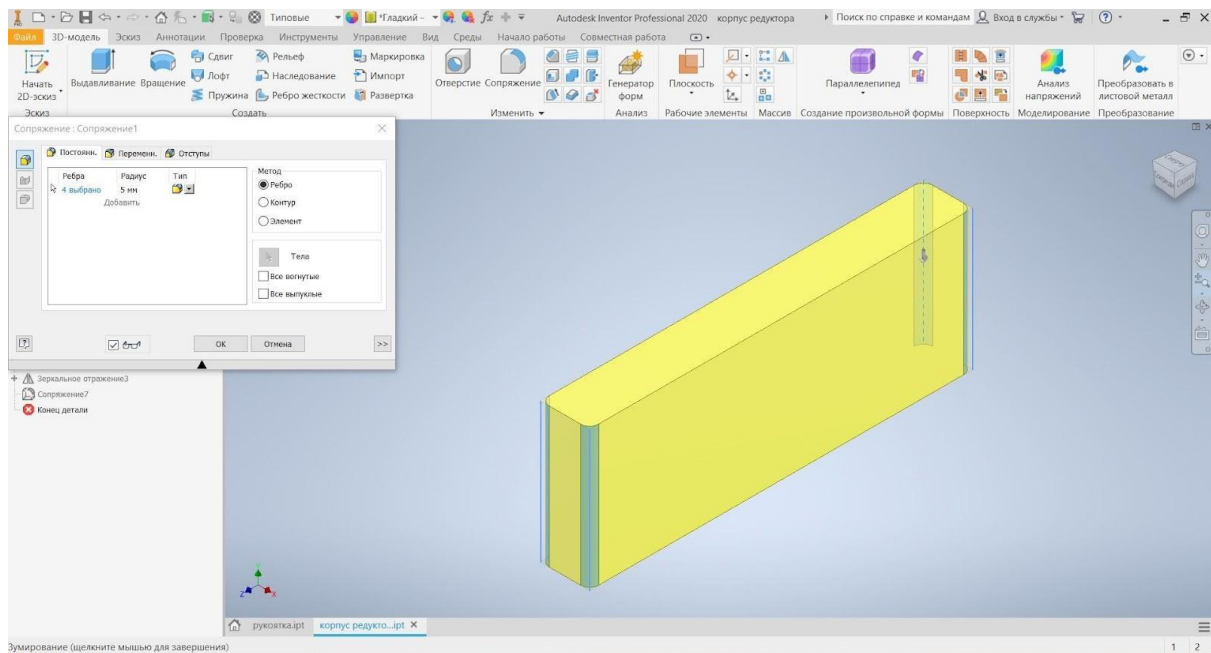


Рис. 4. Создание корпуса редуктора

Далее, следует преобразовать твердое тело в тонкостенный элемент, с помощью операции оболочка, толщина стенки заготовки 3 мм.

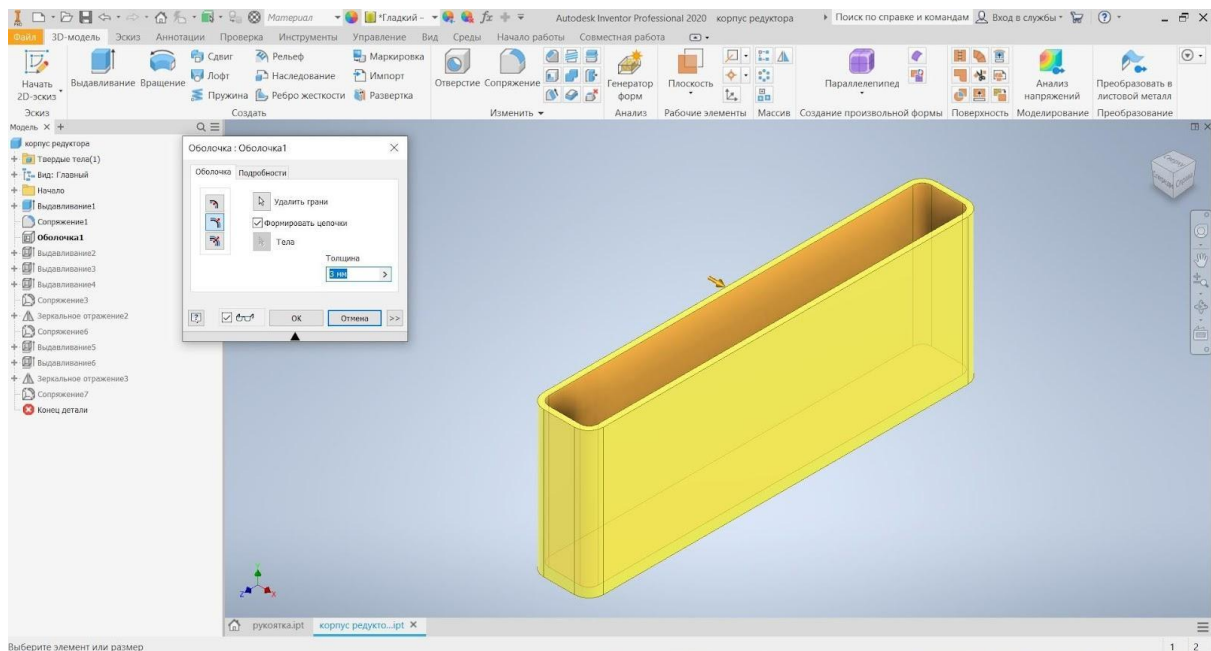


Рис. 5. Создание корпуса редуктора

Для четвертой операции выдавливание, необходимо создать 2D эскиз фланца на верхней плоской грани заготовки.

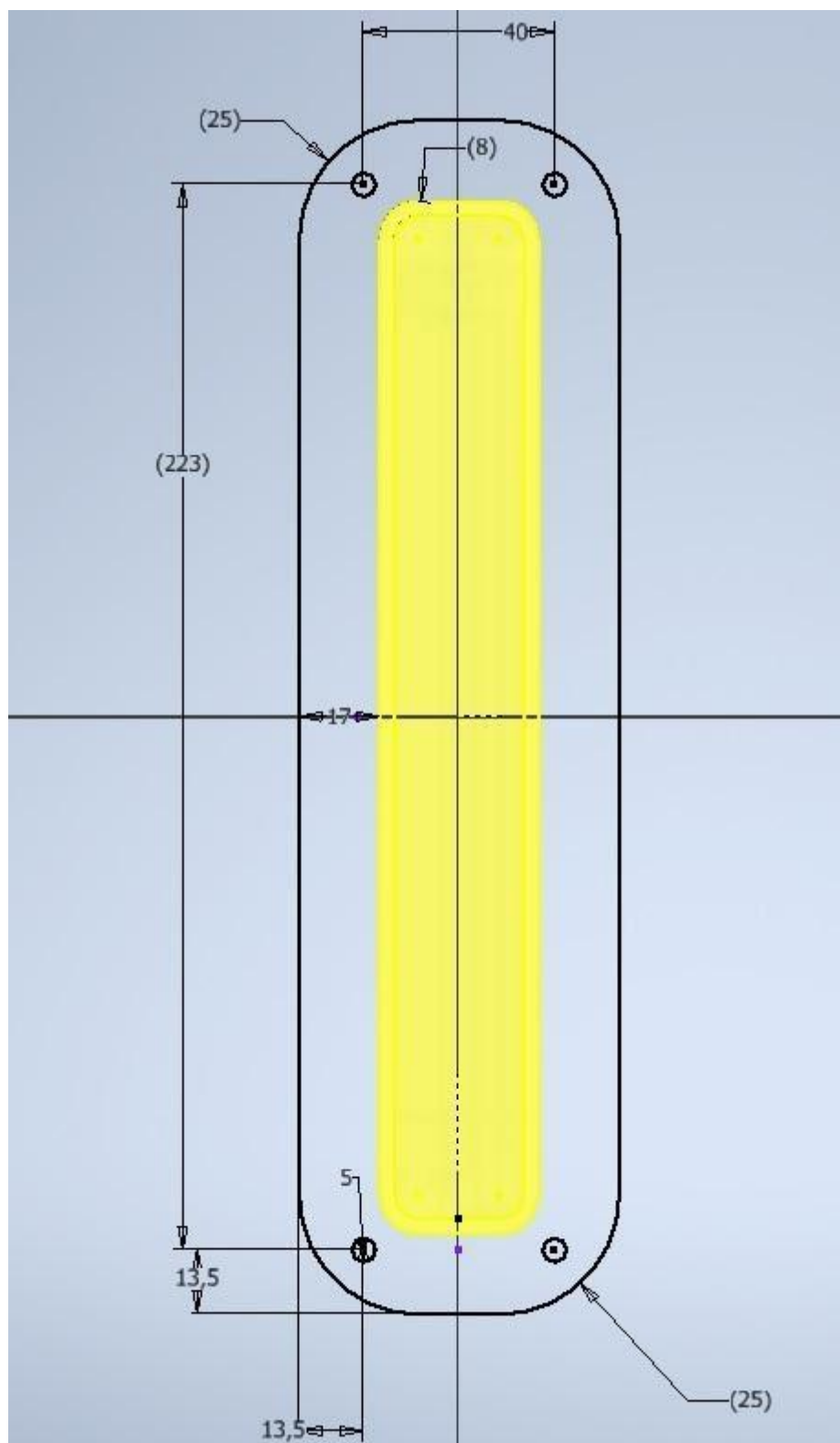


Рис. 6. Создание корпуса редуктора

После применения операции выдавливание на профиле, фланец готов, высота фланца 3 мм.

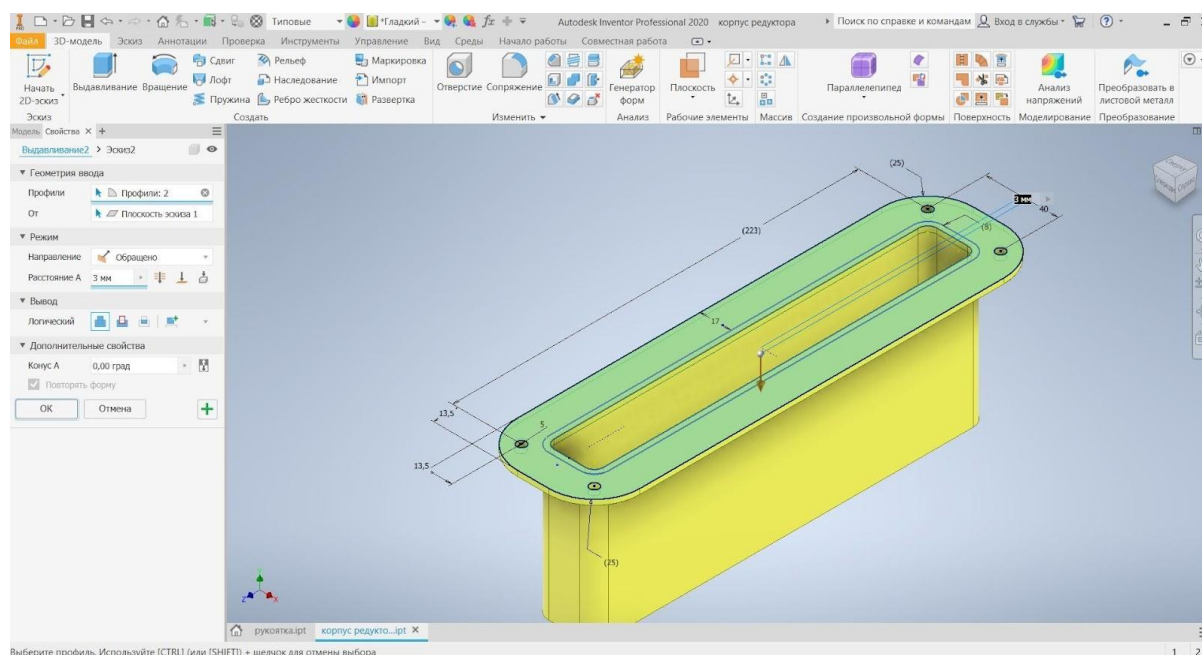


Рис. 7. Создание корпуса редуктора

Следующим этапом необходимо создать два сквозных цилиндрических отверстия, под валы зубчатых колес. Для это нужно создать 2D эскиз на боковой, плоской грани фланца. Так как зубчатое зацепление было сформировано на прошлом занятии, в качестве вспомогательной геометрии, в эскизе можно нарисовать окружности, в которые можно было бы вписать готовые зубчатые колеса, отверстие под вал ведомого колеса составляет 25 мм в радиусе, под подшипник (прошлый проект) отверстие под вал ведущего колеса обладает радиусом в 12.5 мм. Межосевое расстояние 100 мм.

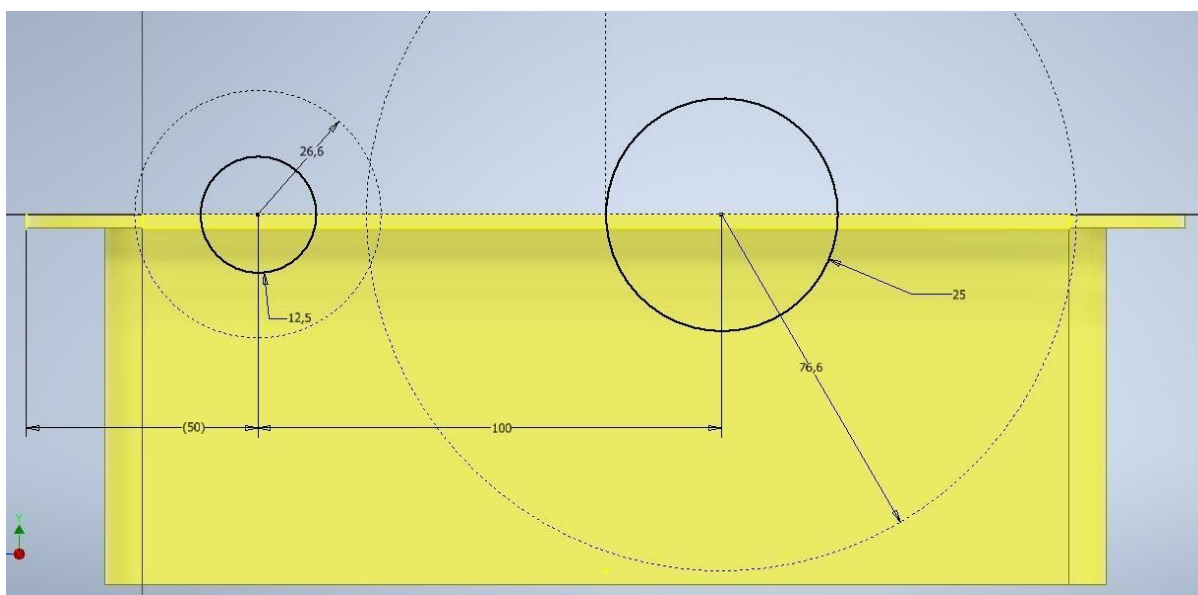


Рис. 8. Создание корпуса редуктора

Следующая операция - выдавливание, в качестве профилей используется предыдущий эскиз, вывод операции - вычитание, расстояние - насквозь.

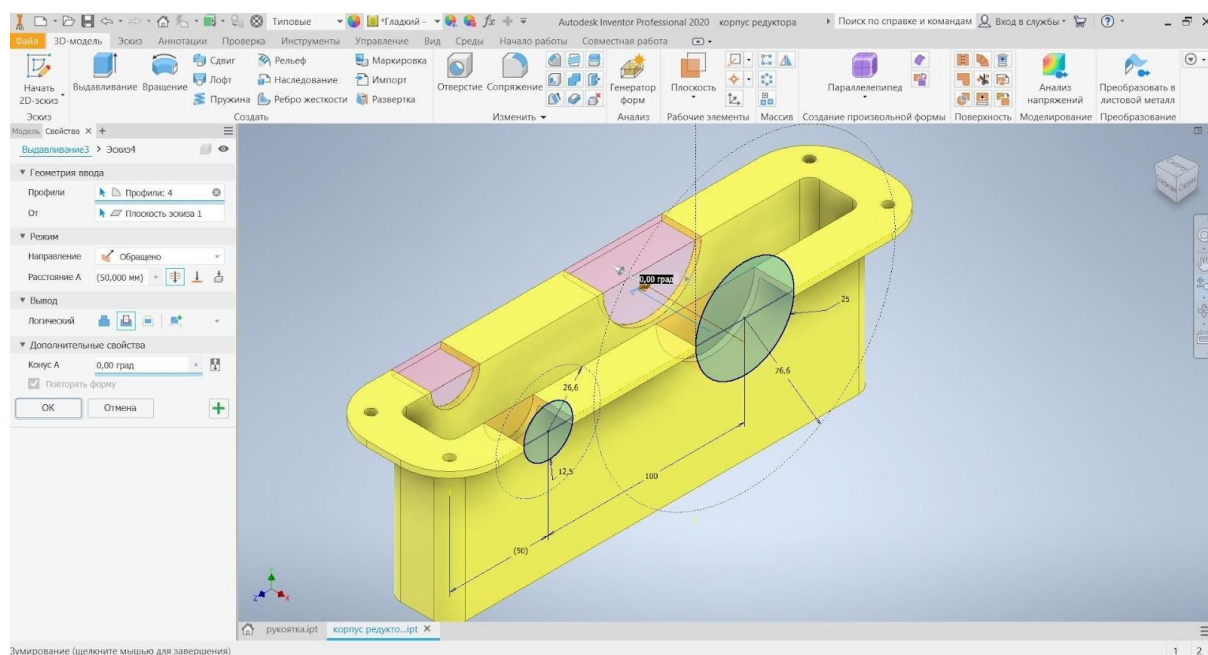


Рис. 9. Создание корпуса редуктора

Далее нужно создать фланец в районе отверстий под валы. Для создания операции выдавливание следует создать эскиз на боковой плоской грани фланца. При создании эскиза удобнее будет пользоваться проецированием геометрии и инструментом **обрезать** толщина фланца 3 мм.

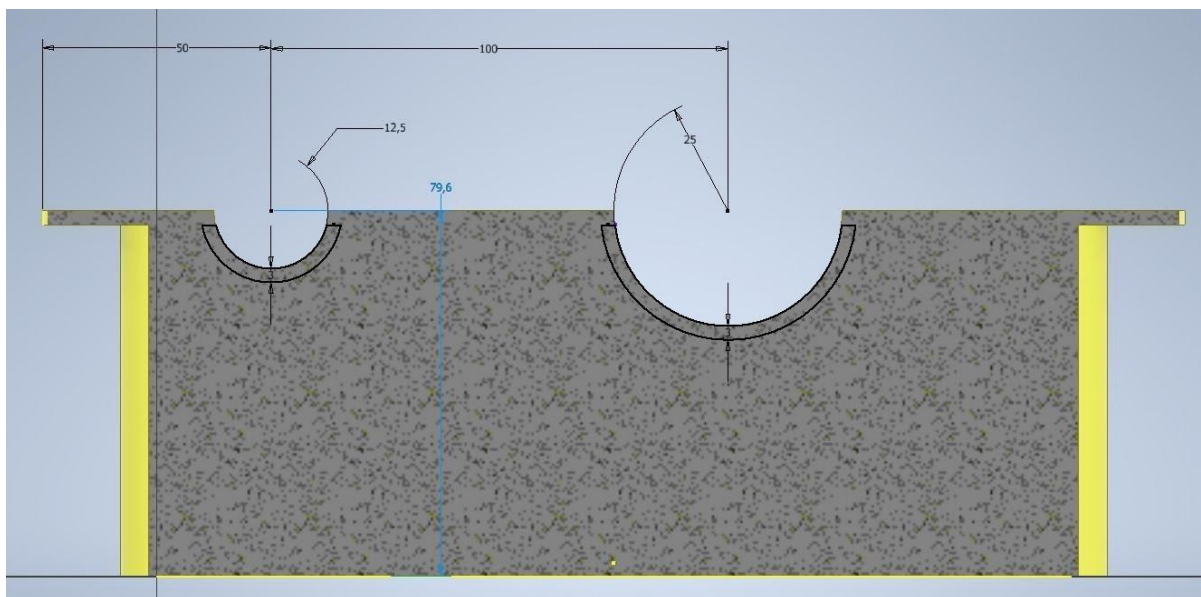


Рис. 10. Создание корпуса редуктора

На данный профиль применяется операция выдавливание, расстояние выдавливания 17 мм.

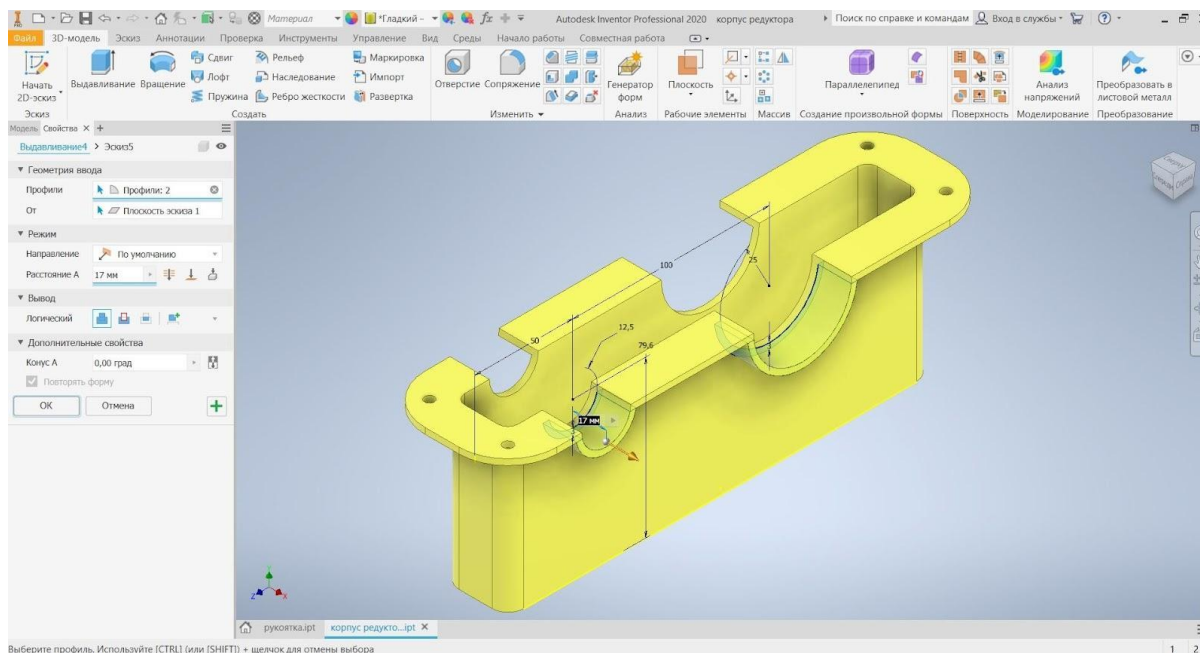


Рис. 11. Создание корпуса редуктора

Следующим этапом необходимо создать сопряжение в местах соединения фланцев, радиус сопряжения 5 мм.

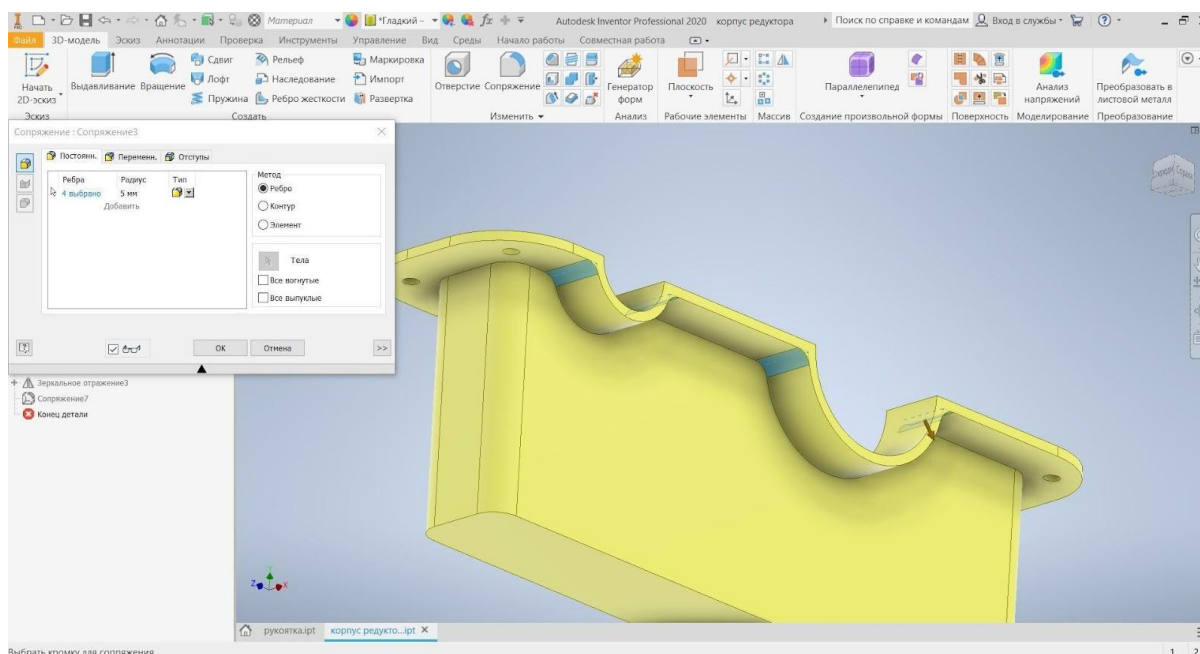


Рис. 12. Создание корпуса редуктора

Также, необходимо, используя операцию симметричное отражение, копировать последние два действия на противоположную сторону детали.

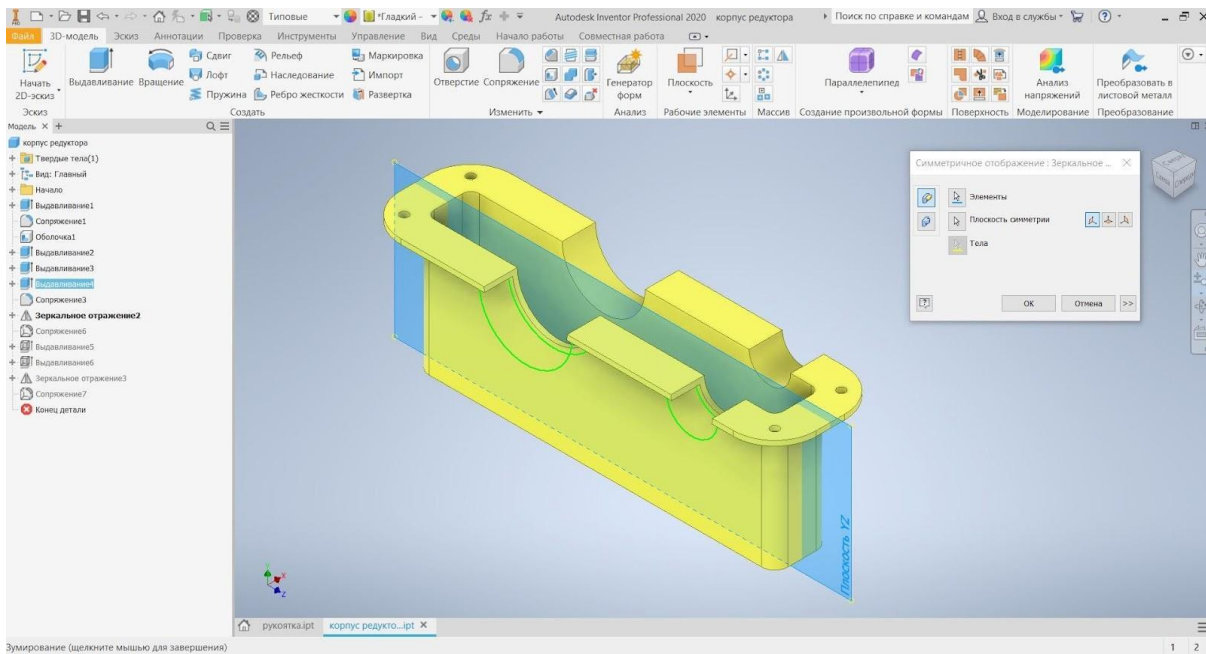


Рис. 13. Создание корпуса редуктора

Следующая операция касается создания нижнего фланца корпуса, нижний фланец идентичный верхнему, эскиз верхнего фланца представлен выше. Высота фланца 3мм. Высота фланца не влияет на габаритные размеры всего компонента! При выполнении операции выдавливание, направление следует выбрать - обратное.

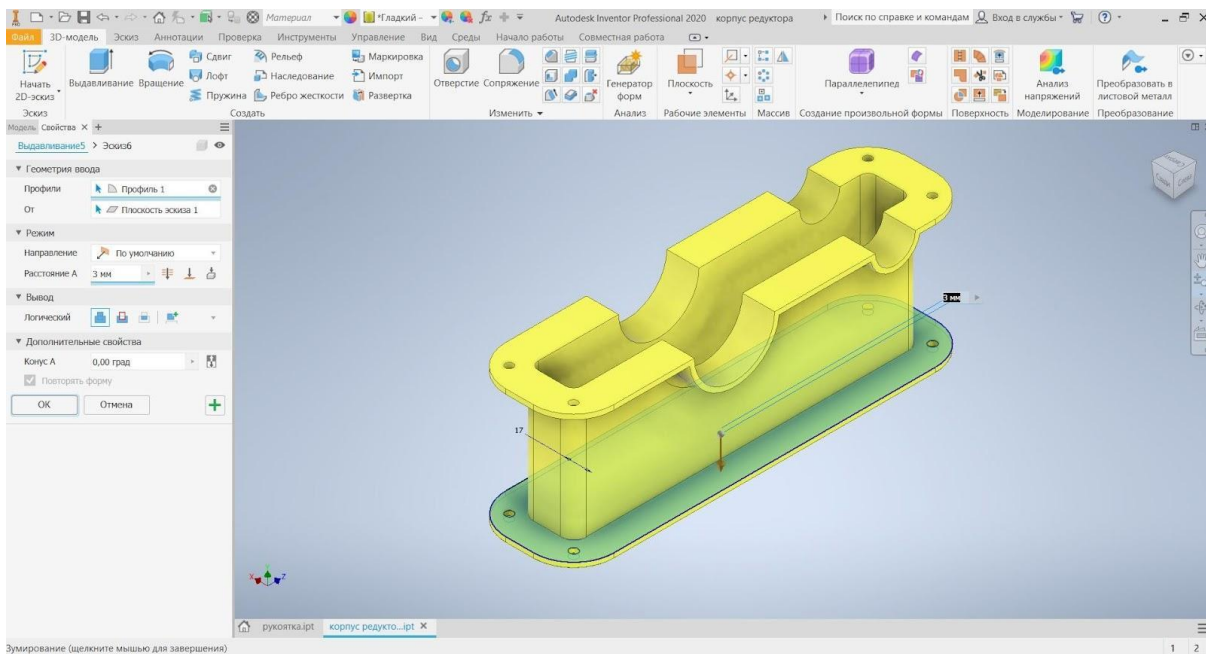


Рис. 14. Создание корпуса редуктора

В качестве 5 выдавливания создается профиль в виде двух прямоугольников.

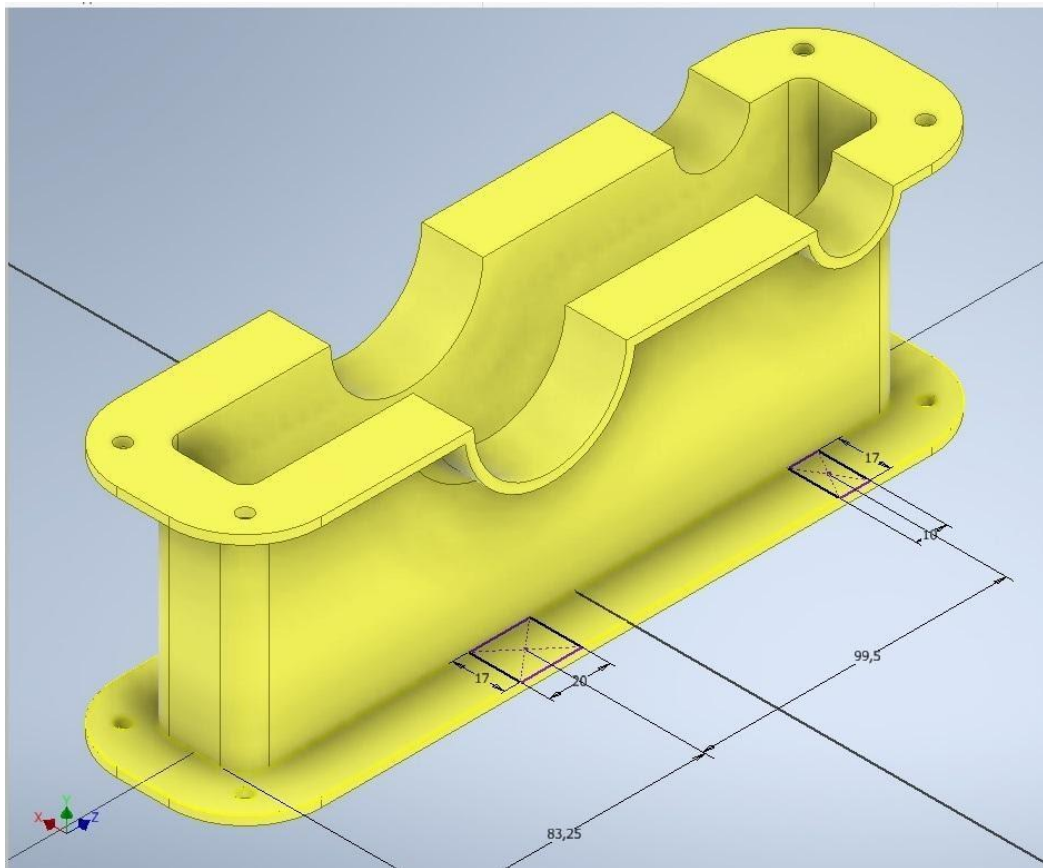


Рис. 15. Создание корпуса редуктора

После применения выдавливания, образуются опоры.

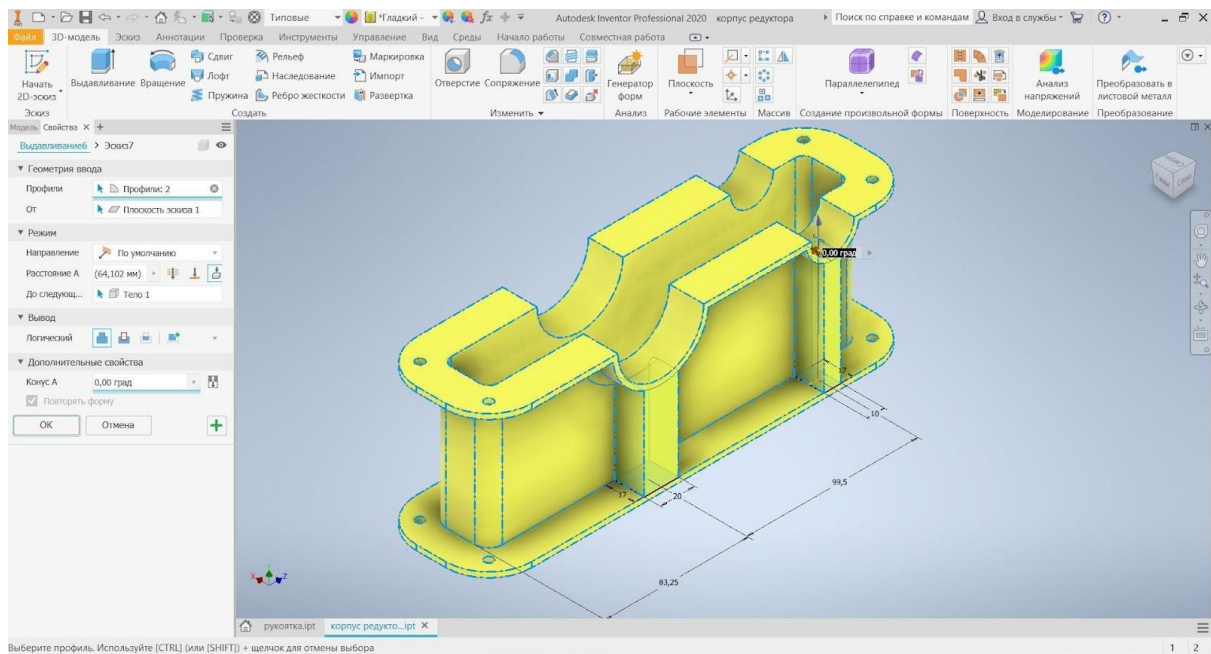


Рис. 16. Создание корпуса редуктора

Опоры нужно скопировать и на другую сторону редуктора.

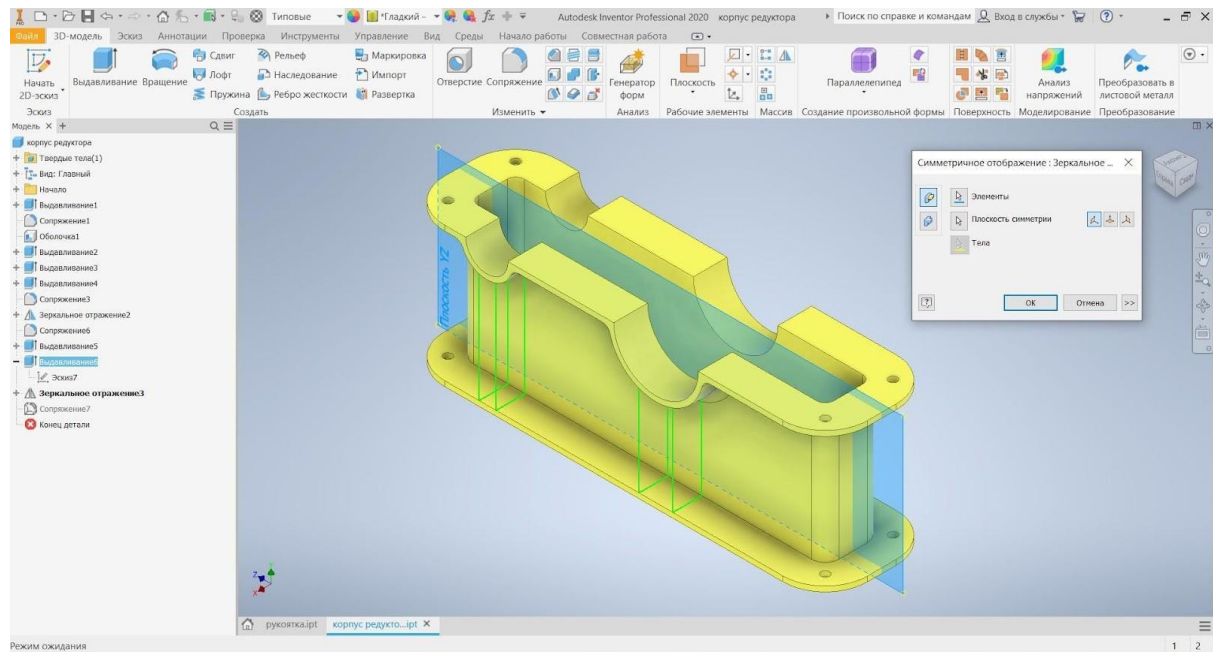


Рис. 17. Создание корпуса редуктора

Последним действием, необходимо создать сопряжение на ребрах соприкосновения корпуса, фланцев и опор радиус сопряжения 5 мм.

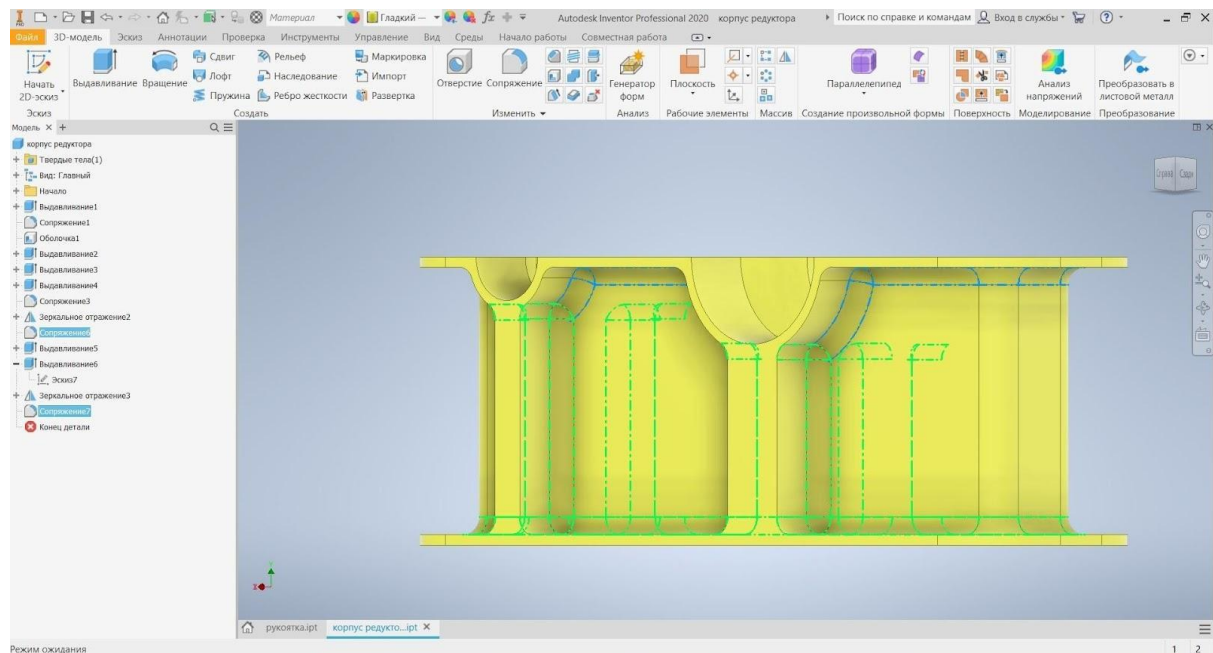


Рис. 18. Создание корпуса редуктора

Корпус редуктора готов.

Практическая работа №45.

Проект «Редуктор». Моделирование крышки редуктора.

Цель работы: изучение принципа проектирования новых деталей в интерфейсе «Сборка»

Объем: 1 час

Задание: создать модель крышки корпуса, подходящей для ранее сгенерированного зубчатого зацепления

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Создание крышки редуктора.

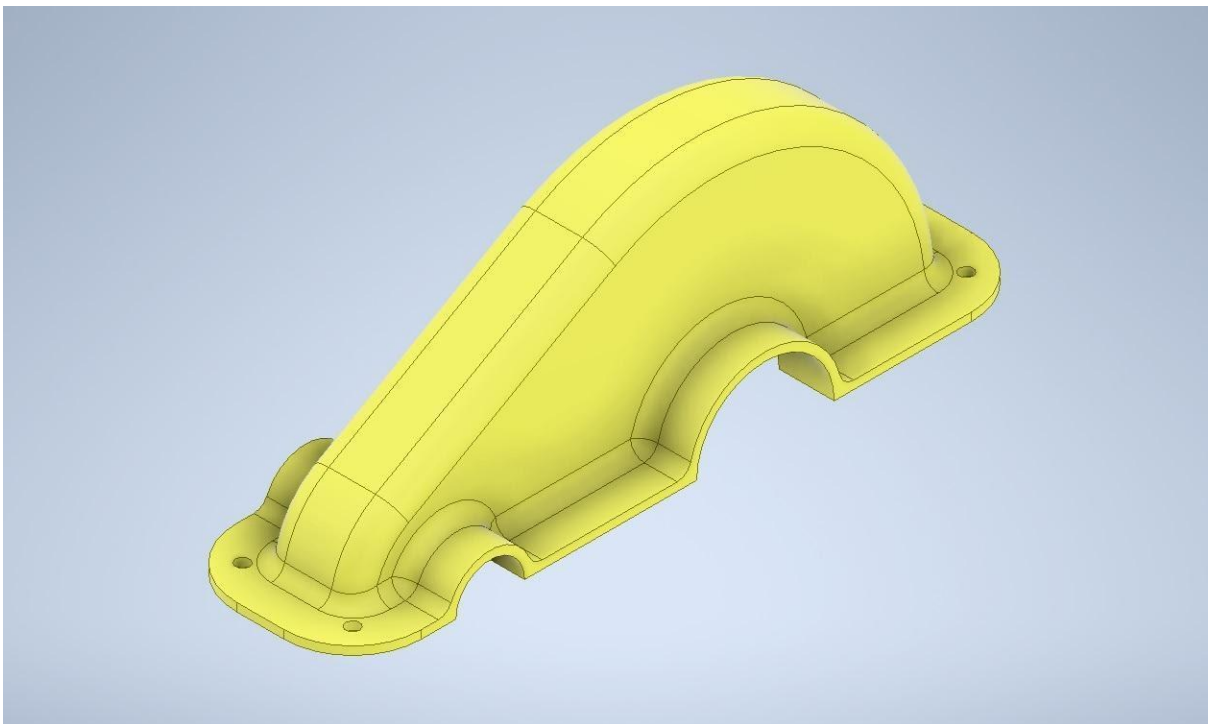


Рис. 1. Модель крышки редуктора

Создание крышки редуктора состоит из 8 операций.

Для первой операции выдавливание необходимо создать следующий эскиз. Для наглядности стоит создать в виде вспомогательной геометрии две окружности, эмитирующие в эскизе зубчатую передачу. Отталкиваясь от вспомогательной геометрии создается профиль крышки корпуса.

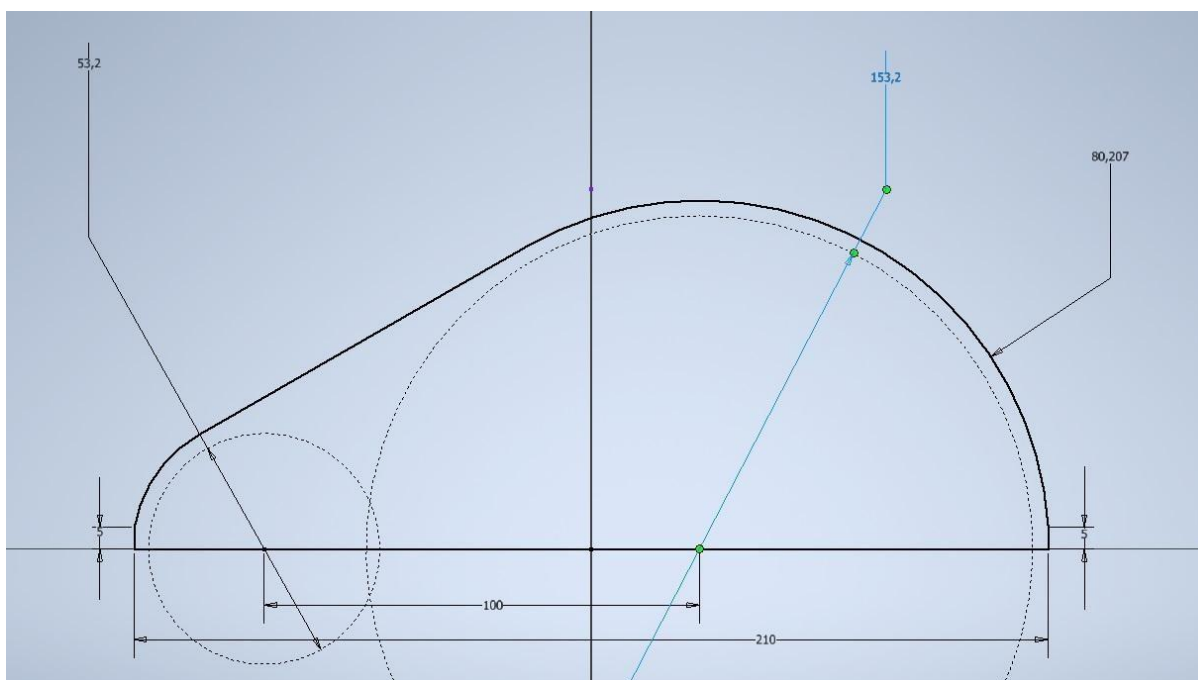


Рис. 2. Создание крышки редуктора

В качестве выдавливания используется эскиз профиля. Расстояние выдавливания 27 мм. Направление выдавливания - симметричность.

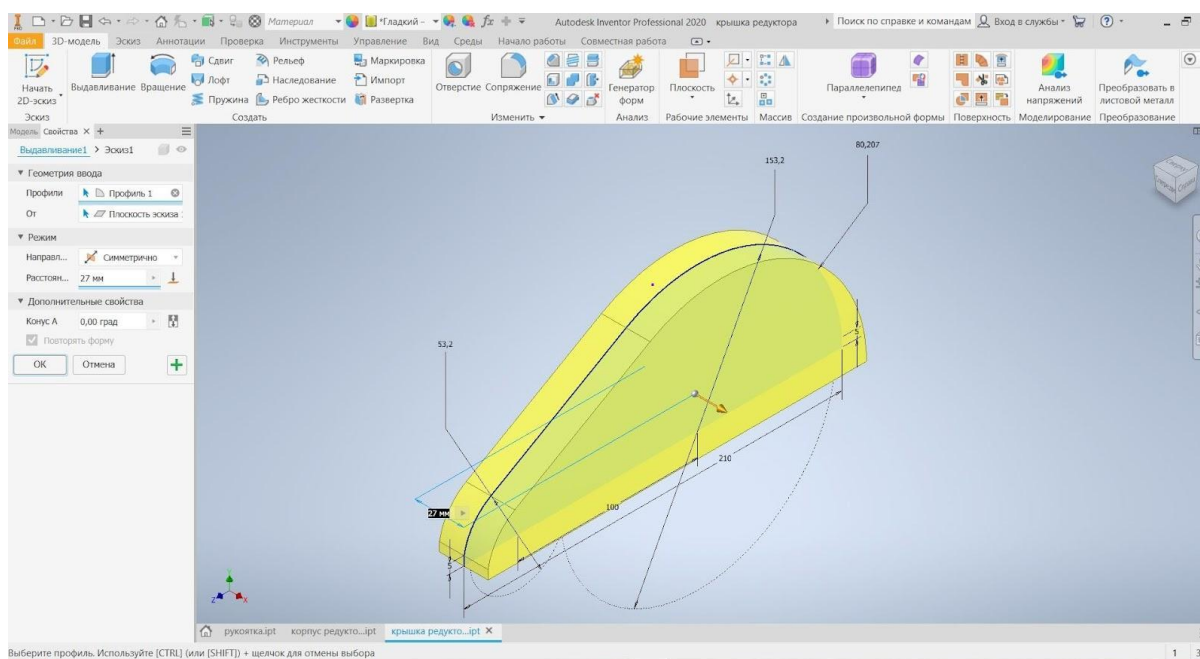


Рис. 3. Создание крышки редуктора

Следующим действием создается сопряжение на внешних ребрах. Радиус сопряжения 5 мм.

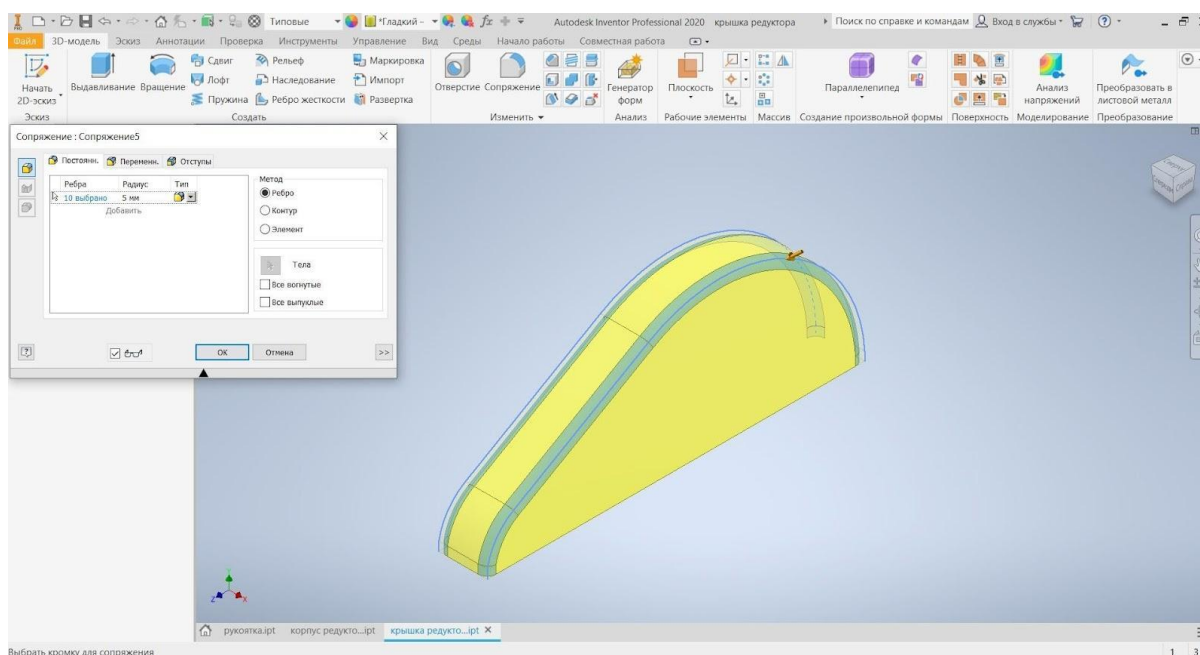


Рис. 4. Создание крышки редуктора

Необходимо преобразовать твердое тело в тонкостенный элемент, толщина стенки 3 мм.

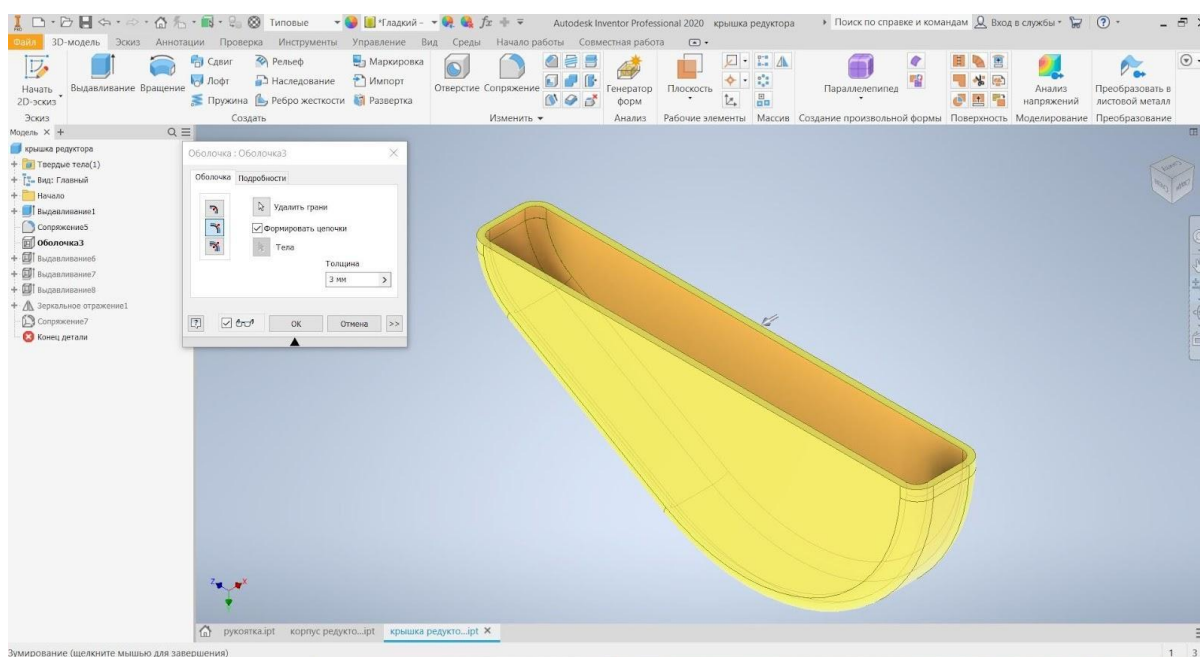


Рис. 5. Создание крышки редуктора

После чего создается фланец крышки, фланец создается идентичен фланцам корпуса редуктора. Толщина фланца 3 мм.

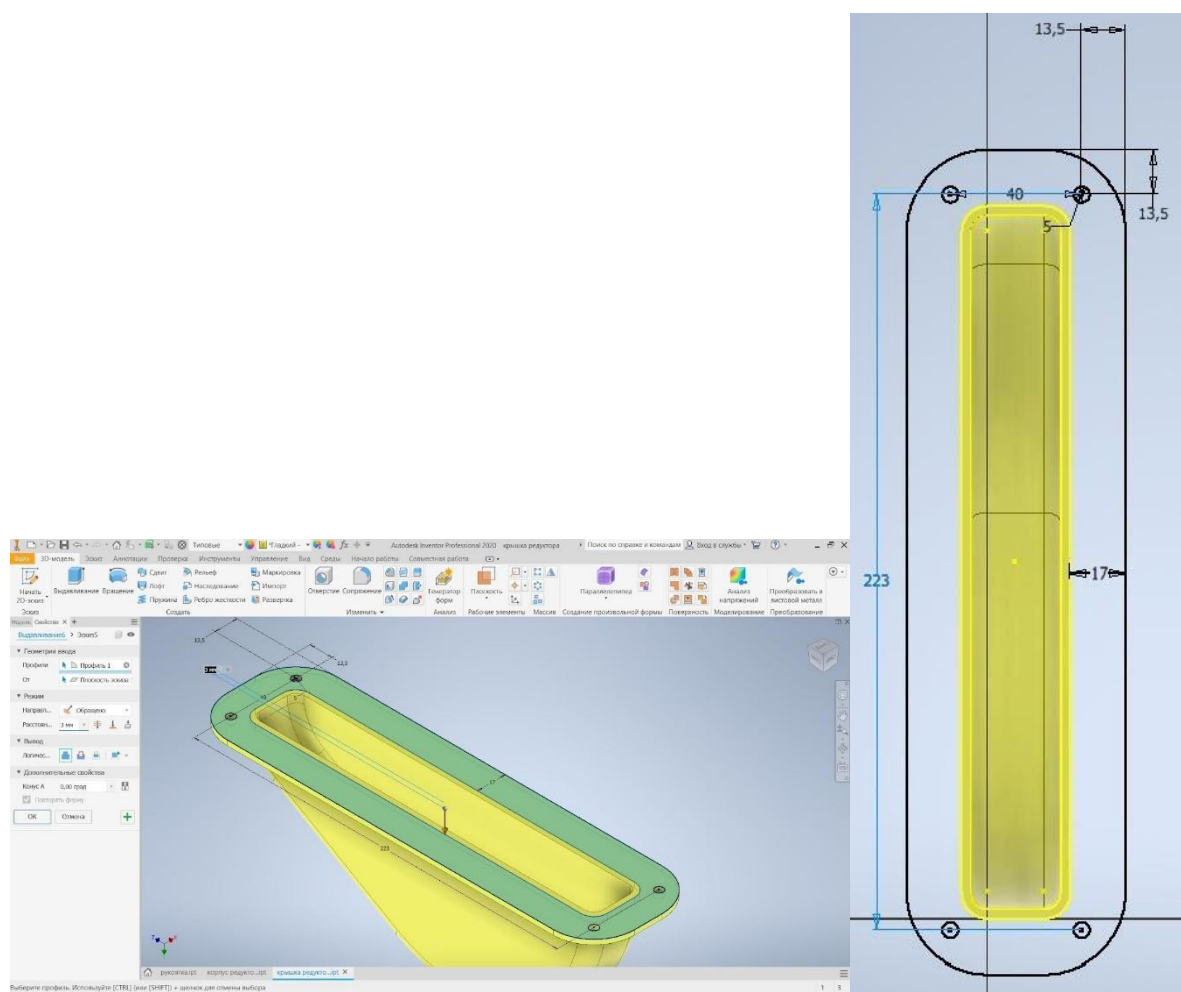


Рис. 6. Создание крышки редуктора

Далее нужно создать сквозные отверстия под валы, для этого создается эскиз на боковой, плоской поверхности фланца в виде двух окружностей, диаметром 25 и 50 мм.

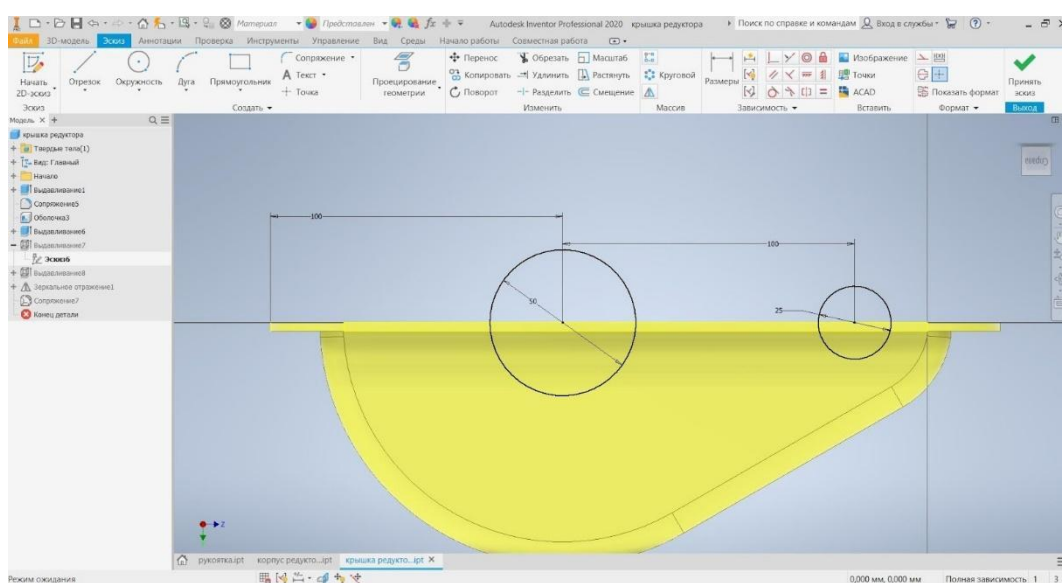


Рис. 7. Создание крышки редуктора

После чего следует выдать данный профиль насквозь.

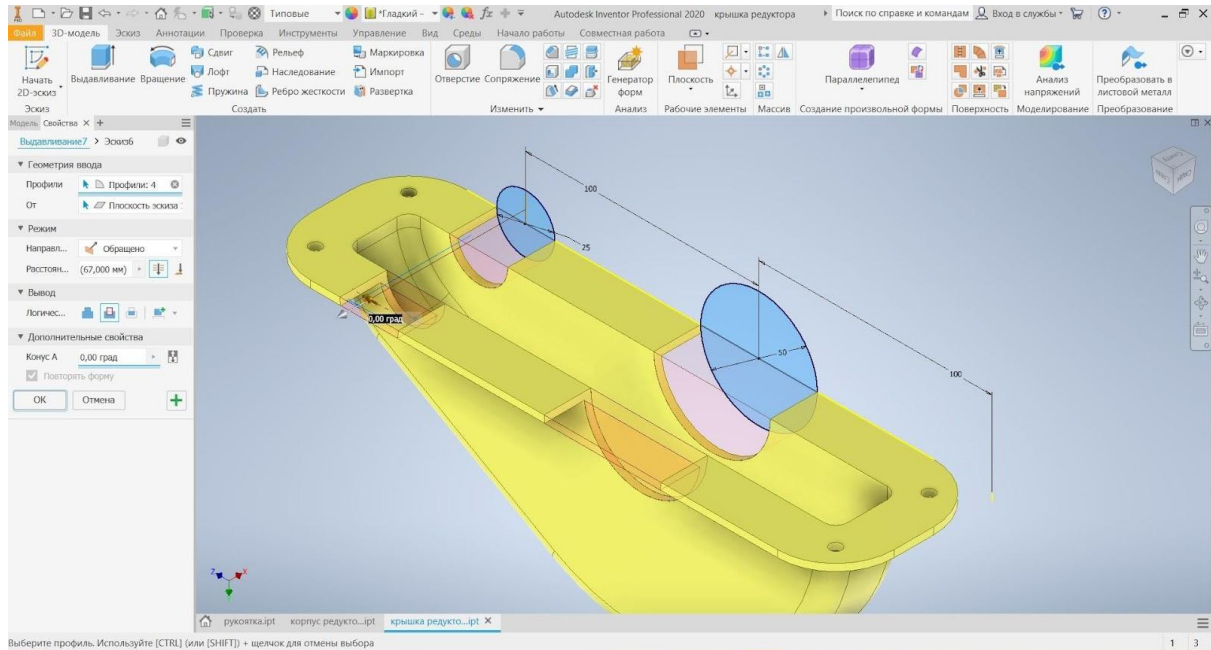


Рис. 8. Создание крышки редуктора

Для созданных отверстий необходимо создать фланец, фланец для отверстий имеет толщину в 3 мм, глубина фланца 17 мм.

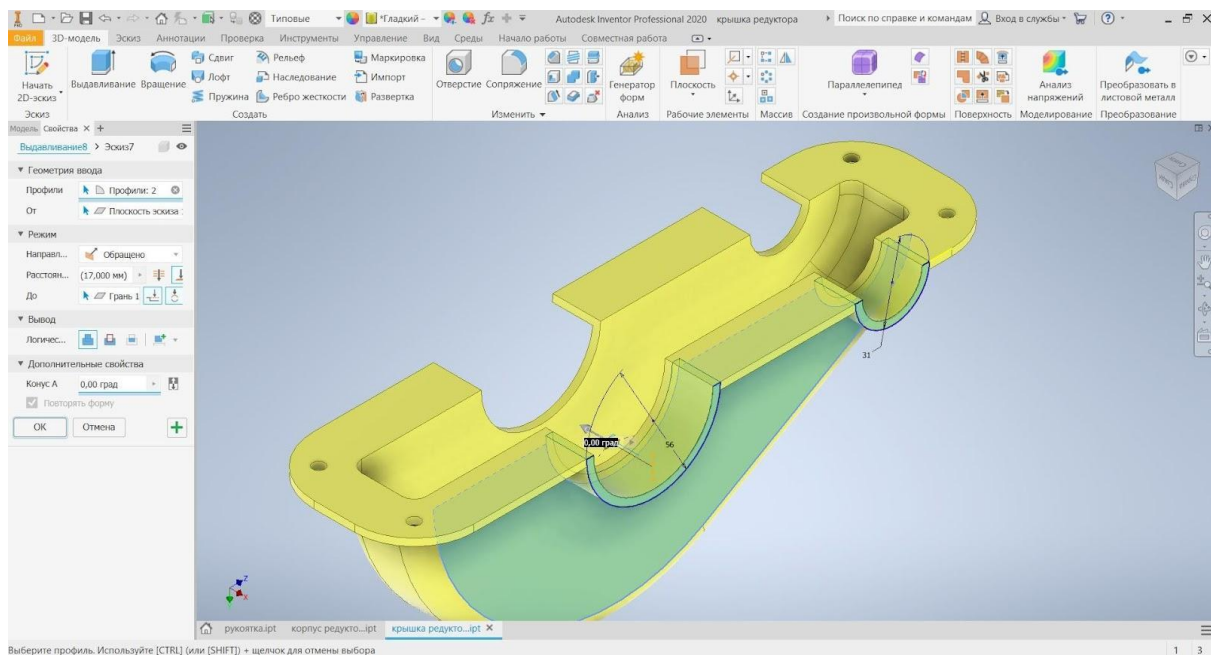


Рис. 9. Создание крышки редуктора

Полученные фланцы, следует отразить и на другую сторону.

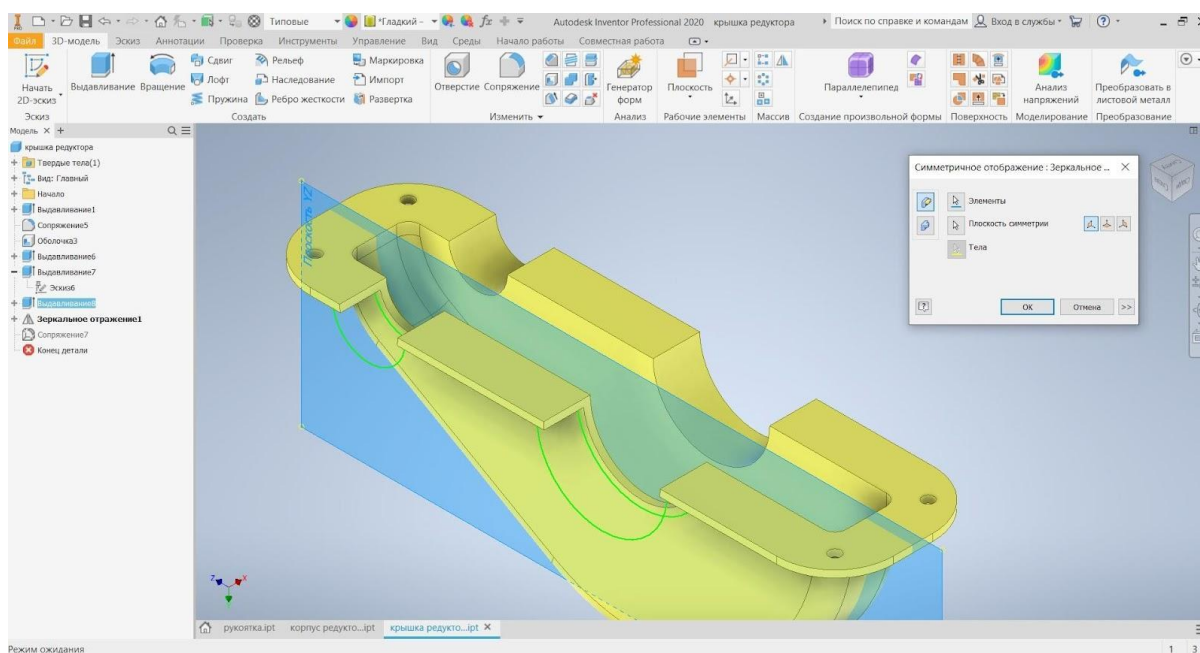


Рис. 10. Создание крышки редуктора

Последней операцией является создания сопряжения на ребрах соединения фланцев и крышки, радиус сопряжения 5 мм.

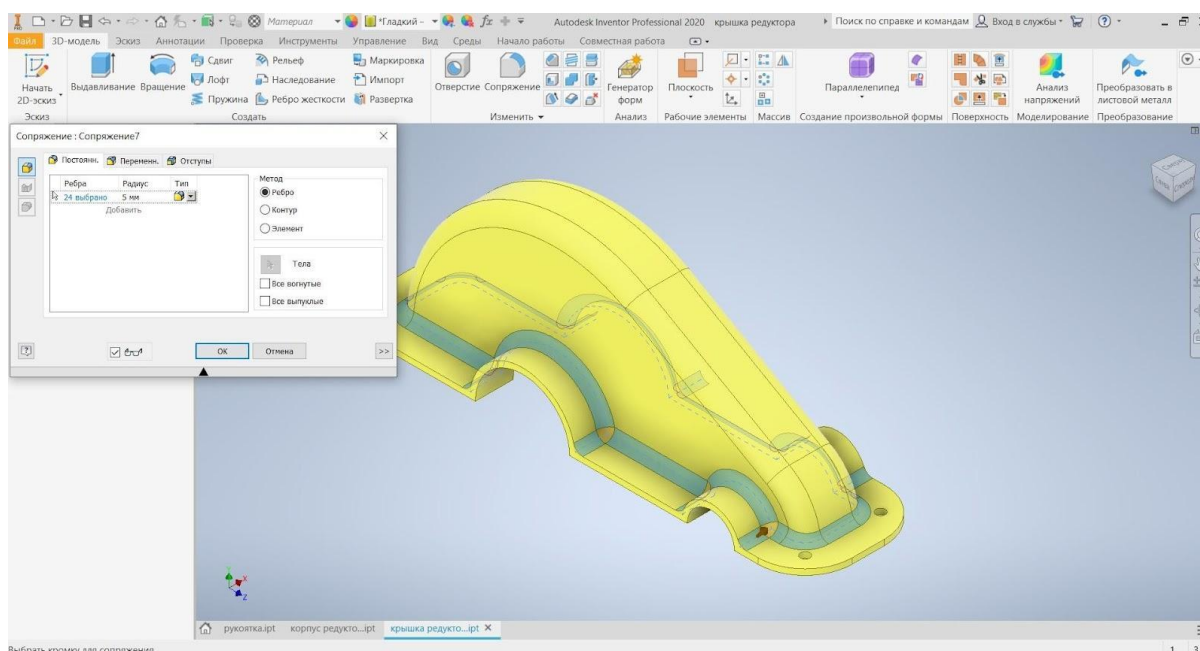


Рис. 11. Создание крышки редуктора

Крышка редуктора готова.

Следует сохранить проделанную работу в соответствующую папку. Преподаватель осуществляет финальный осмотр работ обучающихся, исправляет ошибки, дает комментарии, проводит рефлексию.

Практическая работа №46.

Проект «Редуктор». Назначение динамических зависимостей и сборка изделия.

Цель работы: изучение динамических зависимостей в сборках в программе Autodesk Inventor

Объем: 1 час

Задание: создать модель сборочной единицы

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание динамических зависимостей.

Динамические зависимости позволяют проверять правильность работы механизмов и наглядно демонстрировать движение вращение или поступательное. Прежде чем создать динамическую зависимость, необходимо установить зубчатые колеса на определенном расстоянии друг от друга, с учетом межосевого расстояния и других параметров. Для того, чтобы создать динамическую зависимость, нужно создать новую сборку и вставить ведущее и ведомое зубчатые колеса.

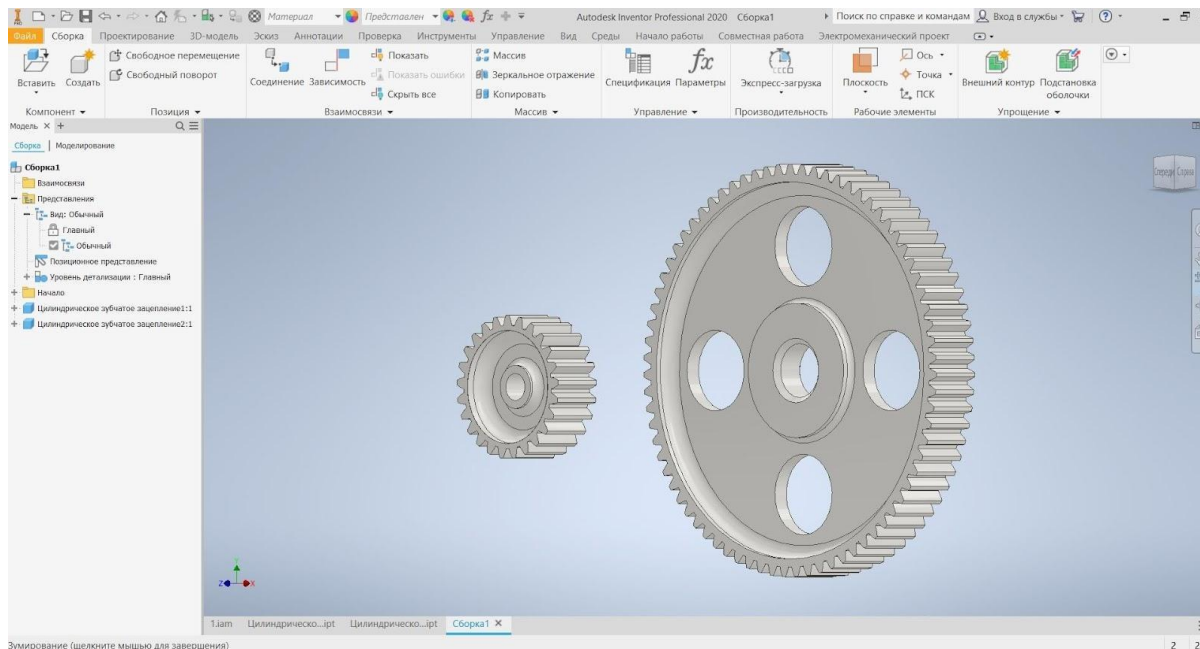


Рис. 1. Зубчатые колёса

Сначала, необходимо выровнять шестерни заподлицо по верхним плоским граням.

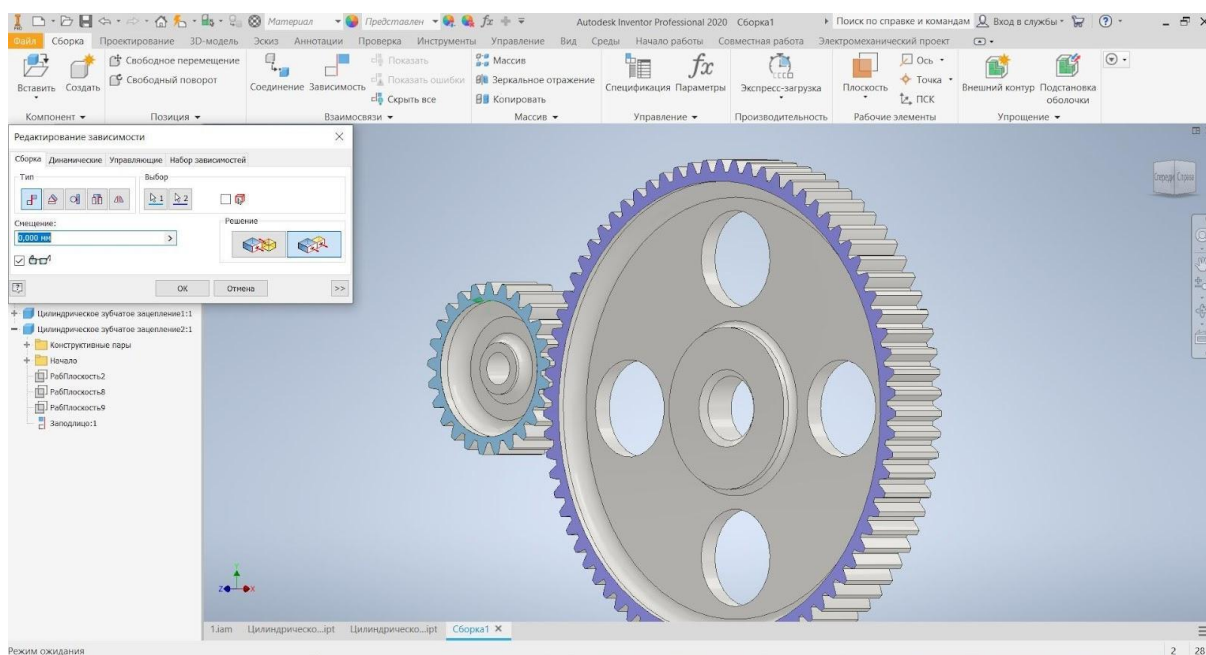


Рис. 2. Зубчатые колёса

Далее, стоит с помощью зависимости совмещения, ограничить степени свободы, ведущей шестерни, таким образом, чтобы оно могло совершать только движение - вращения. Для этого нужно создать ряд зависимостей. Первой зависимостью, необходимо совместить ось вращения шестерни с одной из основных осей всей сборки (в примере используется ось Z).

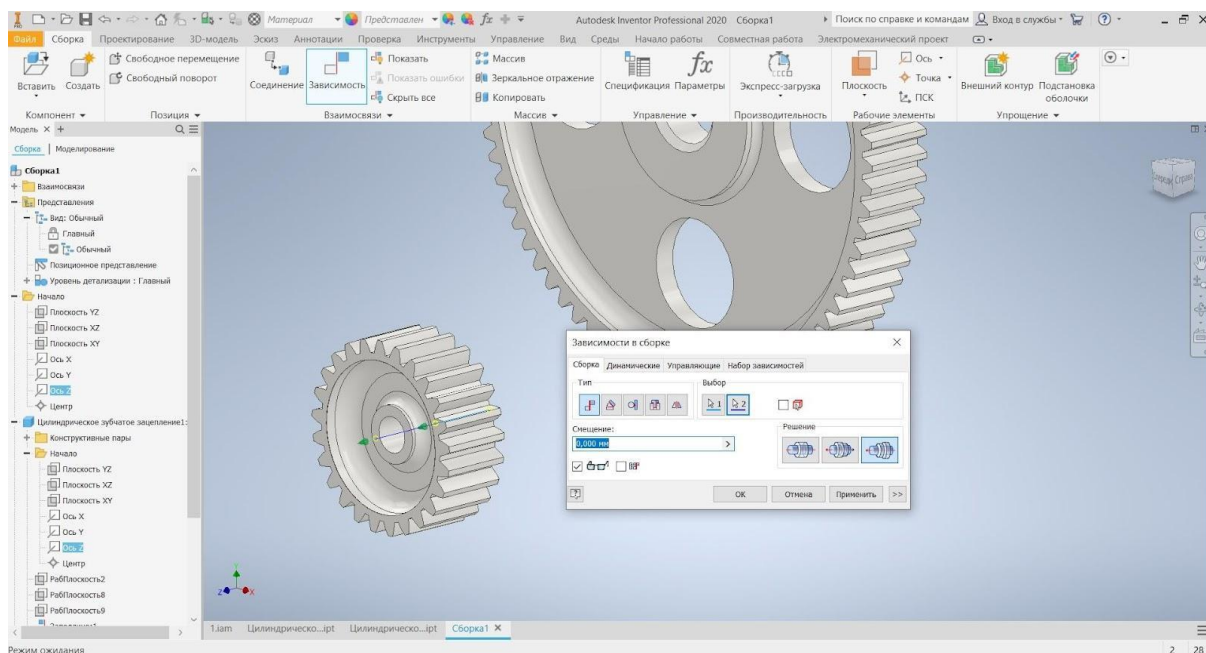


Рис. 3. Задание зависимостей

Далее следует создать зависимость совмещения между нижней плоской грани, ведущей шестерни и одной из основных плоскостей все сборки. Стоит обратить внимание, на то, что

зависимость нужно создавать с учетом последней созданной зависимости, в противном случае возникает противоречие (в примере выбрана плоскость XY).

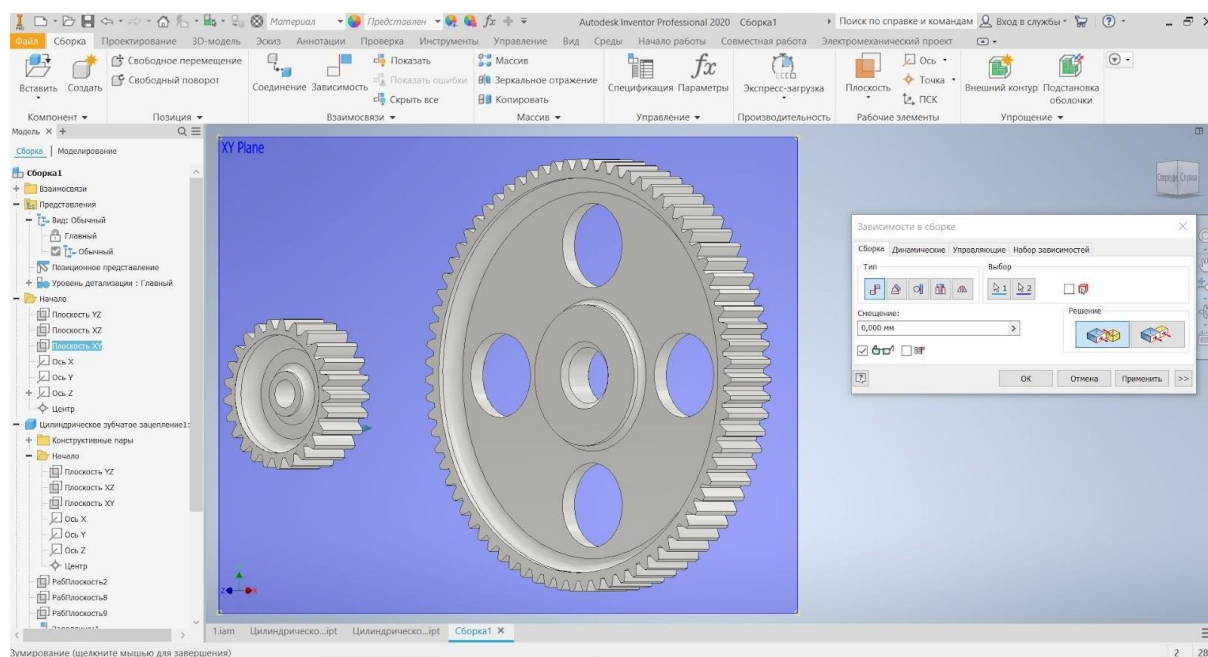


Рис. 4. Задание зависимостей

Далее следует создать соосность со смещением равному межосевому расстоянию зубчатого зацепления 100 мм.

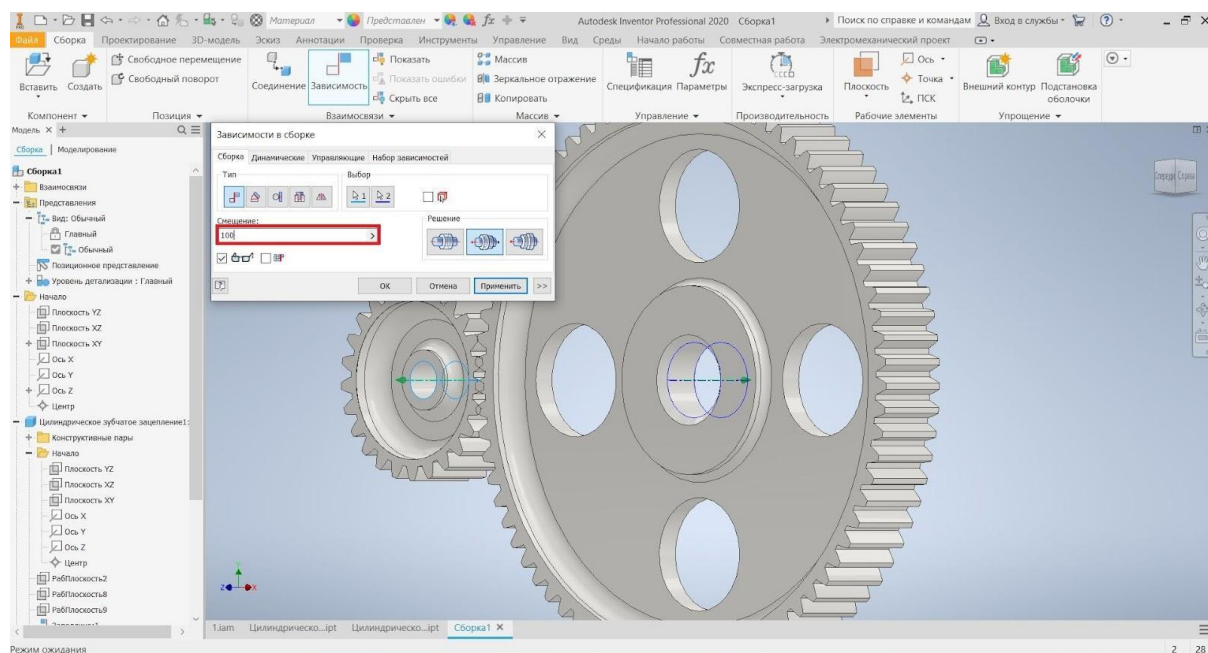


Рис. 5. Задание зависимостей

Следующие действие. Установка осей вращения шестеренок таким образом, чтобы они лежали в одной плоскости. Создается зависимость совмещения между осью вращения ведомого зубчатого колеса и базовой плоскости.

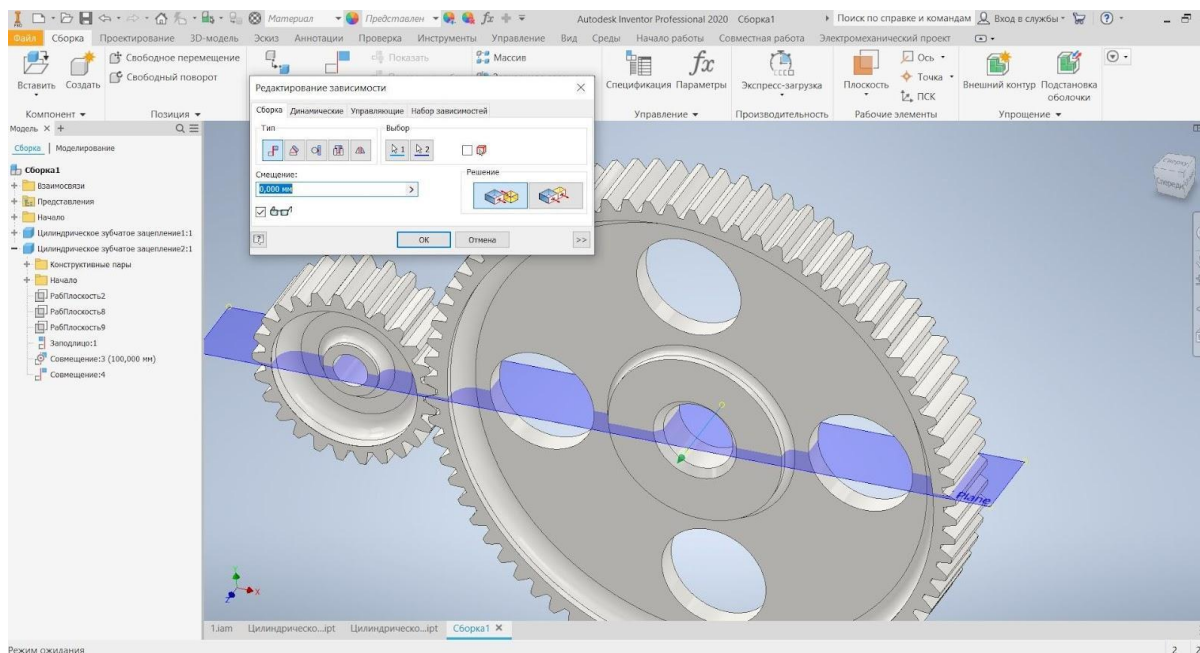


Рис. 6. Задание зависимостей

Для того, чтобы зубья не пересекались друг друга во время анимации, следует проверить колеса вручную соответствующим образом.

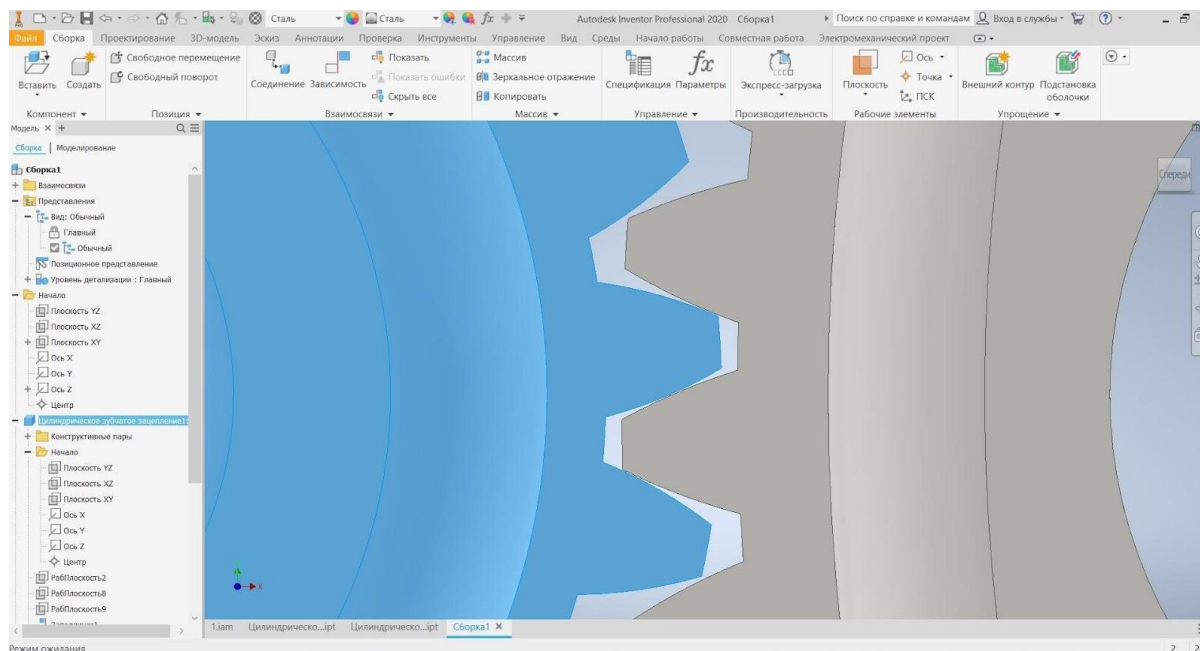


Рис. 7. Установка колёс в нужное положение

Последним действием нужно создать динамическую зависимость. Для того, чтобы выбрать динамическую зависимость, нужно выбрать кнопку - зависимость, в открывшемся меню необходимо переключиться на вкладку динамические.

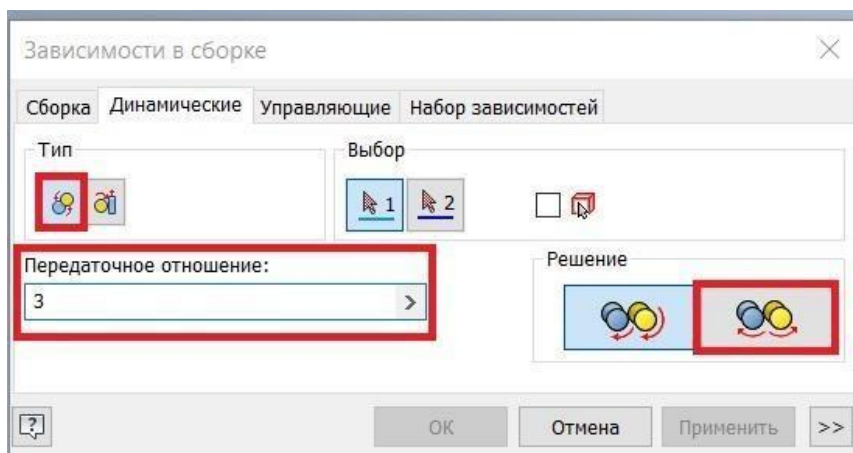


Рис. 8. Задание зависимостей

В меню настройки указывается передаточное значение равное 3, тип зависимости - зубчатая передача, решение - назад. После настройки необходимо выбрать цилиндрические грани зубчатых колес, которые будут соприкасаться при совершении работы.

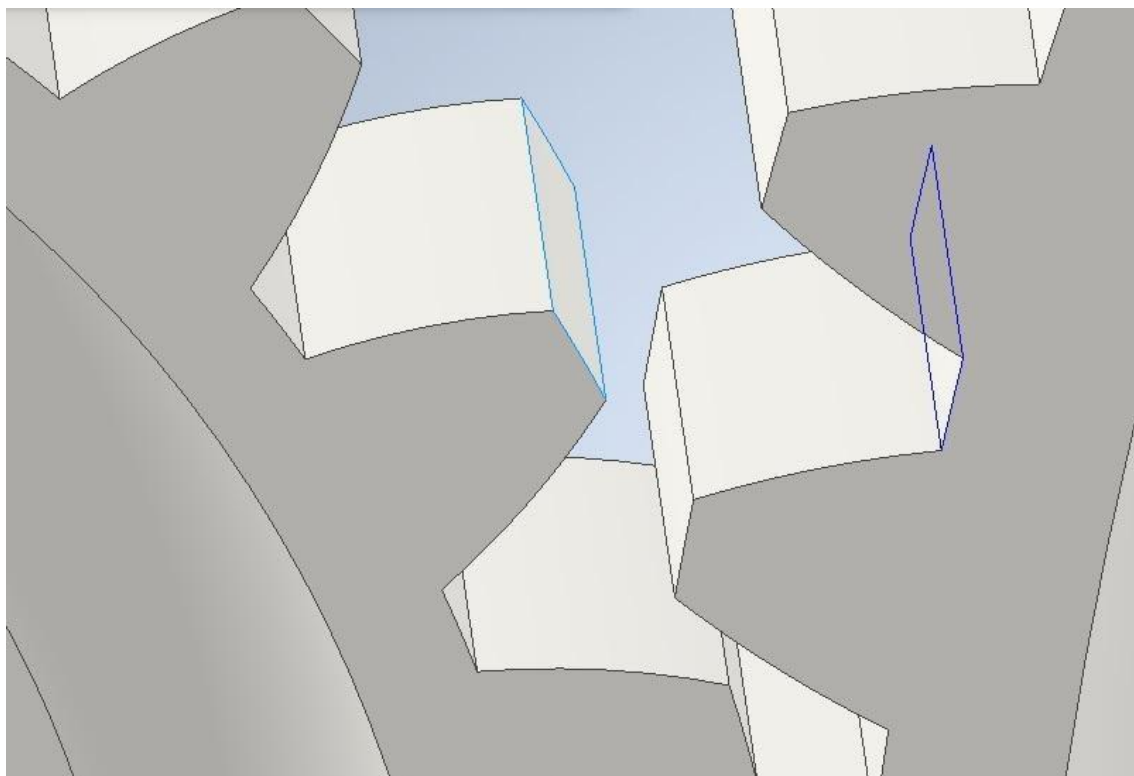


Рис. 9. Задание зависимостей

После применения, динамическая зависимость создана.

Создание сборки с использованием подсборки подшипника

Для проведения следующей части занятия потребуется использовать прошлый проект - подшипник.

Для создания сборки необходимо загрузить к имеющийся сборке зубчатых колес следующие компоненты: корпус редуктора, крышка редуктора, подшипник.

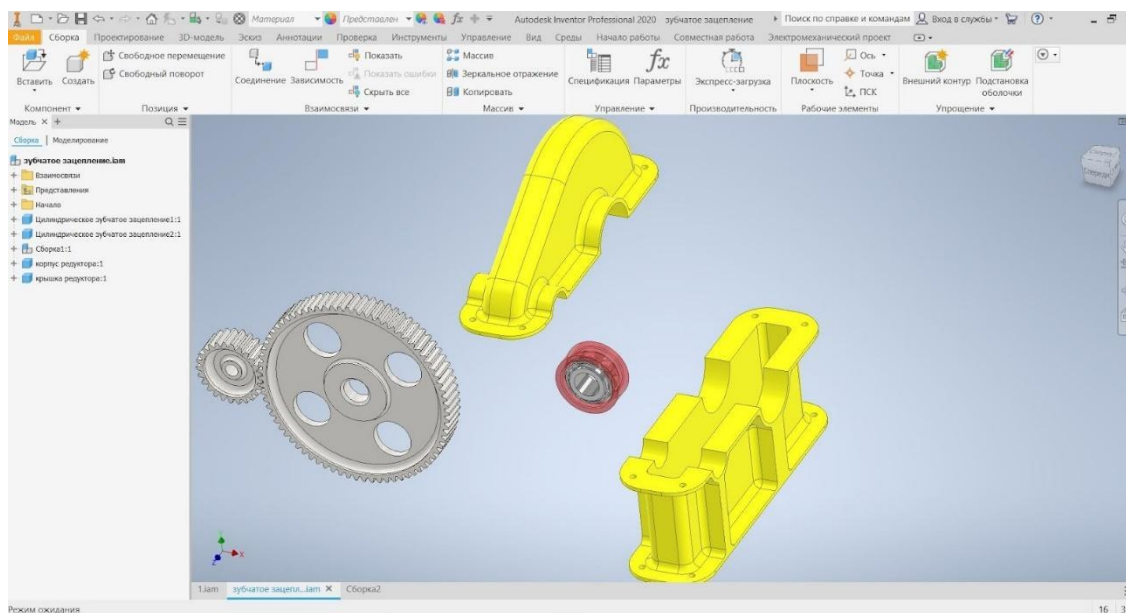


Рис. 10. Создание сборки

Таким образом, подшипник будет использоваться в качестве подсборки. Для начала следует поместить шестерни в корпус редуктора с помощью зависимостей соосность.

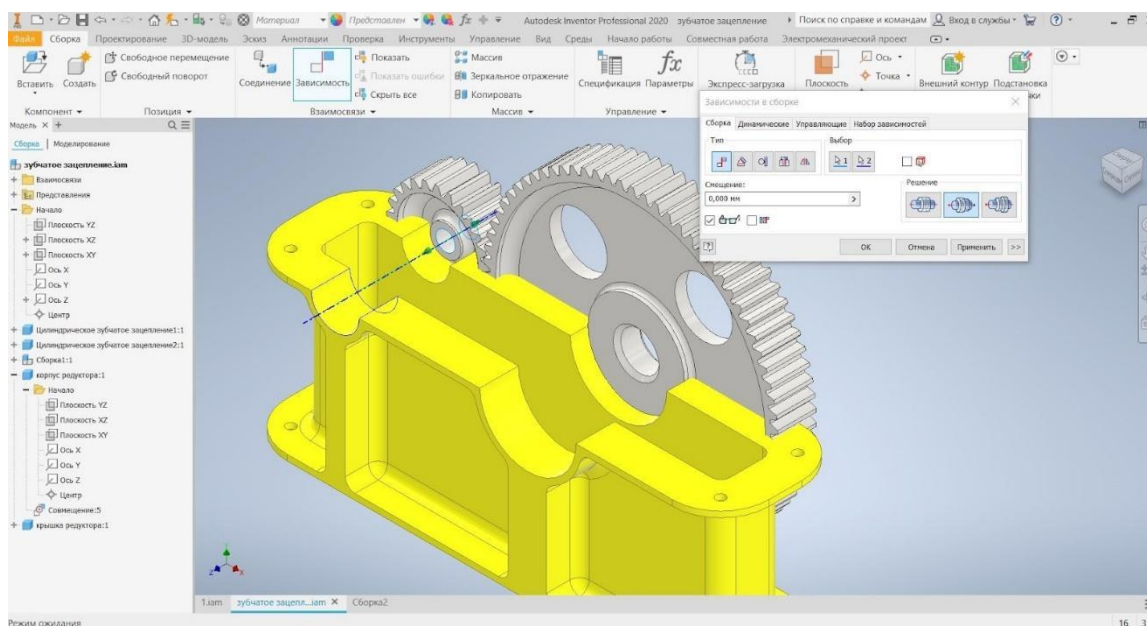


Рис. 11. Создание сборки

И совмещение по плоскостям

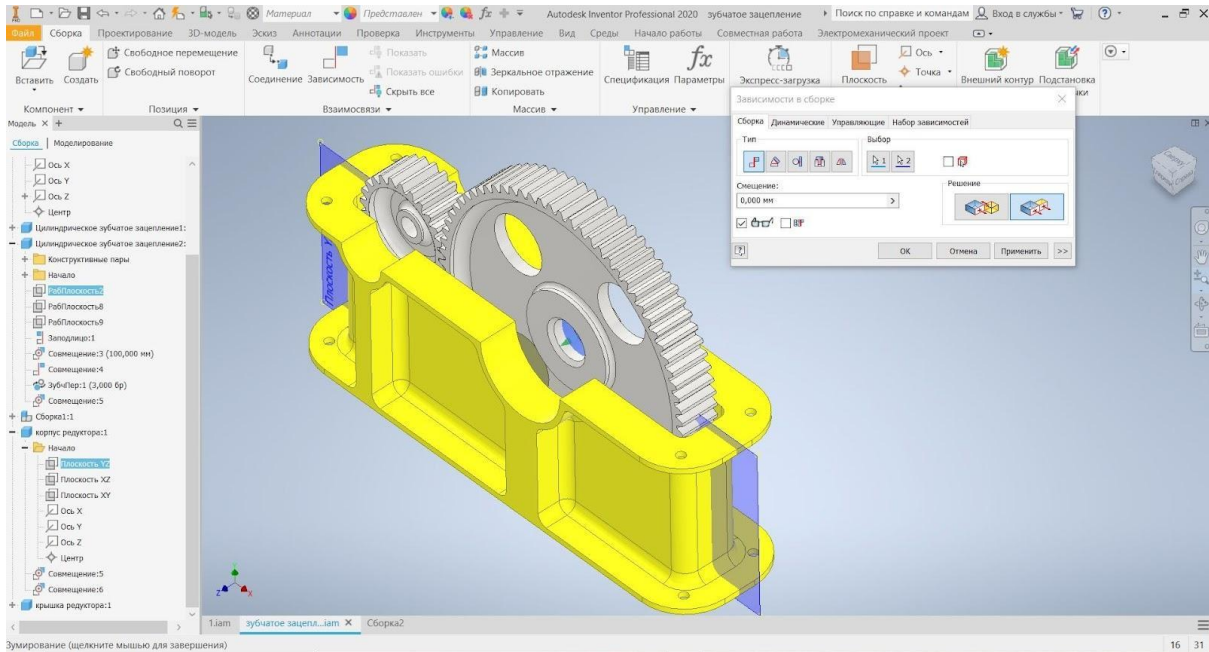


Рис. 12. Создание сборки

Для будущей оси ведомой шестерни устанавливается два подшипника

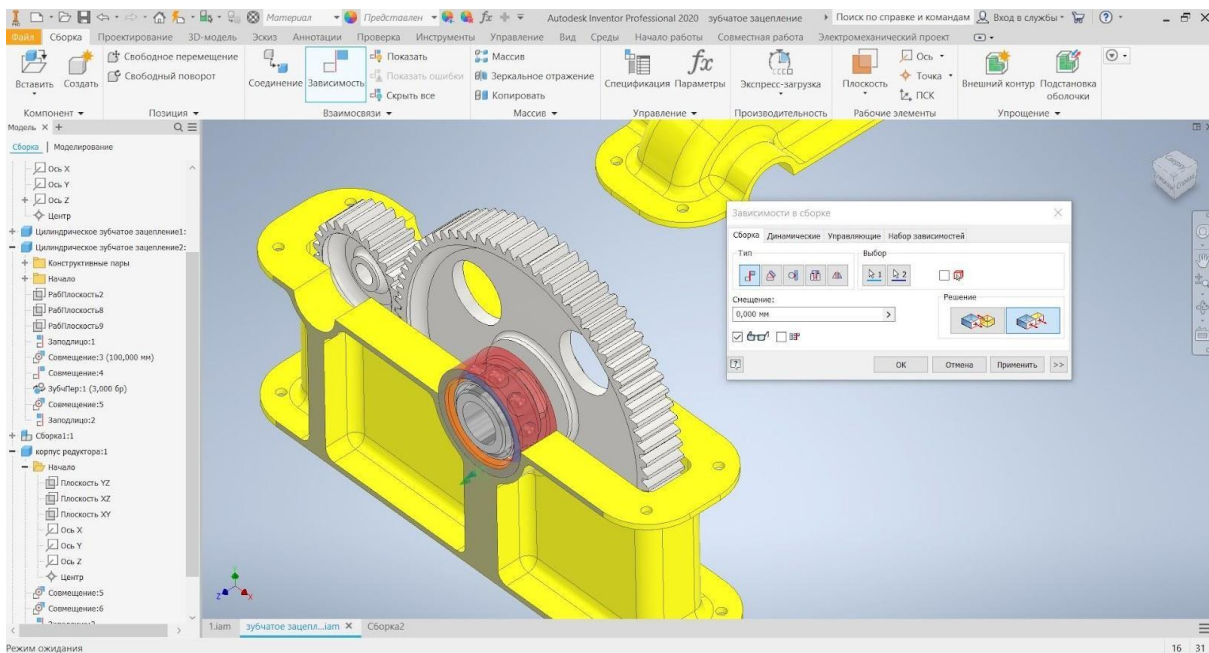


Рис. 13. Создание сборки

После установки подшипников, надевается крышка на корпус редуктора.

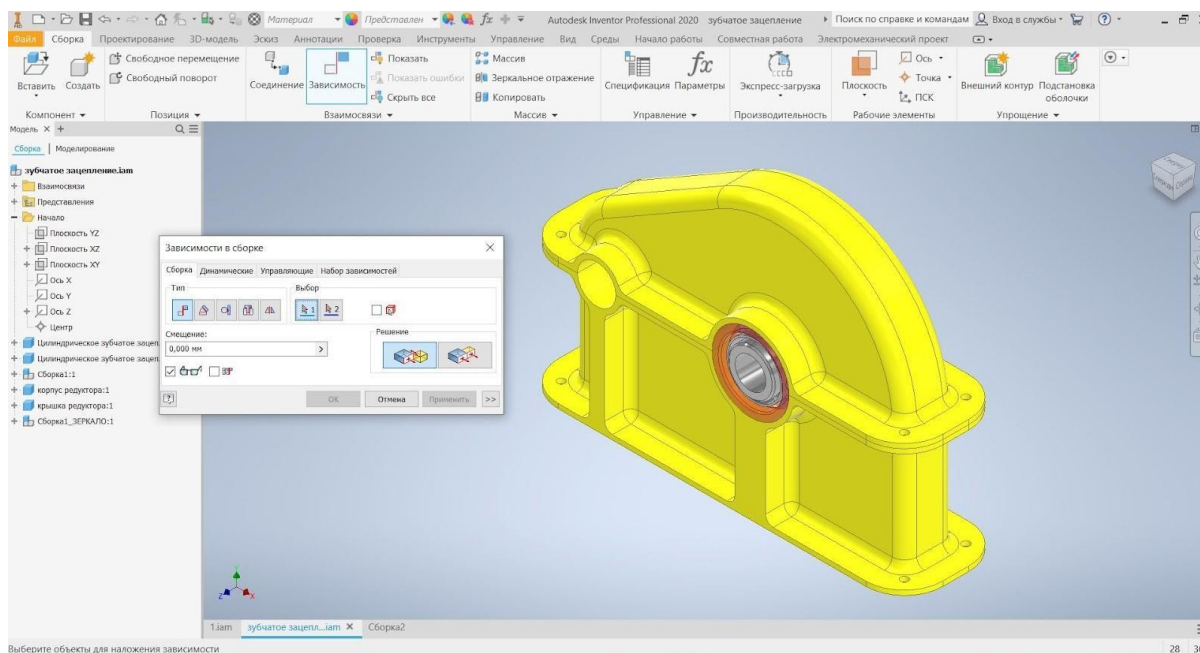


Рис. 14. Создание сборки

Практическая работа №48.

Проект «Редуктор». Анимация разборки механизма.

Цель работы: создание анимации разборки механизма

Объем: 1 час

Задание: получить видеофайл с анимацией разборки механизма

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь

Программное обеспечение: Autodesk Inventor

Практическая часть

Создание схемы разноса всех компонентов.

Это заключительное занятие касаето проекта редуктор. Данное занятие полностью посвящено созданию взрывной схемы или схемы разноса всех компонентов, для создания взрывной схемы используется среда схема. Среда схема уже затрагивалась на прошлых занятиях для создания анимации работы подшипника, на этом занятии следует провести более подробный разбор интерфейса рабочей среды. Для создания анимации разбора всего механизма потребуется сборка проекта редуктор.

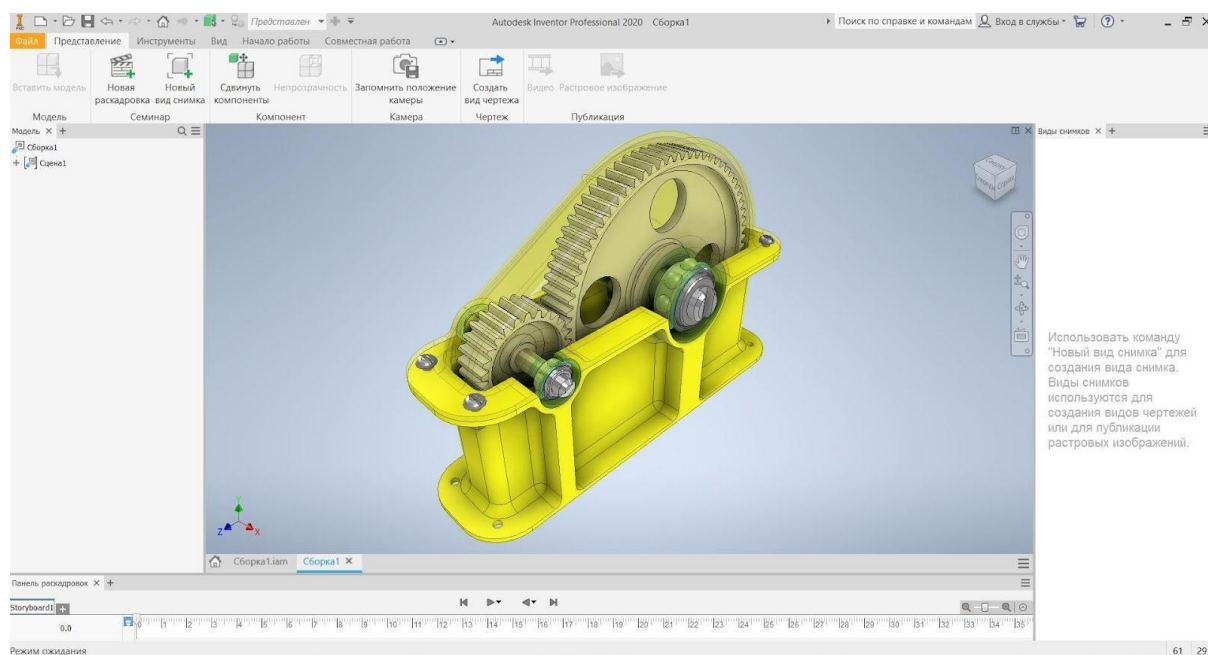


Рис. 1. Схема разноса редуктора

Интерфейс схемы делится на несколько основных управляющих окон. Первое окно - это лента, в ней располагаются основные инструменты.

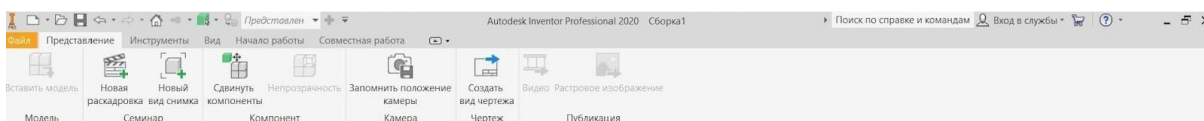


Рис. 2. Интерфейс создания схемы разноса

Следующее основное окно, это браузер, в нем отображаются все действия из которых будет состоять видео схемы.

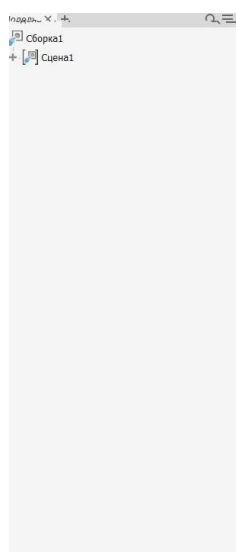


Рис. 3. Интерфейс создания схемы разноса

Последнее окно это time line. В таймлайн отображается время за которое совершено то или иное действие.

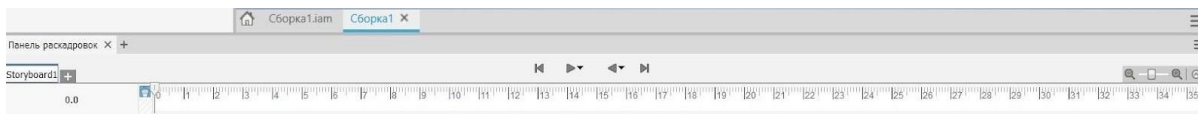


Рис. 4. Интерфейс создания схемы разнота

На первом этапе разбора редуктора необходимо открутить болтовой крепеж. Редуктор имеет 4 болта и 4 гайки. Сначала откручиваются винты. Откручивание винтов нужно производить одновременно. Данный процесс будет состоять из нескольких действий, это перемещение винтов с одновременным вращением. Каждое действие будет задаваться отдельно. Первое действие — это перемещение винтов вверх. Для сдвига винтов нужно выбрать кнопку в ленте **сдвинуть компонент**.

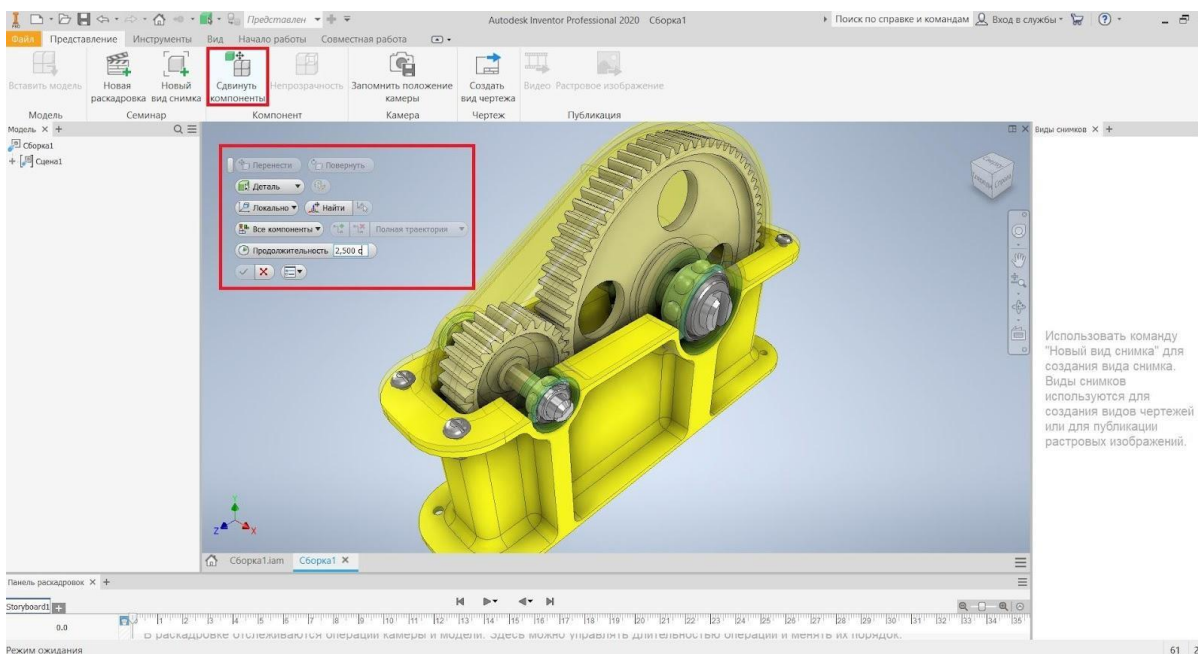


Рис. 5. Сдвиг компонентов

Открывается меню настройки инструмента. Для начала нужно выбрать 4 винта редуктора. Для того, чтобы выбрать несколько компонентов необходимо щелкнуть ЛКМ с зажатым ctrl на каждом винте. Далее настраивается действие смещение с помощью меню. Для определения траектории сдвига есть специальный ориентир в виде трех стрелок, над компонентом, если потянуть за одну из стрелок ЛКМ, то компонент начнет сдвигаться в соответствующую сторону. В данном случае, нужно потянуть за стрелку, указывающую вверх, а потом в соответствующем окне указать расстояние сдвига - 15 мм.

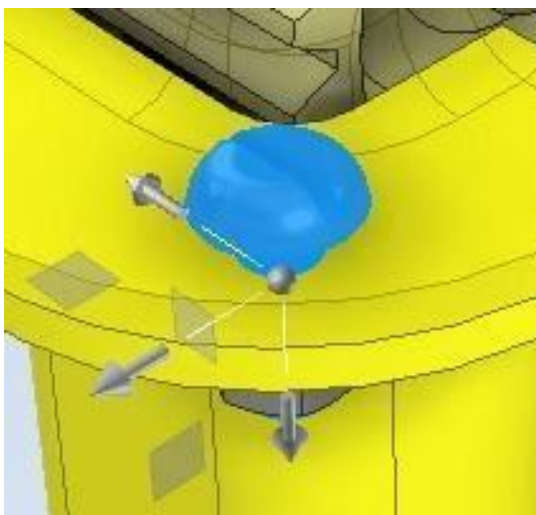


Рис. 6. Сдвиг компонентов

По результату, каждый из винтов сдвинется на заданное расстояние.

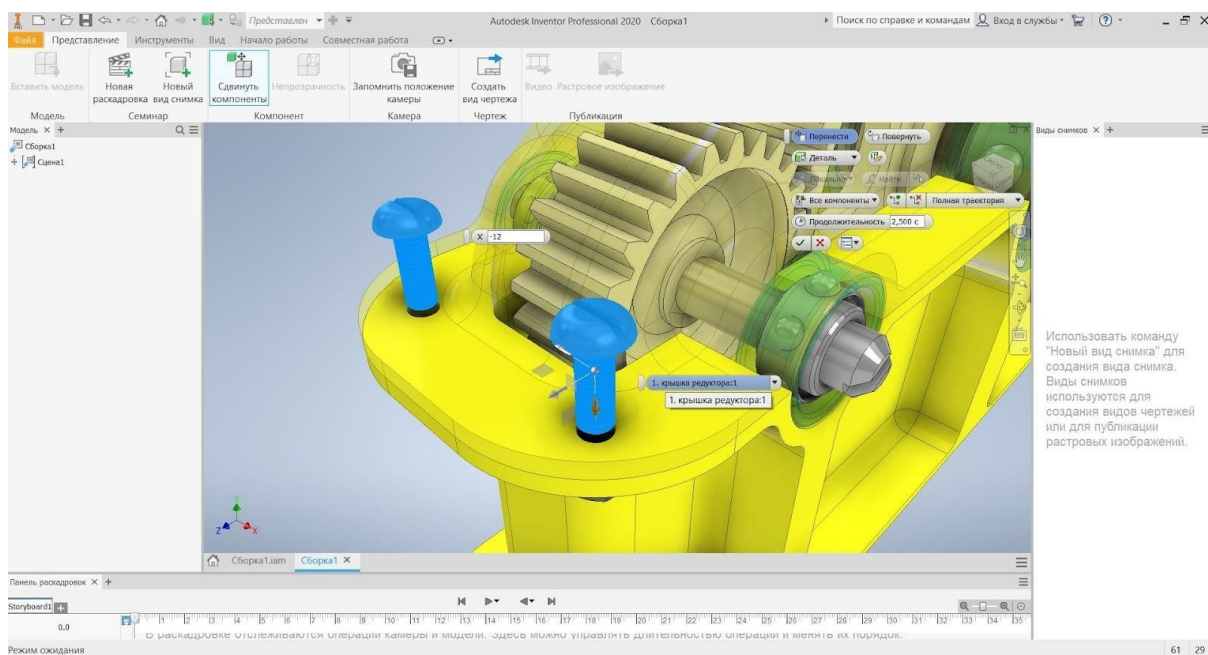


Рис. 7. Сдвиг компонентов

Далее, следует установить временной промежуток, за который будет происходить действие сдвига компонентов - 2 секунды.

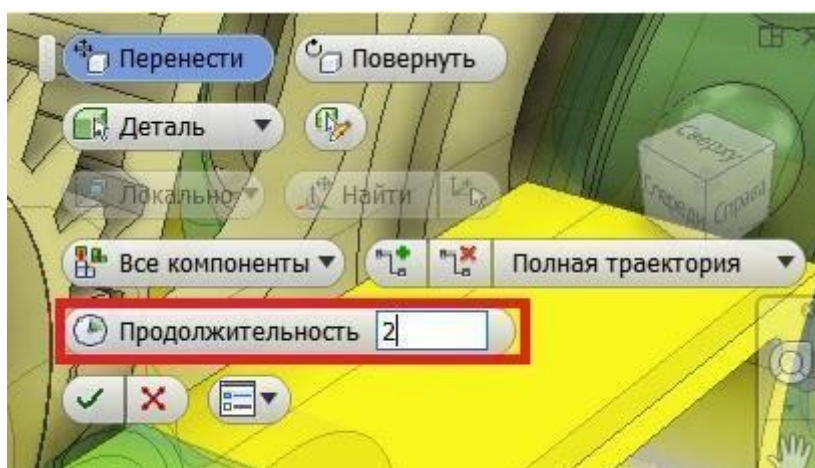


Рис. 8. Сдвиг компонентов

После чего нужно применить действие. Теперь в таймлайн видно отображение действия.



Рис. 9. Таймлайн

Для того, чтобы раскрыть таймлайн, нужно подвести курсор к серой линии и зажав на нем ЛКМ, потянуть вверх.

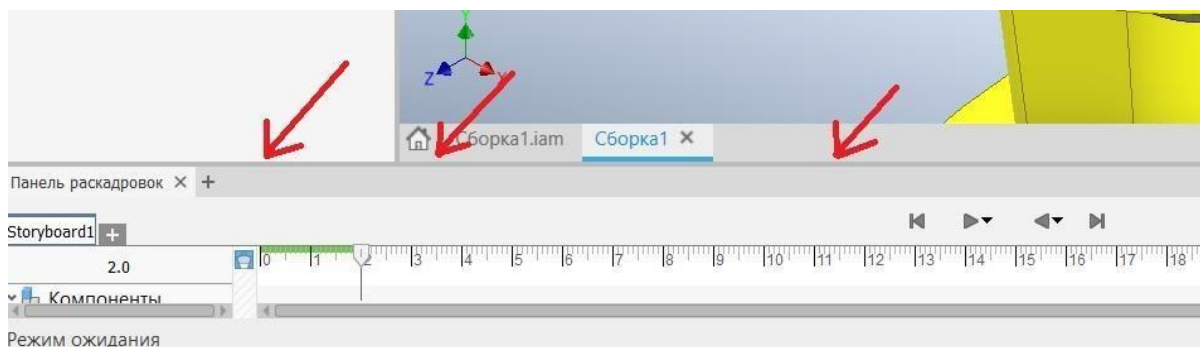


Рис. 10. Таймлайн

В развернутом окне видно все компоненты, которым присвоено действие, также с помощью таймлайн можно определить, за какое время выполняет компонент действие, в случае необходимости, можно увеличить или уменьшить время, за которое будет выполняться действие

потянув ЛКМ за синий прямоугольник обозначающий действие компонента. Увеличим время, за которое происходит действие сдвиг для всех винтов, с двух до двух с половиной секунд.

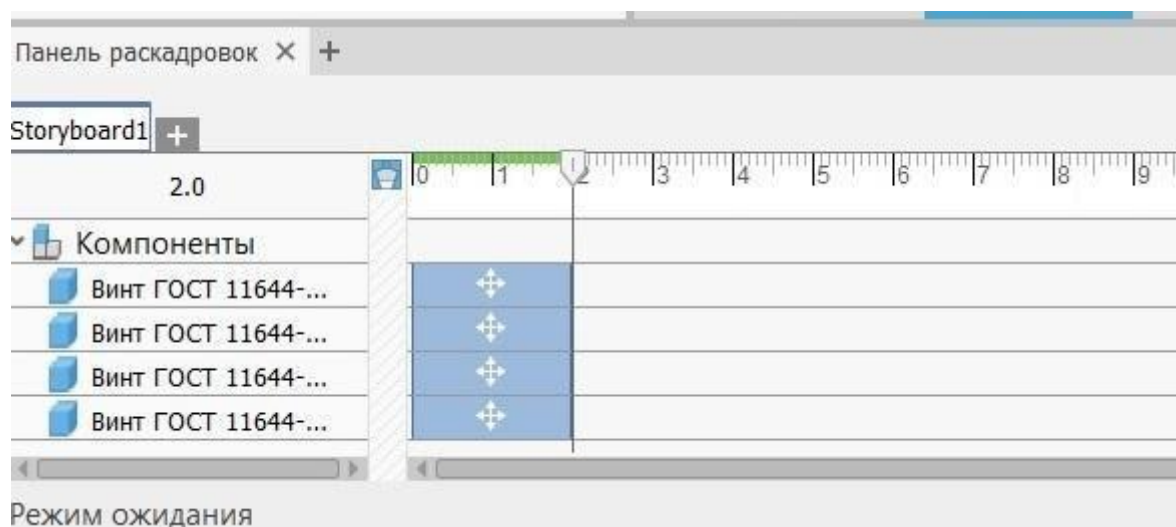


Рис. 11. Таймлайн

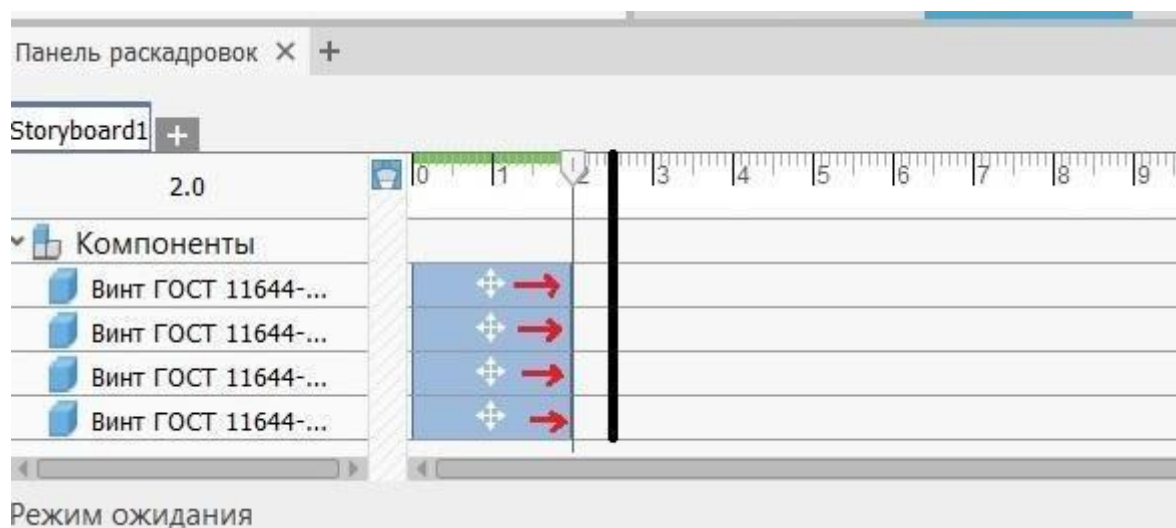


Рис. 12. Таймлайн

Таким образом сдвиг болтов будет происходить за большее количество времени. Для просмотра действия в режиме реального времени нужно нажать на соответствующую кнопку **Play**. Теперь необходимо создать вращение болтов. Следует обратить на то, что вращение должно происходить одновременно с сдвигом болтов. Поэтому для создания следующего действия необходимо передвинуть временной бегунок в начальное положение по таймлайн, в ноль.

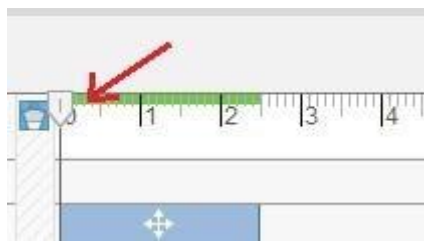


Рис. 13. Таймлайн

Для создания нового действия, выбирается инструмент **сдвинуть компонент**. Далее выбирается винт. В качестве сдвига выбирается решение **повернуть**. Продолжительность действия - 2.3 секунды. Далее над компонентом винтом появится 3 спектра обозначающие направления вращения, каждый из спектров лежит в одной из основных плоскостей XY, XZ и YZ, нужно потянуть ЛКМ за нужный спектр и установить угол равный трем оборотам, то есть 1080 градусам. Так же нужно учитывать, что болт **выкручивается**, а не **вкручивается!!!**

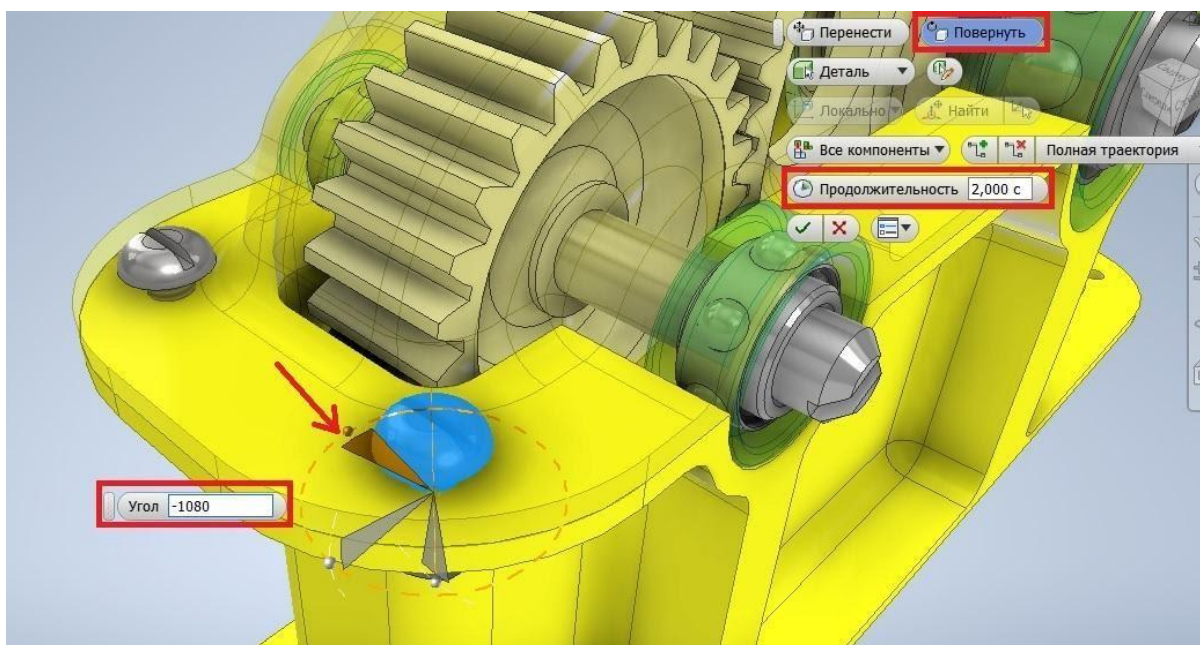


Рис. 14. Настройка компонентов

Теперь необходимо повторить действие вращения применительно к каждому винту. Анимация вращения оставшихся винтов, выполняется учащимися самостоятельно под надзором преподавателя.

Далее необходимо сдвинуть гайки, нужно иметь ввиду, что гайки должны начать сдвигать вниз, после того, как болт выкрутится из гайки. Будем считать, что после 1 секунды выкручивания болта, следует сдвинуть гайку вниз. Данная операция выполняется по аналогии с смещением

болтов, все гайки начинают смещение, после прошествии 1 секунды, вниз на расстояние 20 мм, продолжительность смещения 1.5 секунды.

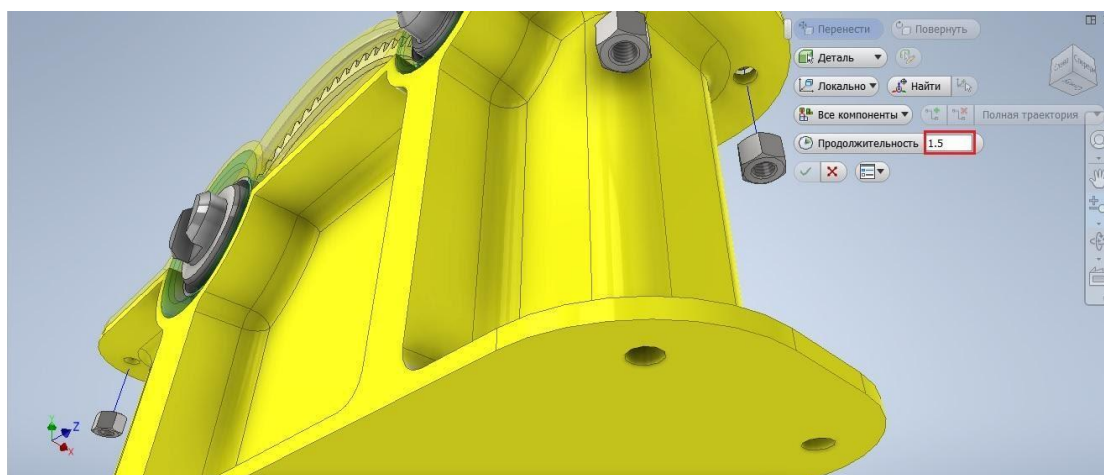


Рис. 15. Настройка компонентов

После создания действия образовались сегменты направляющей сборки, их можно скрыть, нажав на них ПКМ и выбрав в открывшемся меню, соответствующие действие.

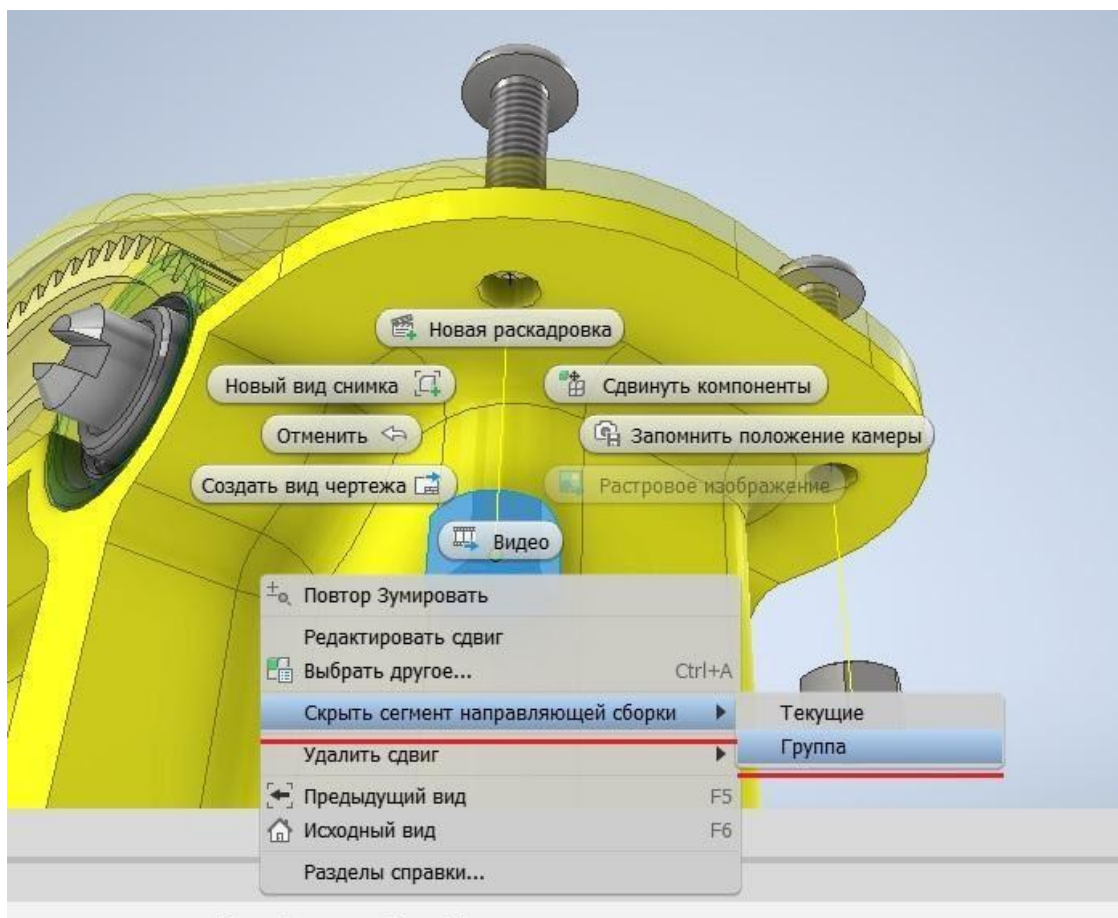


Рис. 16. Настройка компонентов

Следующим действием, нужно снять крышку редуктора, но этому действию будут мешать винты, так как во время сдвига крышки, винты будут ее пересекать. Для этого винты нужно сдвинуть в разные стороны от фланца, на расстояние 30 мм, время действия 1.5 секунды.

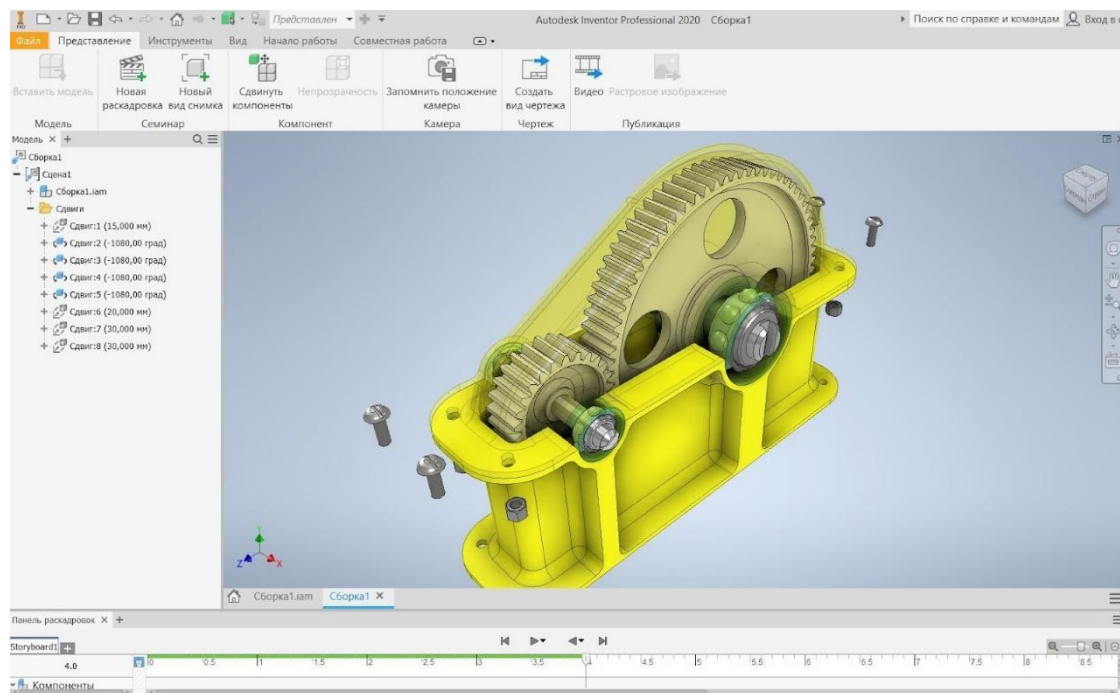


Рис. 17. Настройка компонентов

После сдвига винтов, нужно снять крышку редуктора. Крышка сдвигается вверх на 170 мм, за 2.5 секунды.

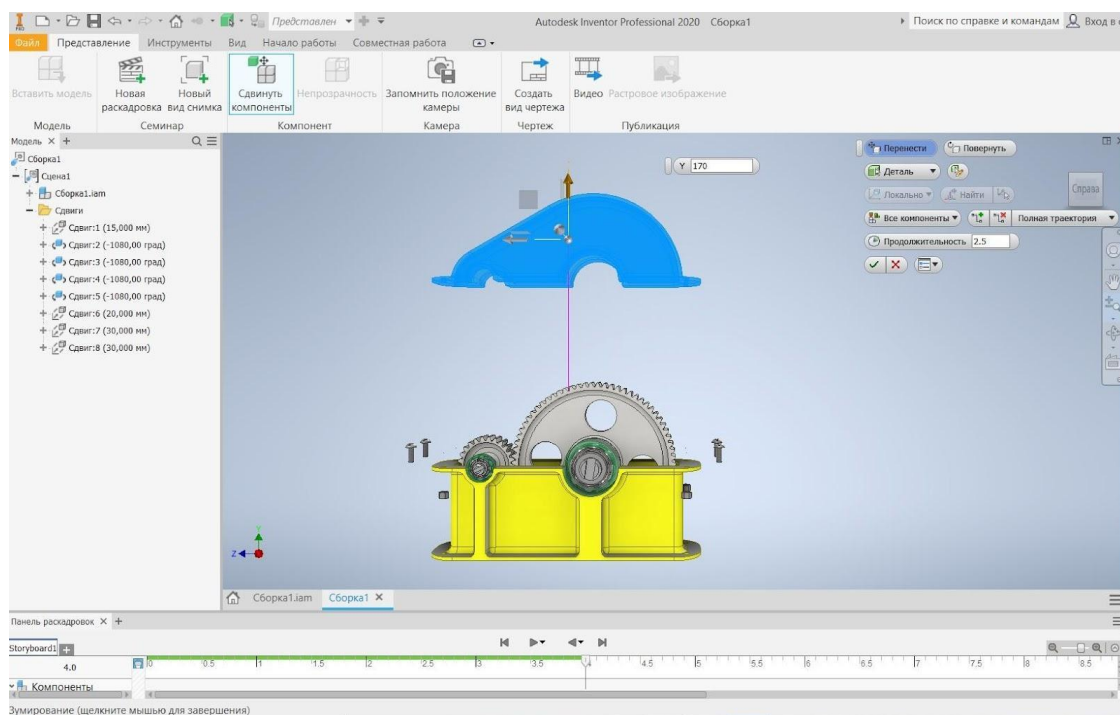


Рис. 18. Настройка компонентов

Далее нужно вытащить из корпуса шестерни с валами и подшипниками. Для более корректной работы можно раскрыть в браузере сборку и выбирать все необходимые детали и под сборки через браузер.

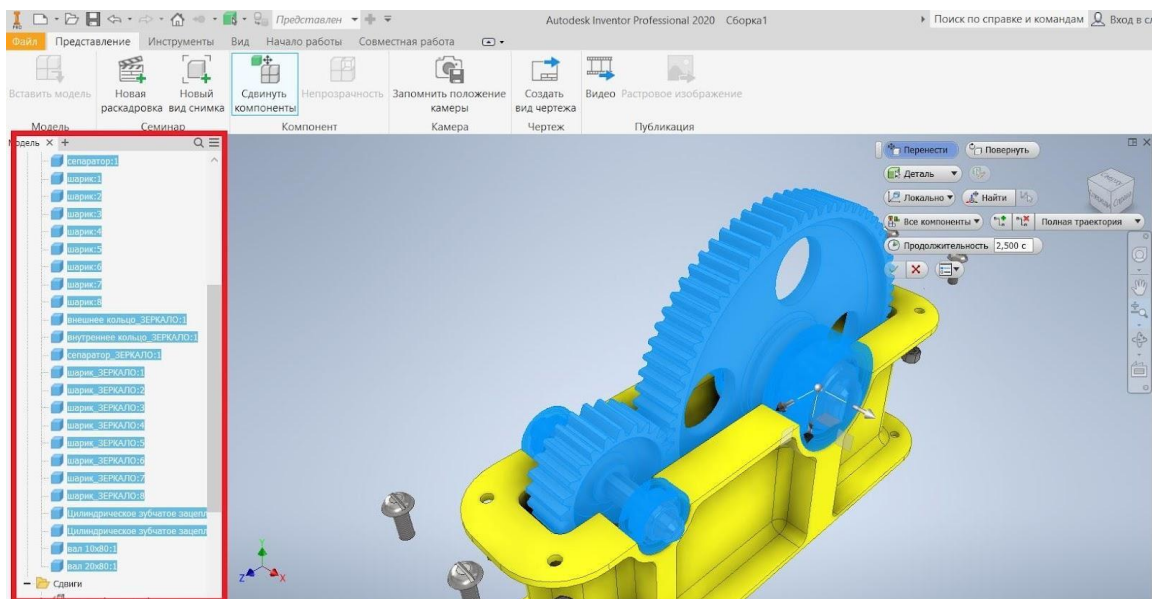


Рис. 19. Компоненты под сборки

В случае неправильного определения начальной точки сдвига, следует воспользоваться кнопкой в меню настройки сдвига **найти**, после выбора данной кнопки нужно выбрать подходящую грань или плоскость, в данном случае подходит верхняя плоская грань фланца корпуса редуктора.

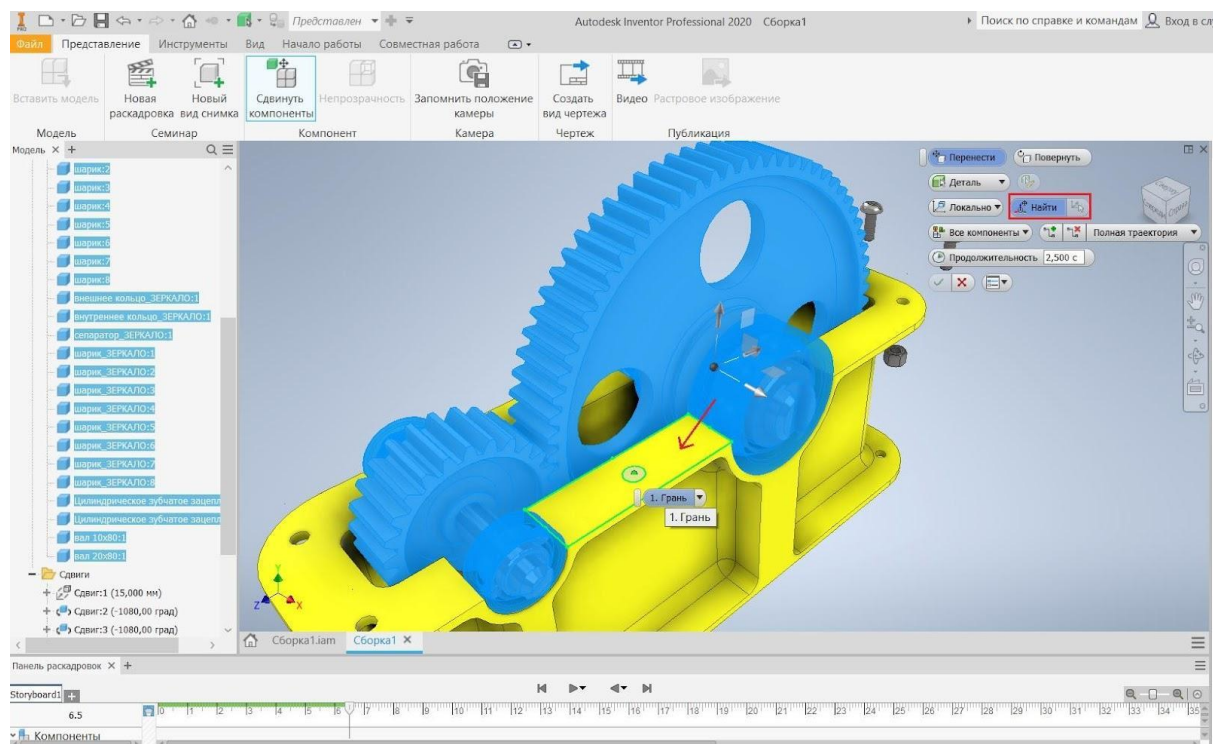


Рис. 20. Компоненты под сборки

Сдвиг следует производить вверх, по оси Z, расстояние сдвига 85 мм, время действия 2.5 секунды. Сегменты направляющей сборки - скрыть.

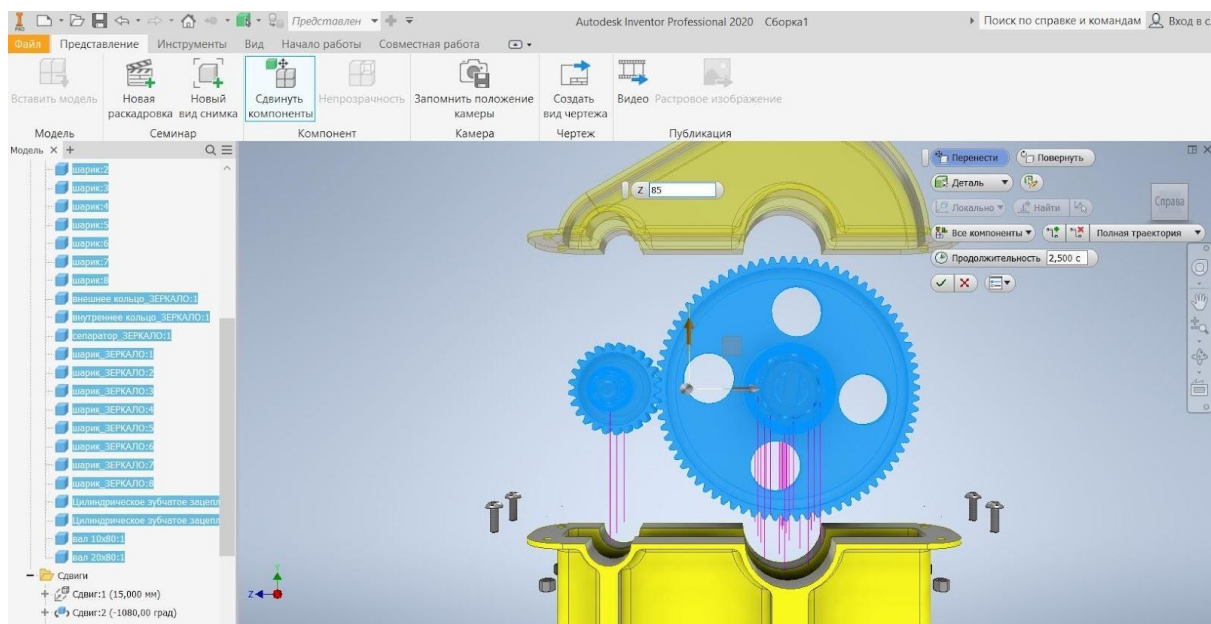


Рис. 21. Компоненты под сборки

Следующим действием снимаются подшипники с осей. Расстояние сдвига 110 мм, время сдвига 2 секунды. Сегменты направляющей скрываются.

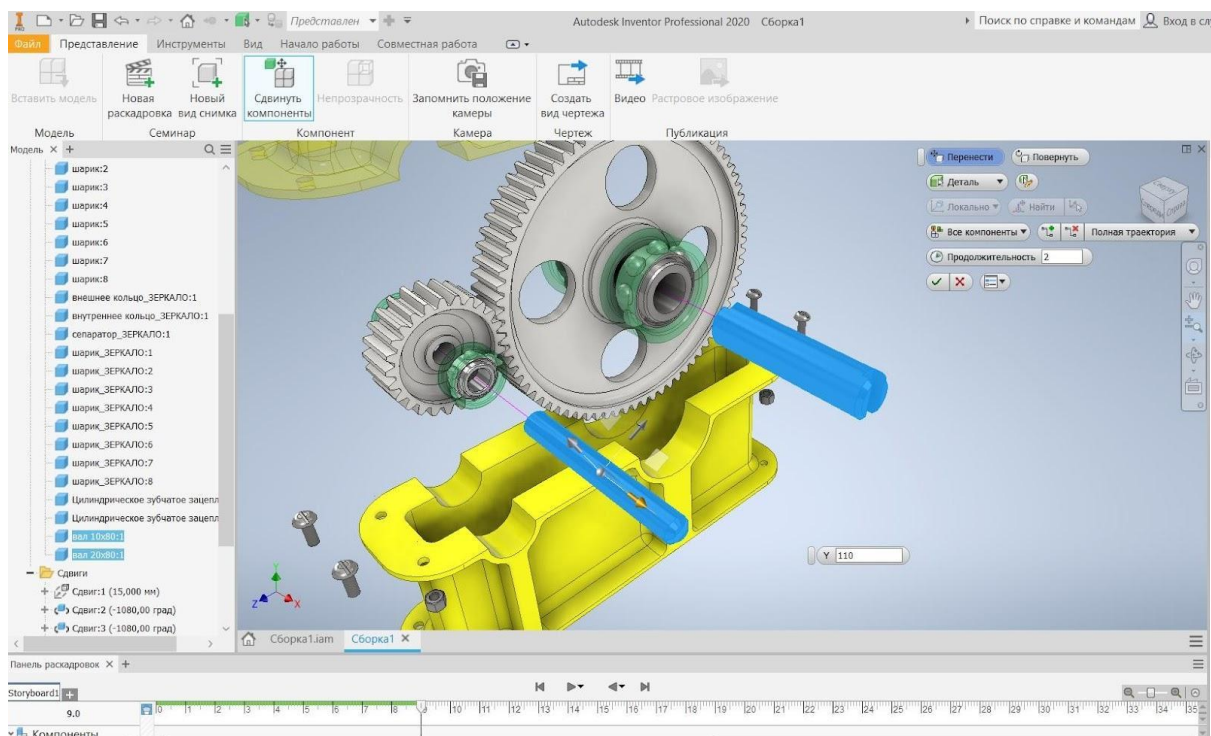


Рис. 22. Компоненты под сборки

Далее сдвигаются подшипники. Сдвиг подшипников на 20 мм в противоположные стороны от шестерен, время сдвига 1 секунда. Сдвиг подшипников производится двумя действиями. Сегменты направляющей сборки скрыть.

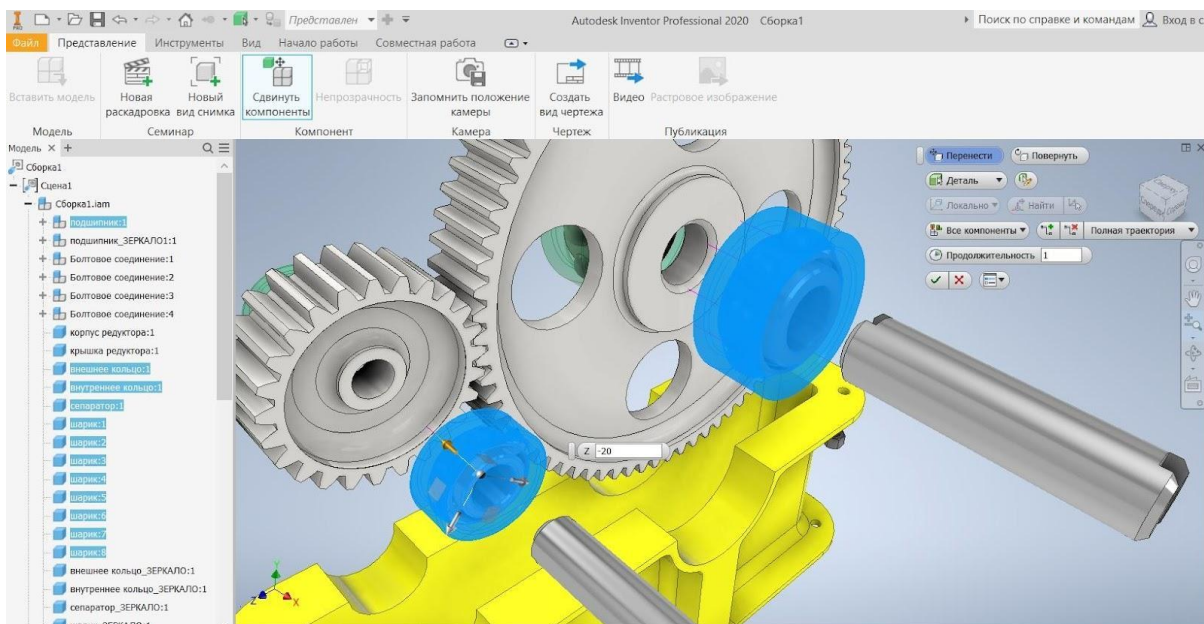


Рис. 23. Компоненты под сборки

Последним этапом разъединяем зубчатые колеса. Шестерни стоит раздвинуть в стороны, одним действием для каждой шестерни. Длина сдвига 30мм продолжительность 1.5 секунды. Общее время разбора 13.5 секунд.

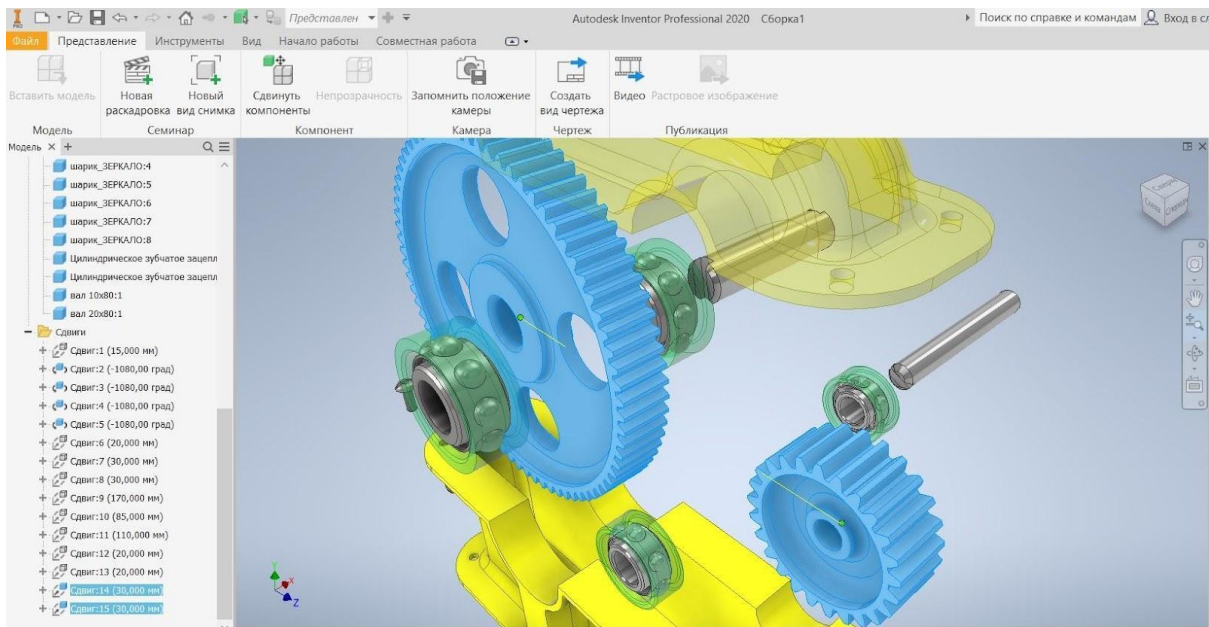


Рис. 22. Компоненты под сборки

Взрывная схема готова, если задание выполнено раньше конца занятия, преподаватель может объяснить обучающимся о повороте и сдвиге камеры. Последним действием необходимо сохранить работу в подходящем формате и сохранить в соответствующую папку, сохранении и о конвертации схемы в видео формат, было рассказано ранее. После окончания создания схемы, преподаватель проводит проверку и рефлексия. В качестве домашнего задания, создание сборочного чертежа.

Лабораторная работа №49.

Лабораторная работа «Доработка и оформление выполненных работ»

Цель работы: подготовить к защите выполненные работы

Объем: 1 час

Задание: проверить наличие и правильность выполнения проектов за весь курс, внести доработки, если это необходимо; загрузить фотореалистичные изображения выполненных проектов и составить из них презентацию с заголовками, соответствующим названиям проектов

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска

Практическая часть

Слушатели должны самостоятельно проверить наличие и правильность выполнения своих проектов за весь курс, внести доработки, если это необходимо. Загрузить фотореалистичные изображения выполненных проектов и составить из них презентацию с заголовками, соответствующим названиям проектов. Слушатели должны понимать принцип работы разработанных ими изделий. Далее слушатели подготавливают речь, где описывают принцип работы спроектированных изделий и особенности компонентов, обеспечивающих работоспособность механизмов.

По завершении процесса подготовки, на следующем занятии, проводится защита проектов.

Практическая работа №50

Контрольная работа «Защита проектов»

Цель работы: защитить выполненные работы

Объем: 1 час

Задание: представить презентацию по выполненным проектам, описывая принцип работы спроектированных изделий и особенности компонентов, обеспечивающих работоспособность механизмов

Оборудование: персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь, проектор/интерактивная доска

Практическая часть

Проводится защита презентаций по выполненным проектам.

Слушатели должны понимать принцип работы разработанных ими изделий. Слушатели подготавливают речь, где описывают принцип работы спроектированных изделий и особенности компонентов, обеспечивающих работоспособность механизмов.

Предварительно, слушатели должны самостоятельно проверить наличие и правильность выполнения своих проектов за весь курс, внести доработки, если это необходимо. Загрузить фотореалистичные изображения выполненных проектов и составить из них презентацию с заголовками, соответствующим названиям проектов.