

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

*К.А. БЕЗСОНОВ, А.В. МЕЩЕРЯКОВ, А.П. ШУЛЕПОВ*

## РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СБОРКИ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МНОГООСЕВЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ С ЧПУ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве практикума для обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

САМАРА  
Издательство Самарского университета  
2020

УДК 621.9.06-529(075)

ББК 34.5я7

Б536

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.А. З р е л о в ,  
канд. техн. наук А.В. Ш в е ц о в

*Безсонов, Кирилл Андреевич*

**Б536**      **Разработка параметрических моделей сборки станочных приспособлений для виртуальных многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ: практикум / К.А. Безсонов, А.В. Мещеряков, А.П. Шулепов.** – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 160 с.: ил.

**ISBN 978-5-7883-1584-3**

В практикуме представлены лабораторные работы по разработке параметрических моделей станочных приспособлений для виртуальных многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ. В первой работе содержатся сведения по методологии проектирования параметрических моделей средств технологического оснащения в зависимости от их конструктивной схемы. Во второй работе рассмотрена методология поэтапного создания конструкции «сверху-вниз», от детали к сборочной единице, при поддержке полной параметризации создаваемой геометрии конструкции.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов и др.

Подготовлен на кафедре технологий производства двигателей.

УДК 621.9.06-529(075)

ББК 34.5я7

ISBN 978-5-7883-1584-3

© Самарский университет, 2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>1 Общие сведения по конструкциям и проектированию станочных приспособлений</b> .....	5
1.1 Классификация приспособлений .....	5
1.2 Методика проектирования приспособлений.....	12
1.3 Параметрическое 3D моделирование при проектировании приспособлений.....	15
<b>2 Лабораторная работа № 1. Создание параметрической базы данных элементов и сборка на их основе средств технологического оснащения виртуальных многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ</b> .....	20
2.1 Метод вариационной (размерной) параметризации.....	20
2.2 Создание 3D моделей деталей приспособления .....	23
2.3 Создание 3D модели (сборки) приспособления .....	57
2.4 Разработка параметрических связей между элементами приспособления .....	71
2.5 Порядок выполнения работы .....	93
2.6 Вопросы для самоконтроля .....	93
<b>3 Лабораторная работа № 2. Разработка параметрической сборки станочного приспособления для виртуальных многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ на основе прогрессивной технологии моделирования «TOP-DOWN</b> .....	95
3.1 Метод вариационной (размерной) параметризации при использовании способа проектирования «Сверху-вниз» .....	95
3.2 Разработка параметрической 3D модели детали .....	96
3.3 Разработка 3D модели приспособления .....	120
3.4 Создание параметрических связей между элементами модели приспособления .....	148
3.5 Порядок выполнения работы .....	156
3.6 Вопросы для самоконтроля .....	157
<b>Заключение</b> .....	158
<b>Список литературы</b> .....	159

## ВВЕДЕНИЕ

Применение информационных технологий при подготовке производства приводит к кардинальному изменению среды создания и формы представления технической информации. Конструкторско-технологическая документация всё в большей степени создаётся в среде интегрированных систем автоматизированного конструирования и производства (систем CAD/CAM), что резко повышает производительность труда конструктора и технолога.

При проектировании станочной оснастки это связано, прежде всего, с ускорением поиска прототипов конструкций при использовании электронных архивов, с сокращением времени проектирования приспособлений при использовании баз данных стандартных и унифицированных элементов конструкции, библиотек электронных моделей основных деталей приспособлений. Дополнительные возможности открывает применение совместно с системами CAD/CAM электронного документооборота с автоматизацией составления спецификаций конструкций.

Создание параметрических моделей – одна из важнейших возможностей систем CAD/CAM, повышающая производительность труда конструктора за счёт того, что новые варианты объекта проектирования могут быть получены модификацией (изменением) лишь ограниченного круга его параметров.

Параметрическая модель представляет собой прикладную программу, управляющую построением изображения объекта после ввода значений его параметров. Детали станочных приспособлений как объекты проектирования обладают рядом особенностей, делающих целесообразным разработку их параметрических моделей как приложений пользователя.

В лабораторном практикуме рассмотрены теоретические положения, схемы и конструкции элементов, методики и примеры создания параметрических моделей технологической оснастки.

# 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО КОНСТРУКЦИЯМ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

## 1.1 Классификация приспособлений

**Приспособление** – технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции.

Большинство применяемых на производстве приспособлений предназначены для механической обработки (60%). Они самые точные, сложные, дорогостоящие и трудоёмкие в изготовлении. Трудоёмкость изготовления приспособлений для механической обработки составляет от 60 до 70% всей трудоёмкости изготовления приспособлений предприятия.

**Приспособление для механической обработки (станочное приспособление)** – это дополнительное устройство к станку, с помощью которого заготовка устанавливается в заданное положение в соответствии с техническими требованиями на выполнение данной операции технологического процесса.

Использование приспособлений позволяет:

- устранить разметку заготовок перед обработкой и устранить их выверку на станке;
- значительно повысить производительность труда в результате сокращения вспомогательного времени, увеличения числа одновременно обрабатываемых заготовок и числа одновременно работающих режущих инструментов;
- обеспечить условия для многостаночного обслуживания нескольких станков;

- значительно облегчить труд рабочих-станочников и использовать рабочих с более низкой квалификацией;
- повысить точность изготовления деталей;
- расширить технологические возможности станков;
- создать условия для механизации или автоматизации станков;
- снизить себестоимость изготовления деталей.

**По целевому назначению** приспособления можно разделить на пять основных групп:

**1. Станочные приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок.** Эти приспособления подразделяются на следующие типы: сверлильные; фрезерные; расточные; токарные и др. К этой группе относят также приспособления специального назначения (для гибки, рихтовки и др. операций). Эта группа приспособлений связывает заготовку со станком. Они составляют около 80-90 % всего парка приспособлений.

**2. Приспособления для установки, закрепления и регулирования режущего инструмента.** Они играют роль связующего звена между режущим инструментом и металлорежущим оборудованием. Данная группа приспособлений характеризуется большим количеством унифицированных нормализованных и типовых устройств, вследствие широкой стандартизации режущего инструмента (расточные оправки, сверлильные патроны, державки и др.).

**3. Сборочные, используемые для соединения деталей в изделия.** Применяют следующие типы сборочных приспособлений:

- для крепления базовых деталей собираемого узла;
- для обеспечения правильной установки соединяемых элементов изделия;
- для предварительного деформирования устанавливаемых упругих элементов (пружин, разрезных колец);
- запрессовки, клепки, развальцовывания и других операций, когда требуются при сборке большие усилия;
- для контроля качества выполненного соединения.

4. **Контрольные приспособления.** Используются для контроля геометрических параметров изготавливаемого изделия в производственных условиях с требуемой точностью и производительностью.

5. **Приспособления для захвата, перемещения и кантования** тяжёлых, а в автоматизированном производстве и легких заготовок, деталей и собираемых изделий (роботы, манипуляторы).

**По степени специализации** приспособления делятся на следующие группы:

1. **Приспособления общего назначения (универсальные)** – позволяют устанавливать различные заготовки, но имеющие определённый диапазон размеров. Эти приспособления обладают высокой универсальностью, сравнительно низкой стоимостью, однако имеют невысокую точность. Многие из этих приспособлений являются устройствами, расширяющими возможности станков, и поставляются вместе с оборудованием (тиски, патроны, делительные головки, поворотные столы, магнитные плиты и др.).

Применение: единичное и мелкосерийное производство.

2. **Специализированные переналаживаемые (групповые) приспособления** – применяются для обработки конкретной группы заготовок. Заготовки объединяются в группы по конструктивно-технологическим признакам. Приспособление состоит из **базового полуфабриката** и различных к нему **наладок**. При переходе от одной заготовки к другой приспособление переналаживается (меняются наладки).

К таким приспособлениям относятся системы: УСП, СРП, УНП, СНП.

Применение: единичное, мелкосерийное и серийное производство.

3. **Специальные** – предназначены для установки и обработки конкретной заготовки на конкретной операции (системы СНП). Эти приспособления обладают высокой точностью и производительностью. Большинство из них механизировано и автоматизировано. Применение: серийное и массовое производство.

**По технологическому признаку (типу станков):** токарные, сверлильные, фрезерные, шлифовальные и др.

**По числу устанавливаемых заготовок:** одноместные – устанавливается одна заготовка; многоместные – устанавливается две и более заготовок.

**По уровню механизации и автоматизации:** ручные; механизированные (оснащены каким-либо видом привода); автоматизированные (выполняют определённый алгоритм); автоматические (приспособление управляется системой управления станка).

В соответствии с ЕСТПП различают следующие системы приспособлений:

1. **Универсально-безналадочные (УБП)** – представляют собой законченные неразборные механизмы с постоянными установочными элементами для установки обрабатываемых заготовок по элементарным схемам базирования.

Типовыми представителями УБП являются универсальные станочные тиски, универсальные трёхкулачковые токарные патроны, универсальные поворотные и делительные столы и стойки, делительные головки, магнитные плиты (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Примеры УБП

2. **Универсально-наладочные (УНП)** – система УНП основана на использовании сменных установочных, зажимных и направляющих элементов, образующих наладку на базе универсального нормализованного **базового** агрегата. Базовые агрегаты – законченные механизмы многократного использования, имеющие



стандартную конструкцию и выпускающиеся централизованно. Базовые агрегаты эксплуатируются до полного износа и постоянно находятся на станке.

При запуске новой партии обрабатываемых деталей базовый агрегат УНП не снимают со станка, а лишь переустанавливают сменные элементы или устанавливают регулируемые опоры. Настройки УНП на склад не сдаются, а хранятся на рабочем месте. УНП находят наибольшее применение в серийном и мелкосерийном производстве в условиях группового метода обработки деталей (многономенклатурное производство).

3. **Универсально-сборные (УСП)** – представляют собой систему, состоящую из набора стандартных деталей и сборочных единиц, из которых komponуются различные приспособления одноцелевого назначения. После использования приспособлений они разбираются, а детали возвращаются на склад и применяются при сборке других приспособлений. В основу системы УСП положена идея постоянного кругооборота стандартизованных деталей и сборочных единиц (рис. 1.2).

Система УСП получила развитие в создании УСПО – универсально-сборной переналаживаемой оснастки.



Рис. 1.2. УСП

Комплекс УСПО представляет собой совокупность стандартных деталей блочных и базовых сборочных единиц, связанных

общим технологическим замыслом, наличием унифицированных рядов типоразмеров, обеспечивающих собираемость приспособлений для оснащения основных групп станочного оборудования.

4. **Специализированные наладочные приспособления (СНП)** – это приспособления, состоящие из специализированного базового агрегата и сменных наладок для установки родственных по конфигурации и технологии обработки заготовок с идентичными схемами базирования (рис. 1.3.).

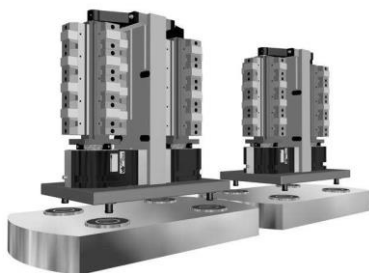


Рис. 1.3. СНП

Базовые агрегаты СНП представляют собой законченные механизмы стандартной конструкции долговременного применения и эксплуатируются до полного износа и со станка не снимаются. Пример СНП – мембранный патрон внутришлифовального станка. Отличие от УНП – более высокая степень специализации и наличие быстродействующего механического привода для закрепления заготовки.

Область применения СНП – среднесерийное и крупносерийное производство.

5. **Сборно-разборные (СРП)** – в основе системы заложен принцип агрегатирования. Система базируется на тех же принципах, что и УСП. Компоновки СРП собирают из стандартных деталей и сборочных единиц как специальные приспособления долгосрочного применения.

Отличия от системы УСП заключаются в следующем:

- единицы СРП имеют строгое функциональное назначение;
- приспособления СРП komponуются в основном из узлов;
- система СРП допускает применение специальных, изготовленных на предприятии деталей и узлов, дополняющих компоновку СРП,
- СРП имеют быстродействующий механический привод для закрепления заготовок.

Компоновка СРП собирается на весь период производства изделия; после окончания эксплуатации производится демонтаж приспособления с последующим использованием его узлов для сборки других компоновок.

**6. Неразборные специальные приспособления (НСП)** – представляют собой необратимые конструкции, не предназначенные для разборки с целью повторного использования их сборочных единиц и деталей. Они проектируются и изготавливаются для различных видов обработки заготовок любых форм и габаритных размеров и обеспечивают практически любую точность обработки. НСП обладают самым длительным циклом оперативного оснащения (около 100 часов на одно приспособление средней сложности).

НСП применяются в крупносерийном и массовом производстве при длительном нахождении изделия в производстве, обеспечивающем эксплуатацию НСП до физического износа или в условиях невозможности использования других систем приспособлений.

**7. Агрегатные средства механизации зажима (АСМЗ)** – система состоит из комплекса универсальных силовых устройств, выполненных в виде обособленных агрегатов, с помощью которых механизуется и автоматизируется закрепление заготовок в приспособлении.

Выбор системы приспособлений зависит от типа производства, программы выпуска деталей, формы и габаритных размеров деталей, точности их изготовления и от технических требований, предъявляемых к деталям, подлежащим изготовлению.

На рис. 1.4 представлены зоны рентабельности применения приспособлений различных систем.



Рис. 1.4. Зоны рентабельности применения приспособлений

Здесь необходимо отметить, что: УСП, СРП, УНП, СНП – это переналаживаемые приспособления; УБП – универсальные; СНП – специальные.

К приспособлениям предъявляют следующие требования:

Правильно спроектированное приспособление должно отвечать следующим требованиям:

1. Обеспечение заданной точности и качества обработки заготовки на данной операции.
2. Обеспечение высокой производительности обработки.
3. Безопасность в эксплуатации и удобство в использовании.
4. Обеспечение заданной экономической эффективности применения приспособления.

## 1.2 Методика проектирования приспособлений

Процесс проектирования любого механизма – в том числе и станочного приспособления – состоит в **последовательной разработке** различных текстовых и графических конструкторских документов. Стандартами (ГОСТ 2.103-68). Единой системы кон-

структурской документации регламентировано несколько стадий разработки таких документов.

1. **Разработка, согласование и утверждение** в установленном порядке **технического задания (заказа) на проектирование**. Такое задание конструктор приспособления получает от технолога, проектирующего технологический процесс. В техническом задании технолог устанавливает назначение, технические, технико-экономические и специальные требования к конструкции приспособления, а также конкретные сведения необходимые для проектирования: базирование и закрепление заготовки, последовательность обработки поверхностей (переходы), точность выполняемых геометрических параметров, применяемый станок, массу и материал заготовки, режимы резания и другие сведения. Все эти данные позволяют определить принципиальную схему предполагаемого приспособления.

2. **Разработка технического предложения**, в котором по результатам анализа технического задания и подбора необходимых материалов, конструктор в максимальной степени удовлетворяет требования и указания, содержащиеся в техническом задании.

3. **После рассмотрения и утверждения** технического предложения конструктор с технологом разрабатывает **эскизный проект**.

**Эскизный проект** должен содержать принципиальные конструктивные решения, позволяющие составить общее представление об устройстве и принципе действия приспособления, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры. При необходимости на этой стадии изготавливается макет конструкции. Эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта.

4. **Технический проект** должен содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разработанной конструкции, и исходные данные для разработки **рабочей документации**. К рабочей документации относят

ся: сборочные чертежи, рабочие чертежи деталей, пояснительная записка и др.

В общем случае проектирование приспособлений условно можно разделить на следующие этапы:

1. Изучение исходных данных – заказ на проектирование; операционная карта; чертежи заготовки и детали; годовая программа выпуска (позволяет ориентировочно определить производительность и наметить уровень механизации и автоматизации проектируемого приспособления); паспортные данные станка; альбомы типовых приспособлений; нормали и ГОСТы; методики расчёта на точность, экономическую эффективность, усилия закрепления, прочность и др.

2. Разработка нескольких вариантов конструктивных схем приспособлений.

3. Расчёт вариантов приспособлений на точность и экономическую эффективность их применения. По результатам расчётов выбирается **оптимальный вариант приспособления**.

4. Расчёт на надёжность закрепления и выполнение необходимых прочностных расчётов элементов приспособлений.

5. Разработка сборочного чертежа в соответствии с требованиями ЕСКД.

Общий вид приспособления (рис. 1.5) изображается в рабочем положении, на нём даются все необходимые проекции, сечения и разрезы, позволяющие полностью представить конструкцию всех элементов приспособления и их взаимосвязь. Масштаб 1:1. На чертеже проставляются габаритные и координирующие размеры посадки, размеры предельных износов элементов, технические требования по взаимному расположению элементов приспособления, требования по балансировке, сроки контроля, условия хранения и др. Составляется спецификация. При необходимости разрабатывается **3D** модель приспособления (станки с ЧПУ, при верификации управляющих программ) (рис. 1.6).

6. Выполняется детализовка специальных деталей.

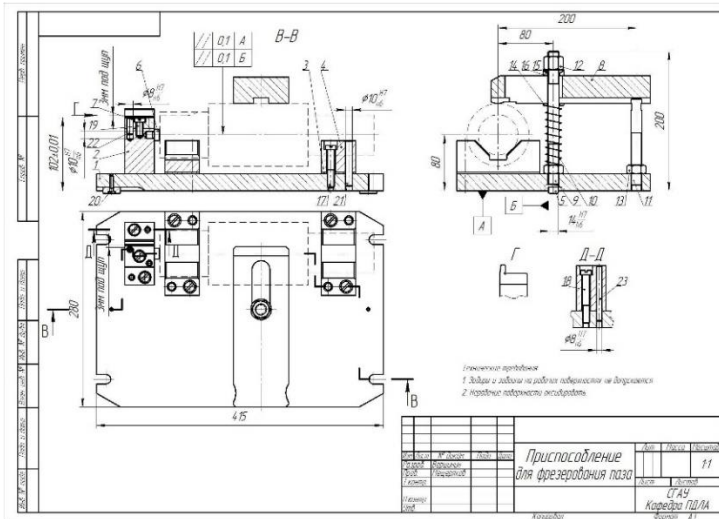


Рис. 1.5 Сборочный чертёж приспособления

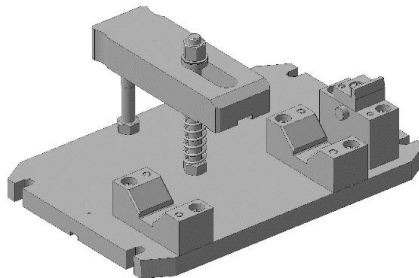


Рис. 1.6. 3D модель

### 1.3 Параметрическое 3D моделирование при проектировании приспособлений

Трёхмерная компьютерная графика существенно облегчает и ускоряет процесс конструирования и производства изделий. В современном производстве **3D** модели используют практически на

всех этапах разработки изделия, при контроле геометрии готовых деталей, при создании технологической оснасти и т.п.

Одной из важнейших особенностей современных систем CAD/CAM, повышающих производительность труда конструктора приспособлений, является возможность создания параметрических моделей. Параметрическая модель представляет собой прикладную программу, управляющую построением нового варианта объекта проектирования после модификации (изменения) значений его параметров. Детали станочных приспособлений как объекты проектирования обладают рядом особенностей, делающих целесообразным разработку их параметрических моделей как приложений пользователя.

На современном этапе развития CAD/CAM систем всё большее распространение получает применение системы Siemens NX, являющейся программным пакетом, включающим в себя возможности параметрического **3D** моделирования.

Среда Siemens NX имеет множество инструментов параметризации, представленных на рис. 1.7. Предлагаемые методы параметризации обладают определёнными преимуществами и недостатками и оптимальны для применения в своей области задач моделирования. В свою очередь в каждом методе возможна реализация различных способов параметризации.



Рис. 1.7. Методики параметризации в среде Siemens NX



Исходя из анализа применяемых конструкций приспособлений и технических требований к ним, наиболее подходящим методом параметризации при проектировании станочных приспособлений является **метод вариационной (размерной) параметризации**.

*Метод вариационной (размерной) параметризации* является наиболее распространённым способом параметризации, реализованным в Siemens NX. Данная методика позволяет получать ассоциативные модели с наложением геометрических ограничений и полным образмериванием при построении. Также данным способом можно устанавливать зависимость между различными параметрами модели. Функциональные связи могут быть заданы для активных размеров эскиза и параметров операций с **3D** объектами.

Метод вариационной (размерной) параметризации позволяет связать **3D** модель приспособления с электронными таблицами, в которых будут отражены результаты расчётов и геометрические размеры деталей.

Вариационная или размерная параметризация основана на построении эскизов (с наложением на объекты эскиза различных параметрических связей) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Данный способ параметризации полностью интегрирован в методику проектирования «Сверху-вниз», что позволит создать многовариантную и гибкую модель сборки приспособления, так как все операции моделирования будут иерархически связаны в дереве построения.

**Сборка** – это набор деталей, которые должны правильно взаимодействовать, чтобы обеспечить работоспособность создаваемой параметрической **3D** модели. Поэтому, значительной частью работы конструктора при проектировании приспособления – обеспечение собираемости сборки.

Традиционный способ, называемый «Снизу-вверх», подразумевает, что каждая деталь сделана индивидуально и имеет своё дерево построения (рис. 1.8). Данная методика достаточно проста и поэтому часто используется.

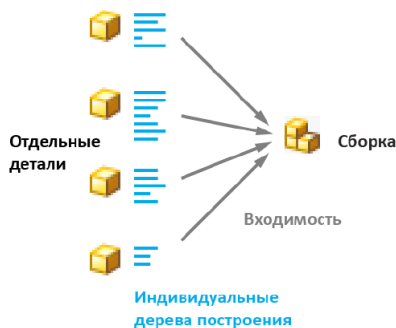


Рис. 1.8. Проектирование «Снизу-вверх»

Недостатком такого проектирования является то, что детали не связаны между собой. Каждая деталь создаётся отдельно и поэтому связи между ними необходимо устанавливать вручную. При внесении изменений в конструкцию, каждую деталь нужно редактировать индивидуально. В результате, макет приходится подвергать затратным процедурам тщательной проверки, но ошибки, тем не менее, все равно попадают на стадию производства.

Альтернативным вариантом является использование нисходящей методологии – проектирование «Сверху-вниз» (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Проектирование «Сверху-вниз»

Она подразумевает, что все детали создаются совместно, используя объединённое дерево построения. Таким образом, результирующие детали в макете изделия содержат только копии геометрии, полученные из служебной части, содержащей объединённое дерево построения. Такой метод обладает следующими преимуществами:

- все детали разрабатываются взаимосвязано, нет необходимости вручную согласовывать их между собой;
- взаимосвязи физически включаются в модель, т.е. изменения, сделанные в одной из деталей, отражаются во всех деталях, с которыми она соединяется;
- концептуальный дизайн включается в модель, т.е. параметры и формы верхнего уровня соединяются с деталями и управляют ими, гарантируя соответствие концепции;
- процесс разработки может быть легко разбит на требуемое число взаимосвязанных стадий (например, эскизный проект, рабочий проект, и т.д.);
- число ошибок радикально снижается за счёт опоры на физические связи между деталями взамен воображения и памяти инженеров.

В лабораторном практикуме представлены две работы, в которых реализован рассмотренный выше метод параметризации станочных приспособлений, применительно к виртуальным многоосевым обрабатывающим центрам с ЧПУ. В первой работе представлена методология проектирования параметрических моделей средств технологического оснащения в зависимости от их конструктивной схемы – способ «Снизу-вверх». Во второй работе рассмотрена методология поэтапного создания конструкции «Сверху-вниз», от детали к сборочной единице, при поддержке полной параметризации создаваемой геометрии конструкции.

## 2 Лабораторная работа № 1

# СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И СБОРКА НА ИХ ОСНОВЕ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МНОГООСЕВЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ С ЧПУ

### *Цель работы*

1. Изучение методики создания **3D** моделей станочных приспособлений в системе Siemens NX для их последующей параметризации.
2. Изучение метода вариационной (размерной) параметризации с использованием способа «Снизу-вверх» в системе Siemens NX и получение практических навыков разработки параметрических моделей приспособлений для многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ.

### **2.1 Метод вариационной (размерной) параметризации**

Моделирование и анализ сборочных единиц является одной из важных составляющих процесса проектирования в системе САПР. На этом этапе все созданные разными участниками модели деталей собираются и увязываются в общий состав изделия. Для решения задач, связанных с созданием сборок и работой с ними, в NX предлагаются два модуля – «Сборки» и «Расширенные сборки», объединённые под одним приложением.

Модуль «Сборки» содержит основной инструментарий по созданию сборок, позиционированию компонентов и наложению

сборочных связей. А модуль «Расширенные сборки», представленный в виде дополнительных инструментальных панелей, предлагает средства анализа массы, создания последовательностей сборки и разборки и многое другое.

Сборка в NX представляет собой файл модели, содержащий ссылки на другие модели, которые являются компонентами сборки. В общем случае любая модель технически может выступать сборкой, и также любая модель сборки может хранить в себе не только ссылки на компоненты, но и свою собственную геометрию.

Каждый компонент, входящий в сборку, несёт информацию не только о геометрии модели, на которую он ссылается, но и дополнительную информацию, такую как слой расположения компонента, цвет отображения, матрицу позиционирования данного экземпляра компонента и отображаемый ссылочный набор.

Ссылочным набором называется определённый набор геометрических объектов, которые применяются для представления компонента в сборке. Механизм ссылочных наборов используется для фильтрации содержимого модели в целях предоставления только тех геометрических элементов, которые необходимы для той или иной задачи. Это помогает снизить потребность в ресурсах памяти и видеокарты при работе со сборками, так как даёт возможность не загружать все содержимое моделей, а только необходимую часть. В общем случае модель может содержать в себе несколько ссылочных наборов – как системных, так и пользовательских. Каждый компонент сборки также содержит ссылку на файл модели, поэтому изменения этой модели отражаются на всех вхождениях компонента сборки. При этом одинаковые компоненты могут иметь свои уникальные атрибуты, отличающие одно вхождение от другого.

Проектирование методом «Снизу-вверх» применяется при создании сборки (механизма, машины), когда уже известна форма и размеры всех составляющих. Этот метод удобен тем, что компоненты сборки может создавать группа людей независимо друг от

друга, что ведёт к уменьшению времени проектирования. Но при внесении конструктивных изменений в сборку возникает необходимость изменять все детали. Этот метод менее прогрессивен по сравнению с методом «Сверху – вниз», но он более простой в освоении, поэтому изучение создания сборок мы начнём именно с этого метода проектирования.

В данной работе будет рассмотрена параметризация между компонентами сборки станочного приспособления. Деталь, для которой проектируется приспособление, будет смоделирована с применением функции – семейство деталей.

Семейства деталей представляют собой набор подобных деталей, имеющих одинаковую форму, но разные размеры, определяющие эту форму. Типовым примером семейства деталей является крепёж, например, болт, который имеет одинаковую форму, но может иметь десятки возможных типоразмеров по длине и диаметру (рис. 2.1). В NX такого рода модели создаются на основе шаблона и таблицы, описывающей возможные размеры данного шаблона (рис. 2.2).

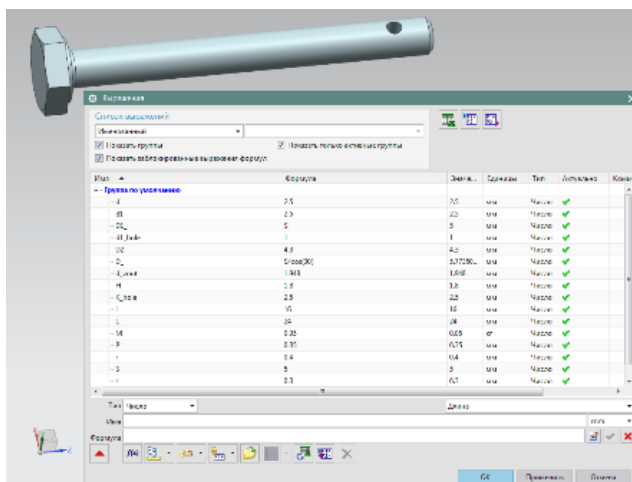


Рис. 2.1. Пример параметризации детали «Болт»

Лист в Семействе деталей BOLT\_2 131104 50 55

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	№ ПАРТ. №	№ ПАРТ. НАИМ.	И	Д	В	Н	С	И	С	И	И	И	И	И	И	И
2	131104	Болт	1	2,5	2,5	4,3	5	1,5	0,4	24	16	1,448	0,35	0,3	1	3,5
3	2	M10	6	6	9,8	10	8,5	0,6	62	50	2,08	0,75	1	1,6	8	0,05
4	13	M18	18	18	26	27	30	1,5	348	322	30,18	1,5	1,8	3,2	5	0,105
5																
6																
7																
8																

Рис. 2.3. Таблица со значениями геометрических параметров детали «Болт»

## 2.2 Создание 3D моделей деталей приспособления

Рассмотрим применение метода вариационной (размерной) параметризации на примере создания 3D модели приспособления, чертёж которого приведён на рис. 2.3.

В состав приспособления входит 12 деталей, поэтому для создания Сборки его 3D модели, поэтапно разработаем модели каждой детали. Разработку начнём с 3D модели обрабатываемой детали «DETAIL» (см. рис. 2.3, поз. 1).

На главном виде чертежа детали, выделяем профиль, который необходимо вытянуть вдоль оси, чтобы получить твёрдое тело (рис. 2.4).

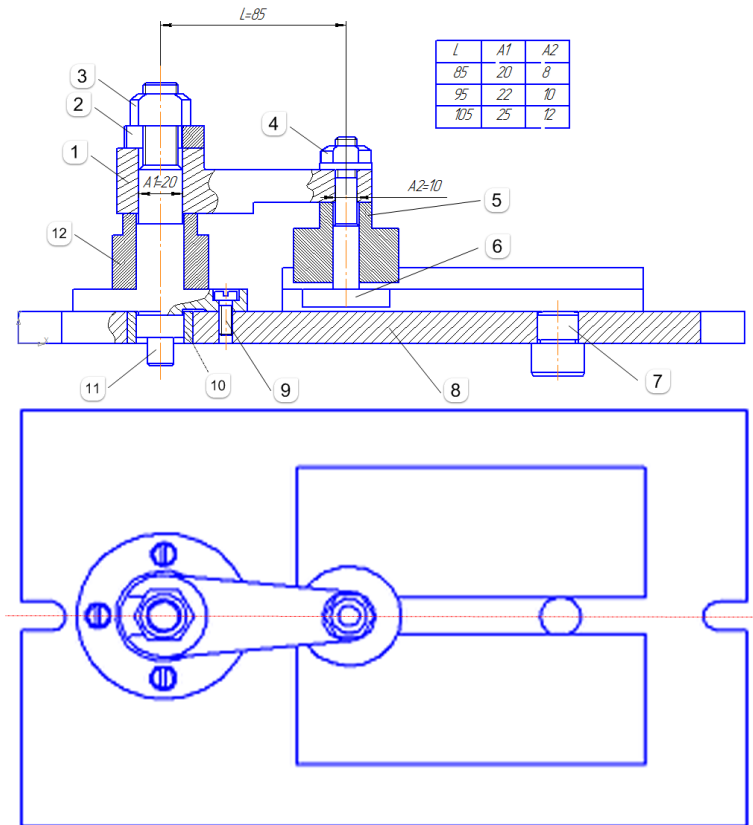


Рис. 2.3. Чертёж приспособления

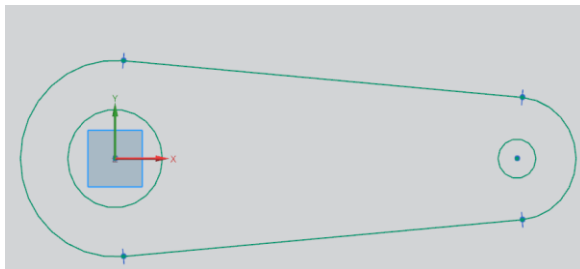



Рис. 2.4. Профиль для вытягивания



Его и необходимо построить в эскизе. Для этого перейдём на панель «Прямой эскиз» и нажмём кнопку «Эскиз» . Далее появится окно (рис. 2.5).

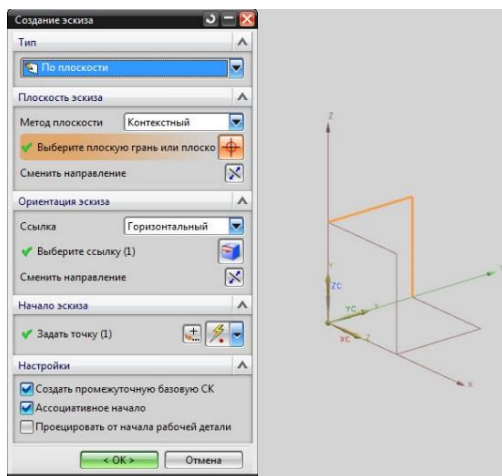



Рис. 2.5. Окно создания эскизов

В этом окне необходимо выбрать плоскость, в которой будет осуществляться проектирование профиля (в нашем случае выберем  $YC-XC$ ) и нажмём ОК.

Затем для перехода в двумерный режим проектирования нажмём кнопку , после чего рабочая плоскость развернётся нормально к плоскости  $YC-XC$ .



В открывшемся модуле появится панель «Инструменты эскиза», служащая для построения двумерных элементов, работы над ними (обрезка, продление и т.д.), образмеривания и для задания ограничений (касательность, перпендикулярность, параллельность, concentricity and т.д.).

Воспользуемся функцией «Окружность» подведём курсор в начало координат и нажмём на левую кнопку мыши в появившейся строке введём цифру 20 и нажмём Enter (рис. 2.6).

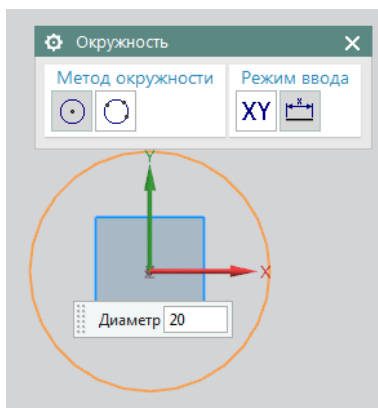


Рис. 2.6. Построение окружности  $D=20\text{мм}$

Аналогично построим ещё одну окружность диаметром 40 мм (рис. 2.7). Далее построим третью окружность диаметром 8 мм, но расположим её правее (рис. 2.8).

Затем свяжем третью окружность с первыми двумя, привязав её центр к оси  $X$ . Для этого щёлкнем один раз по центру окружности три, а затем, подведя курсор к оси  $X$ , щёлкнем по ней. В появившейся строке выберем ограничение (рис. 2.9).

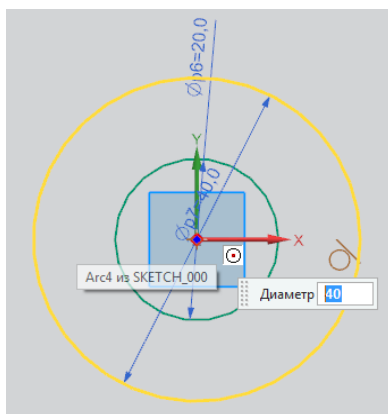


Рис. 2.7. Построение окружности  $D=40\text{мм}$

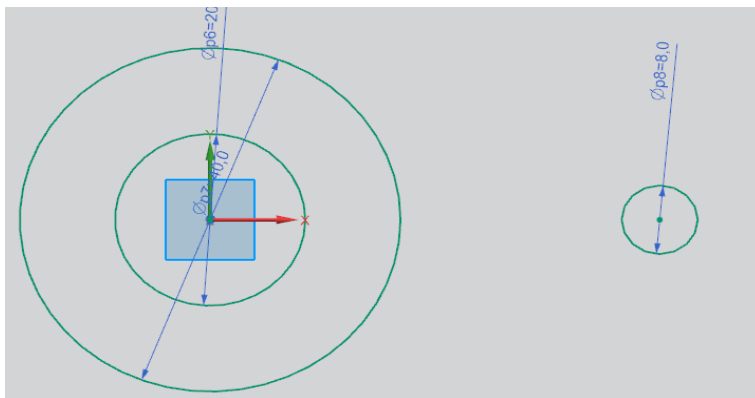


Рис. 2.8. Построение окружности  $D = 8\text{мм}$

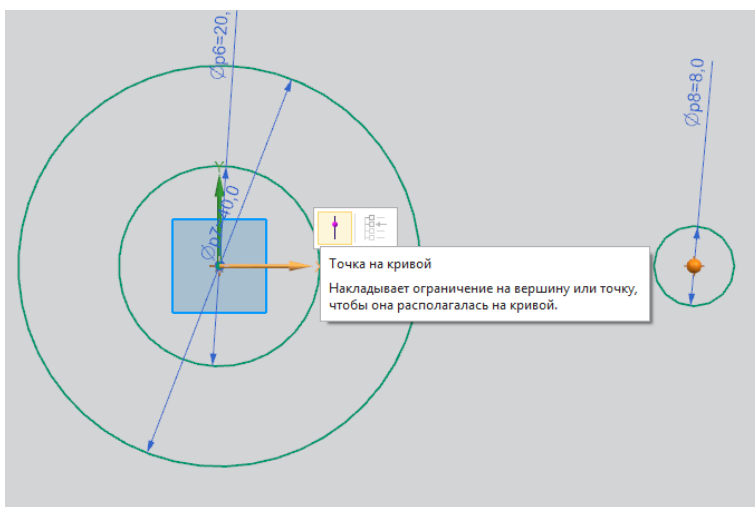


Рис. 2.9. Связывание центров окружностей

Наложив на центр окружности диаметром 8 мм данное ограничение, мы избежим его перемещения относительно оси  $Y$ .

Аналогично с окружностью два ( $D=40\text{ мм}$ ) построим окружность четыре ( $D=26\text{ мм}$ ), только с центром, соответствующим центру окружности диаметром 8 мм (рис. 2.10).

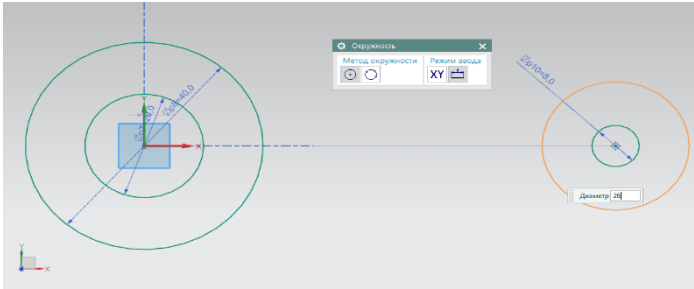




Рис. 2.10. Построение окружности  $D=26$  мм

Следующим шагом является создание 2-х касательных прямых, соединяющих окружность два ( $D=40$  мм) и окружность четыре ( $D=26$  мм).

Для этого выберем в панели инструментов функцию «Отрезок»  и построим два отрезка, лишнее удалим с помощью команды «Быстрая обрезка» , как показано на рис. 2.11.

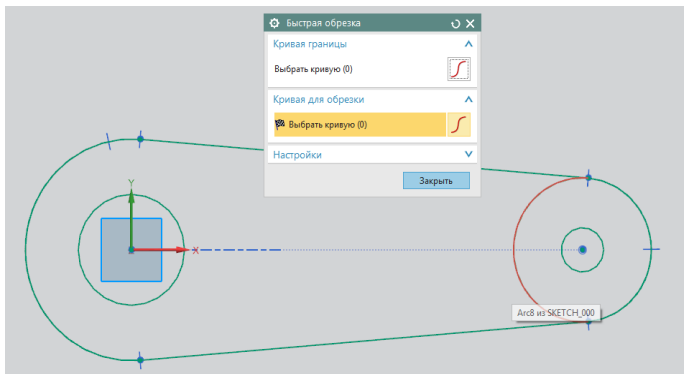



Рис. 2.11. Построение двух касательных прямых и обрезка лишних дуг

На следующем этапе необходимо проставить размеры профиля согласно чертежу детали. Для этого выбираем функцию «Быстрый размер» , а затем последовательно выбираем центры

окружностей. В появившемся окошке необходимо внести величину расстояния – 85 мм (рис. 2.12).

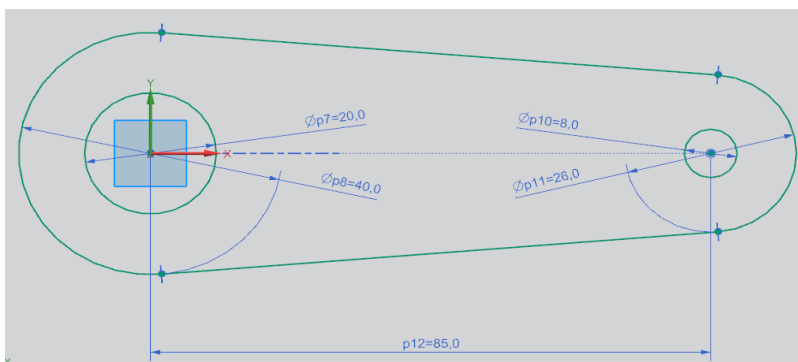
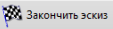


Рис. 2.12. Образмеривание эскиза

Чтобы выйти в основной модуль моделирования необходимо нажать кнопку  (рис. 2.13).

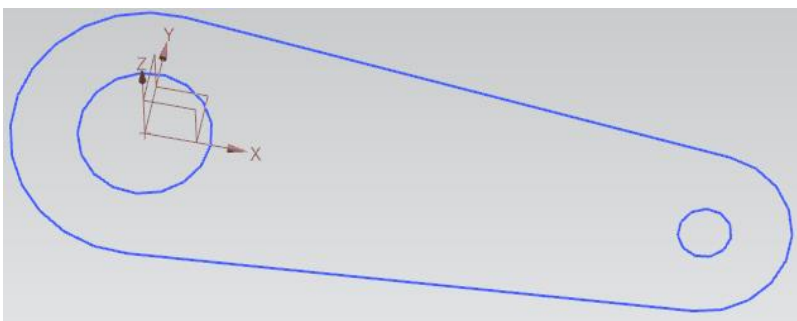



Рис. 2.13. Профиль в основном модуле моделирования

Вытянем построенный профиль. Для этого воспользуемся командой «Вытягивание» . В появившемся окне нажимаем кнопку «Выберите кривую» и щёлкаем по эскизу. В окне «Задать вектор» выбираем ось Z, последующие значения вводим согласно появившемуся окну (рис. 2.14).

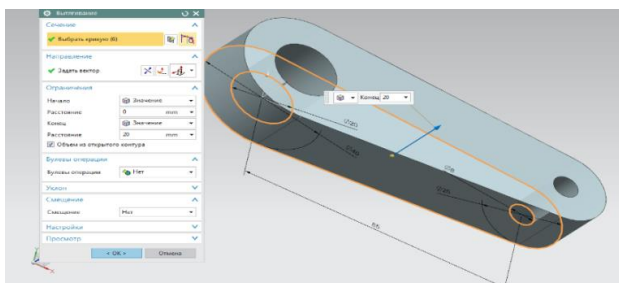


Рис. 2.14. Параметры «Вытягивания»

Следующий шаг – создание выреза на нижней поверхности детали. Для этого создадим эскиз на нижней поверхности (рис. 2.15).

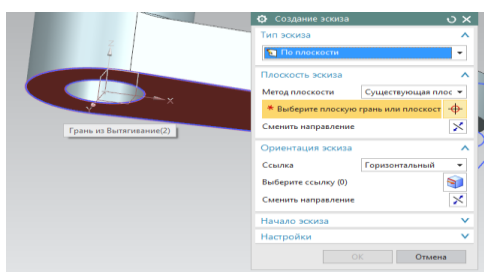


Рис. 2.15. Создание эскиза на нижней поверхности детали

Создание эскиза и простановка размеров показано на рис. 2.16.

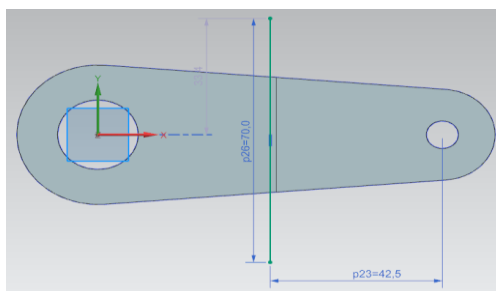


Рис. 2.16. Эскиз выреза

Вычитая построенный профиль, закончим создание эскиза (рис. 2.17).

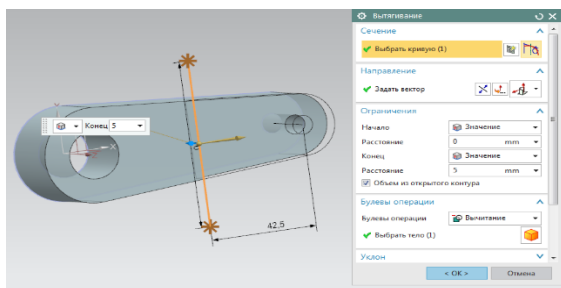


Рис. 2.17. Вычитание построенного профиля

Следующим шагом будет создание выступа на верхней поверхности диаметром 40 мм. Создадим для этого эскиз на верхней поверхности детали (рис. 2.18).

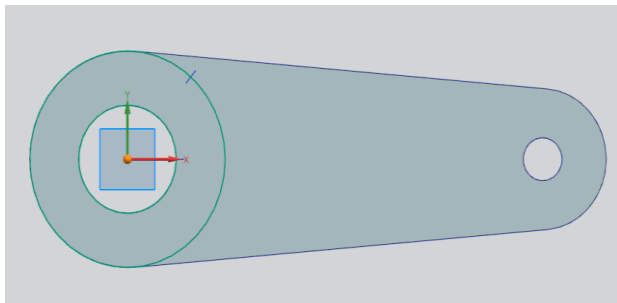



Рис. 2.18. Эскиз на верхней поверхности детали

Как видно из эскиза диаметр наружной окружности равен окружности номер два ( $D=40$  мм), а диаметр внутренней окружности равен диаметру окружности номер один ( $D=20$  мм). Вытянем получившийся эскиз и объединим с основной деталью (рис. 2.19). С помощью команды «Скругление поверхностей» , делаем плавный переход верхней поверхности детали до выступа (рис. 2.20).

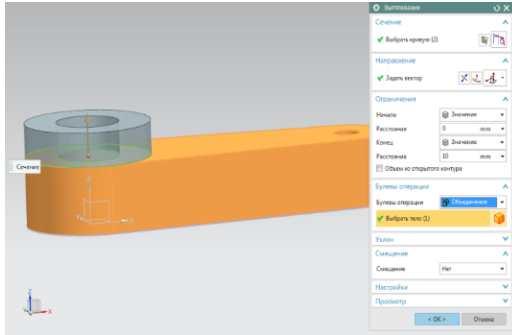


Рис. 2.19. Вытягивание эскиза на верхней поверхности детали

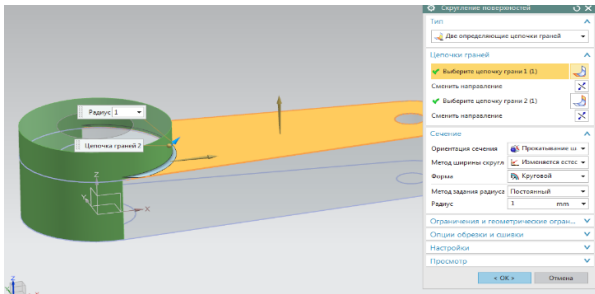


Рис. 2.20. Скругление поверхностей

Окончательно получим модель обрабатываемой детали, приведённую на рис. 2.21 и сохраняем её под названием «DETAIL».

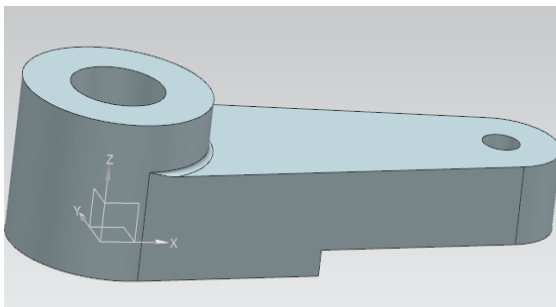





Рис. 2.21. Модель обрабатываемой детали



### Разработка 3D модели детали «OS» (см. рис. 2.3, поз. 11).

На главном виде чертежа детали выделяем профиль, вращением которого вокруг оси можно получить твёрдое тело. Для построения эскиза перейдём на панель «Прямой эскиз» и нажмём кнопку «Эскиз» . Далее появится окно, в котором необходимо выбрать плоскость, где будет осуществляться проектирование профиля (в нашем случае выберем  $YC-ZC$ ) и нажмём ОК.

В открывшемся модуле появится панель «Инструменты эскиза», служащая для построения двумерных элементов, работы над ними (обрезка, продление и т.д.), образмеривания и для задания ограничений (касательность, перпендикулярность, параллельность, концентричность и т.д.).

Воспользуемся функцией «Профиль» , объединяющей в себе как прямые линии, так и дуги. С помощью этой команды необходимо безразмерно воссоздать профиль, а затем наложить на него ограничения и размеры. Профиль будет создаваться от точки к точке, причём последний отрезок профиля не обязательно заканчивать на начальной точке построения (рис. 2.22). Затем необходимо совместить левый торец с осью  $Z$ . Делается это командой «Коллинеарные» , только вторым элементом выбирается ось.

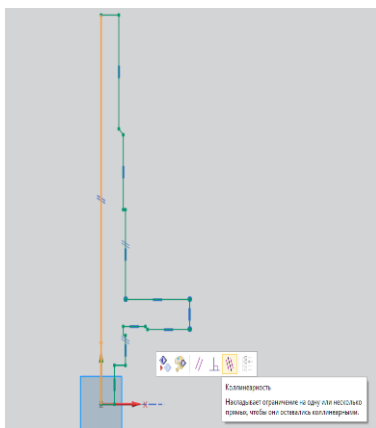


Рис. 2.22. Совмещение оси  $Z$  и левого торца профиля вращения

Левый торец необходимо сделать вспомогательным, для этого выбираем его, а затем, щёлкнув по правой кнопке, вызываем контекстное меню, в котором находим команду «Преобразовать во вспомогательный» (рис. 2.23). После этой команды линия становится штрихпунктирной и исключается из расчёта при построении твёрдых тел.

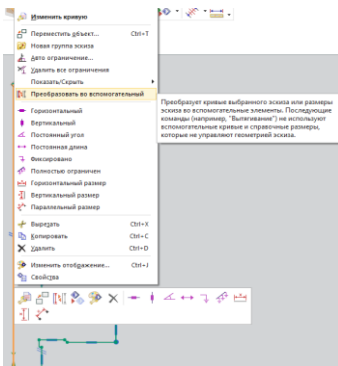


Рис. 2.23. Создание вспомогательной прямой

На следующем этапе необходимо проставить размеры профиля, при этом последовательность простановки не важна (рис. 2.24).

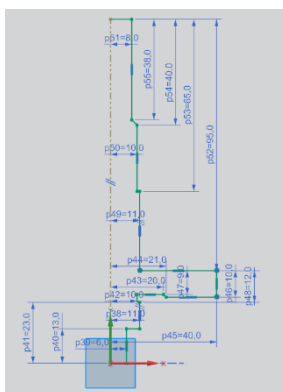



Рис. 2.24. Профиль вращения с размерами

Создания объёмного тела осуществляется путём вращения построенного профиля. Для этого воспользуемся командой «Вращение» . В появившемся окне нажимаем кнопку «Выберите кривую», а на «Панели выбора» активируем пункт «Связанные кривые», после чего наводим мышь на любой элемент профиля и нажимаем левую кнопку мыши. Данная манипуляция приведёт к выбору всего профиля. Теперь необходимо задать вектор, а именно ось вращения эскиза, в нашем случае это ось  $Y$ . Далее необходимо удостовериться, что начальные и конечные значения углов  $0$  и  $360$  градусов соответственно, а в булевых операциях стоит пункт «Нет», затем нажмём ОК (рис. 2.25).

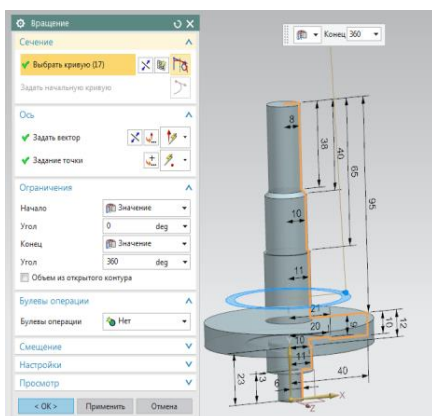



Рис. 2.25. Создание объёмного тела

Следующим шагом будет создание на фланце отверстий под крепёжные болты. Для этого создадим эскиз на данной поверхности и начертим точку на расстоянии 30 мм от оси  $X$  и лежащую на оси  $Y$  (рис. 2.26). Следующим шагом будет создание четырёх копий точек через каждые  $90^\circ$ , с помощью команды «Массив геометрии» . В качестве геометрии массива выберем нашу точку, зададим вектор  $Z$  и центр в начале координат, в графе «Количество» введём цифру 4, а в графе «Угол шага»  $90^\circ$  (рис. 2.27).

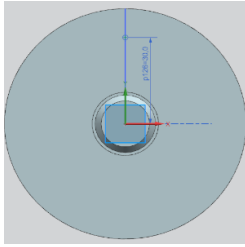


Рис. 2.26. Создание точки для оси отверстия под болт

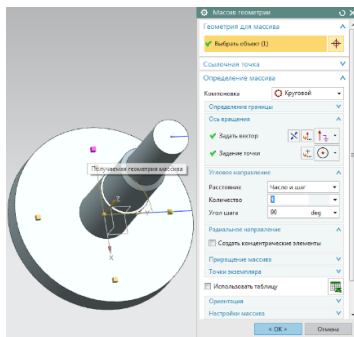



Рис. 2.27. Создание массива

С помощью команды «Отверстие»  в четырёх точках получим отверстия (рис. 2.28).

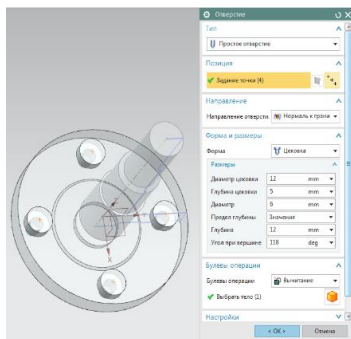


Рис. 2.28. Создание отверстий во фланце

С помощью команды «Фаска»  притупим верхнюю и нижнюю грань болта (рис. 2.29).

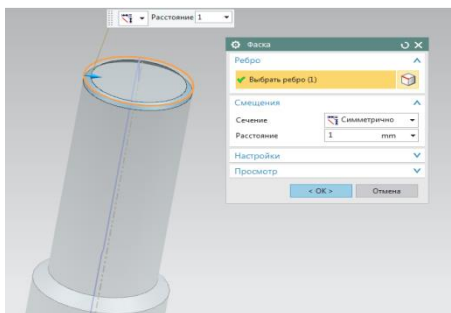


Рис. 2.29. Создание фаски

Полученная модель детали «OS» представлена на рис. 2.30.

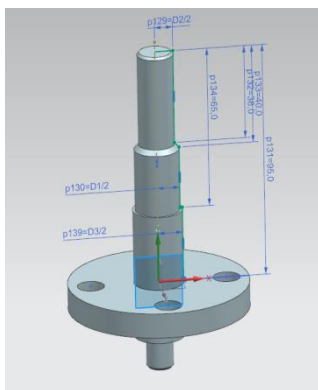


Рис. 2.30. Модель детали «OS»

**Разработка 3D модели детали «PLITA»** (см. рис. 2.3, поз. 8).

Данная деталь плита имеет сложную форму, поэтому разобьём её на четыре эскиза.

Создаём **первый эскиз** в виде прямоугольника с размерами 210x298 мм. Проведём среднюю линию, преобразовав её во вспо-

могательную, а левую сторону прямоугольника сделаем коллинеарной оси  $Y$ . Начертим четыре окружности диаметрами 14 мм, 30 мм, 19 мм и 14 мм, лежащие на вспомогательной прямой. К левой окружности диаметром 14 мм, проведём два касательных отрезка, перпендикулярных оси  $Y$ ; лишнюю дугу удалим с помощью команды «Быстрая обрезка». Повторим такие же действия и для правой окружности, после чего проставим на эскизе размеры. Результаты построения приведены на рис. 2.31.

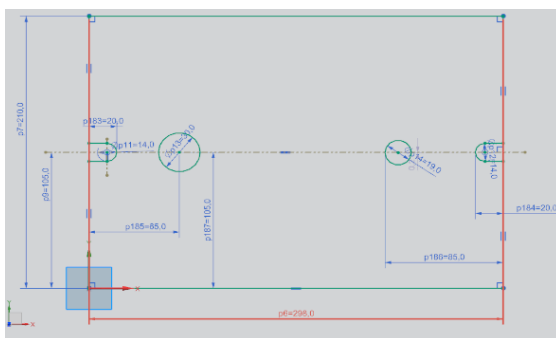


Рис. 2.31. Построение первого эскиза плиты

Для получения объёма, выполним операцию вытягивания эскиза (рис. 2.32).

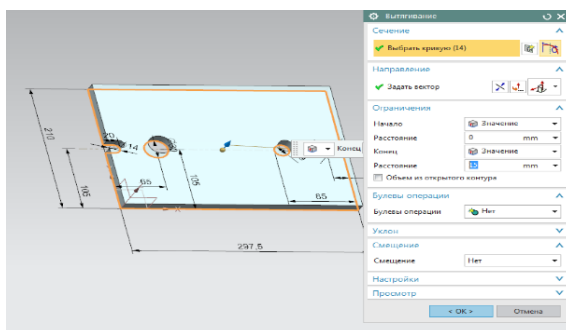


Рис. 2.32. Вытягивание первого эскиза плиты

**Второй эскиз** создаём на верхней поверхности плиты. Поставим точку напротив отверстия диаметром 30 мм, лежащую на одной оси  $X$ , на расстоянии 30 мм от оси  $Y$ . С помощью команды «Массив геометрии» создадим четыре точки через каждые  $90^\circ$  и с помощью команды «Отверстие» сделаем отверстия в четырёх точках диаметром 6 мм (рис. 2.33).

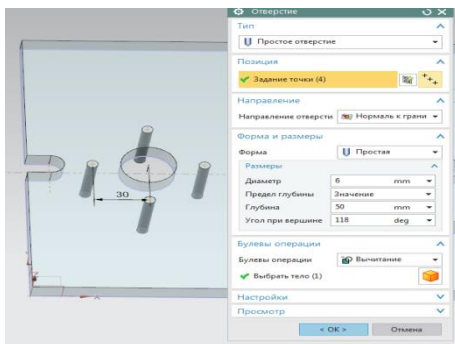


Рис. 2.33. Создание отверстий

**Третий эскиз** в виде прямоугольника с размерами 160x112 мм также создаём на верхней поверхности плиты (рис. 2.34).

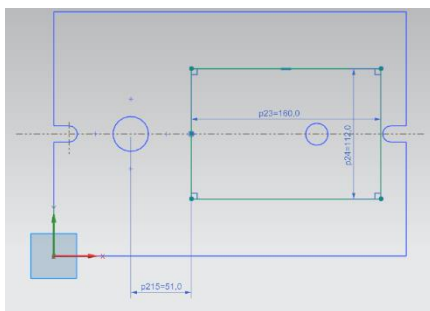


Рис. 2.34. Создание третьего эскиза плиты

На левой его стороне создаём точку так, чтобы она разбивала сторону на две равные части, такая точка будет называться «Сред-

няя точка» (рис. 2.35). Затем, выбрав точку и вспомогательную прямую, наложим на них ограничение «Точка на кривой» (рис. 2.36).

Заканчиваем эскиз, вытягиванием его на высоту 20 мм (рис. 2.37).

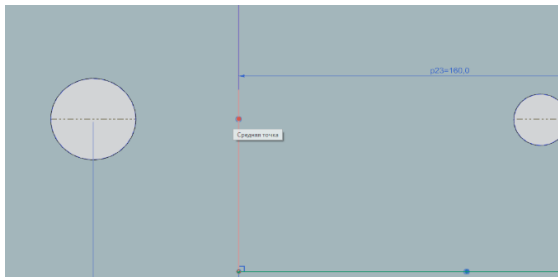


Рис. 2.35. Создание средней точки

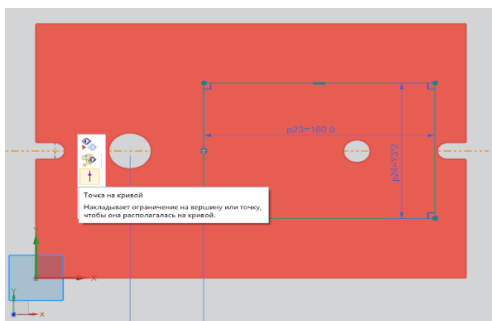


Рис. 2.36. Накладывание ограничения «Точка на кривой»

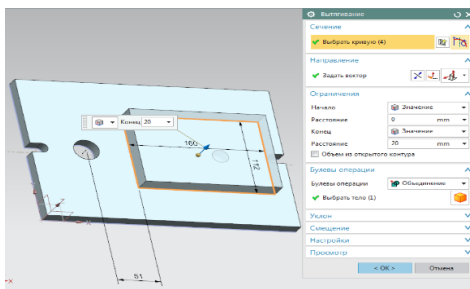


Рис. 2.37. Вытягивание третьего эскиза



**Четвёртый эскиз** в виде Т-образного паза создаём на боковой поверхности третьего эскиза (рис. 2.38). На рис. 2.39 показан профиль с размерами.

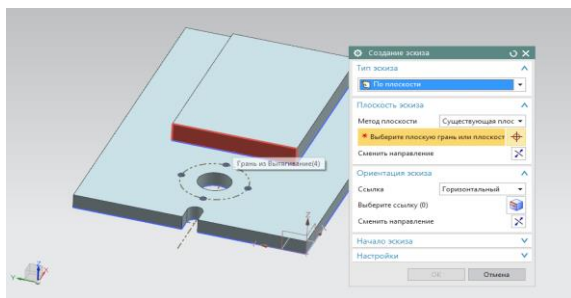


Рис. 2.38. Создание четвертого эскиза

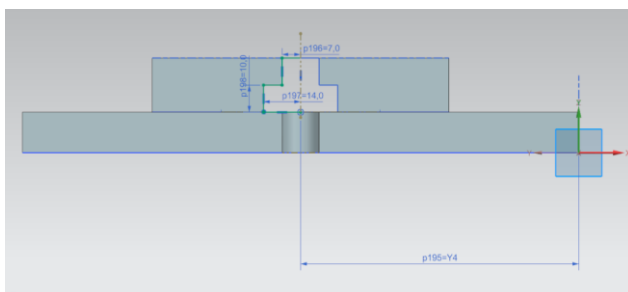




Рис. 2.39. Четвёртый эскиз

С помощью команды «Зеркальная геометрия»  скопируем эскиз относительно вспомогательной прямой. Для этого щёлкнем по значку , в появившемся окне в качестве объекта выберем эскиз, а в качестве «Плоскости отражения» выбираем плоскость, в которой размещён эскиз, далее нужно щёлкнуть по вспомогательной прямой и указать угол  $90^\circ$  (рис. 2.40).

Следующим шагом будет вычитание эскиза из объёмного тела. Для этого выбираем команду «Вытягивание» и выбираем в ка-

честве тел вытягивания эскиз и его зеркальную геометрию. Далее в строке «Начало» выбираем значение, а в строке «Расстояние» пишем 0. В строке «Конец» выбираем «До выбранного» и указываем на противоположную сторону (рис. 2.41).

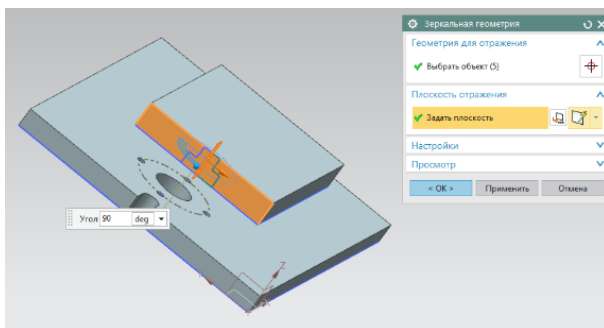


Рис. 2.40. Построение зеркальной геометрии

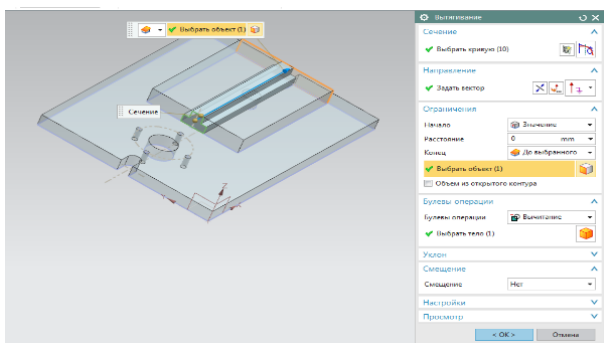


Рис. 2.41. Вычитание эскиза из объёмного тела

### Разработка 3D модели детали «BOLT» (см. рис. 2.3, поз. б).

Последовательность создания модели данной детали аналогично построению модели детали «OS». Создаём профиль для вращения с необходимыми размерами и вращаем его относительно оси  $Y$  (рис. 2.42).

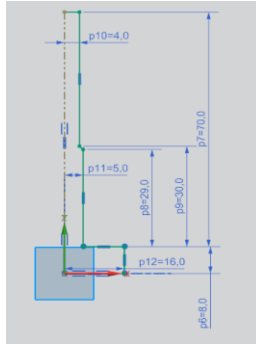


Рис. 2.42. Эскиз вращения детали «BOLT»

На нижнем торце болта создаём эскиз с необходимыми размерами (рис. 2.43), а затем его зеркальную геометрию (рис. 2.44).

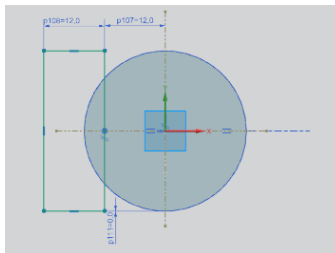


Рис. 2.43. Эскиз на нижней поверхности болта

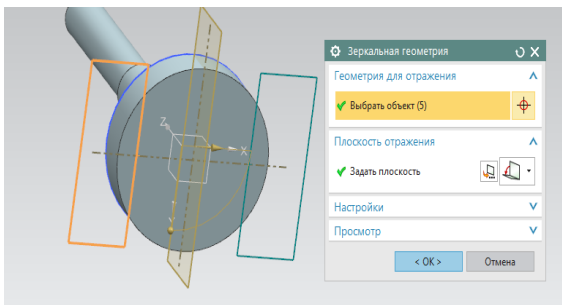


Рис. 2.44. Создание зеркальной геометрии

Вычитая эскиз и зеркальную геометрию из объёмного тела (рис. 2.45), получаем модель «BOLT».

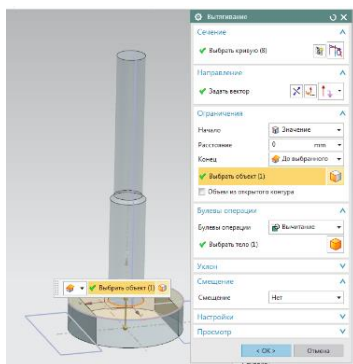


Рис. 2.45. Вычитание эскиза и зеркальной геометрии из объёмного тела

**Разработка 3D модели детали «VTULKA2»** (см. рис. 2.3, поз. 5).

Алгоритм создания модели данной детали аналогичен моделям деталей, рассмотренным выше, поэтому покажем только отдельные его элементы. Создаём профиль для вращения с необходимыми размерами и вращаем его относительно оси  $Y$  (рис. 2.46).

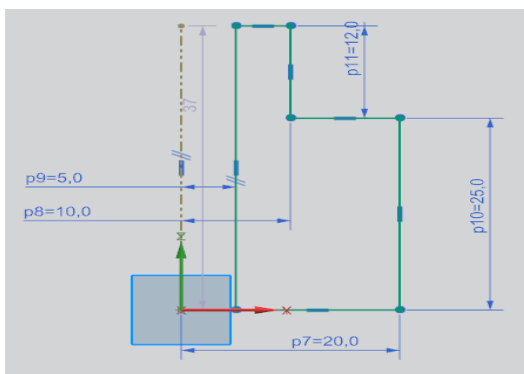


Рис. 2.46. Эскиз вращения детали «VTULKA2»

Создаём новый эскиз на полученном теле вращения (рис. 2.47), делаем его зеркальную геометрию и вычитаем из объёмного тела (рис. 2.48). Получаем модель детали «VTULKA2», приведённую на рис. 2.49.

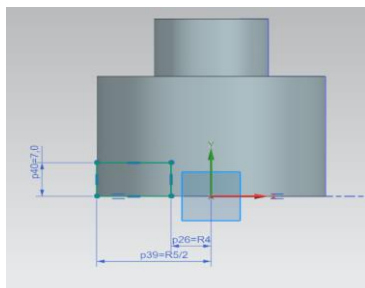


Рис. 2.47. Эскиз на теле вращения детали

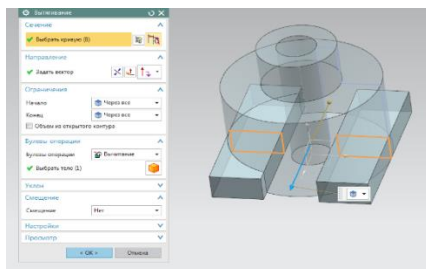


Рис. 2.48. Вычитание эскиза из объёмного тела

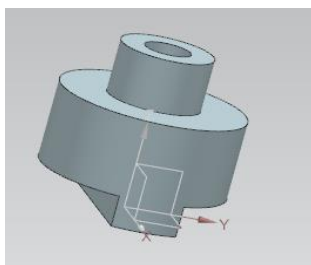


Рис. 2.49. Модель детали «VTULKA2»

**Разработка 3D модели детали «VTULKA1»** (см. рис. 2.3, поз. 12).

Создаём эскиз вращения с размерами (рис. 2.50). Вращая его относительно оси  $Y$ , получаем деталь «VTULKA1» (рис. 2.51).

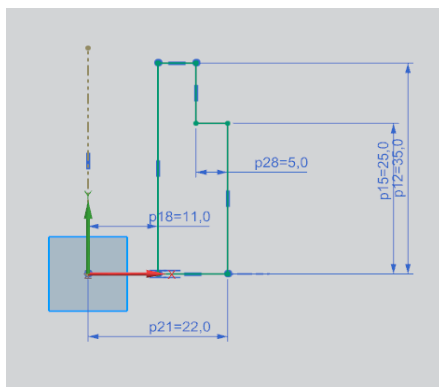


Рис. 2.50. Эскиз вращения

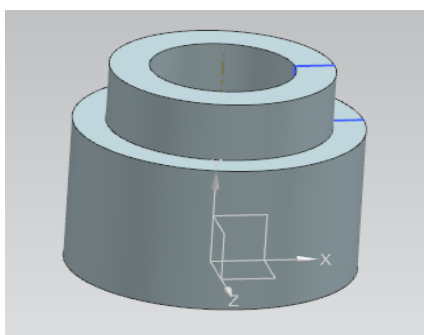


Рис. 2.51. Модель детали «VTULKA1»

**Разработка 3D модели детали «FTULOCHKA»** (см. рис. 2.3, поз. 10).

Создаём эскиз вращения с размерами (рис. 2.52). Вращая его относительно оси  $Y$ , получаем деталь «FTULOCHKA» (рис. 2.53).

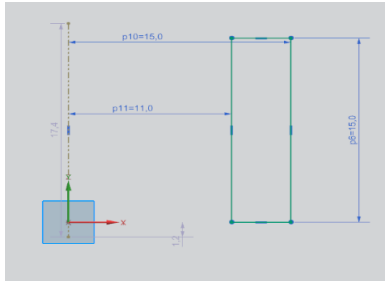


Рис. 2.52. Эскиз вращения детали «FTULOCHKA»

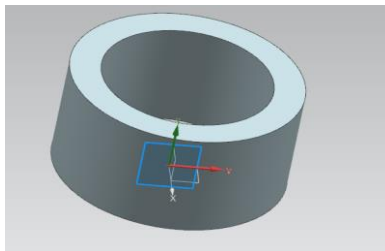


Рис. 2.53. Модель детали «FTULOCHKA»

**Разработка 3D модели детали «ШАИВА» (см. рис. 2.3, поз. 2).**  
 Создаём эскиз с размерами, проводим операцию вытягивания, получаем объёмную деталь (рис. 2.54).

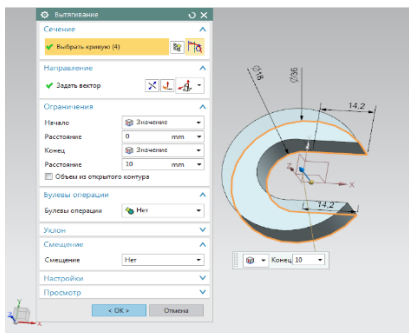



Рис. 2.54. Построение объёмной детали

С помощью команды «Фаска»  обрезаем острые грани детали (рис. 2.55). Полученная модель приведена на рис. 2.56.

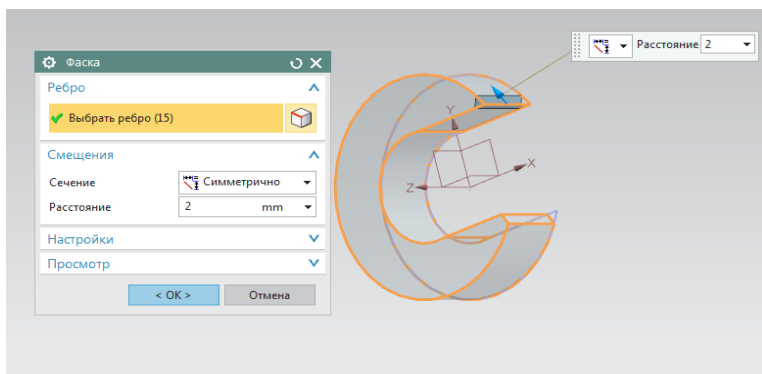


Рис. 2.55. Снятие фаски

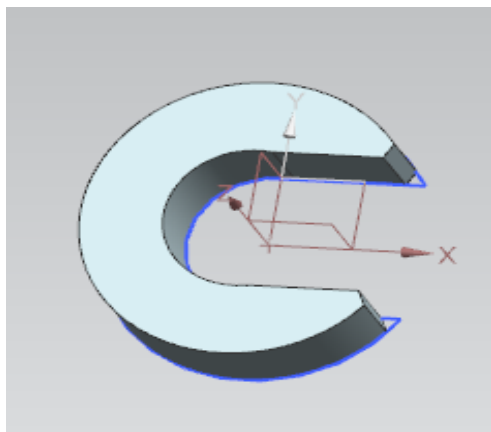


Рис. 2.56. Модель детали «SHAIBA»

**Разработка 3D модели детали «ГАЙКА1»** (см. рис. 2.3, поз. 3).

Создаём эскиз с размерами для вытягивания. Для этого перейдём в плоскость эскиза, затем щёлкнем по строке «Вставить», затем «Кривая», из предложенного выберем «Многоугольник» (рис.



2.57). В строке «Число сторон» введём цифру 6, в строке «Центральная точка» укажем начало координат, в строке «Радиус» введём цифру 12 и введём угол вращения равный  $180^\circ$  (рис. 2.58).

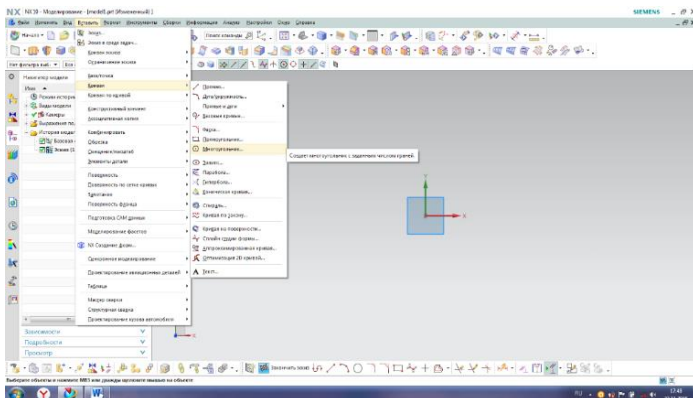


Рис. 2.57. Панель создания многоугольника

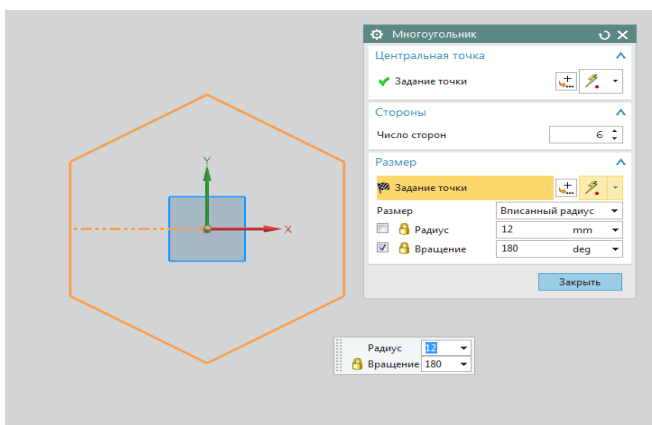


Рис. 2.58. Создание многоугольника

После построения шестиугольника строим окружность внутри него диаметром 12 мм и получаем эскиз для вытягивания (рис. 2.59).

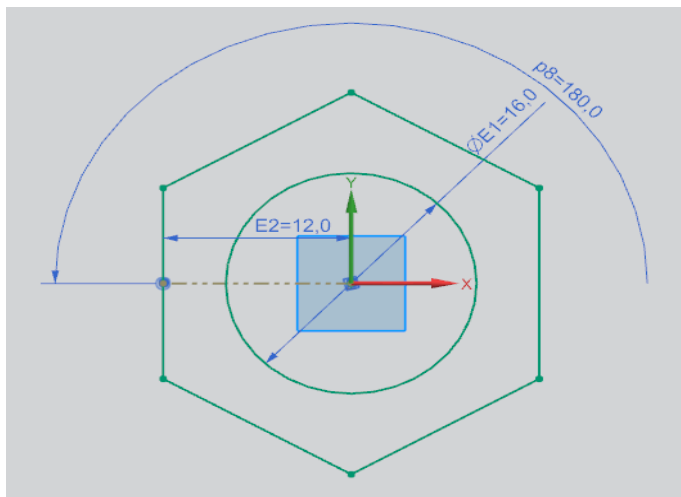



Рис. 2.59. Эскиз для вытягивания

Вытянем эскиз вдоль оси  $Y$  на высоту 15 мм и создадим новый эскиз в осях  $YС-СХ$  (рис. 2.60). Вращаем данный эскиз вдоль оси  $Y$ , а затем обрежем деталь, выходящую за плоскость, созданную вращением. Для этого воспользуемся командой «Обрезка тела» .

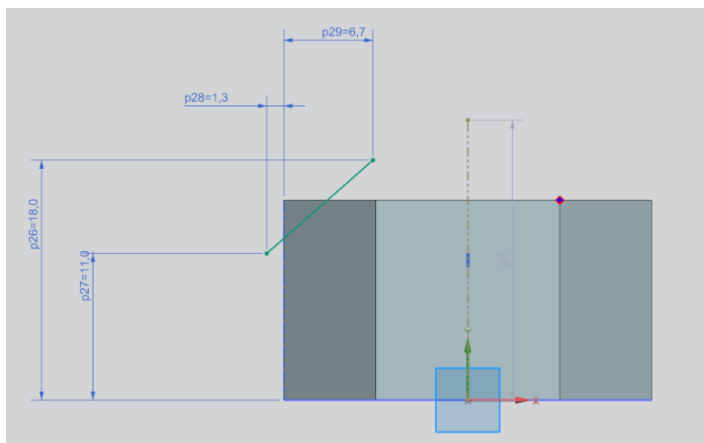


Рис. 2.60. Создание эскиза вращения

В появившемся окне в строке «Цель» выберем гайку, а в строке «Инструмент» выберем плоскость, созданную вращением, далее нажимаем ОК (рис. 2.61).

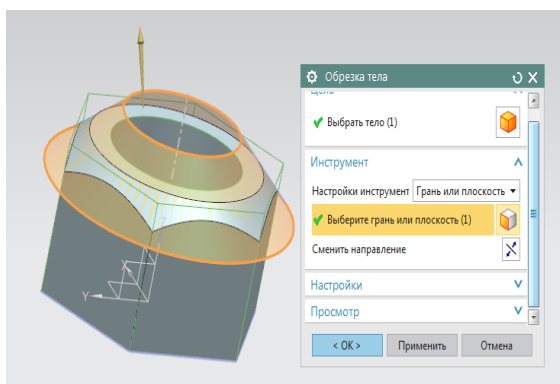


Рис. 2.61. Обрезка объёмного тела

В панели «Навигатор модели» выберем операцию «Вращение», нажмём на правую кнопку мыши и выберем опцию «Скрыть» (рис. 2.62). Полученная объёмная модель приведена на рис. 2.63.

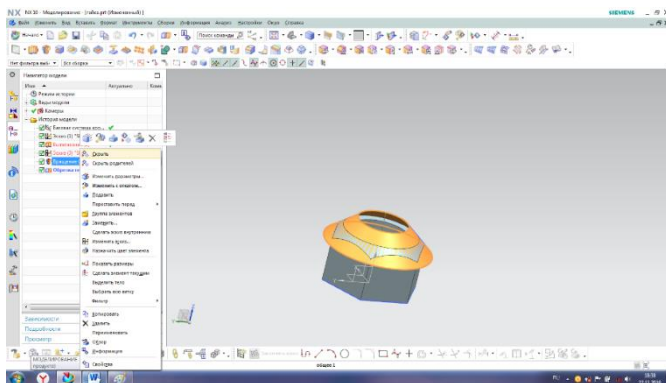


Рис. 2.62. Скрытие операций

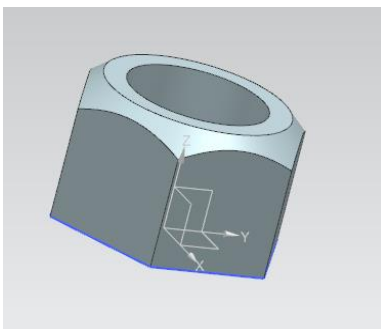


Рис. 2.63 Модель детали «ГАЙКА1»

**Разработка 3D модели детали «ГАЙКА2»** (см. рис. 2.3, поз. 4).

По аналогии с созданием детали «ГАЙКА1» создаём эскиз с размерами для вытягивания (рис. 2.64). Вытянем эскиз вдоль оси  $Y$  на высоту 8 мм и создадим новый эскиз в осях  $YC-CX$  (рис. 2.65).

Вращаем данный эскиз вдоль оси  $Y$ , а затем обрежем деталь, выходящую за плоскость, созданную вращением. Скроем операцию «Вращение». Создадим новый эскиз, выбрав нижнюю плоскость гайки и добавив две окружности. Первая будет равна внутреннему диаметру гайки. Вторая с диаметром 20 мм. Вытянем эти окружности на высоту 3 мм (рис. 2.66).

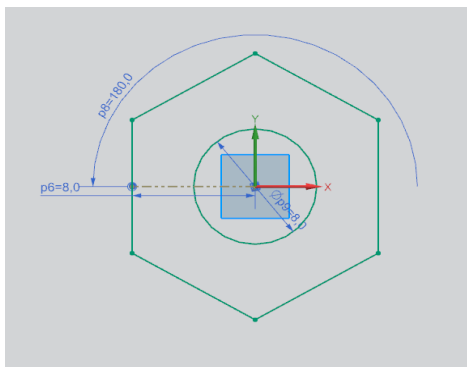


Рис. 2.64. Эскиз для вытягивания

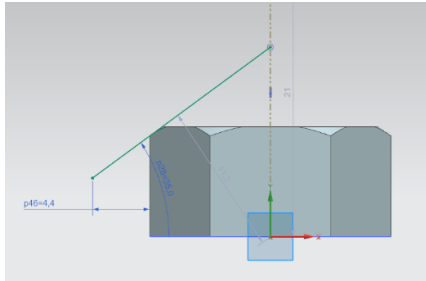


Рис. 2.65. Создание эскиза вращения

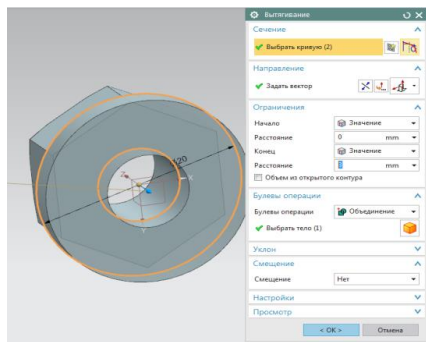


Рис. 2.66. Вытягивание нижней части гайки

Полученная объемная модель приведена на рис. 2.67.

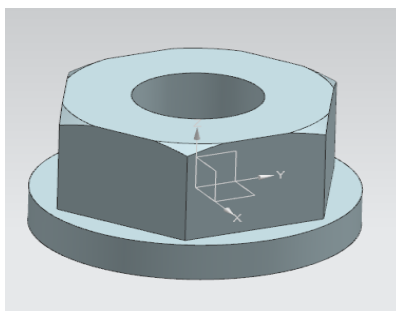


Рис. 2.67. Модель детали «ГАЙКА2»

**Разработка 3D модели детали «VINT»** (см. рис. 2.3, поз. 9).  
Создаём эскиз вращения с размерами (рис. 2.68).

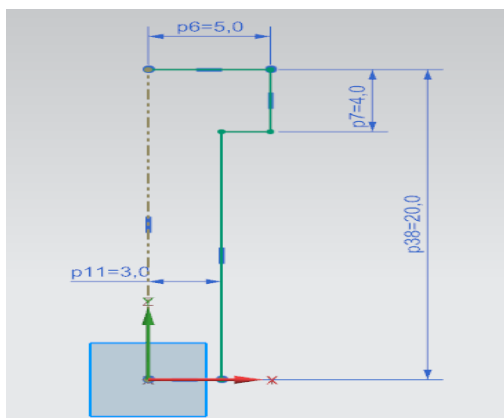


Рис. 2.68. Эскиз вращения

Вращая его относительно оси  $Y$ , получаем объёмную деталь, на которой создаём новый эскиз для вытягивания в осях  $YC-SX$  (рис. 2.69). Вытянем получившийся эскиз и вычтем его из объёмной детали (рис. 2.70).

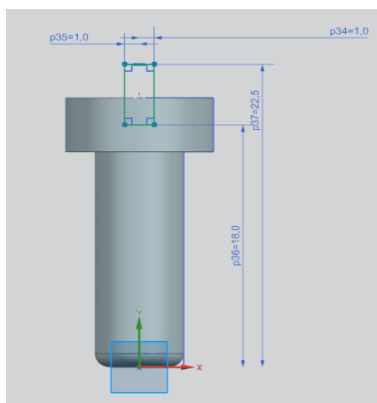


Рис. 2.69. Эскиз для вытягивания

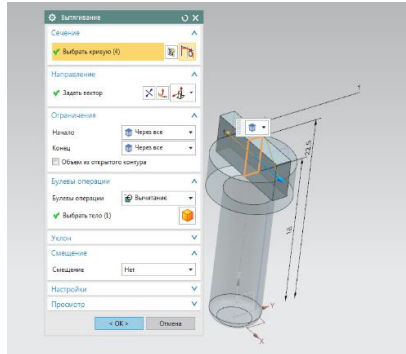



Рис. 2.70. Создание паза в головке винта

В окне команды  «Скругление ребра» в строке «Радиус» введём значение 1 мм и выберем нужное для скругления ребро, как показано на рис. 2.71. Полученная объёмная модель детали «VINT» приведена на рис. 2.72.

**Разработка 3D модели детали «SHTIFT»** (см. рис. 2.3, поз. 7).

Создаём эскиз вращения с размерами (рис. 2.73). Вращая его относительно оси  $Y$ , получаем объёмную деталь и скругляем верхние и нижние грани радиусом 2 мм (рис. 2.74). Полученная объёмная модель детали «SHTIFT» приведена на рис. 2.75.

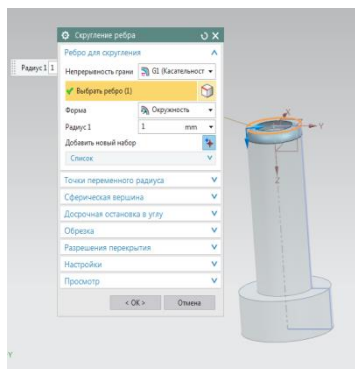


Рис. 2.71. Скругление ребра

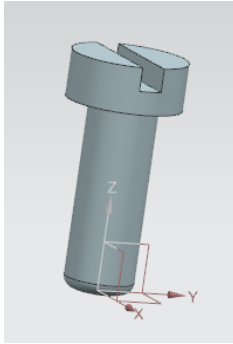


Рис. 2.72. Модель детали «VINT»

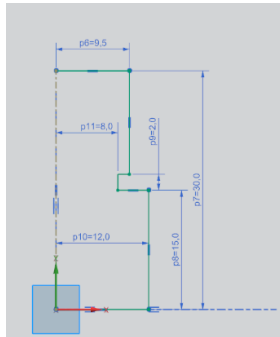


Рис. 2.73. Эскиз вращения детали «SHTIFT»

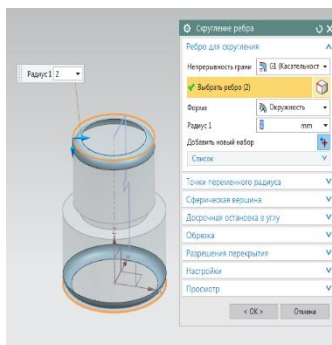


Рис. 2.74. Скругление ребер



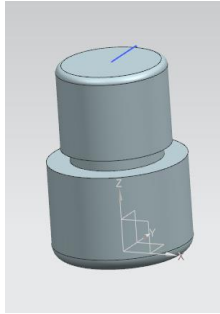


Рис. 2.75. Модель детали «SHTIFT»

Таким образом, в результате выполненных работ разработаны **3D** модели 12 деталей, входящих в состав приспособления. Следующим шагом будет создание **Сборки** всех деталей в едином приспособлении.

### 2.3 Создание 3D модели (сборки) приспособления

Для объединения созданных моделей деталей в единое приспособление создаём новый файл «Сборка» (рис. 2.76).

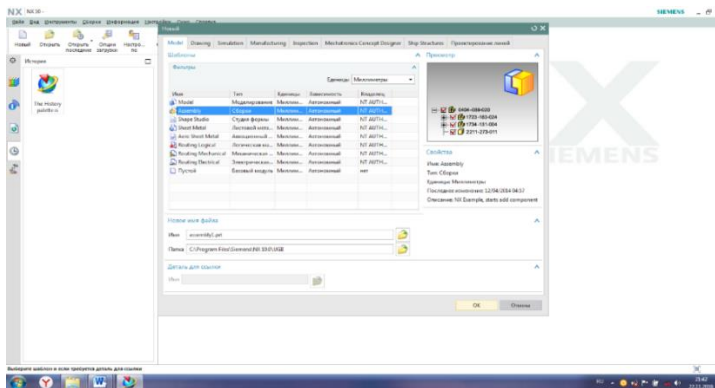



Рис. 2.76. Создание файла «Сборка»

В появившемся окне нажимаем «Открыть»  и загружаем деталь «PLITA» (рис. 2.77).

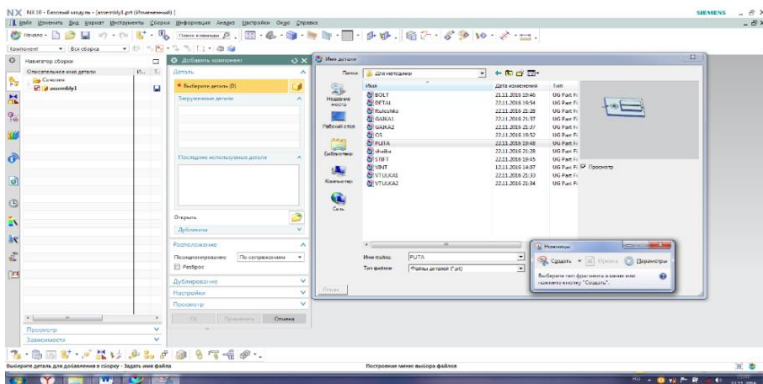




Рис. 2.77. Загрузка детали «PLITA»

Далее в появившемся окне в строке «Тип» выбираем «Фиксация» и, щёлкая по объёмной детали в маленьком окне, нажимаем Ок. После этого в навигаторе сборки должен появиться знак «Фиксации»  напротив детали (рис. 2.78). Данный знак означает, что деталь зафиксирована относительно начала координат и последующая сборка не будет влиять на её расположение. Далее в «Навигаторе сборки», щёлкая правой кнопкой мыши по детали, в появившемся окне выбираем строку «Заменить ссылочный набор» (рис. 2.79). Эта функция позволяет импортировать начальные координаты детали в файл сборки, относительно начальных координат самой сборки.

Следующим шагом добавим деталь «FTULOSHKA» в сборку. С помощью команды «Добавить компонент»  вызовем соответствующее окно. В строке «Тип» выберем «Выравнивание по касанию», а в строке «Ориентация» выберем «Вывод оси/центра». В качестве первого объекта укажем ось детали с окружностью как показано на рис. 2.80.

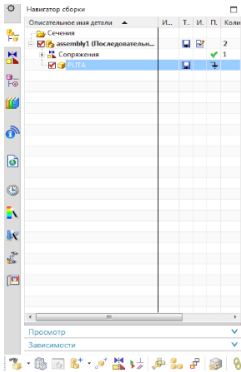


Рис. 2.78. Фиксация детали «PLITA»

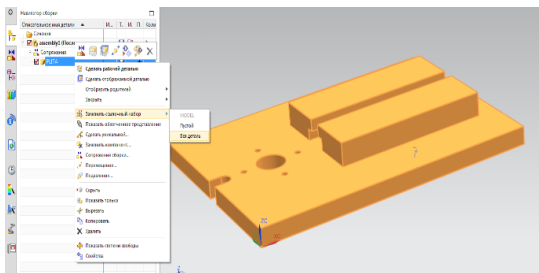


Рис. 2.79. Добавление оси координат детали в файл сборки

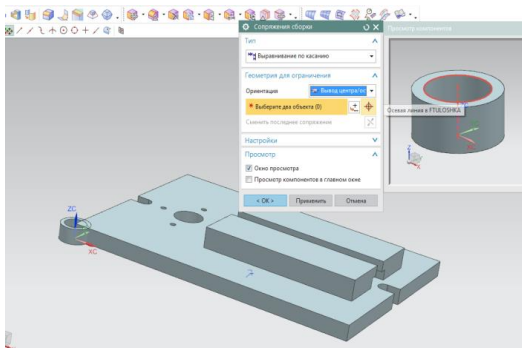


Рис. 2.80. Выравнивание оси деталей

В качестве второго объекта выберем ось и окружность на детали «ПЛІТА». В результате должен появиться значок «Сопряжения», означающий, что ось детали «FTULOCHKA» лежит на оси отверстия детали «ПЛІТА» (рис. 2.81).

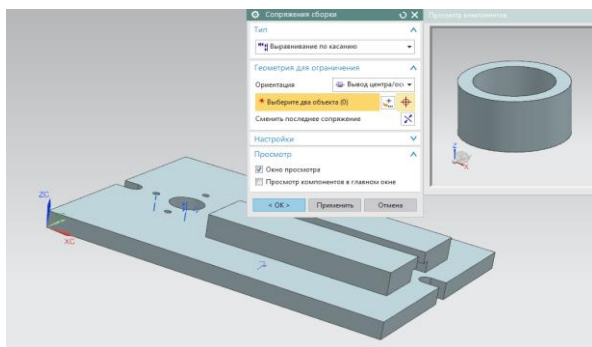


Рис. 2.81. Сопряжение осей двух деталей

В строке «Ориентация» выбираем «Касание». Щёлкнем по внешнему диаметру детали «FTULOCHKA» и внутреннему диаметру отверстия в детали «ПЛІТА». На детали «ПЛІТА» должен появиться значок «Сопряжения» означающий, что детали соприкасаются выбранными диаметрами (рис. 2.82).

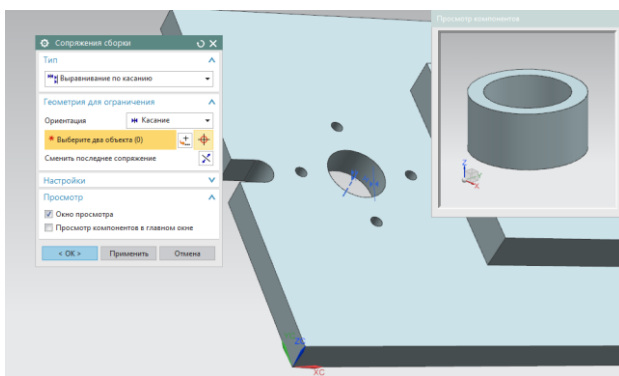




Рис. 2.82. Сопряжения по касанию

В строке «Ориентация» выберем «Выравнивание», щёлкнем по верхнему торцу детали «FTULOCHKA», затем по верхней поверхности детали «PLITA». Должен появиться значок «Сопряжение», который означает, что верхний торец детали «FTULOCHKA» лежит на той же высоте, что и деталь «PLITA» (рис. 2.83). Закроем окно.

Перенесём систему координат детали «FTULOCHKA» в файл сборки с помощью команды «Заменить ссылочный набор». С помощью команды «Сопряжение сборки»  добавим ещё одно сопряжение. Щёлкнем по значку , в появившемся окне в строке «Тип» выберем «Параллельный».

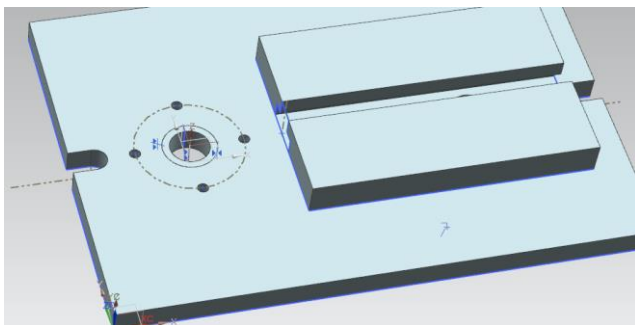



Рис. 2.83. Выравнивание верхнего торца детали «FTULOCHKA» относительно верхней поверхности детали «PLITA»

Выберем плоскость детали «FTULOCHKA», образованной осями  $ZC-CX$ , и плоскость детали «PLITA» с теми же осями. Между плоскостями появится значок «Сопряжения» (рис. 2.84).

Данное сопряжение предотвращает поворот детали «FTULOCHKA» вокруг оси  $Z$ . Необходимо отметить, что в навигаторе сборки напротив детали «FTULOCHKA» стоит чёрный круг . Этот символ означает, что деталь «FTULOCHKA» не имеет возможности перемещения в сборке, но она будет перемещаться только относительно отверстия, не нарушая сопряжения.

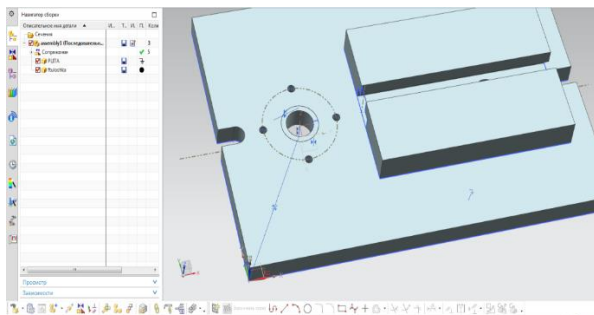




Рис. 2.84. Сопряжения плоскостей координат детали «FTULOCHKA» относительно детали «PLITA»

Добавим в сборку деталь «OS». С помощью команды «Добавить компонент»  вызовем соответствующее окно. В появившемся окне нажимаем «Открыть»  и загружаем деталь «OS». В появившемся окне в строке «Тип» выберем «Выравнивание по касанию», а в строке «ориентация» выберем «Вывод оси/центра». Щёлкнем по оси детали «FTULOCHKA», затем выберем ось детали «OS». Выберем ось отверстия в детали «OS» и ось отверстия в детали «PLITA». В строке «ориентация» выбираем «Касание» и последовательно выбираем верхнюю плоскость детали «PLITA» нижнюю плоскость детали «OS» (рис. 2.85).

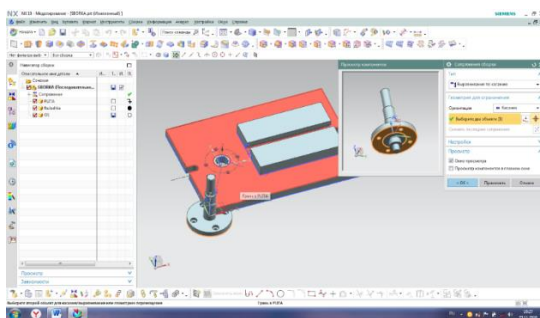


Рис. 2.85. Касание нижней поверхности детали «OS» и верхней поверхности детали «PLITA»

Выберем последовательно внутренний диаметр детали «FTULOSHKA» и диаметр детали «OS», как показано на рис. 2.86. Нажимаем Ок. Напротив детали «OS» в навигаторе сборки появляется чёрный круг ●, так же как и напротив детали «FTULOSHKA».

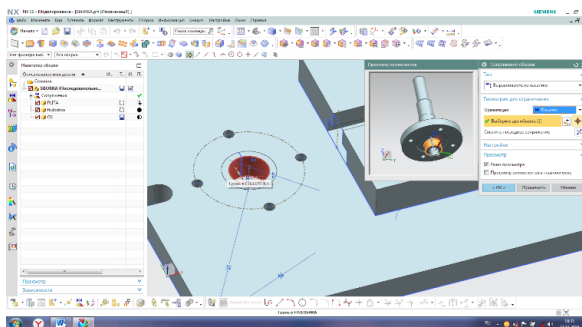


Рис. 2.86. Касание внутренней поверхности втулки и внешней поверхности болта

Добавим в сборку деталь «VINT», аналогично предыдущим двум деталям. Выравниваем оси винта и отверстия в детали ось. В строке «Ориентация» выберем «Касание» и последовательно выберем поверхность в отверстии детали «OS» и нижнюю поверхность головки винта (рис. 2.87).

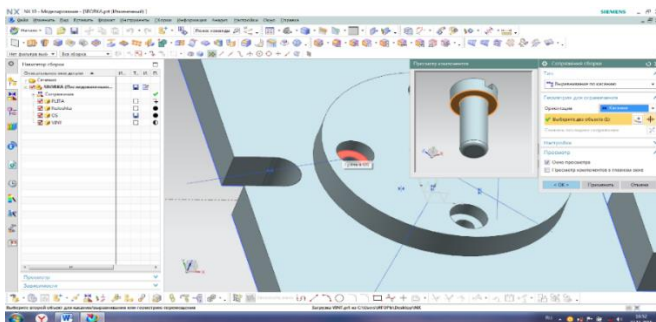


Рис. 2.87. Касание нижней поверхности головки винта и поверхности отверстия

В строке «Тип» выберем «параллельный» и последовательно выберем грань паза в головки винта и боковую грань плиты (рис. 2.88).

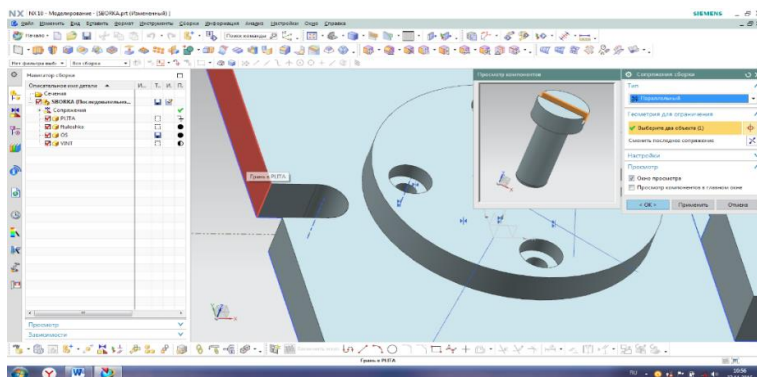


Рис. 2.88. Сопряжение грани паза головки винта и боковой грани плиты

Закрываем окно. Напротив детали «VINT» должен появиться чёрный круг. Добавим последовательно ещё три винта и сопряжём их аналогично первому (рис. 2.89).

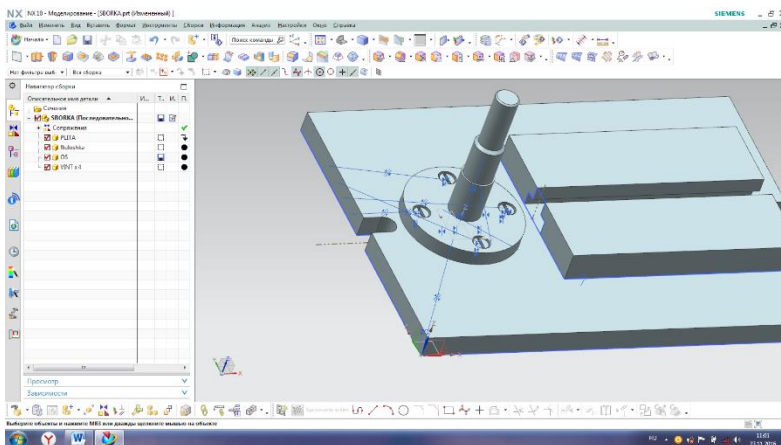


Рис. 2.89. Добавление в файл сборки ещё трёх винтов



Добавим в сборку деталь «VTULKA1». Выравниваем оси детали «VTULKA1» и «OS». Выбрав «Касание» в соответствующей строке выбираем нижнюю поверхность детали «VTULKA1» и верхнюю поверхность детали «OS» (рис. 2.90).

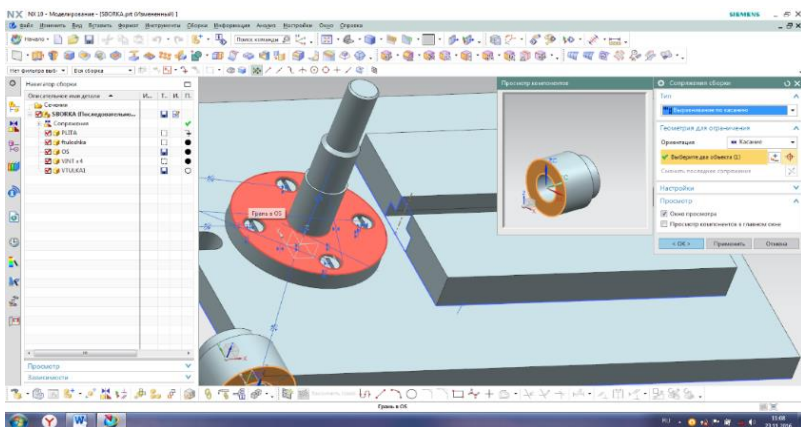


Рис. 2.90. Касание нижней поверхности втулки и верхней поверхности оси

Перенесём систему координат детали «VTULKA1» в файл сборки с помощью команды «Заменить ссылочный набор». Добавим сопряжение, выбрав тип «Параллельный», последовательно выберем плоскость детали «VTULKA1», образованной осями  $ZC-CX$  и плоскость детали «PLITA» с теми же осями. Напротив детали должен появиться чёрный круг.

Добавим деталь «DETAL» в файл сборки. Выравниваем ось большого диаметра детали «DETAL» с осью детали «OS». Выбираем в строке «Ориентация» «Касание» и нижнюю поверхность детали «DETAL» и верхнюю поверхность детали «VTULKA1» (рис. 2.91). В строке «Тип» выбираем «параллельный» и последовательно выбираем грань детали и грань поверхности плиты (рис. 2.92).

Так же, как и у всех предыдущих деталей, напротив данной должен появиться чёрный круг.

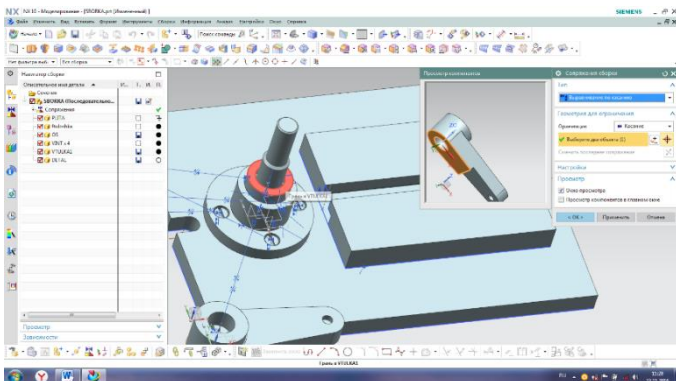


Рис. 2.91. Касание верхней поверхности втулки с нижней поверхностью детали

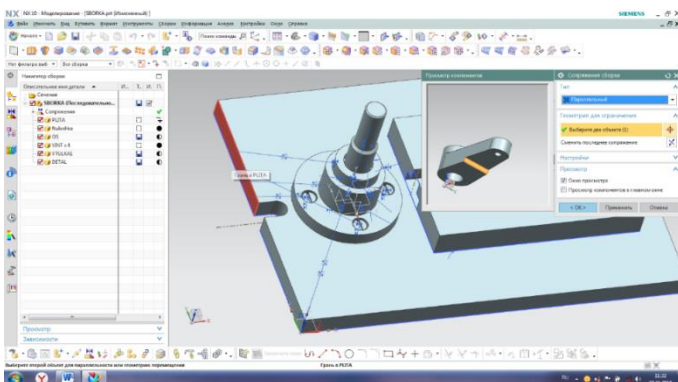


Рис. 2.92. Соприкасание грани детали с боковой гранью плиты

Добавим деталь «BOLT» в файл сборки. Выравниваем оси детали с осью болта. В соответствующей строке выбираем «Касание» и щелкаем по верхней поверхности болта и по нижней поверхности выступа плиты (рис. 2.93). Выберем «Тип» «Параллельный» и щёлкнем по боковой поверхности болта и по боковой поверхности паза в плите (рис. 2.94). Напротив детали «DETAL» должен появиться чёрный круг.

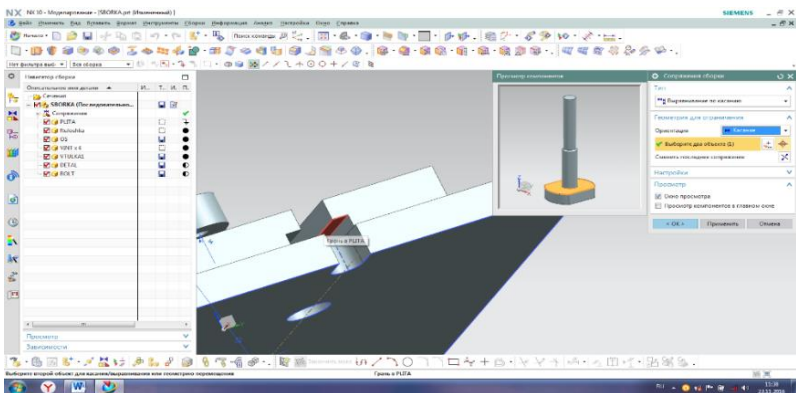


Рис. 2.93. Касание верхней поверхности головки болта с нижней поверхностью выступа плиты

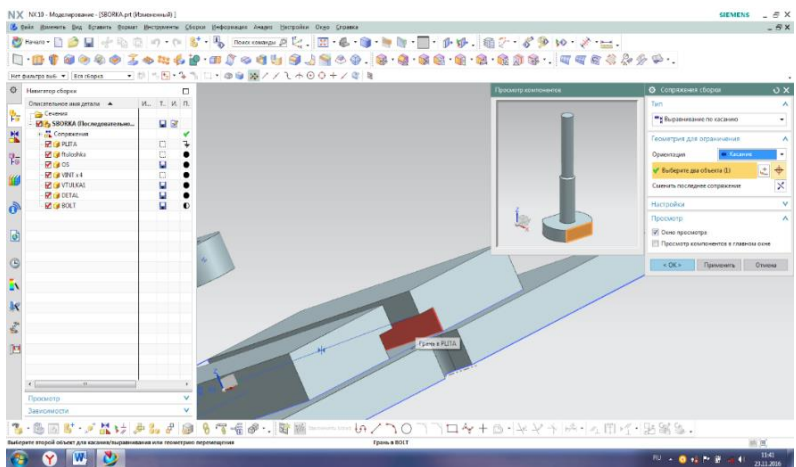


Рис. 2.94. Соприжение боковой грани болта с боковой гранью паза плиты

Добавим в файл сборки деталь «SHAIBA». Выровняем ось шайбы и ось детали «OS». Сделаем касание нижней поверхности шайбы с верхней поверхностью детали. Выбрав «Тип» «Параллельный», выберем грань шайбы и грань плиты (рис. 2.95). Напротив данной детали должен появиться чёрный круг.

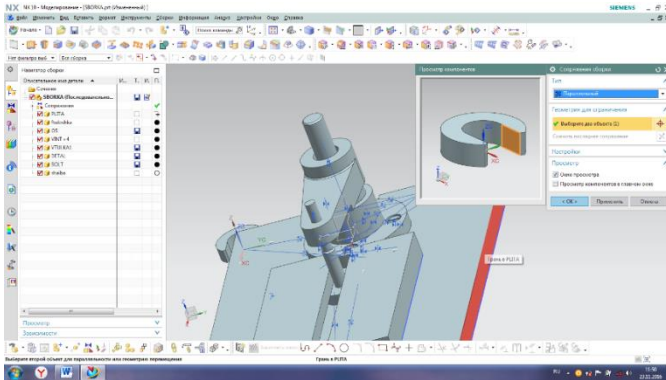


Рис. 2.95. Сопряжение грани шайбы с гранью плиты

Добавим деталь «ГАЙКА2» в файл сборки. Выравниваем ось гайки с осью болта. В соответствующей строке выбираем «Касание» и щёлкаем по нижней поверхности гайки и верхней поверхности детали.

В строке «Тип» выбираем «Параллельный», после чего щёлкаем по грани гайки и по грани плиты аналогично с деталью «ШАЙБА» (рис. 2.96). Далее выполняем те же действия для детали «ГАЙКА1».

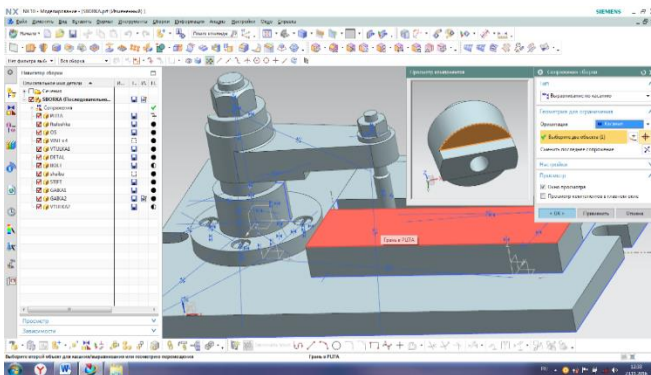


Рис. 2.96. Касание нижней поверхности втулки и верхней поверхности плиты

Добавим файл «VTULKA2» в файл сборки. Выравниваем оси втулки с осью болта. Делаем касание нижней поверхности втулки и верхней поверхности плиты (см. рис. 2.96) и касание боковой грани втулки и боковой грани паза плиты (рис. 2.97).

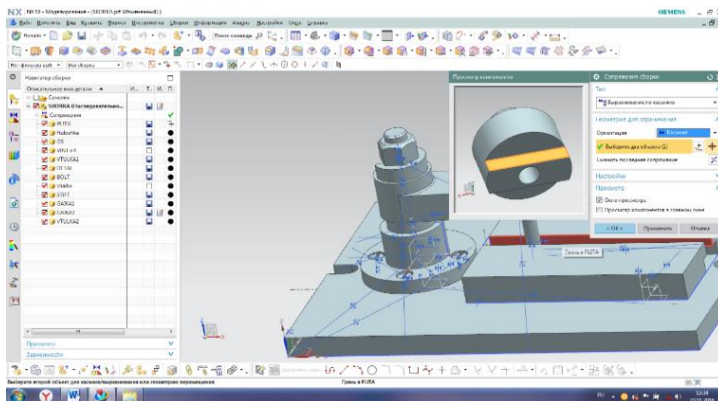


Рис. 2.97. Касание боковой грани втулки и боковой грани паза плиты

Добавим деталь «ШТИФТ» в файл сборки. Выровняем оси штифта с осью отверстия в плите. Делаем касание поверхности штифта и нижней поверхности плиты (рис. 2.98).

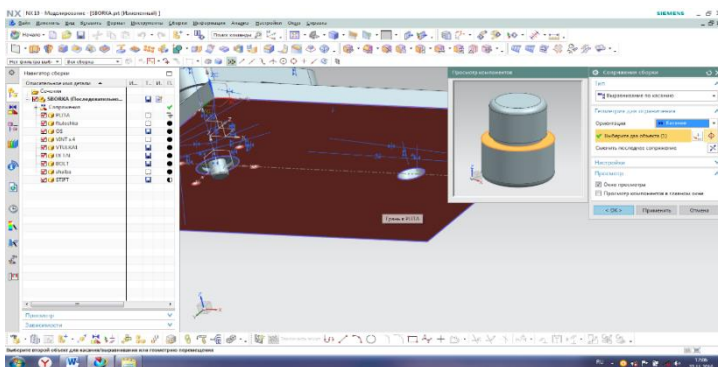


Рис. 2.98. Касание поверхности штифта и нижней поверхности плиты

Переместим начало координат штифта в файл сборки. В строке «Тип» выберем «Параллельно» и щёлкнем по плоскостям образованными осями  $X$  и  $Y$  в обеих деталях.

Обратим внимание, что напротив всех деталей есть чёрный круг и сборка имеет вид как на рис. 2.99.

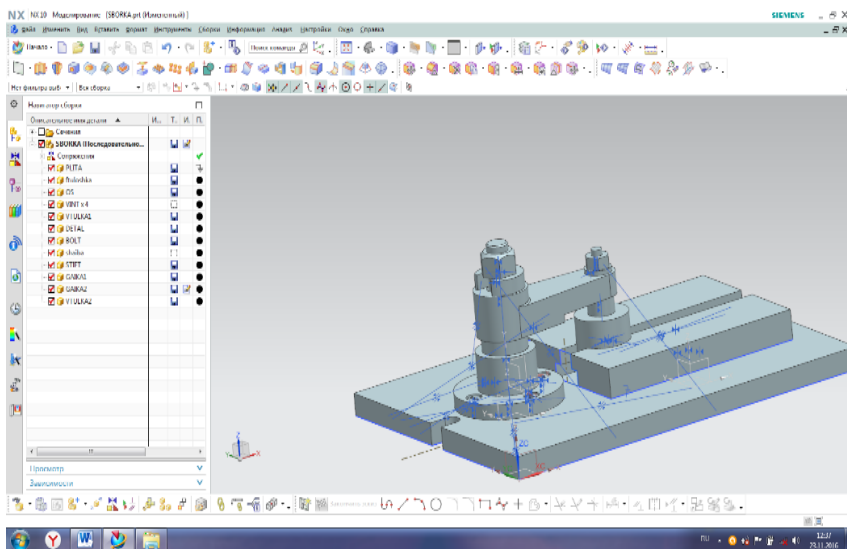



Рис. 2.99. Окончательный вид сборки

Выполним разрез сборки вдоль плоскости образованную осями  $Z - X$ . Для этого выберем команду «Изменить сечение»  и в появившемся окне зададим плоскость  $Z - X$  детали «VTULKA1» (рис. 2.100). Деталь должна расщепиться вдоль выбранной оси. В навигаторе сборки напротив иконки «Сечения» поставим галочку и увидим, что в сечении приспособления обрисовались все остальные сечения (рис. 2.101). Из полученного разреза приспособления видно, что сборка выполнена верно.

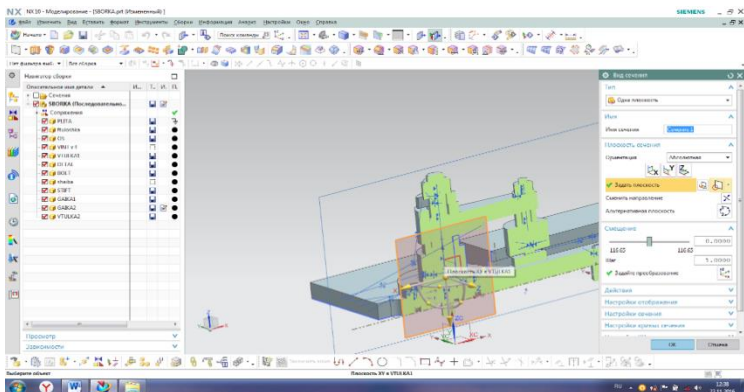


Рис. 2.100. Задание плоскости сечения

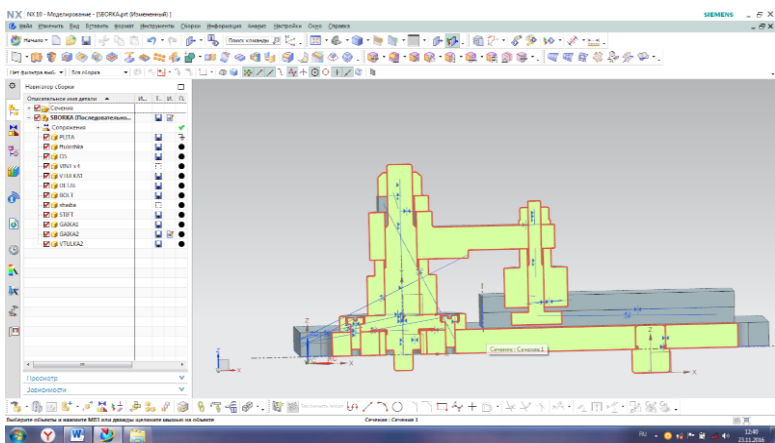



Рис. 2.101. Проявление сечений

## 2.4 Разработка параметрических связей между элементами приспособления

После разработки «Сборки приспособления», необходимо установить параметрические связи между деталями приспособления, т.е. связать формулами размеры, которые будут изменяться

при изменении размеров заготовки. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

Выбираем в навигаторе сборки деталь «DETAL», щёлкнув на её иконке два раза, нажмём правой кнопкой мыши и в появившемся окне выберем строку «Сделать отображаемой деталью».

Деталь откроется в отдельном окне, в навигаторе сборки выберем иконку «Навигатор модели»  и увидим весь путь построения данной детали.

Выберем «Инструменты», потом «Выражения» (рис. 2.102).

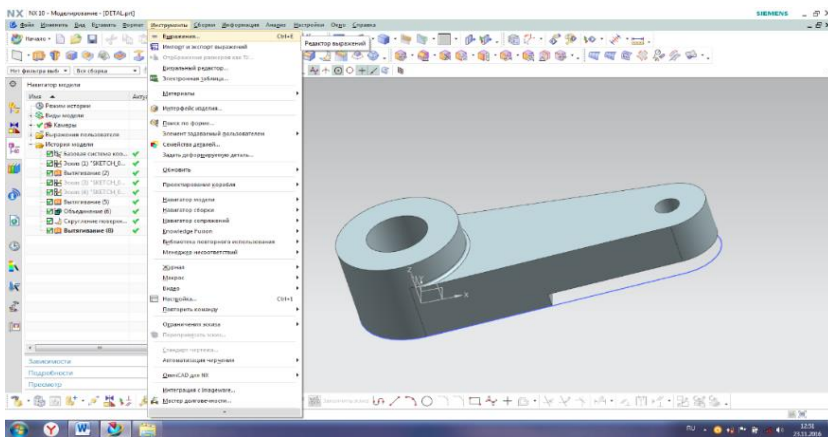


Рис. 2.102. Вызов команды «Редактор выражения»

В появившемся окне в строке «Имя» введём A1, а в строке «Формула» введём цифру 20, нажмём «применить». Аналогично введём ещё две переменные A2 и L (рис. 2.103). Нажмём Ок.

Далее щёлкнем дважды по строке «Эскиз (1)» и перейдём в данный эскиз. Щёлкнем дважды по размеру « $r7=20$ », в появившемся окне в графе, где указан диаметр, выделим треугольник и выберем «формула» (рис. 2.104).



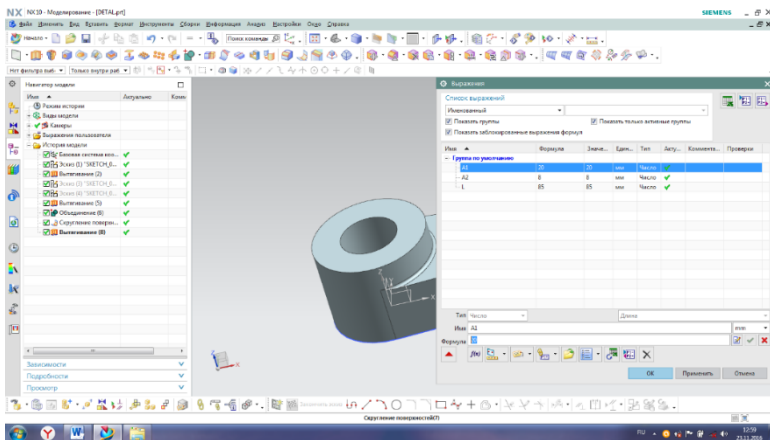


Рис. 2.103. Создание выражений

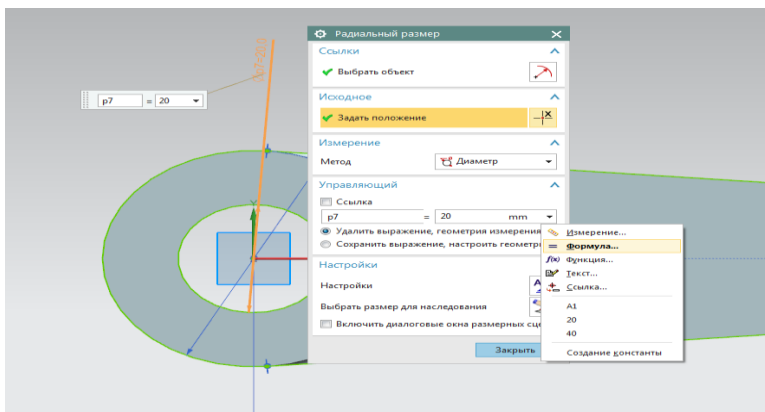


Рис. 2.104. Вызов окна «Формула»

В появившемся окне удаляем значение «20», вводим A1 и нажимаем на иконку «Принять значения» (рис. 2.105). Закрываем окно. Если сейчас посмотреть на размер «r7», то мы увидим, что он будет равен A1, в свою очередь значение A1 равно 20 мм. Теперь дважды щёлкнем по размеру «r6» в появившемся окне, где указано значение диаметра, перейдём в окно «Формула», анало-

гично как и с предыдущим диаметром. В появившемся окне в строке «Формула» удалим значение «40» и введём формулу «A1\*2» (рис. 2.106).

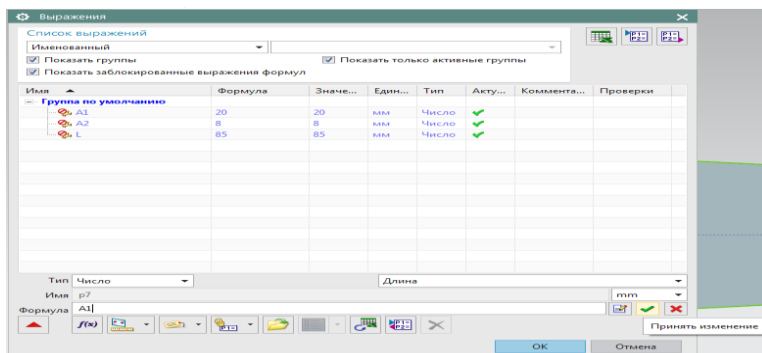


Рис. 2.105. Замена диаметра «20» на формулу

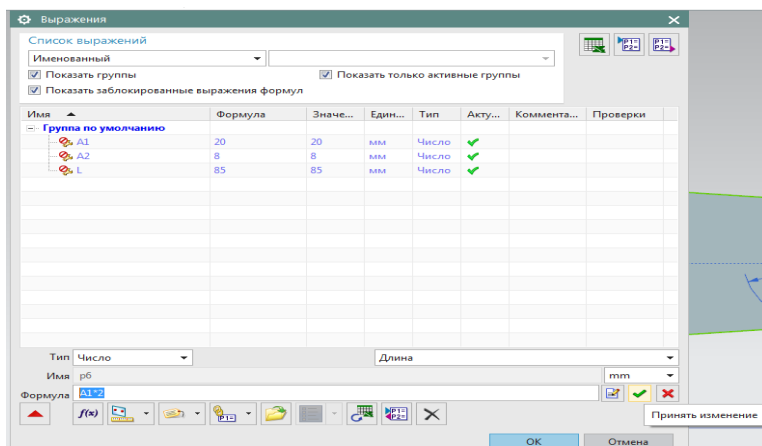


Рис. 2.106. Замена диаметра «40» на формулу

Закроем данное окно, щёлкнув по иконке «Принять изменения». На эскизе увидим, что размер «r7» будет равен «A1\*2» и в свою очередь имеет значение 40 мм. Аналогичным образом прове-

дём изменения для диаметров 8 мм и 24 мм (рис. 2.107), а также выполним замену межосевого расстояния « $p_{10} = L$ » на формулу (рис. 2.108).

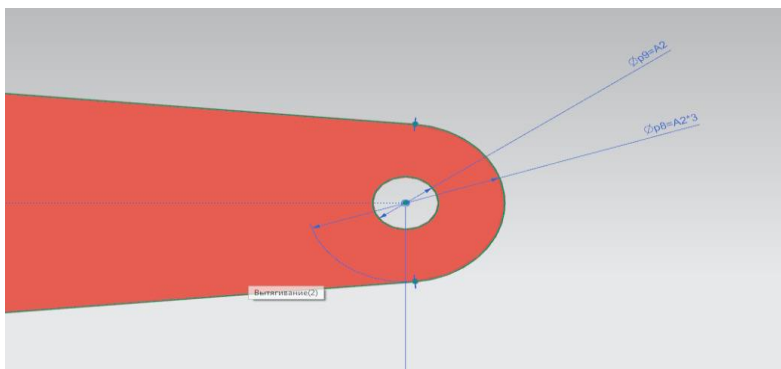


Рис. 2.107. Замена диаметров 8 мм и 24 мм на формулы

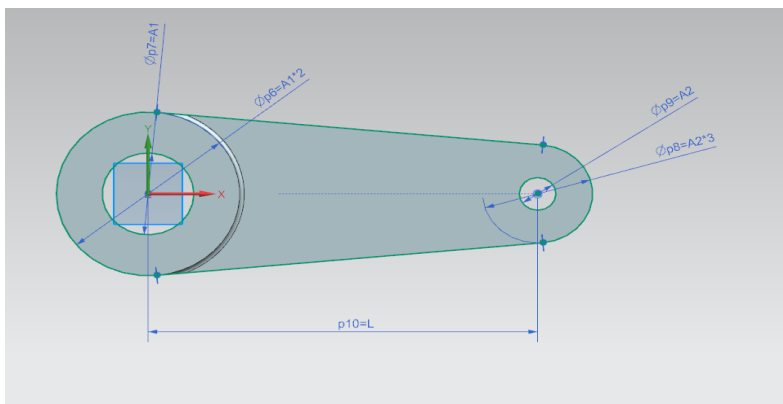


Рис. 2.108. Замена значения « $p_{10}$ » на формулу

Закончим эскиз, щёлкнув по иконке «Окна» и перейдём в окно «SBORKA» (рис. 2.109).

Теперь в навигаторе сборки дважды щёлкнем по детали «OS» и откроем её в отдельном окне. Перейдём в навигатор моделей и

выберем «Эскиз 1». Откроем окно «Выражение» и введём формулы, как показано на рис. 2.110.

Обращаем внимание на формулу D1. Эта формула напрямую связана с размером A1 у детали «DETAL».

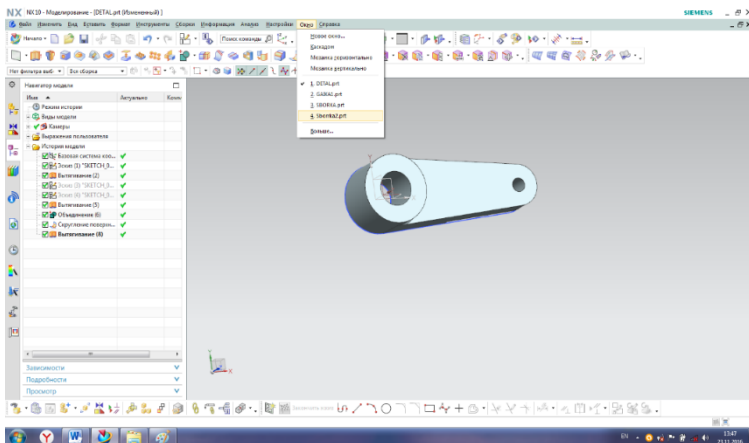


Рис. 2.109. Переход в файл «SBORKA»

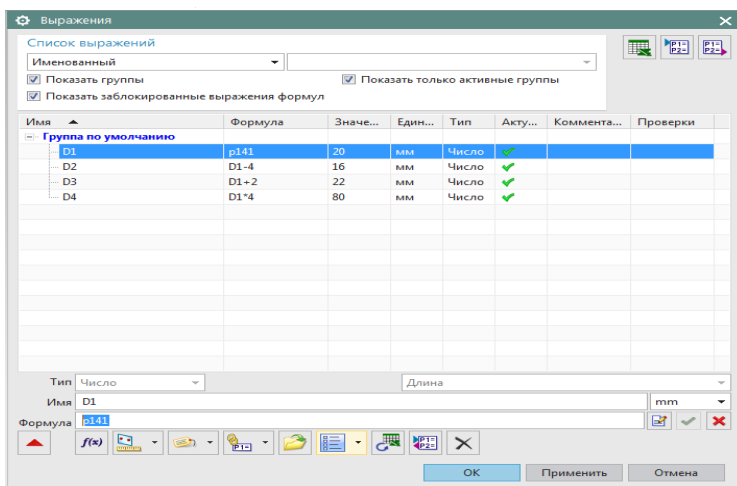



Рис. 2.110. Окно ввода формул

Установим связь между этим размером и соответствующим ему размером у детали «OS». Для этого нажимаем на иконку «Создание одиночного выражения между деталями» . В появившемся окне щёлкнем по строке «Выберите файл детали». Выберем файл «DETAL» и соответствующий ему размер «A1=20» (рис. 2.111).

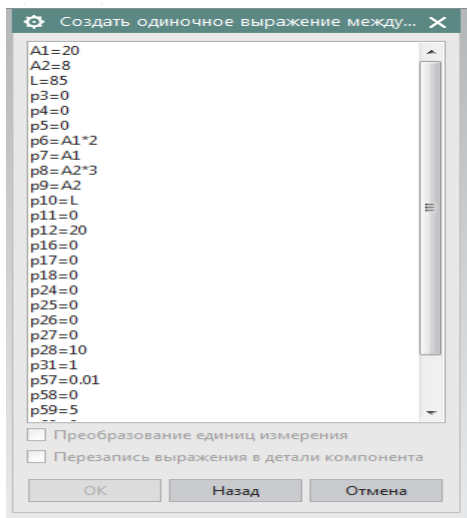


Рис. 2.111. Создание одиночного выражения между формулами D1 и A1

В появившемся снова окне ввода формул в строке «Формула» будет указан размер, связующий диаметр детали «OS» и внутренний диаметр детали «DETAL» (см. рис. 2.110). Закроем окно. Заменяем остальные диаметральные размеры на формулы (рис. 2.112).

Переходим в окно «SBORKA» и открываем файл «BOLT» в отдельном окне. В окне «Навигатор модели» перейдём в «Эскиз1». Откроем окно «Выражение» и введём формулы как показано на рис. 2.113, связав размер G1 с размером A2, по аналогии с предыдущей деталью (см. рис. 2.110, 2.111).

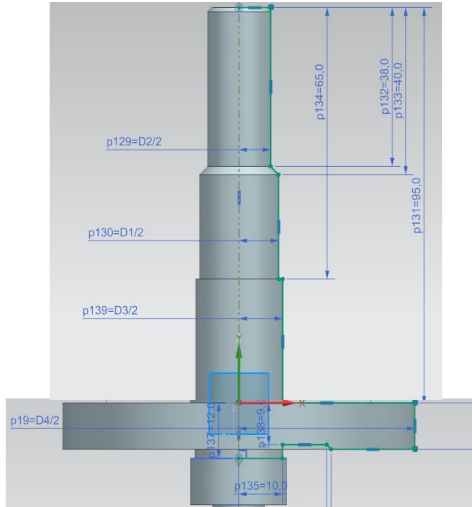


Рис. 2.112. Замена диаметральных размеров на формулы

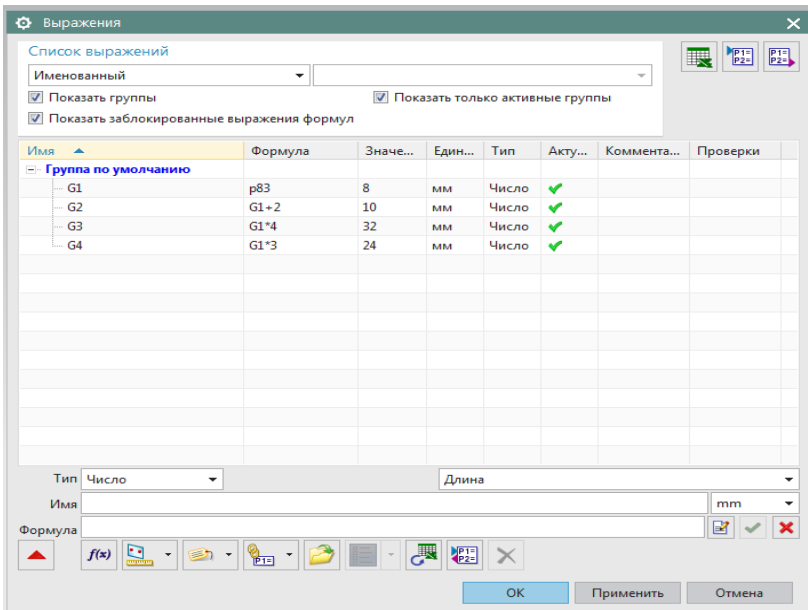


Рис. 2.113. Ввод формул для детали «BOLT»

Выполним замену диаметральных и линейных размеров детали «BOLT» на формулы (рис. 2.114, 2.115, 2.116) и закроем эскиз.

Откроем окно сборки и выберем деталь «VTULKA1». Откроем её в отдельном окне, перейдём в «Эскиз (1)» и введём формулы как показано на рис. 2.117, связав размер Q1 с размером D3 (диаметр детали «OS»). Закроем окно. Проведём замену размеров формулами согласно рис. 2.118 и закроем эскиз.

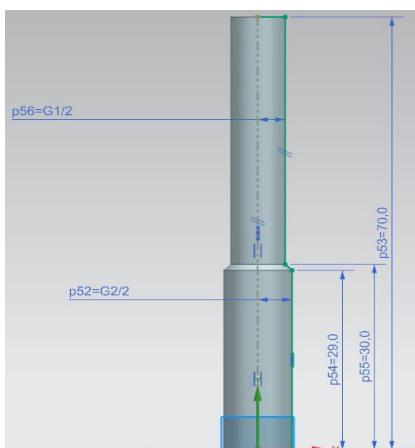


Рис. 2.114. Замена диаметральных размеров формулами

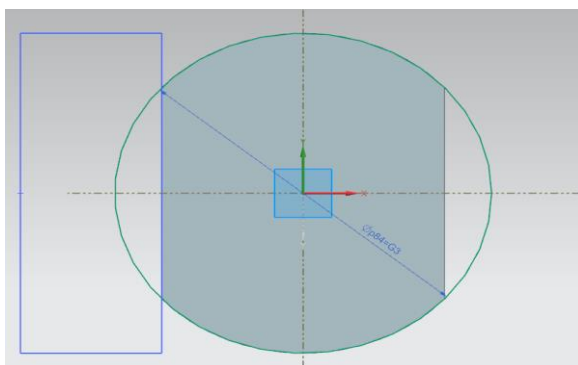


Рис. 2.115. Замена диаметрального размера формулой

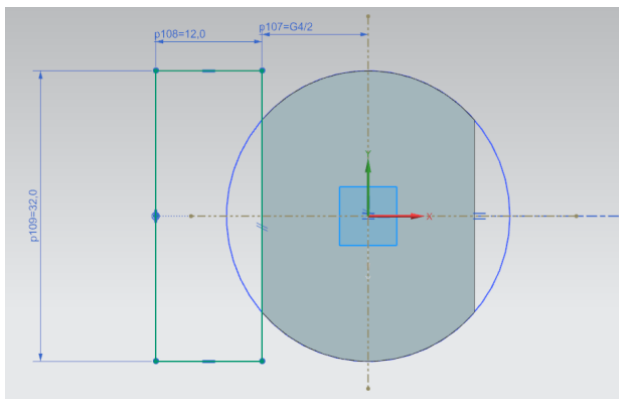


Рис. 2.116. Замена линейного размера формулой

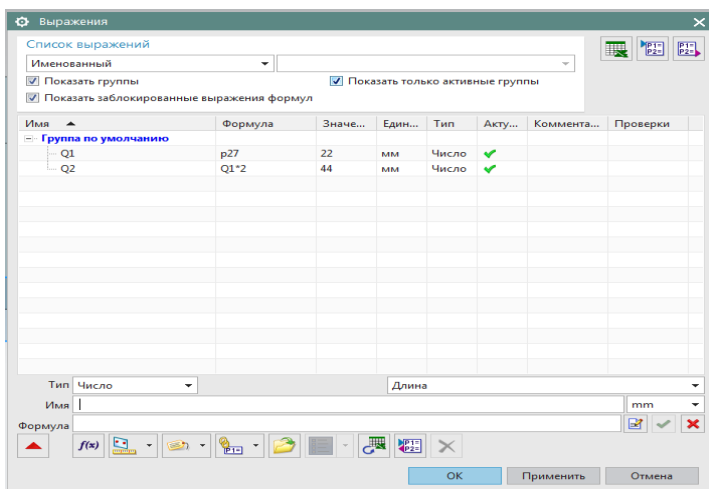


Рис. 2.117. Ввод формул для детали «VTULKA1»

Переходим в окно «SBORKA». Выбираем следующую деталь «VTULKA2» и открываем её в отдельном окне. Переходим в окно «Эскиз 1» и вводим формулы, связав размер R1 с размером G2 (диаметр болта), как показано на рис. 2.119. Закроем окно. Проверим



дём замену размеров формулами (рис. 2.120, рис. 2.121) и закроем ЭСКИЗ.

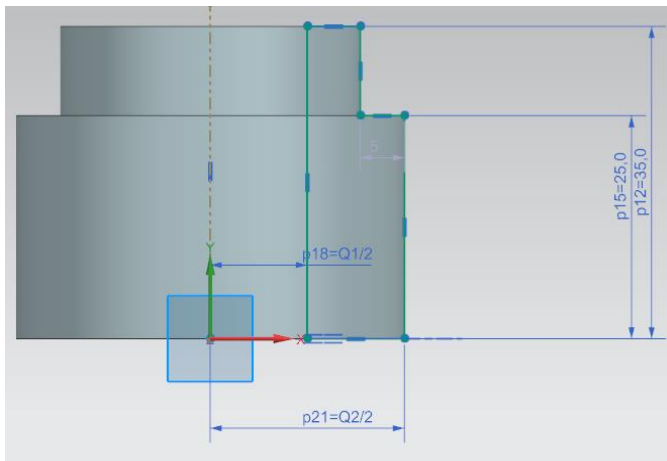


Рис. 2.118. Замена размеров формулами

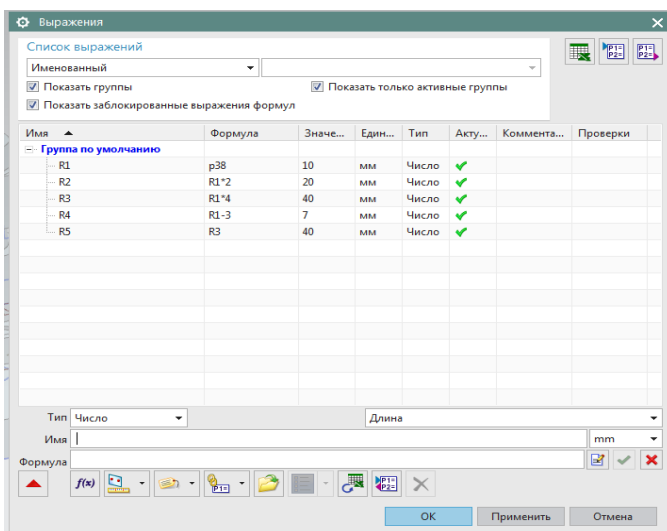


Рис. 2.119. Ввод формул для детали «VTULKA2»

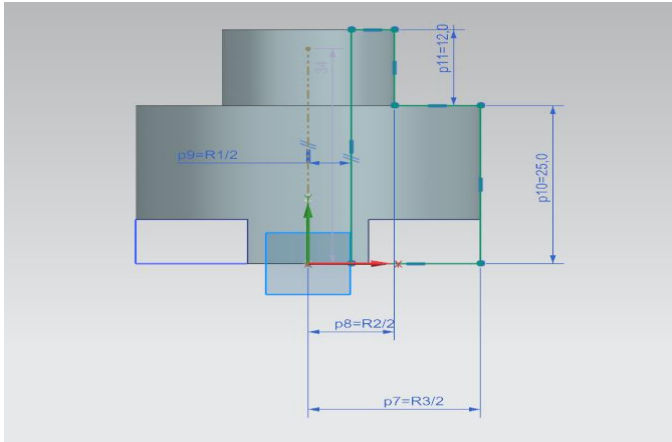


Рис. 2.120. Замена размеров формулами для детали «VTULKA2»

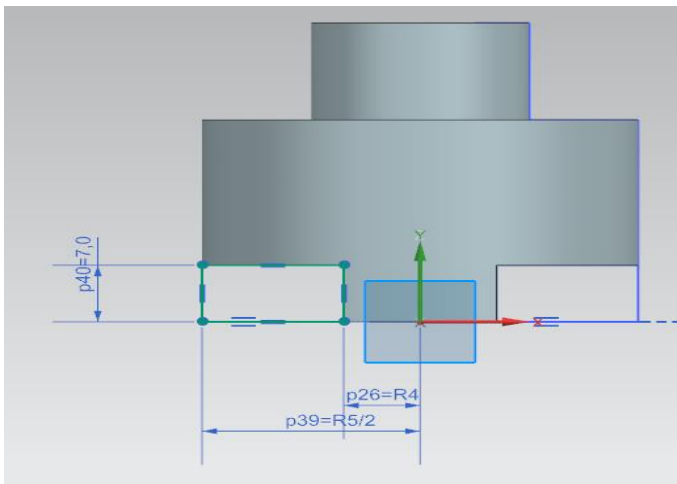


Рис. 2.121. Замена размеров формулами для детали «VTULKA2»

Переходим в окно «SBORKA». Выбираем следующую деталь «SHAIBA» и открываем её в отдельном окне. Переходим в окно «Эскиз 1» и вводим формулы, связав размер W1 с D2 (диаметром детали «ось»), как показано на рис. 2.122.

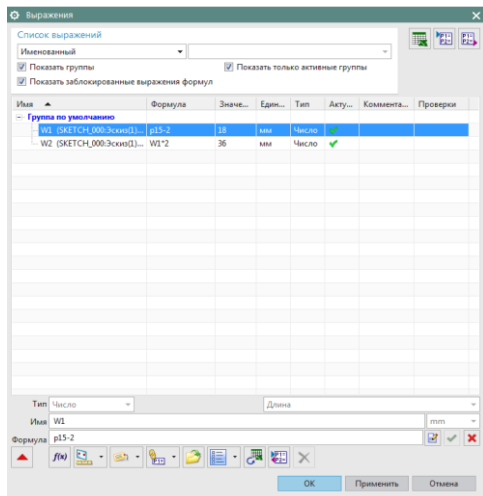


Рис. 2.122. Ввод формул для детали «ШАИВА»

Закроем окно. Проведём замену размеров формулами, как показано на рис. 2.123 и закроем эскиз.

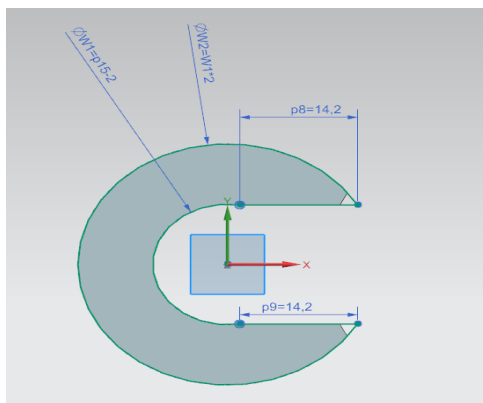


Рис. 2.123. Замена размеров формулами для детали «ШАИВА»

Переходим в окно «SBORKA». Выбираем следующую деталь «ГАЙКА1» и открываем её в отдельном окне. Переходим в окно

«Эскиз 1» и вводим формулы, связав размер E1 с размером D2 (диаметр детали «OS»), как показано на рис. 2.124. Проведём замену размеров формулами, как показано на рис. 2.125 и закроем эскиз.

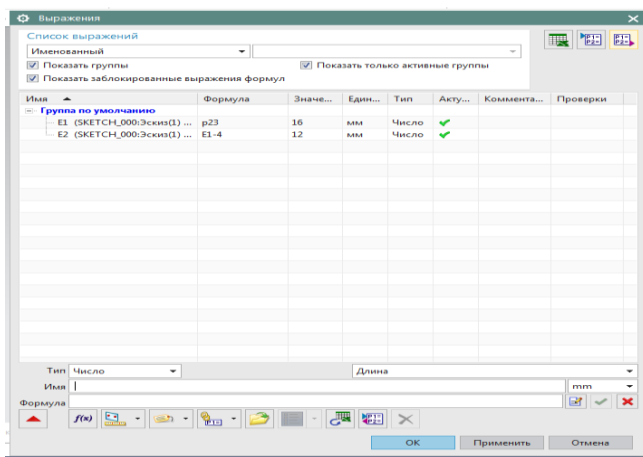


Рис. 2.124. Ввод формул для детали «GAИKA1»

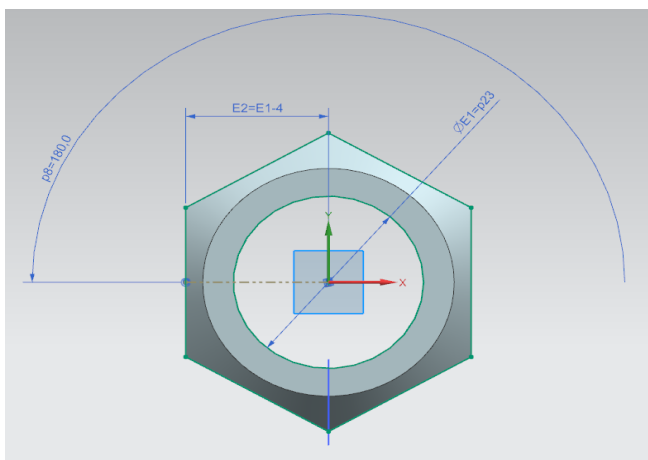


Рис. 2.125. Замена размеров формулами для детали «GAИKA1»

Переходим в окно «SBORKA». Выбираем следующую деталь «ГАЙКА2» и открываем её в отдельном окне. Переходим в окно «Эскиз 1» и вводим формулы, связав размер T1 с размером G1 (диаметр болта), как показано на рис. 2.126. Проведём замену размеров формулами, как показано на рис. 2.127, 2.128 и закроем эскиз.

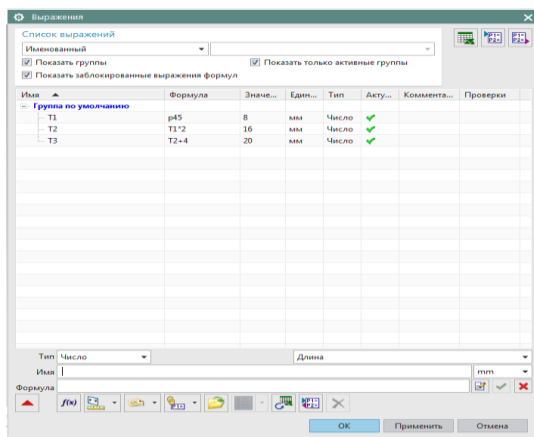


Рис. 2.126. Ввод формул для детали «ГАЙКА2»

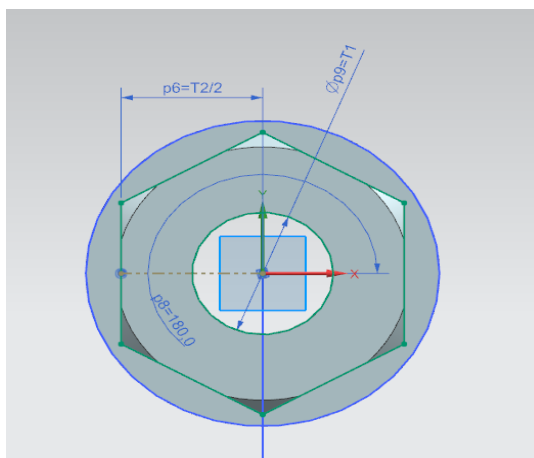


Рис. 2.127. Замена размеров формулами для детали «ГАЙКА2»

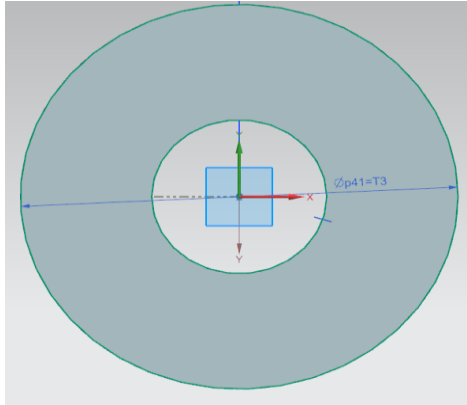


Рис. 2.128. Замена размеров формулами для детали «GAUKA2»

Переходим в окно «SBORKA». Выбираем следующую деталь «PLITA» и открываем её в отдельном окне. Переходим в окно «Эскиз 1» и вводим формулы, связав размеры R4 (Линейный размер детали «VTULKA2») с Y1 и размер L (межосевое расстояние детали «DETAL») с размером Y7 (рис. 2.129). Проведём замену размеров формулами, как показано на рис. 2.130, 2.131, 2.132 и закроем эскиз.

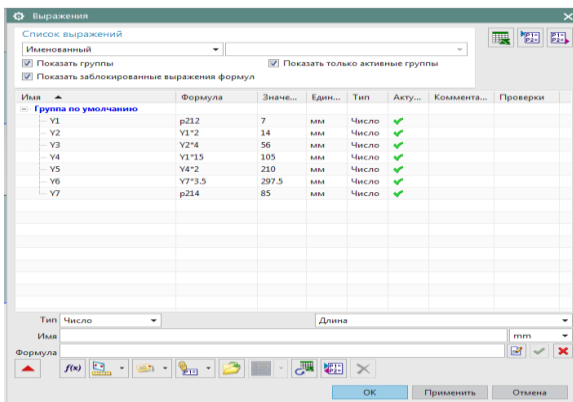


Рис. 2.129. Ввод формул для детали «PLITA»

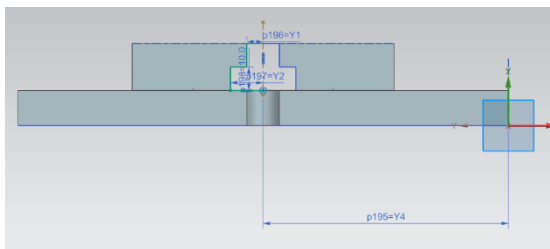


Рис. 2.130. Замена размеров формулами для детали «PLITA»

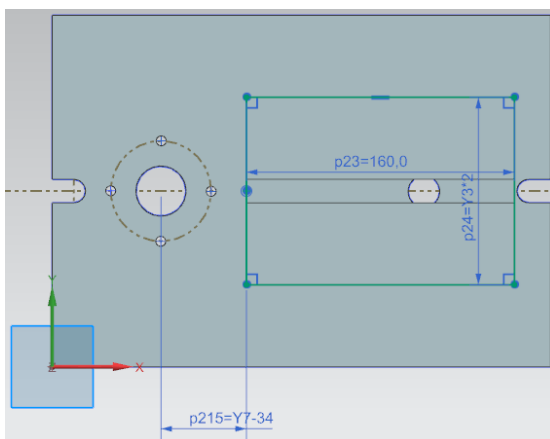


Рис. 2.131. Замена размеров формулами для детали «PLITA»

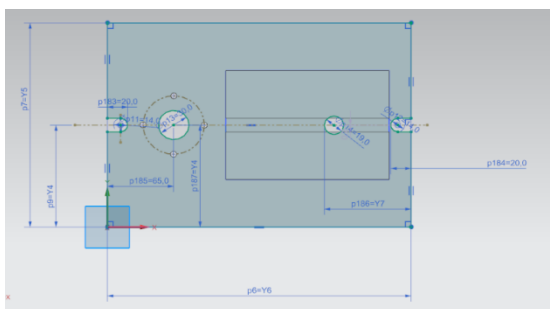


Рис. 2.132. Замена размеров формулами для детали «PLITA»

В навигаторе сборки щёлкнем дважды по детали «DETAL» и в появившейся иконке «Инструменты» выберем «Семейство деталей» (рис. 2.133).

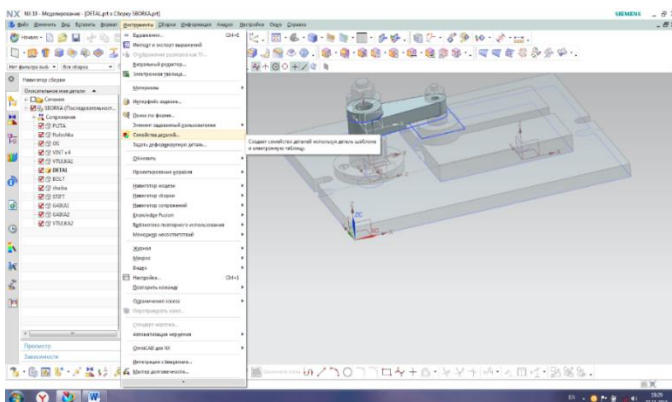


Рис. 2.133. Вызов окна «Семейство деталей»

В окне «Столбцы таблицы» появятся все размеры данной детали. Щёлкнем дважды по размерам A1, A2, L. Обратите внимание, что по мере выбора размеров, они появляются в окне «Выбранные столбцы» (рис. 2.134).

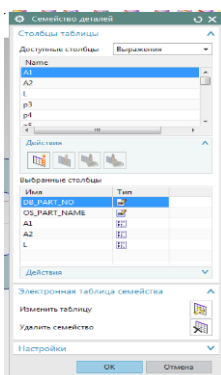



Рис. 2.134. Выбор размеров



Далее в окне «Электронная таблица семейства» выберем строку «Изменить таблицу», щёлкнув по иконке . В результате открывается таблица в программе Excel в которой показаны размеры A1, A2, L. Сформируем ещё две строки и введём значения с задания (рис. 2.135).

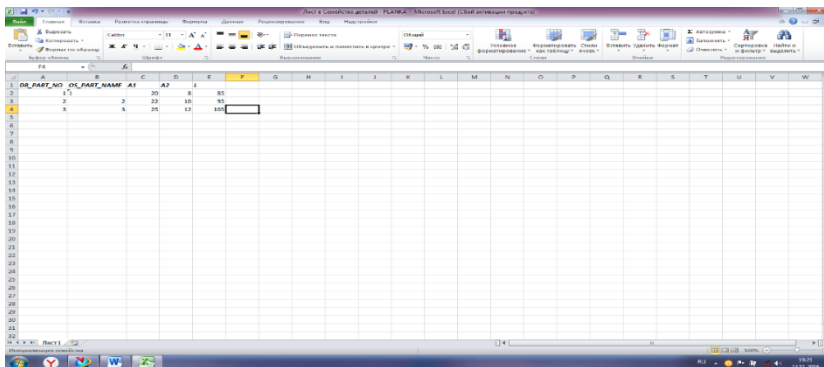


Рис. 2.135. Таблица с размерами

Выделим вторую строку, нажмёт «Настройки», «Семейство», «Применить значения» (рис. 2.136).

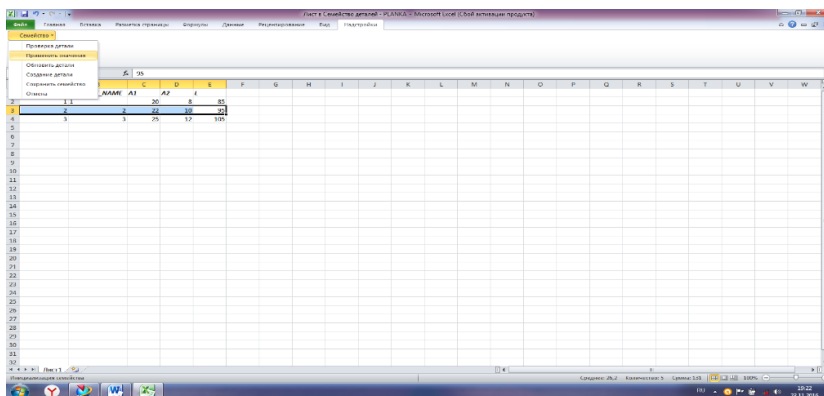


Рис. 2.136. Выбор размеров детали

После того как программа выполнит расчёт всех размеров закроем окна и посмотрим на появившуюся модель сборки приспособления (рис. 2.137). На сборке видно, что произошло изменение размеров приспособления при изменении размеров детали.

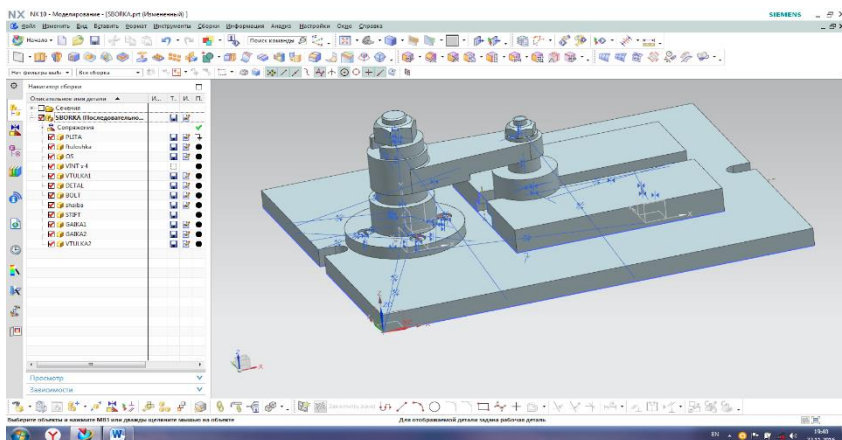


Рис. 2.137. Перестроенная сборка с размерами детали  $A1=22$ ,  $A2=10$ ,  $L=95$

Повторим перестроение приспособления ещё раз, выбирая размеры, расположенные в третьей строке таблицы, как показано на рис. 2.138.

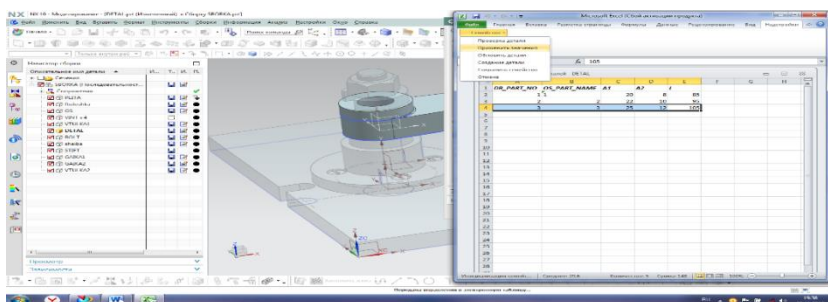


Рис. 2.138. Выбор размеров детали

После того как программа выполнит расчёт всех размеров за-  
 кроем окна и посмотрим на появившуюся модель сборки приспособ-  
 ления (рис. 2.139). На новой сборке видно, что произошло из-  
 менение всех размеров приспособления при изменении размеров  
 детали.

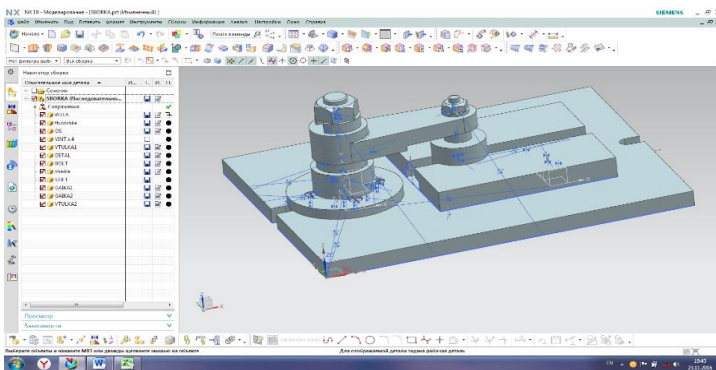


Рис. 2.139. Перестроенная сборка  
 с размерами детали  $A1=25$ ,  $A2=12$ ,  $L=105$

Выполним возврат к исходным значениям размеров детали и  
 приспособления, выбрав первую строку таблицы (рис. 2.140).

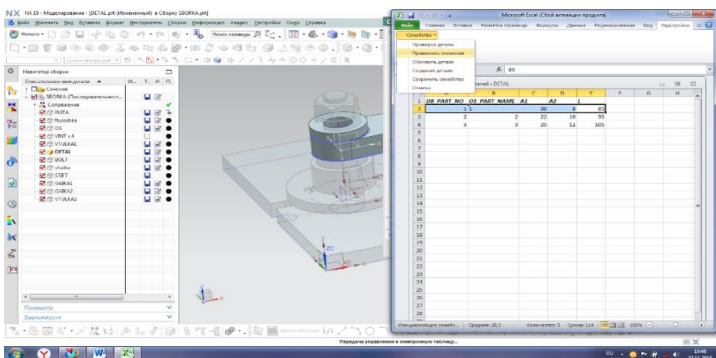


Рис. 2.140. Выбор размеров детали

После перерасчёта размеров, закроем все окна и получим сборку приспособления (рис. 2.141).

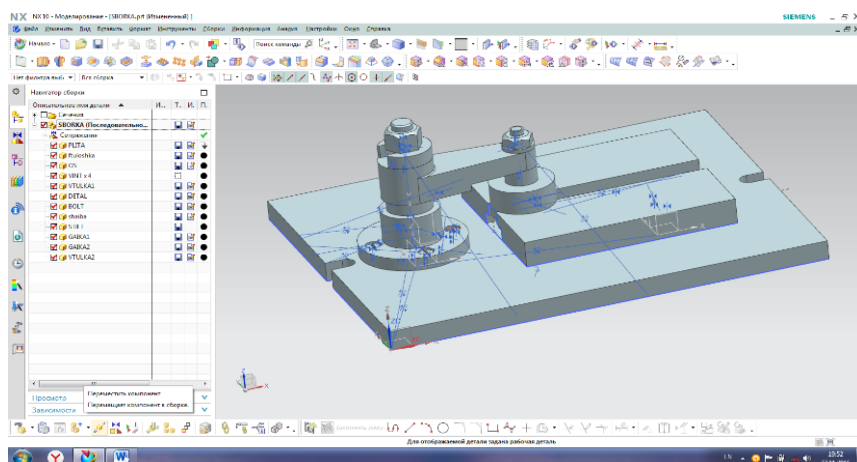


Рис. 2.141. Перестроенная сборка с размерами детали  $A_1=20$ ,  $A_2=8$ ,  $L=85$

Сравнивая сборки приспособлений, приведённые на рис. 2.137, 2.139, 2.141 можно увидеть какие происходят в них изменения при изменении размеров детали. При увеличении размера  $A_1$  детали «DEТАL», изменяются размеры деталей «OS», «VTULKA1», «SHAИBA», «GAИKA1». При увеличении размера  $A_2$  детали «DEТАL», изменяются размеры деталей «BOLT», «VTULKA2», «PLИTA», «GAИKA2». При увеличении размера  $L$  детали «DEТАL», изменятся размеры детали «PLИTA» и межосевые размеры.

Таким образом, в результате проведённых работ получена параметрическая модель приспособления, которая может быть использована при оснащении виртуальных многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ.

Применение такого приспособления значительно увеличивает номенклатуру деталей, обрабатываемых на станке, и тем самым повышает его загрузку.

## **2.5 Порядок выполнения работы**

1. Изучить методику создания **3D** моделей станочных приспособлений в системе Siemens NX.
2. Изучить параметризацию приспособлений по методике «снизу-вверх».
3. Получить у преподавателя индивидуальное задание в виде эскиза обработки заготовки.
4. Разработать конструктивную схему приспособления для установки заготовки и утвердить её у преподавателя.
5. Разработать 3D модели деталей приспособления.
6. Выполнить сборку разработанных 3D моделей деталей и получить 3D модель приспособления.
7. Установить параметрические связи между элементами сборки.
8. Предъявить разработанную параметрическую модель приспособления преподавателю.

## **2.6 Вопросы для самоконтроля**

1. Что называют приспособлением для механической обработки?
2. Как классифицируют приспособления целевому назначению?
3. Назовите системы приспособлений.
4. Назовите этапы проектирования приспособлений.

5. В какой последовательности осуществляется проектирование приспособлений?

6. В чём заключается метод вариационной (размерной) параметризации?

7. Что представляет собой параметризация с использованием способа «снизу-вверх» в системе Siemens NX?

8. Для чего используется сборка приспособления?

9. Каким образом устанавливаются параметрические связи между элементами сборки приспособления?

## **3 Лабораторная работа № 2 РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СБОРКИ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МНОГООСЕВЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ С ЧПУ НА ОСНОВЕ ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ «TOP-DOWN»**

### *Цель работы*

1. Изучение методики создания **3D** моделей станочных приспособлений в системе Siemens NX для их последующей параметризации.
2. Изучение метода вариационной (размерной) параметризации по методике «Сверху-вниз» в системе Siemens NX и получение практических навыков разработки параметрических моделей приспособлений для многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ.

### **3.1 Метод вариационной (размерной) параметризации при использовании способа проектирования «Сверху-вниз»**

Методология – проектирование «Сверху-вниз» подразумевает, что все детали создаются совместно, используя объединённое дерево построения. Таким образом, результирующие детали в макете изделия содержат только копии геометрии, полученные из служебной части, содержащей объединённое дерево построения. Такой метод обладает целым рядом преимуществ (см. п.1.3), поэтому он считается более прогрессивным способом создания сборок, но

требующим от конструктора детального знания инструментариев сборок в NX, а также очень подробного и глубокого знания собираемого механизма или собираемой машины.

Данный метод позволяет избежать ошибок в проектировании компонентов, входящих в сборку, так как в ходе проектирования конструктор видит весь собираемый механизм, положение и габариты вновь создаваемого компонента относительно всей сборки.

Использование данного метода даёт возможность сконцентрировать внимание на разработке общего представления разрабатываемого изделия, не уделяя особого внимания деталям. После создания общего представления изделия из части может быть выделена геометрия и доработана (при необходимости) уже в файле части.

Так же при проектировании сборок методом сверху вниз можно создавать зависимости между различными компонентами путём выражений или используя инструментарий WAVE. Данные зависимости полезны тогда, когда конструктор не до конца представляет себе конечный вариант изделия, т.е. оно (изделие) находится только на этапе разработки. Зависимости позволяют значительно проще вносить изменения в изделие и ускоряют процесс проектирования.


В лабораторной работе будут освещены некоторые аспекты по созданию сборок методом «Сверху-вниз». Основная идеология создания сборок этим методом заключается в том, что все компоненты сборки создаются и редактируются непосредственно в контексте сборки. Любые изменения, вносимые в компонент, тут же отражаются на сборке и на компонентах, зависящих от исходного объекта.

### **3.2 Разработка параметрической 3D модели детали**

Для создания модели детали необходимо выполнить ряд подготовительных операций, позволяющих задать исходные данные для осуществления параметризации.



На первом этапе создаём новый файл в Siemens NX (Новый документ → Сборка) (рис. 3.1).

В самой «Сборке» создаём трёхуровневую контрольную структуру, представленную в виде исходной, рабочей и результирующей частей (Isxodn chast, WorkPart1, Result Part). Для создания данной структуры в основном меню выбираем вкладку «Сборки → Компоненты → Создать новый компонент », каждый компонент будет являться «Моделью».

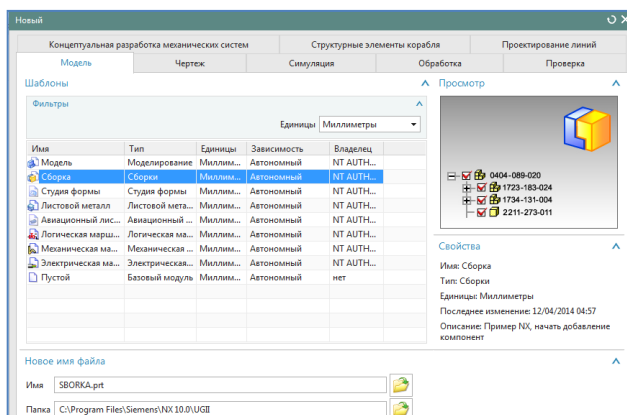


Рис. 3.1. Окно создания нового файла в Siemens NX

Важно заметить, что расположение всех файлов должно находиться в одной папке. Для исключения ошибок в работе программы, папке и всем файлам, которые необходимы для работы, желательно присвоить имена английскими буквами. Все действия, выполненные в соответствии с представленным выше алгоритмом, показаны на рис. 3.2.

Полученная трёхуровневая контрольная структура показана на рис. 3.3.

В качестве первого шага в «Исходной части» (Isxodn chast) создаются выражения главных параметров в следующей последовательности:

- активируем «Исходную часть» (рис. 3.4);
- в появившемся окне редактирования выражений создаём их, как указано на рис. 3.5; для того чтобы начать работу с окном редактирования выражений необходимо в основном меню выбрать вкладку «Инструменты→Выражения».

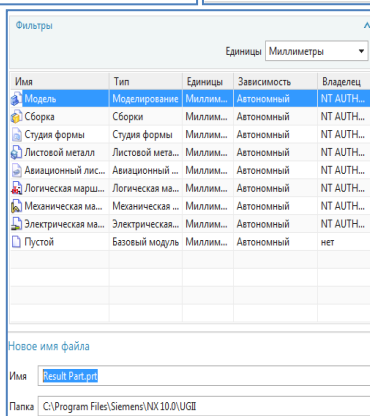
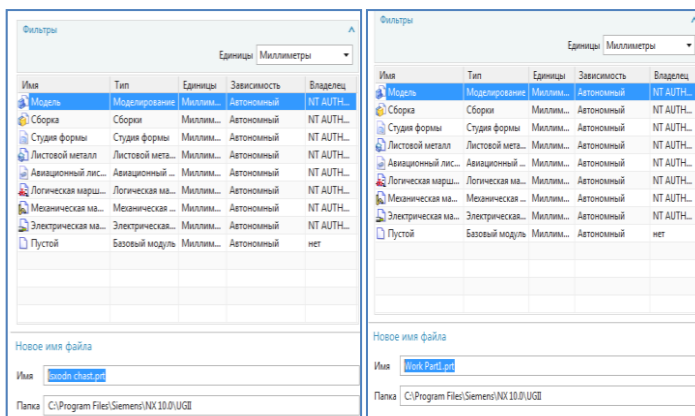
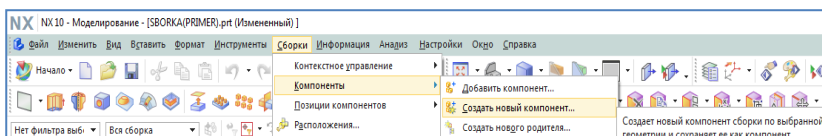


Рис. 3.2. Создание трёхуровневой контрольной структуры

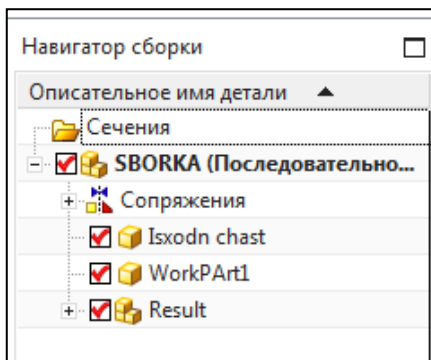


Рис. 3.3. Трёхуровневая контрольная структура

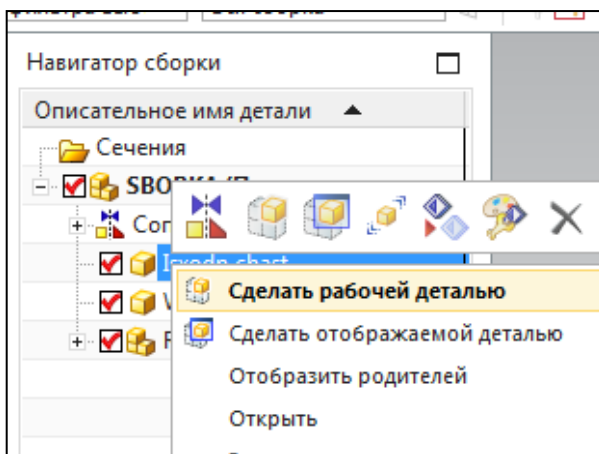


Рис. 3.4. Активация «Исходной части»

В группах по умолчанию введены следующие обозначения:

**A** – длина патрубка, который фиксируется губками; **B** – ширина площадки (обрабатываемая поверхность); **C**– длина площадки (обрабатываемая поверхность); **D, D1, D2** – диаметры поверхностей детали; **Ungle1** – угол наклона патрубка, который фиксируется губками; **Ungle2** – угол наклона стойки относительно патрона.

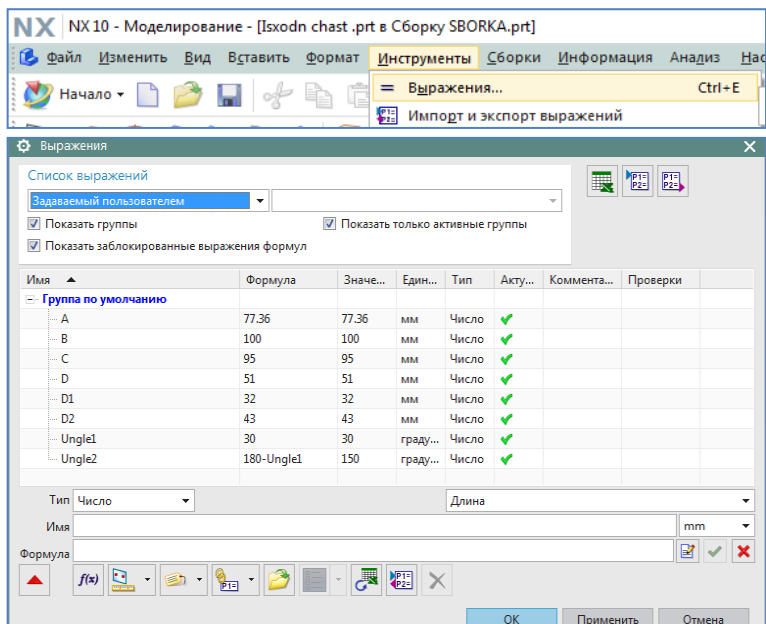




Рис. 3.5. Окно выражений

На данном уровне создаётся упрощённая сборка, где прорабатывается общее представление продукта, создаются геометрические элементы, которые управляются основными параметрами, и в то же время служат базой для последующей проработки изделия. Для упрощения построения детали, относительно которой будет построено приспособление, на рис. 3.6, 3.7 приведён её чертёж.

Создаём новые эскизы в исходной части и смоделируем их, как указано на скриншотах. Для этого перейдём в панель «Простой эскиз» и нажмём кнопку «Эскиз» . Далее появится окно (рис. 3.8), в котором необходимо выбрать плоскость, в которой будет осуществляться проектирование профиля.

Для перехода в двумерный режим проектирования нажмём кнопку , после чего рабочая плоскость развернётся нормально к плоскости  $YC-XC$ .





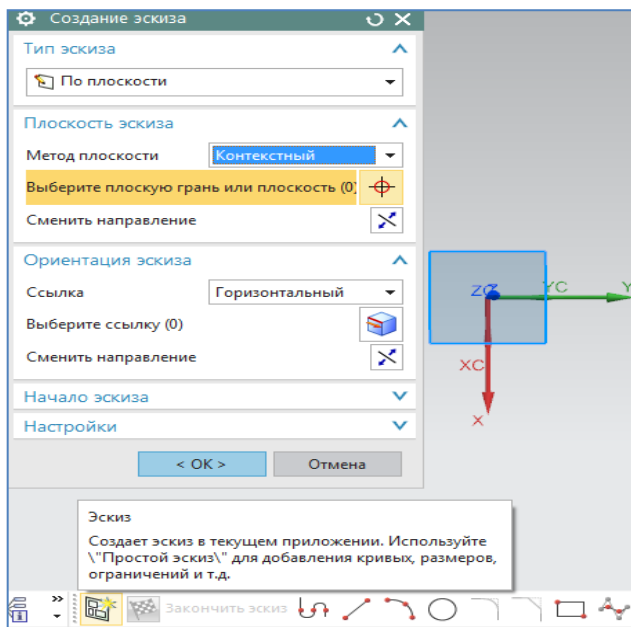






Рис. 3.8. Окно создания эскизов

В открывшемся модуле появится панель «Инструменты эскиза», служащая для построения двумерных элементов, работы над ними (обрезка, продление и т.д.), образмеривания и для задания ограничений (касательность, перпендикулярность, параллельность, концентричность и т.д.).

Воспользуемся функцией «Прямая» , объединяющей в себе прямые линии. С помощью этой команды необходимо безразмерно воссоздать профиль, а затем наложить на него ограничения и размеры. Для наложения ограничений предварительно необходимо выбрать команду «Вся сборка» в фильтре выбора объектов (рис. 3.9).

Профиль будет создаваться от точки к точке. Начнём моделирование с левого торца. Во время построения система будет автоматически предлагать накладывать ограничения. Стоит обращать

внимание на то, что система не всегда правильно их подбирает, поэтому от некоторых нужно отказываться уводом курсора мыши в другое место экрана. При нажатой кнопке  значками будут показаны все построенные ограничения. Неправильные или ненужные ограничения удаляются командой «Показать/удалить ограничения» . После создания образмеренного эскиза необходимо совместить левый торец с осью Y, это необходимо сделать с помощью команды ограничения «Коллинеарность» . Для этого первым элементом выбирается начало крайнего левого отрезка, а вторым элементом выбирается ось Y. Если эскиз полностью определён, то все линии построения будут показаны ярко-зелёным цветом (рис. 3.10).

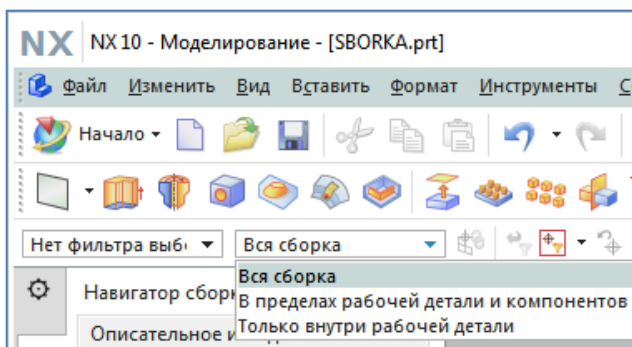
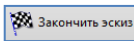



Рис. 3.9. Фильтр элементов

Выходим в основной модуль моделирования  «Закончить эскиз» и начинаем вращать построенный профиль. Для этого воспользуемся командой «Вращение» , которая расположена в панели инструментов.



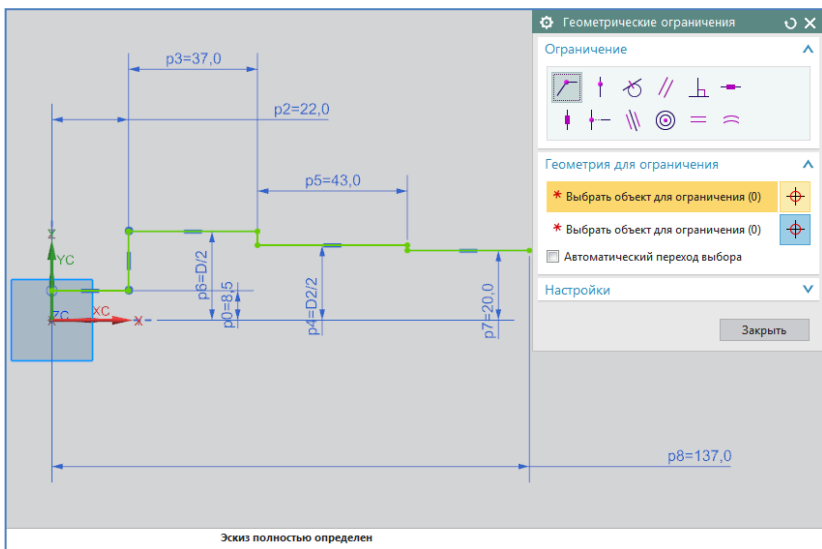


Рис. 3.10. Эскиз фрагмента детали

В появившемся окне нажимаем кнопку «Выберите кривую», данная манипуляция приведёт к выбору всего профиля. Затем необходимо задать вектор, а именно ось вращения эскиза, в нашем случае это ось  $Y$ . Далее необходимо удостовериться, что начальные и конечные значения углов 0 и 360 градусов соответственно, а в булевых операциях стоит пункт «Нет», после чего нажимаем ОК (рис. 3.11).

В той же плоскости  $YC-XC$  строим эскиз, как это показано на рис. 3.12, наносим размеры и ограничения.

Построенный профиль необходимо поворачивать относительно вспомогательной оси. В булевых операциях выделяем пункт «Объединение», выбираем твёрдое тело, которое было построено ранее, затем нажимаем Ок (рис. 3.13).

На следующем этапе строим плоскую поверхность (площадку). Для этой задачи нам потребуется создать новый эскиз в плоскости левого торца  $\varnothing 51\text{мм}$  (рис. 3.14).

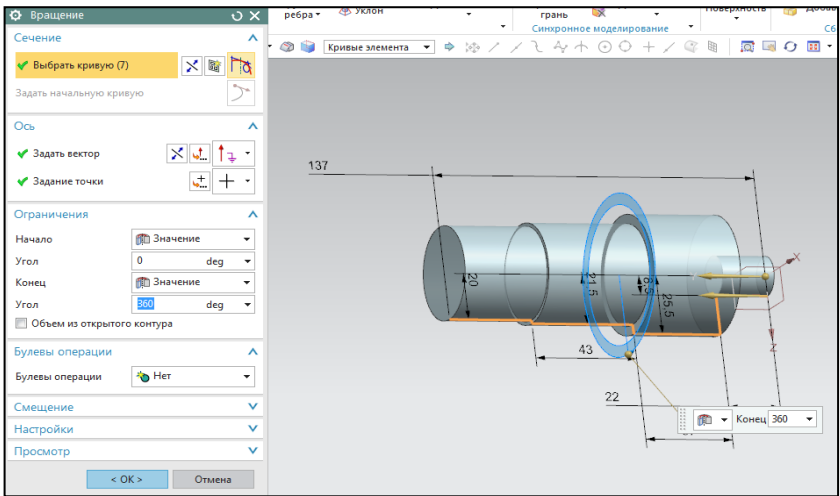


Рис. 3.11. Твёрдое тело, полученное командой «Вращение»

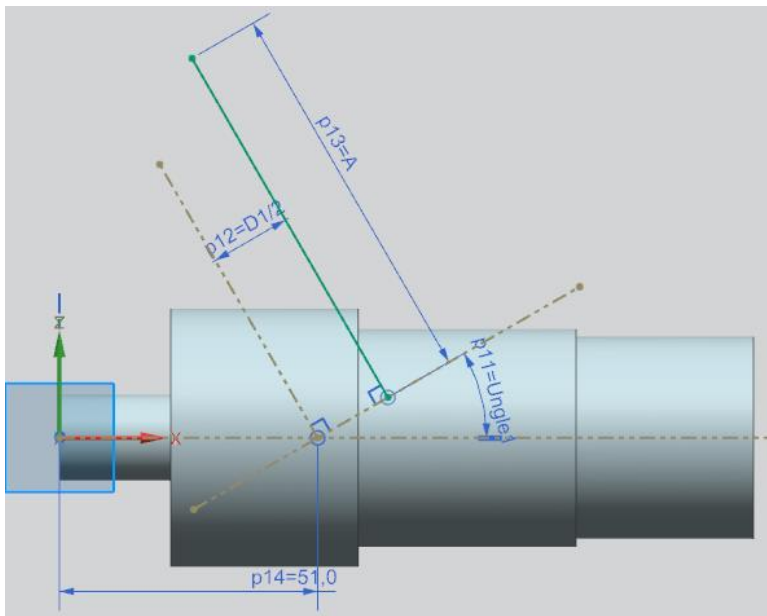


Рис. 3.12. Эскиз фрагмента детали

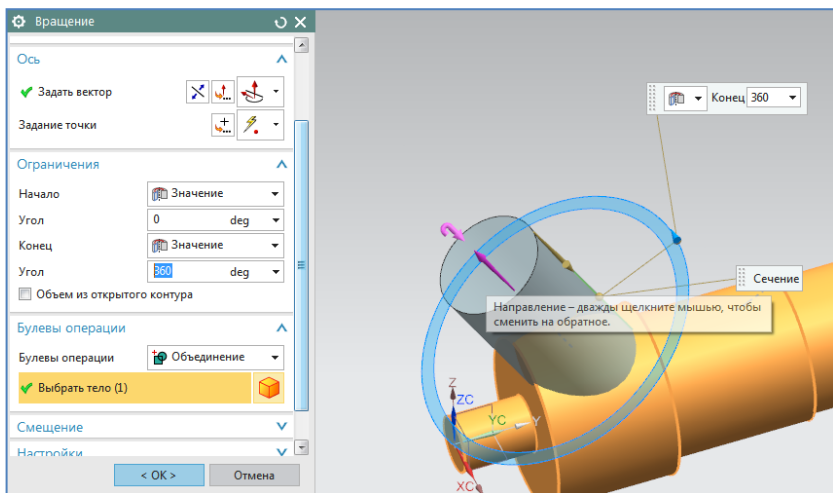


Рис. 3.13. Твёрдое тело, полученное командой «Вращение»

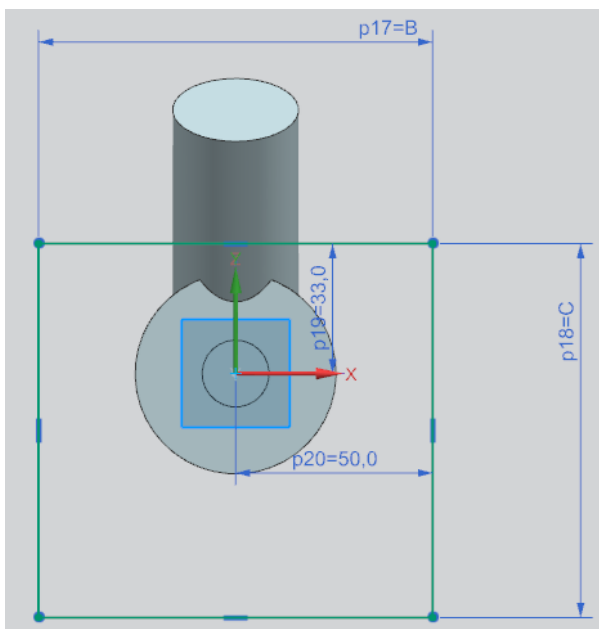



Рис. 3.14. Эскиз фрагмента детали

После построения эскиза, переходим в основной модуль моделирования. Для создания твёрдого тела воспользуемся командой «Вытягивание» . В появившемся окне нажимаем кнопку и выбираем полученный профиль. Вектор направления необходимо задать как это показано на рис. 3.15. Далее задаём значения, которые определяют, насколько будет вытянуто твёрдое тело: начальное положение – 0, конечное положение – 10. В булевых операциях выбираем пункт «Объединение» и объединяем с телом построение, которое было получено ранее.

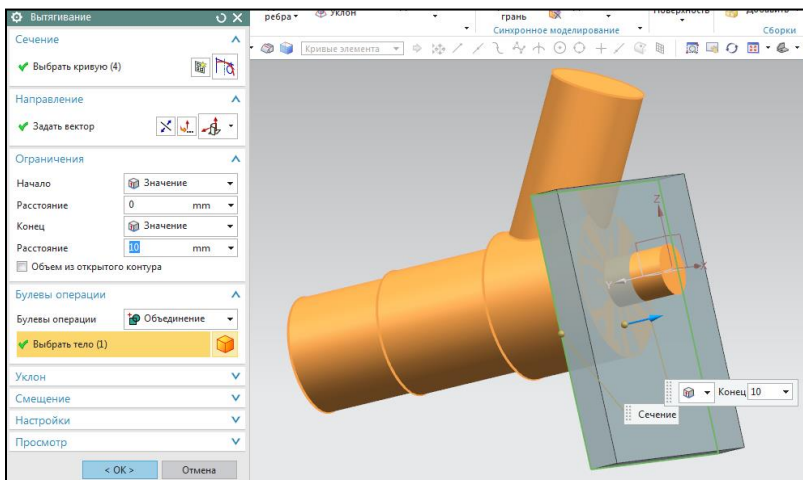



Рис. 3.15. Твёрдое тело, полученное командой «Выдавливание»

Далее с помощью команды «Скругление ребра»  скруглим ребра, как это показано на рис. 3.16. Радиус скругления  $R=12$ .

Следующим этапом является построение бобышки. Для жёсткого закрепления данной детали используем команду «Кривая пересечения». С помощью данной команды возможно создать кривую пересечения между гранями и плоскостью эскиза. Выбираем грань как показано на рис. 3.17.

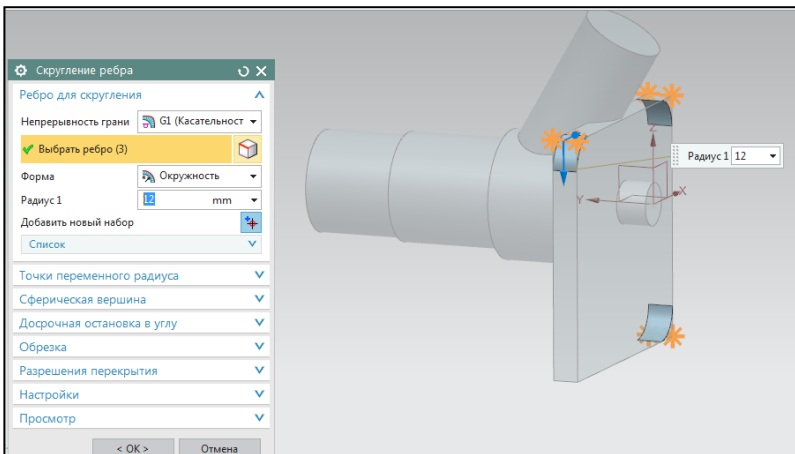


Рис. 3.16. Команда скругление рёбер

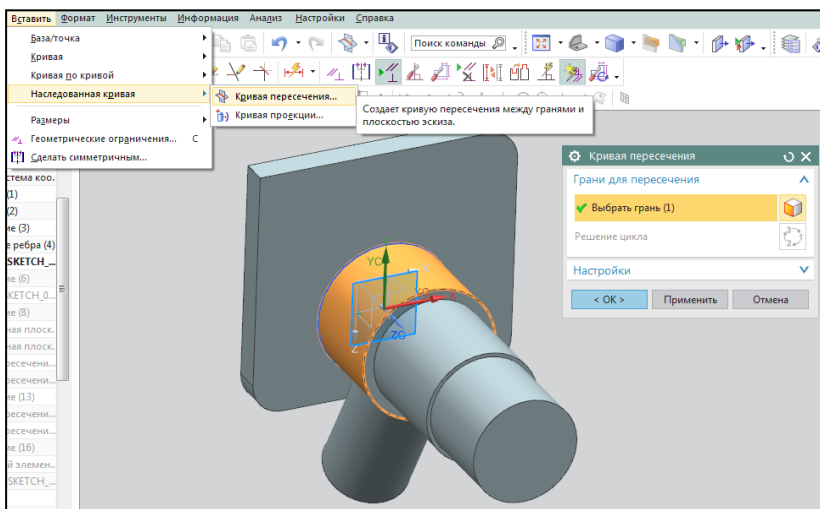






Рис. 3.17. Создание эскиза с помощью кривой пересечения

После выбора кривой пересечения продолжаем построение данного эскиза, так как эскиз бобышки является симметричным, для построения будет достаточно одной части симметрии. Затем с

помощью команды «Зеркальная кривая»  симметрично отобразим построенный нами эскиз относительно оси  $Y$ . Далее строим окружность  $\varnothing 20\text{мм}$  и с помощью ограничения «Касательно»  соединяем данную окружность с прямыми. Далее с помощью ограничения «Точка на кривой»  устанавливаем положения центра данной окружности (должна лежать на оси  $Y$ ). В завершении с помощью команды «Быстрая обрезка»  удаляем лишние отрезки кривой пересечения. Полученный эскиз представлен на рис. 3.18.

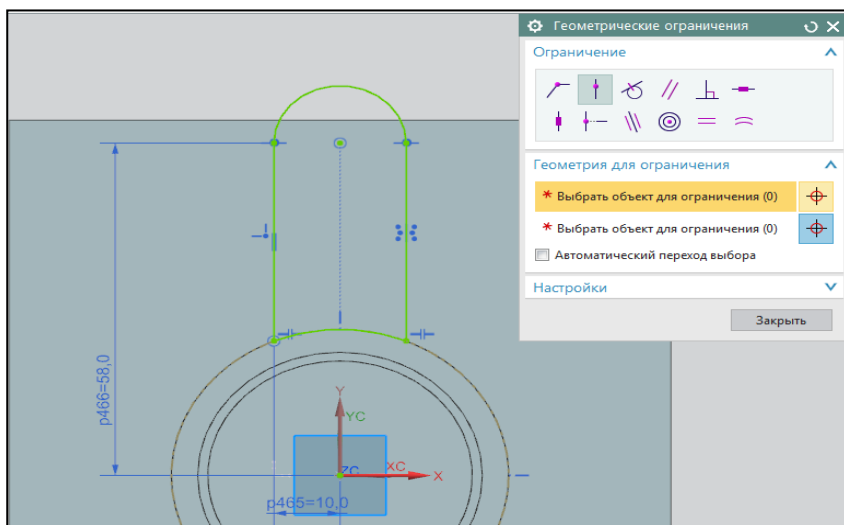


Рис. 3.18. Эскиз фрагмента детали

С помощью команды «Вытягивание» создаём модель высотой 23,5 мм, одновременно объединяя её с ранее созданной моделью (рис. 3.19).

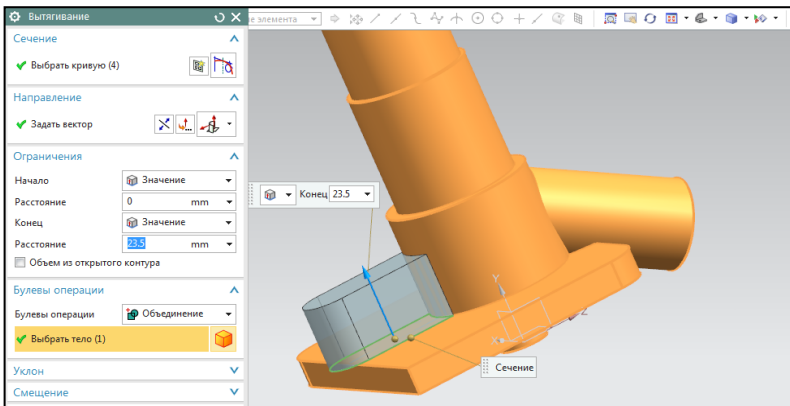



Рис. 3.19. Твёрдое тело, полученное командой «Выдавливание»

Построим эскиз, так как показано на рис. 3.20. В данном эскизе используется ограничение «Средняя точка» . С помощью данного ограничения возможно вершину или точку (в нашем случае ось  $Y$ ) привязать к середине прямой.

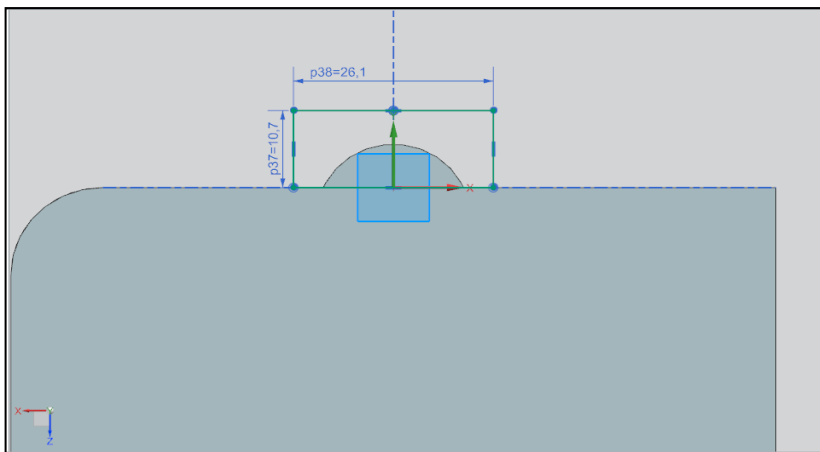


Рис. 3.20. Эскиз фрагмента детали

После построения эскиза вытягиваем его на высоту -15 мм, для чего в булевых операциях выбираем «Вычитание» и вычитаем данный фрагмент из модели, построенной ранее (рис. 3.21).

Перед построением следующего эскиза создаём плоскость под углом. Для этого используем команду «Координатная плоскость»



В открывшемся окне выбираем тип плоскости – под углом, плоским объектом выбираем плоскость  $YC-ZC$ , опция угла – значение, угол назначаем 307,5 градусов (рис. 3.22).

В созданной плоскости с помощью команды «Кривая пересечения» получаем кривые, как это показано на рис. 3.23, 3.24.

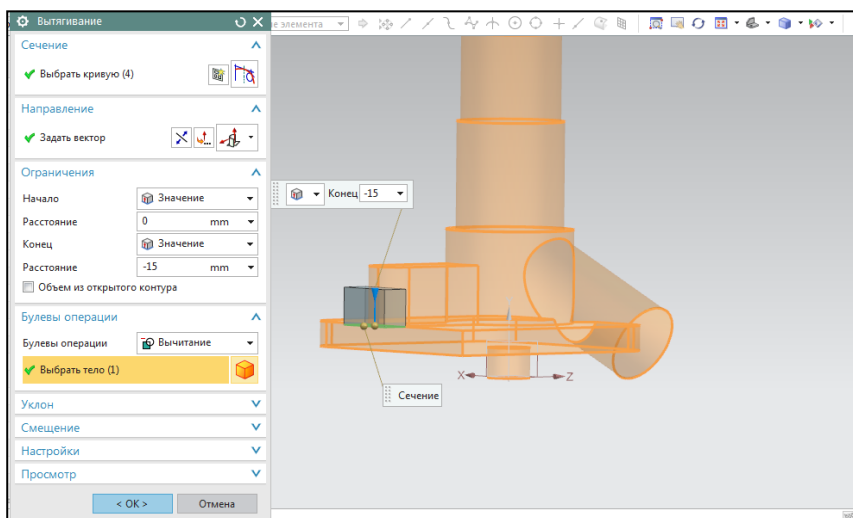


Рис. 3.21. Твёрдое тело, полученное командой «Выдавливание»



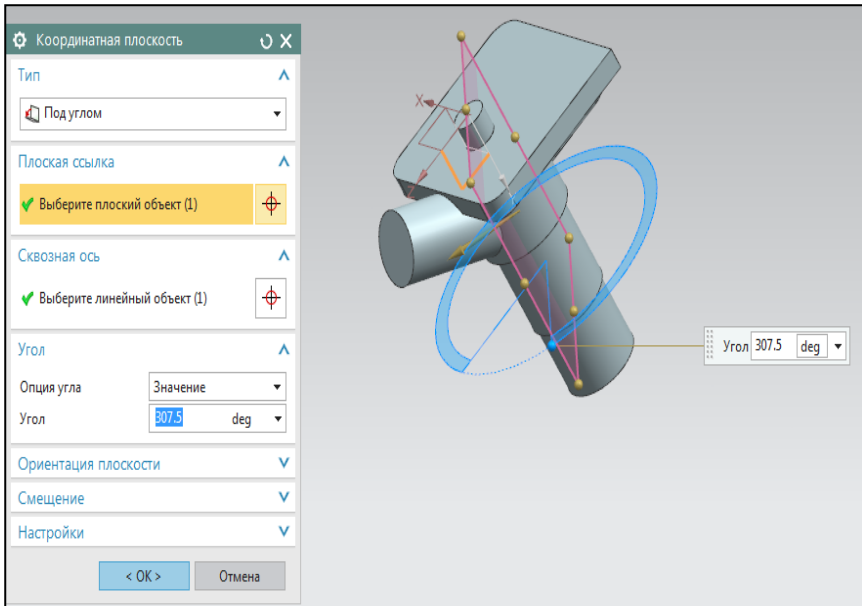


Рис. 3.22. Создание плоскости под углом

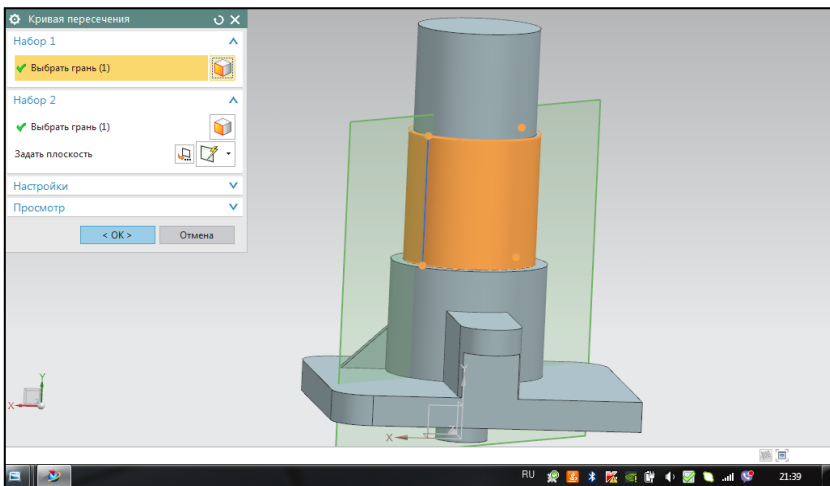


Рис. 3.23. Создание кривых пересечения

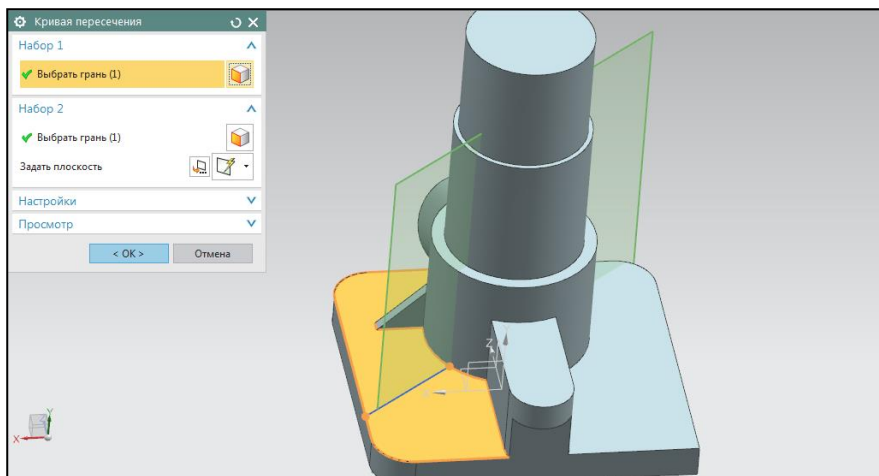


Рис. 3.24. Создание кривых пересечения

Теперь создаём сам эскиз, используя кривые пересечения, которые были построены ранее (рис. 3.25).

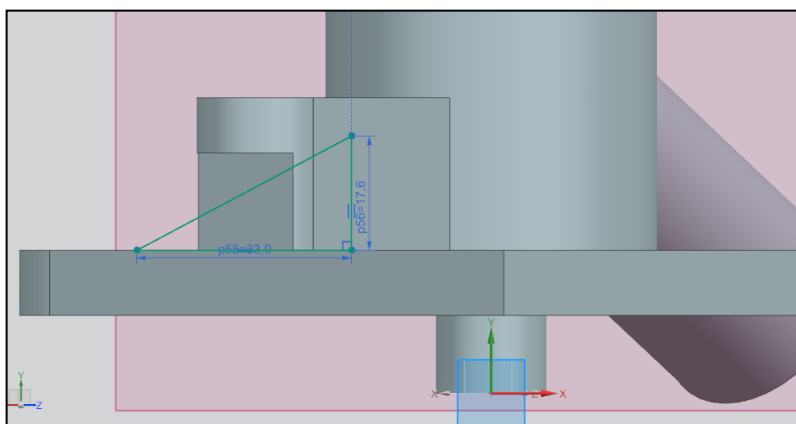


Рис. 3.25. Эскиз фрагмента детали

После построения эскиза используем команду «Вытягивание», в ограничениях задаём значения: начало – равно  $-2,75$  мм, конец –

равен 2,75 мм, при этом в булевых операциях выбираем объединение с телом, построенным ранее (рис. 3.26).

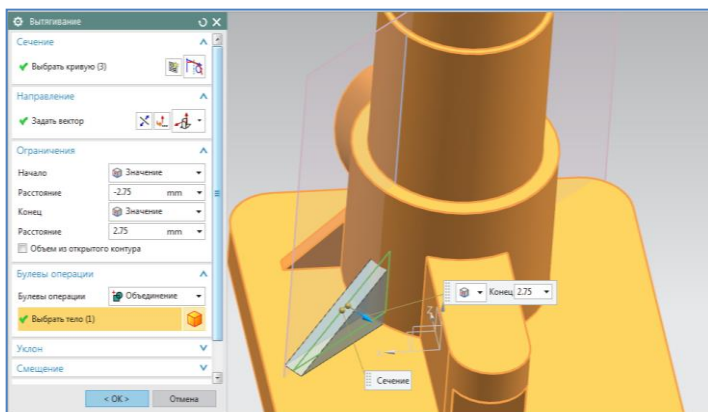


Рис. 3.26. Твёрдое тело, полученное командой «Выдавливание».

Теперь строим плоскость на расстоянии (рис. 3.27). Координатная плоскость, тип плоскости – на расстоянии, плоский объект – выбираем грань как показано на рис. 3.19, расстояние = -27, нажимаем ОК.

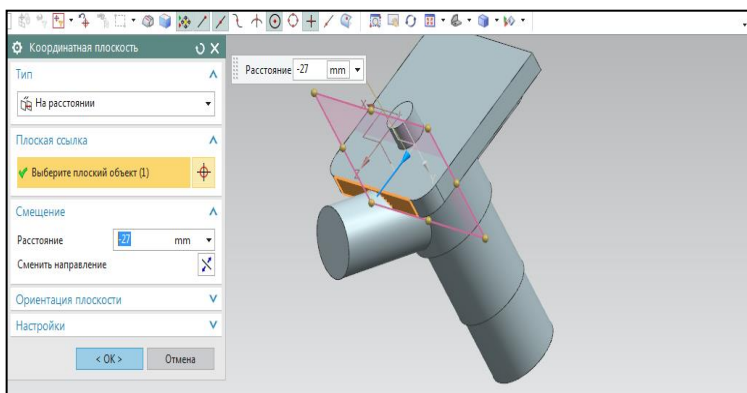


Рис. 3.27. Создание плоскости на расстоянии

Далее создаём кривые пересечения (рис. 3.28, 3.29), в плоскости, построенной ранее.

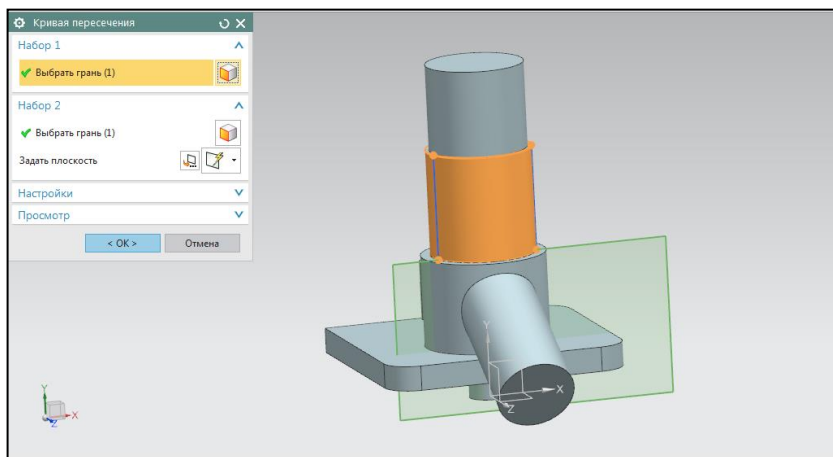


Рис. 3.28. Создание кривых пересечения

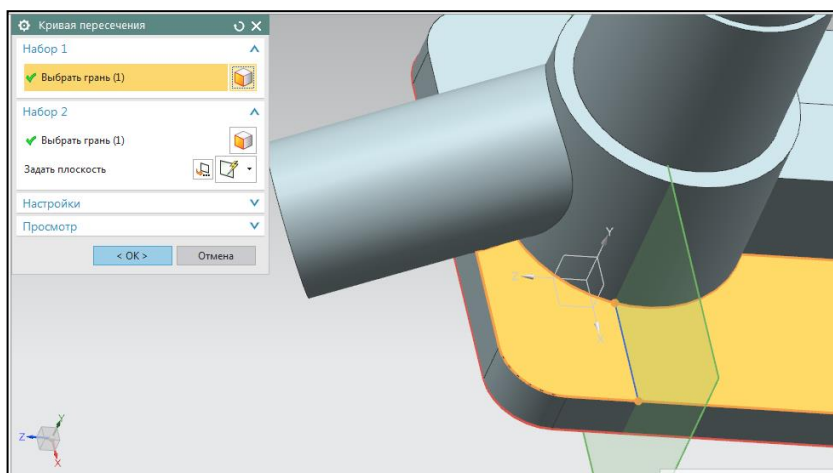


Рис. 3.29. Создание кривых пересечения

Строим эскиз (рис. 3.30), используя кривые пересечения, полученные ранее.

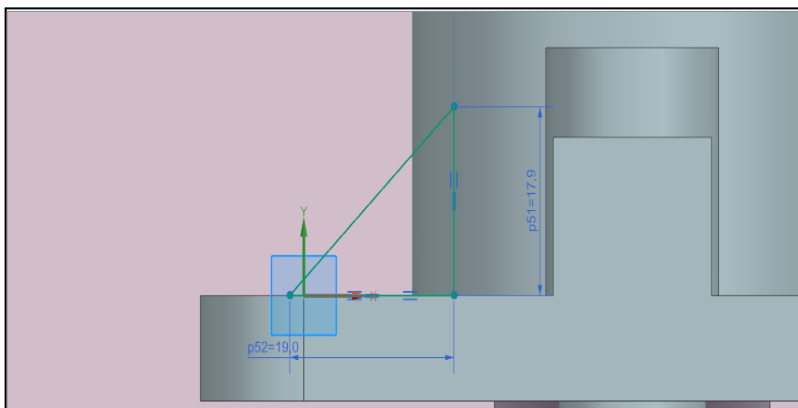


Рис. 3.30. Эскиз фрагмента детали

Из полученного эскиза строим твёрдое тело с помощью команды «Выдавливание». При этом задаём значения: начало равно -1,75, конец равен 1,75, а в булевых операциях выбираем объединение с телом, которое было построено ранее (рис. 3.31).

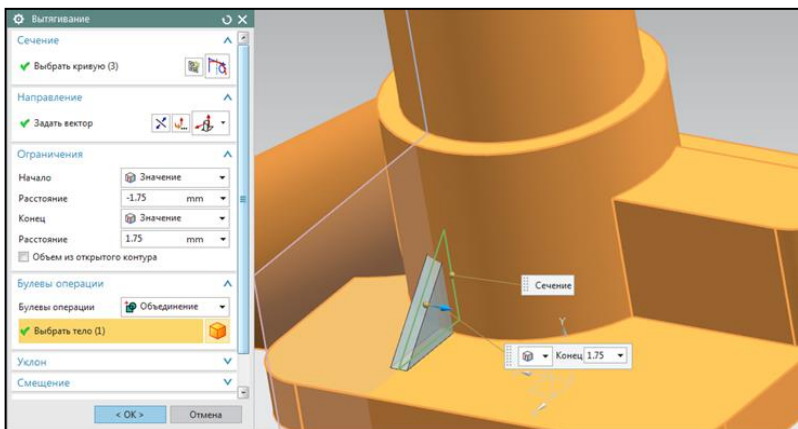



Рис. 3.31. Твёрдое тело, полученное командой «Выдавливание»

Расположение рёбер жёсткости является симметричным, поэтому для упрощения построения используем команду «Зеркальная геометрия» . Выбирая элементы, как на рисунке 3.32, когда плоскостью отражения будет являться  $ZC-YC$ , нажимаем ОК.

Создаём эскиз, как показано на рис. 3.33.

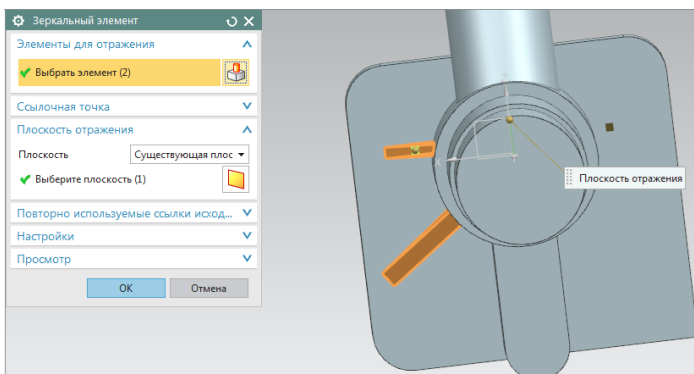


Рис. 3.32. Копирование детали командой зеркальная геометрия

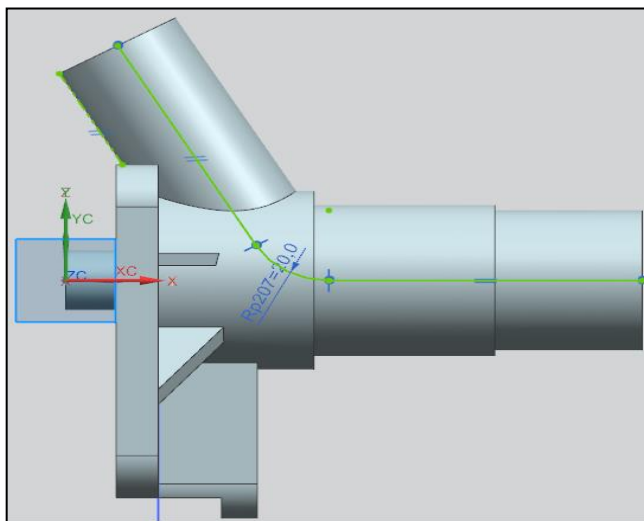



Рис. 3.33. Эскиз фрагмента детали

Теперь применим команду «Труба» , которую используем для создания круглых сечений вдоль построенной ранее кривой, а с помощью булевых операций вычитаем полученное тело из объёма, смоделированного ранее (рис. 3.34).

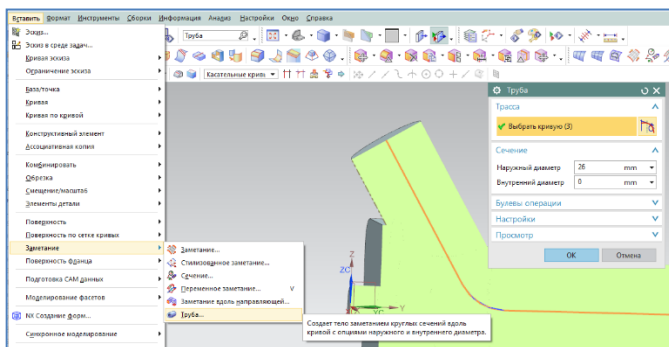


Рис. 3.34. Твёрдое тело, полученное командой «Труба»

На рис. 3.35 представлена 3D модель детали, полученная в результате проведённых построений.

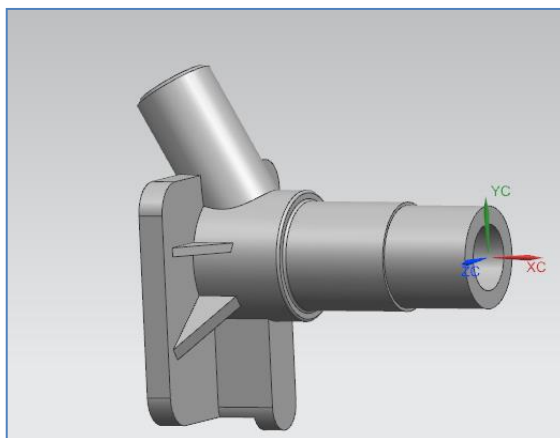


Рис. 3.35. 3D-модель детали

### 3.3 Разработка 3D модели приспособления

После построения 3D модели детали, выполняется комплекс работ по созданию объёмной модели приспособления. Для этого создаём исходные эскизы приспособления, а затем с помощью редактора геометрических связей «Wave» ассоциативно копируем их в рабочую часть «WorkPart1».

В качестве более подробного примера представим построение эскиза патрона в исходной части и создание его модели в рабочей части с помощью «Wave» (рис. 3.36).

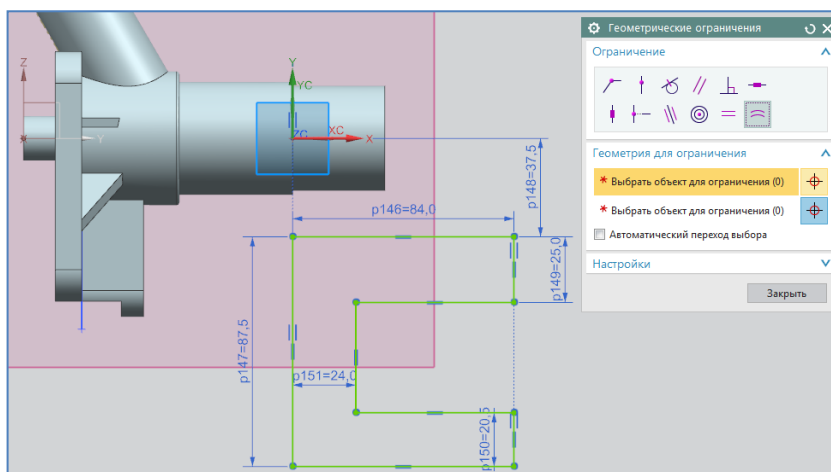



Рис. 3.36. Эскиз патрона в исходной части

Далее переходим в рабочую часть (WorkPart1) и с помощью команды «Редактора геометрических связей «Wave»  ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть.

Создание модели происходит в рабочей части (WorkPart1). Последовательность действий и результат представлен на рис. 3.37.



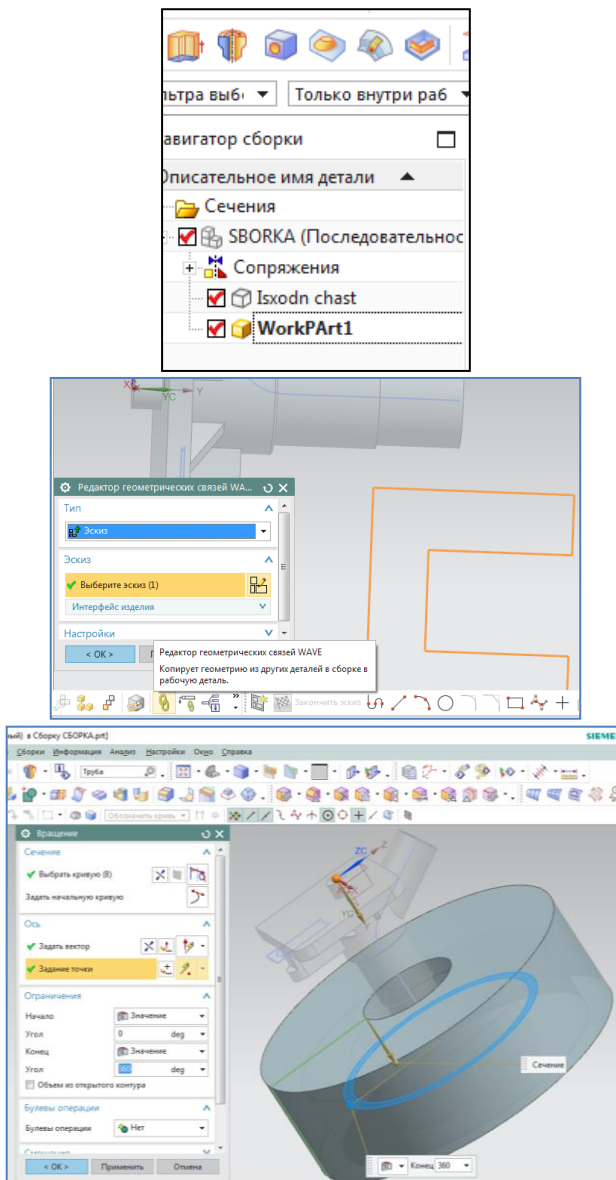


Рис. 3.37. Твёрдое тело, созданное командой «Вращение» в рабочей части

В исходной части создаём плоскость под углом, как это показано на рис. 3.38.

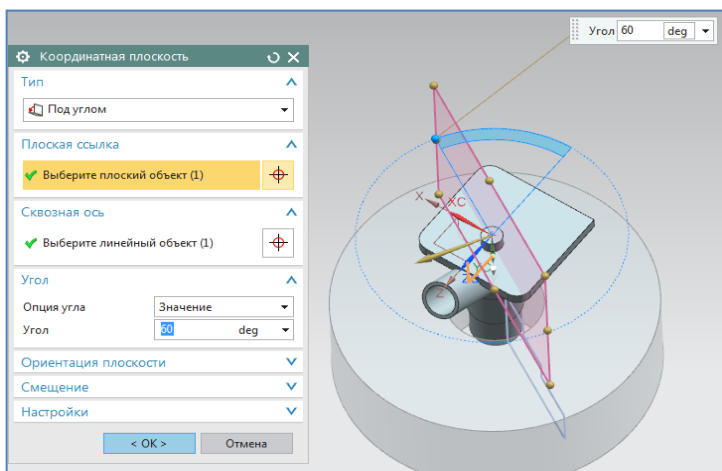


Рис. 3.38. Создание плоскости под углом относительно плоскости  $YC-ZC$

В полученной плоскости создаём эскиз кулачка. При этом используем команды и ограничения, которыми пользовались ранее (рис. 3.39).

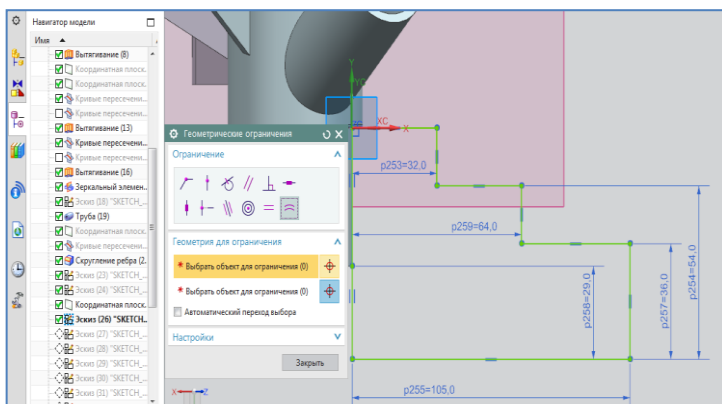


Рис. 3.39. Создание эскиза

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вращение» создаём твёрдое тело. В булевых операциях выбираем команду – НЕТ, а в значениях выбираем: начало равно 30, конец равен -30 (рис. 3.40).

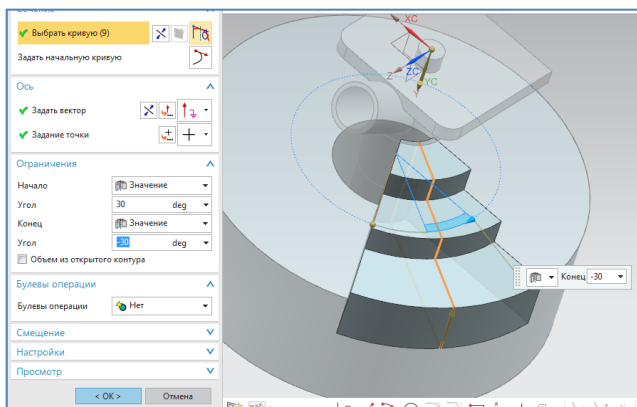


Рис. 3.40. Создание твёрдого тела с помощью команды «Вращение»

В исходной части создаём эскиз, как это показано на рис. 3.41.

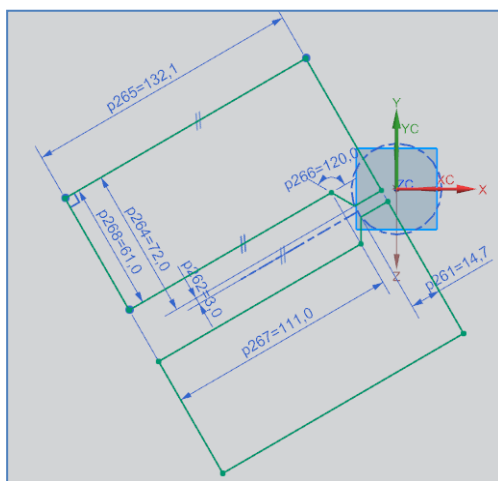


Рис. 3.41. Создание эскиза в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а в булевых операциях отделяем созданное тело от того, что было создано ранее (рис. 3.42).

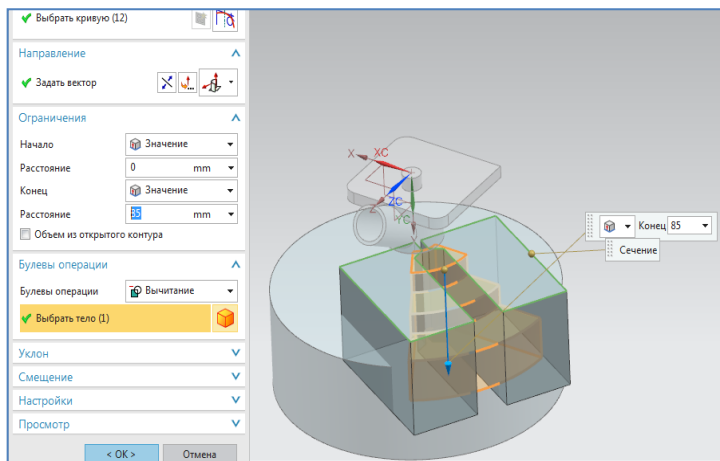


Рис. 3.42. Создание твёрдого тела с помощью команды «Вытягивание»

В исходной части создаём эскиз, как на рис. 3.43.

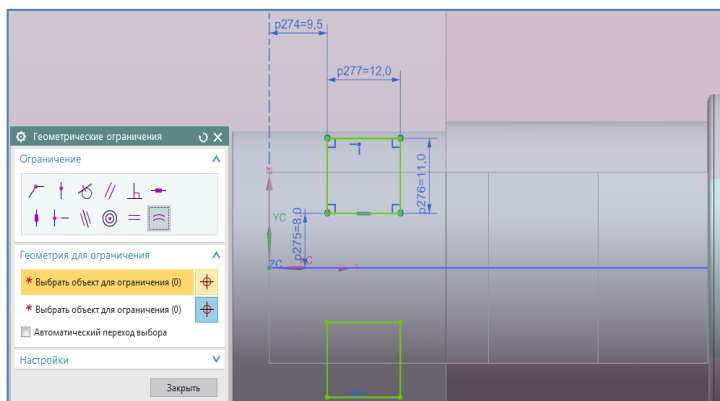


Рис. 3.43. Создание эскиза в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело. С помощью булевых операций отделяем созданное тело от того, что было создано ранее (рис. 3.44).

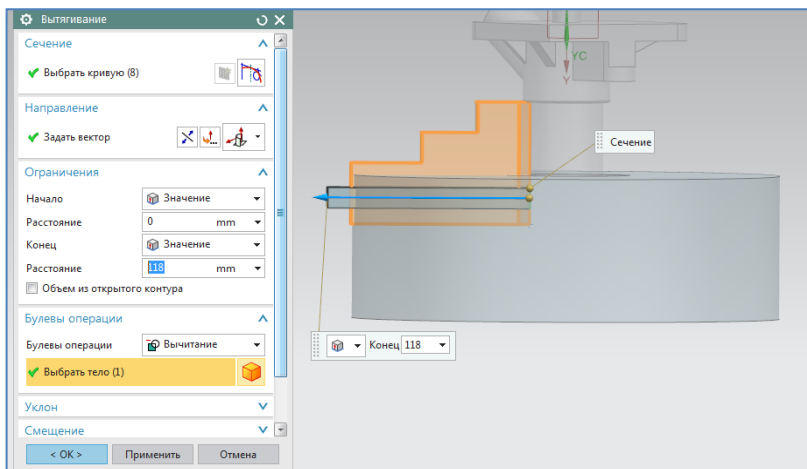



Рис. 3.44. Создание твёрдого тела с помощью команды «Вытягивание»

С помощью команды «Массив геометрии»  создаём три копии кулачка (Компоновка – круговая), угловое расположение между ними 120 градусов (рис. 3.45).

С помощью булевых операций отделяем полученные тела от патрона. В настройках булевых операций ставим галочку на команде «Сохранить Инструмент» (рис. 3.46).

В исходной части создаём эскиз на плоскости патрона, как это показано на рис. 3.47.

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а с помощью булевых операций объединяем с твёрдым телом патрона, предварительно задаваясь значениями: начало равно 0, конец равен 8, нажимаем кнопку ОК (рис. 3.48).

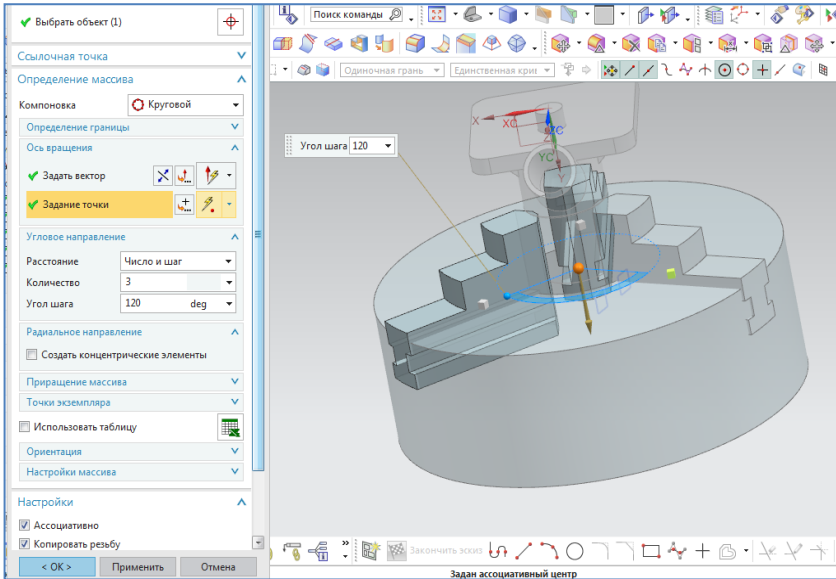


Рис. 3.45. Круговой массив геометрии

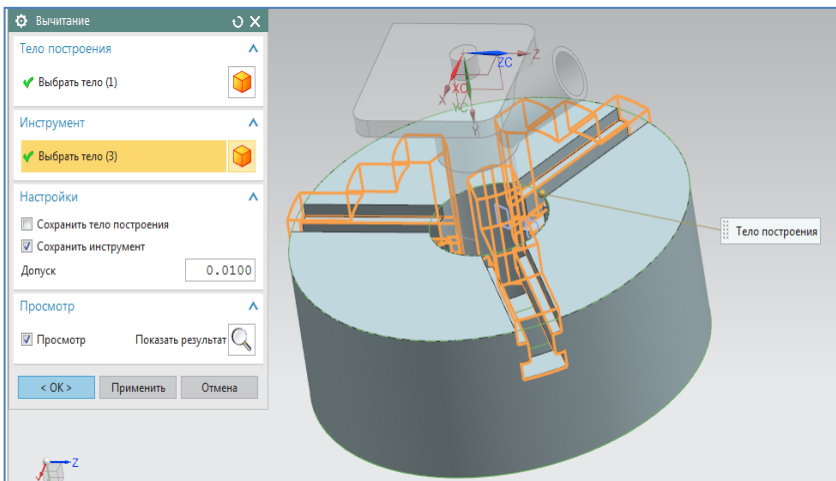


Рис. 3.46. Вычитание кулачков из патрона с сохранением инструмента

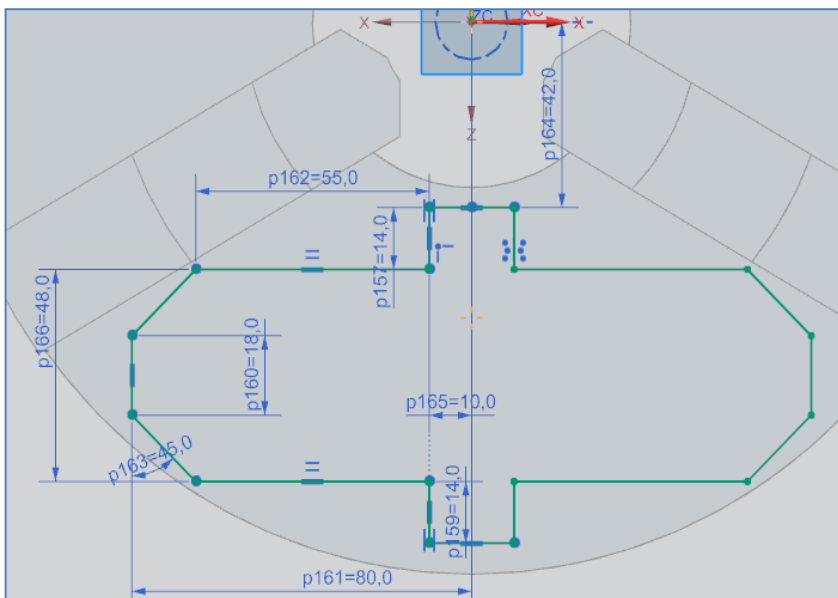


Рис. 3.47. Создание эскиза на плоскости патрона

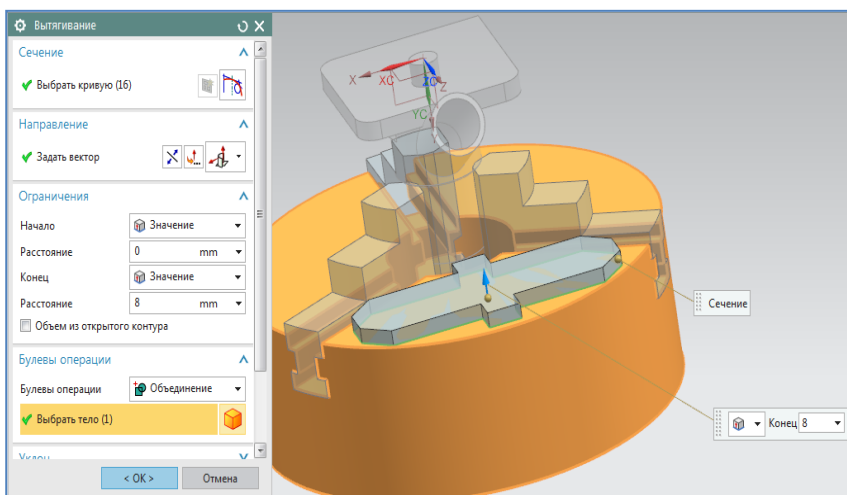


Рис. 3.48. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

В исходной части создаём эскиз в плоскости  $YC-ZC$  (рис. 3.49).

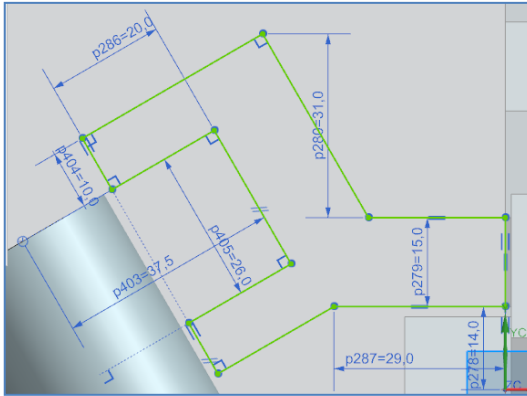


Рис. 3.49. Создание эскиза в плоскости  $YC-ZC$

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а с помощью булевых операций объединяем с твёрдым телом, построенным ранее, задавая значения: начало равно  $-82$  мм, конец равен  $+82$  мм, нажимаем кнопку **Ок** (рис. 3.50).

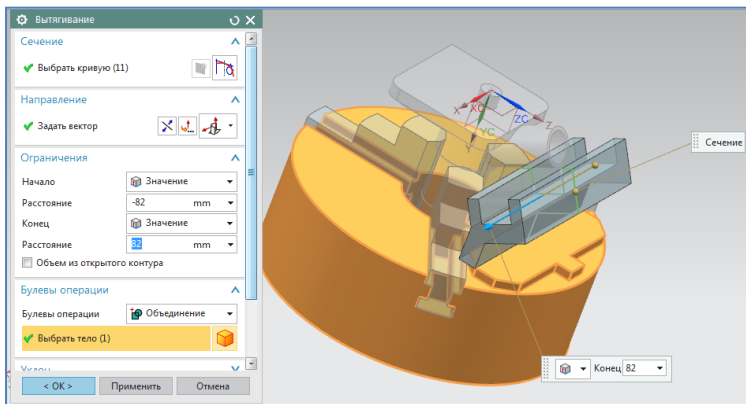


Рис. 3.50. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»



В исходной части создаём эскиз в плоскости  $YC-ZC$ , используя кривые пересечения (рис. 3.51).

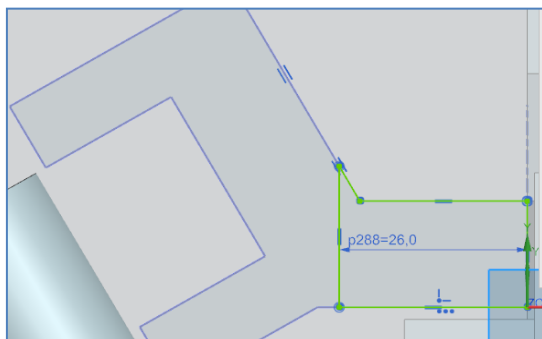


Рис. 3.51. Создание эскиза в плоскости  $YC-ZC$

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, с помощью булевых операций отделяем полученное твёрдое тело от тела, построенного ранее, предварительно задав значения: начало равно 82 мм, конец равен 62 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.52).

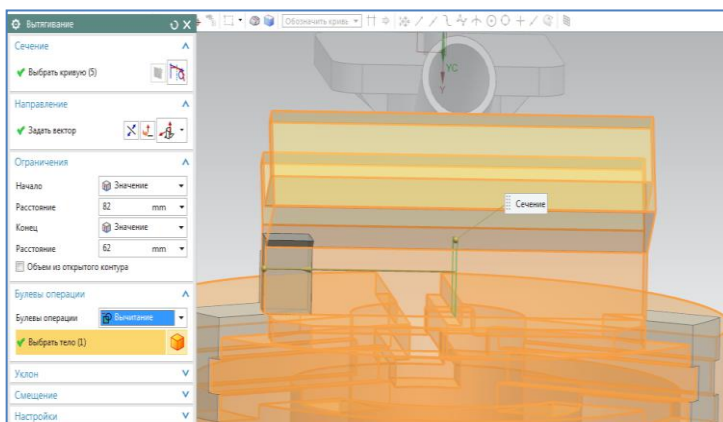


Рис. 3.52. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

В исходной части создаём эскиз, как показано на рис. 3.53, используем кривые пересечения и другие команды для создания эскиза.

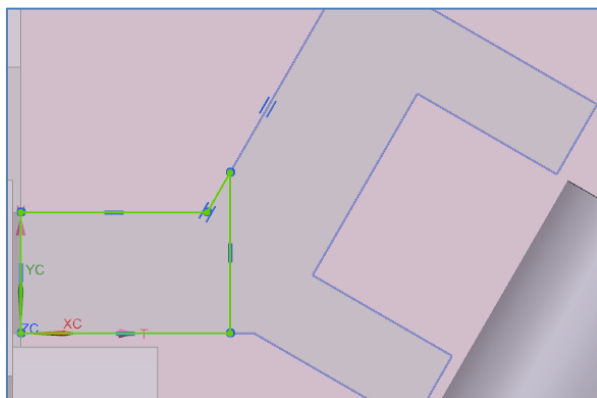


Рис. 3.53. Создание эскиза

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, с помощью булевых операций отнимаем полученное твёрдое тело от построенного ранее. Предварительно задаём: начало равно 0 мм, конец равен -20 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.54).

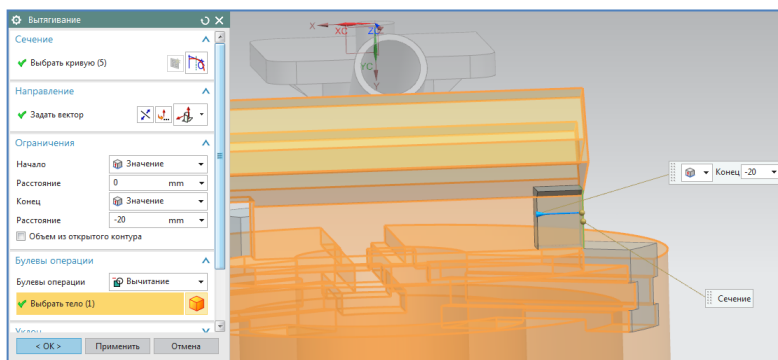


Рис. 3.54. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

В исходной части создаём эскиз, как это показано на рис. 3.55.

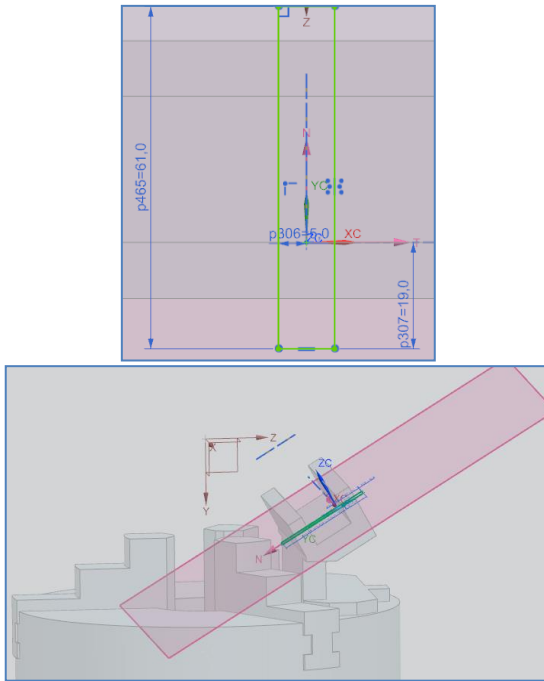


Рис. 3.55. Создание эскиза

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а с помощью булевых операций отделяем полученное твёрдое тело от построенного ранее. Предварительно задаём значения: начало равно 0 мм, конец равен 32 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.56).

В исходной части создаём эскиз, как показано на рис. 3.57.

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а с помощью булевых операций отделяем полученное твёрдое тело от построенного ранее. Задавая значениями: начало равно -16 мм, конец равен 9мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.58).

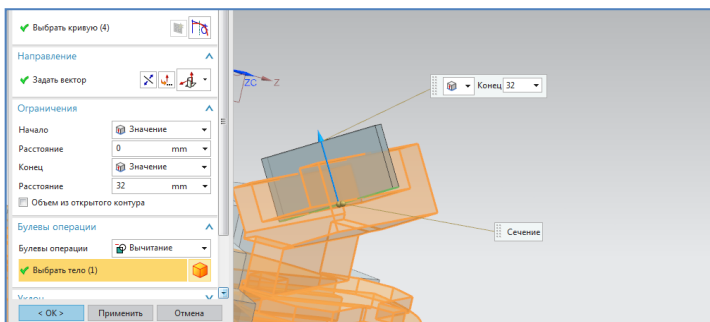


Рис. 3.56. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

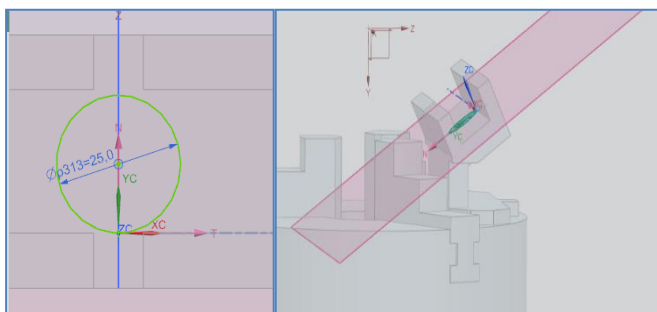


Рис. 3.57. Создание эскиза в исходной части

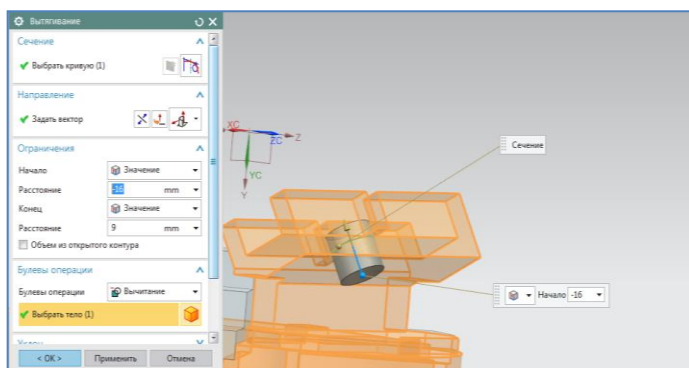



Рис. 3.58. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

В исходной части создаём эскиз, как показано на рис. 3.59. С помощью команды «Зеркальная кривая»  симметрично отображаем полученную кривую относительно оси  $Y$ .

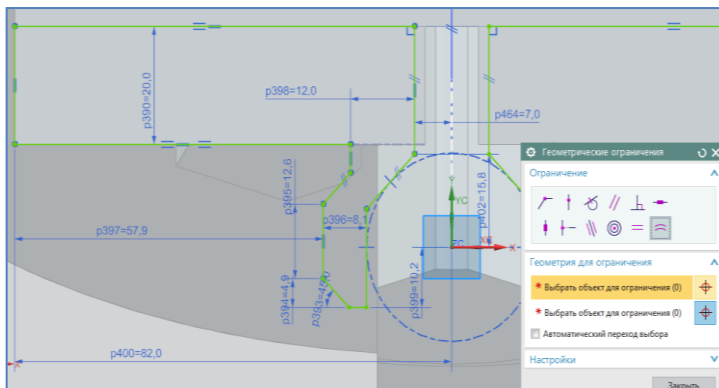


Рис. 3.59. Создание эскиза в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело. Задаваясь исходными данными: булевы операции – НЕТ, начало равно 0 мм, конец равен -26 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.60).

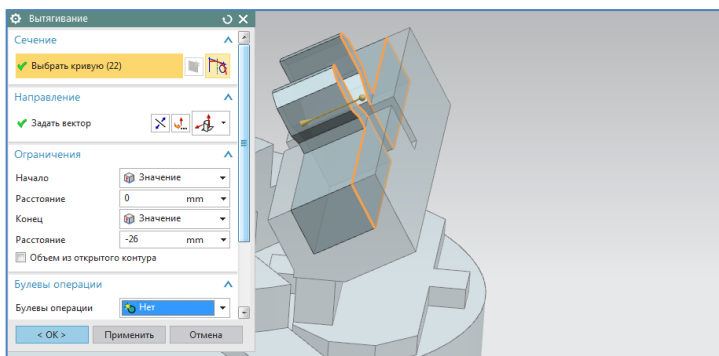


Рис. 3.60. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

В исходной части создаём эскиз, как это показано на рис. 3.61.

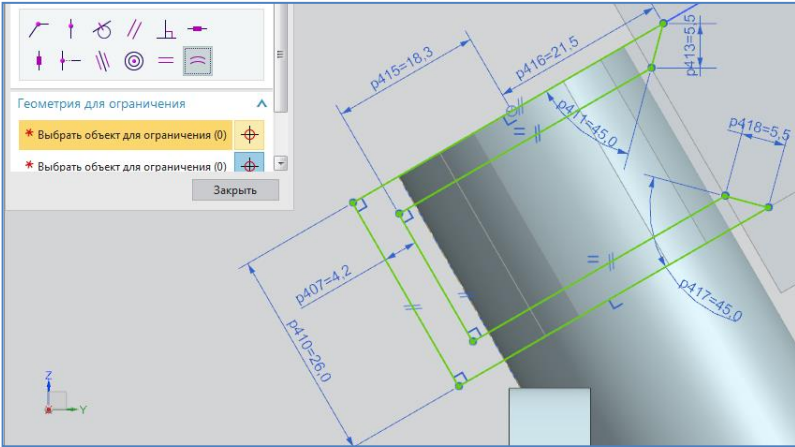


Рис. 3.61. Создание эскиза в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а с помощью булевых операций отделяем полученное твёрдое тело от построенного ранее, начало равно -82 мм, конец равен 82 мм, нажимаем Ок (рис. 3.62).

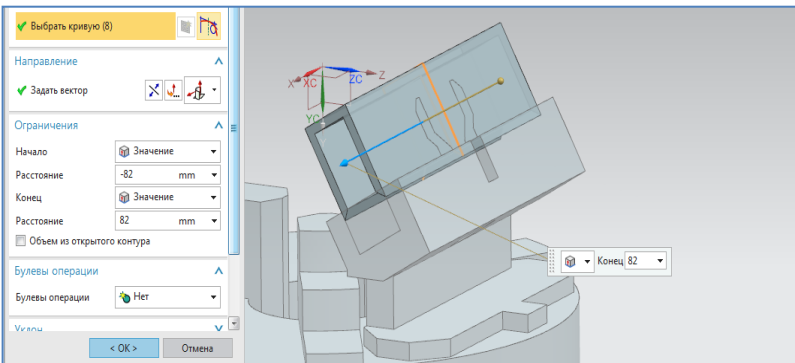


Рис. 3.62. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

С помощью булевых операций отделяем полученные тела от двух «Губок», созданных ранее. В настройках булевых операций ставим галочку на команде «Сохранить Инструмент» (рис. 3.63).

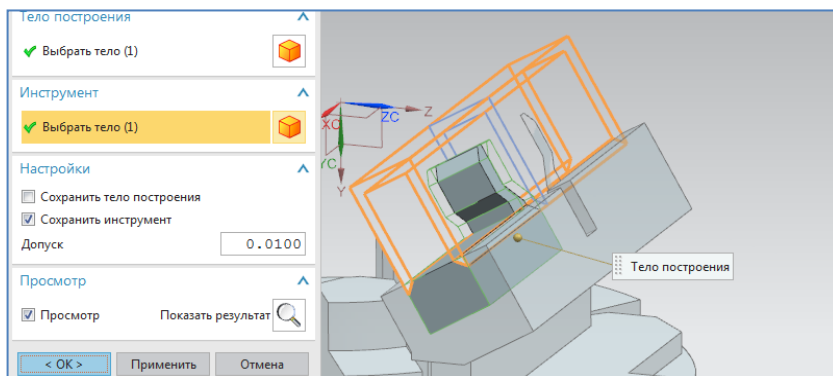


Рис. 3.63. Вычитание из тела построения тело инструмент с сохранением тела инструмента

Для второй губки используем ту же команду «Вычитание», предварительно убрав галочку с опции сохранения инструмента (рис. 3.64).

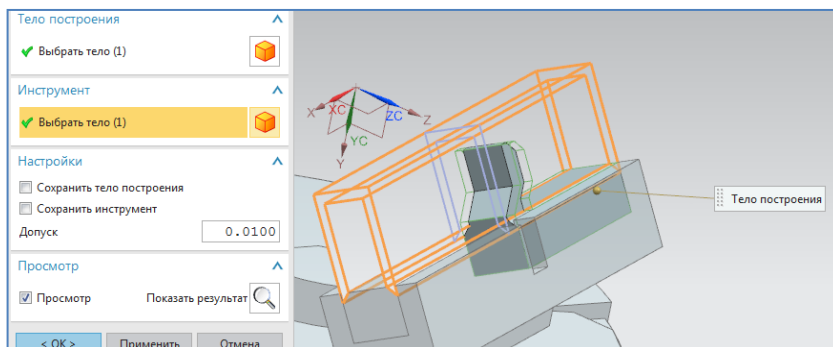


Рис. 3.64. Вычитание из тела построения тело инструмент

В исходной части создаём плоскость под углом относительно базовой плоскости  $YC-ZC$  (рис. 3.65), указав значение Угол = 315 градусов.

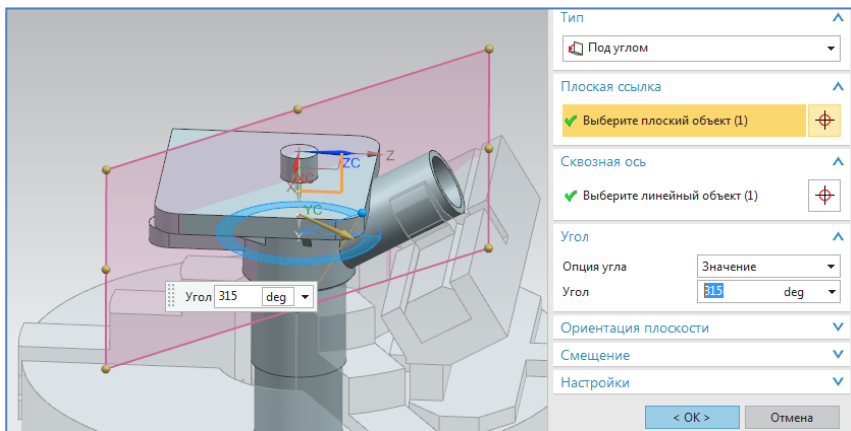


Рис. 3.65. Создание плоскости под углом

В исходной части создадим плоскость на расстоянии относительно той плоскости, которая была создана выше. Задаём смещение от первоначальной плоскости равное 20 мм (рис. 3.66).

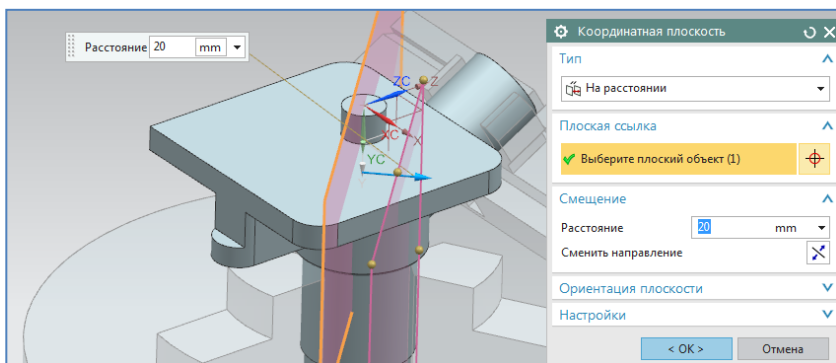


Рис. 3.66. Создание плоскости на расстоянии



На созданной плоскости строим эскиз, который изображен на рис. 3.67.

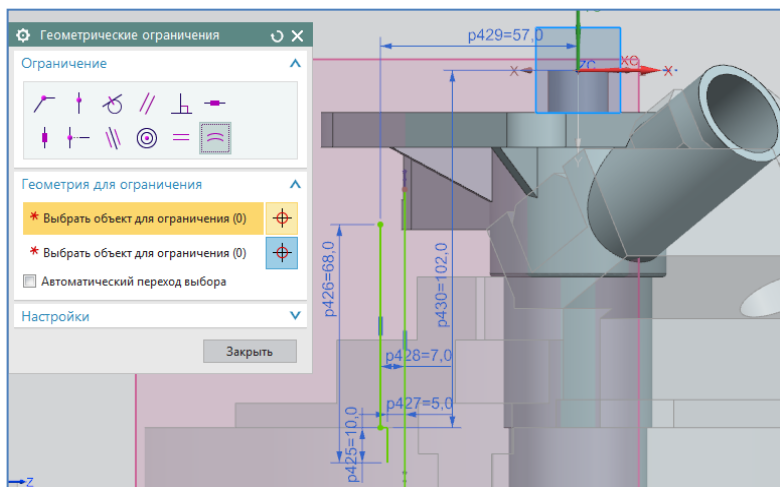


Рис. 3.67. Создание эскиза в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть с помощью команды «Вращение» создаём твёрдое тело. В булевых операциях выбираем: команда – НЕТ, в значениях – начало равно 0 мм, конец равен 360 мм, задаём точку, вокруг которой происходит вращение на вспомогательной прямой, построенной в эскизе (рис. 3.68).

В исходной части создадим плоскость на расстоянии относительно базовой плоскости  $XC-YS$ , указав смещение оси относительно базовой равное -32 мм (рис. 3.69).

На созданной плоскости строим эскиз, используя команду кривые пересечения (рис. 3.70).

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, и с помощью булевых операций объединяем с твёрдым телом, построенным ранее, предварительно указав: начало равно 0 мм, конец равен 10 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.71).

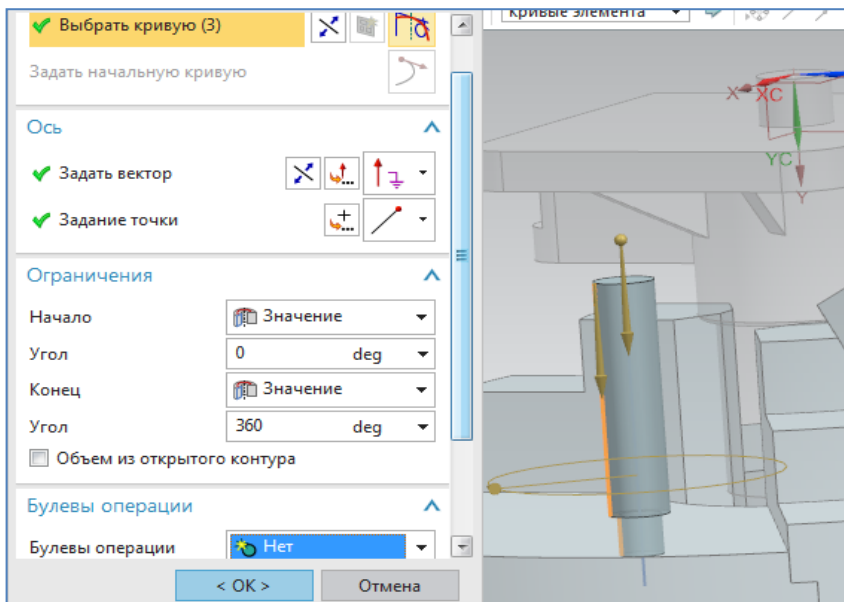


Рис. 3.68. Создание твёрдого тела с помощью команды «Вращение»

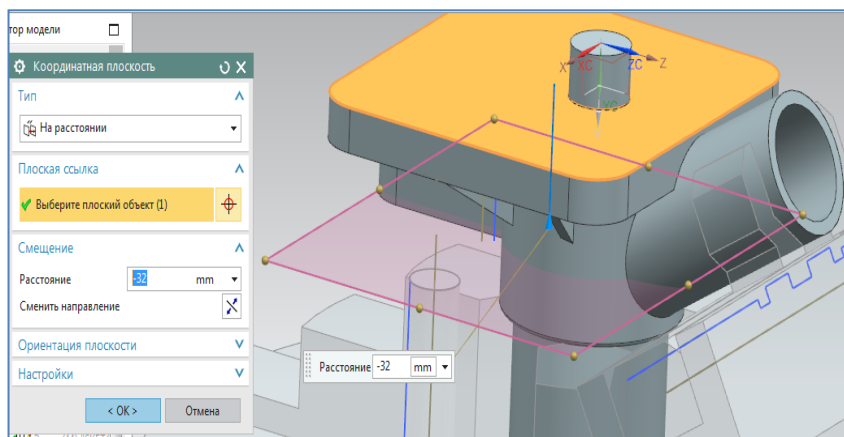


Рис. 3.69. Создание плоскости на расстоянии

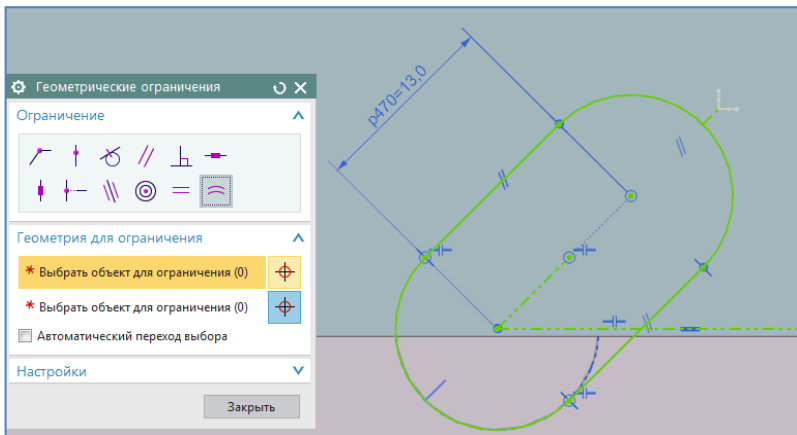


Рис. 3.70. Создание эскиза в исходной части

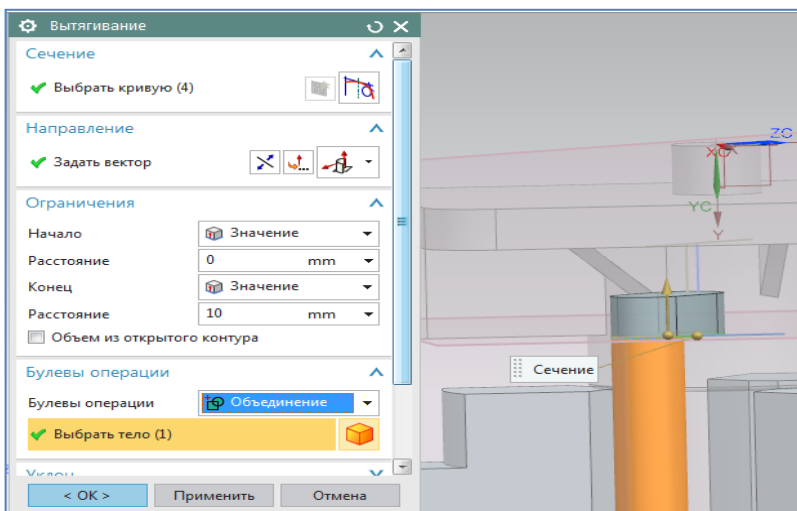


Рис. 3.71. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

В исходной части создадим плоскость на расстоянии относительно базовой плоскости  $XС-УС$ , смещение оси относительно базовой равно  $-22$  мм (рис. 3.72).

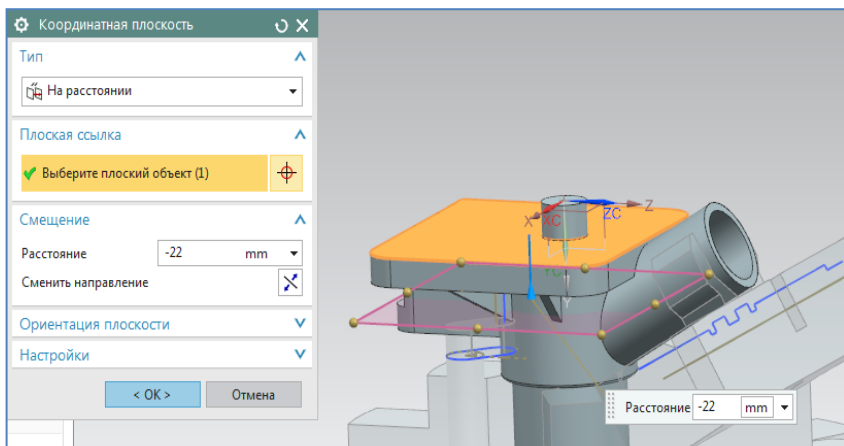


Рис. 3.72. Создание плоскости на расстоянии

В созданной плоскости создадим эскиз, как показано на рис. 3.73.

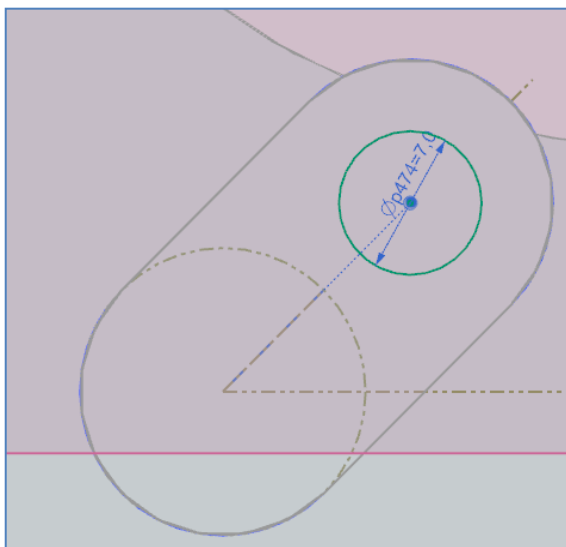


Рис. 3.73. Создание эскиза в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а с помощью булевых операций объединяем с твёрдым телом, построенным ранее. Задавая значениями: начало равно 0 мм, конец равен 12 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.74).

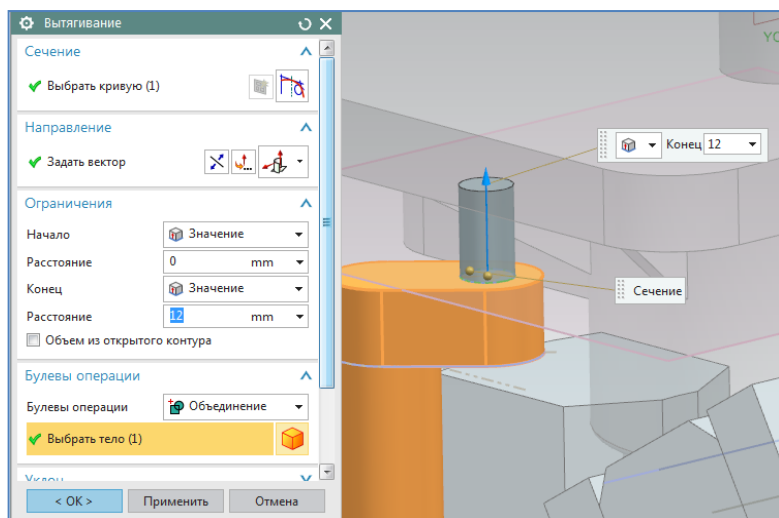



Рис. 3.74. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

Теперь с помощью команды «Зеркальная геометрия»  создадим зеркальную копию данного элемента относительно оси ZC-УС (рис. 3.75).

С помощью булевых операций отделяем полученное тело от корпуса патрона. В настройках булевых операций ставим галочку на команде «Сохранить Инструмент» (рис. 3.76).

В исходной части создадим эскиз, как показано на рис. 3.77.

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело. В булевых операциях выбираем команду – НЕТ, в значениях: начало равно 35 мм, конец равен 82 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.78).

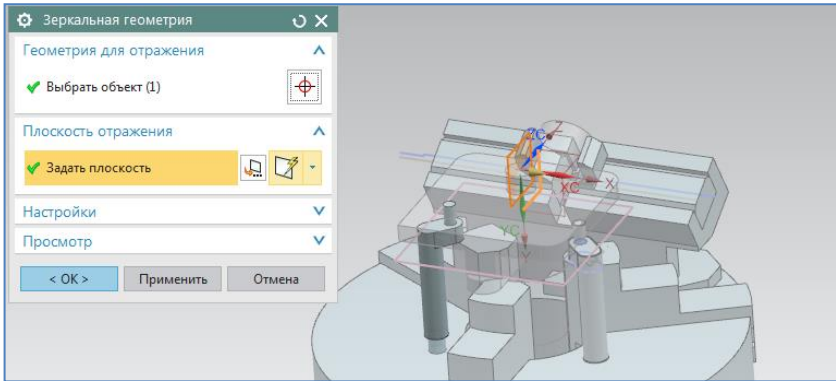


Рис. 3.75. Создание зеркальной геометрии относительно плоскости ZC-YS

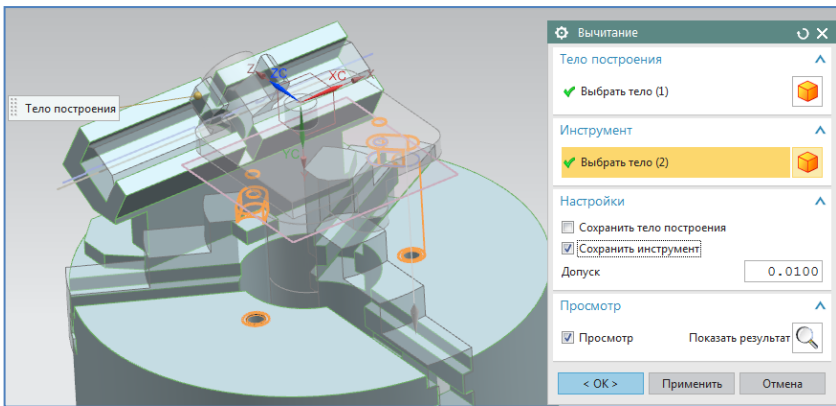



Рис. 3.76. Вычитание из тела построения тело инструмент с сохранением тела инструмента

С помощью команды «Зеркальная геометрия»  создаём зеркальную копию данного элемента относительно оси ZC-YS (рис. 3.79). В исходной части создадим плоскость под углом, как показано на рис. 3.80.

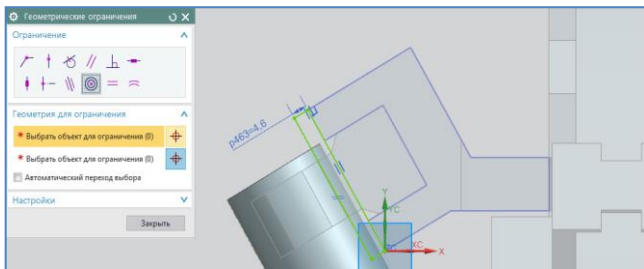


Рис. 3.77. Создание эскиза в исходной части

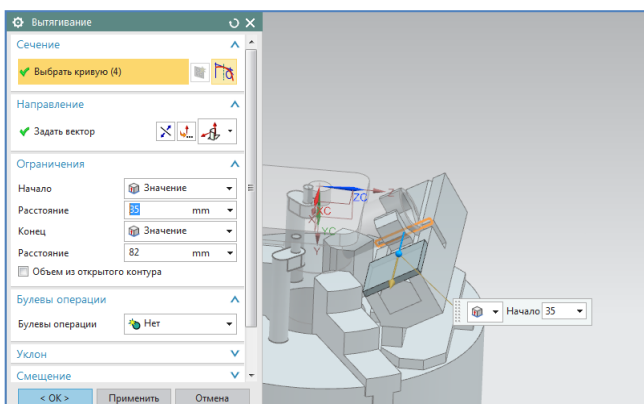


Рис. 3.78. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

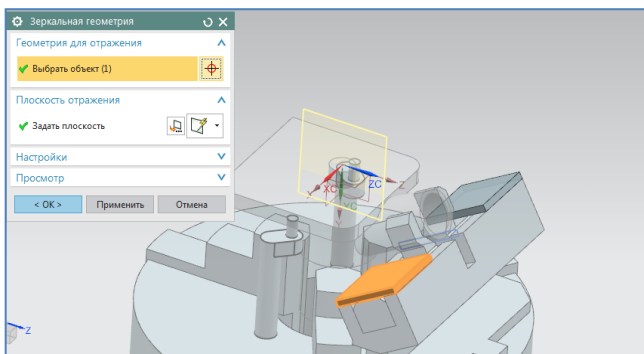


Рис. 3.79. Создание зеркальной геометрии относительно плоскости ZC-YC

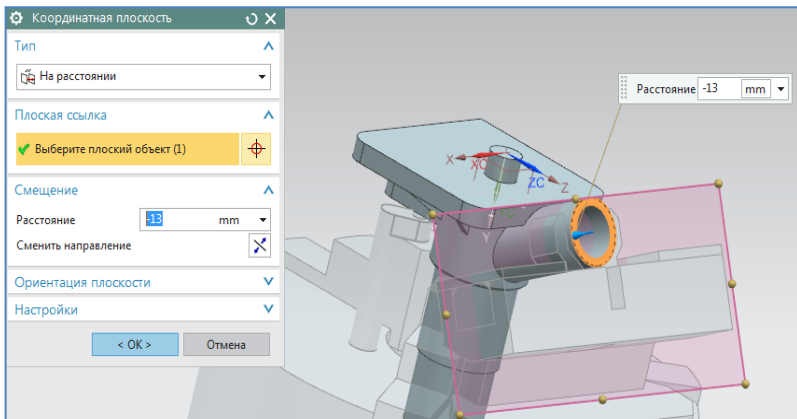


Рис. 3.80. Создание плоскости под углом в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вращение» создаём твёрдое тело. В булевых операциях выбираем команду – НЕТ, в значениях выбираем начало равно 0 мм, конец равен 360 мм. При этом задаём точку, вокруг которой происходит вращение. Эта точка находится на вспомогательной прямой, построенной в эскизе (рис. 3.81).

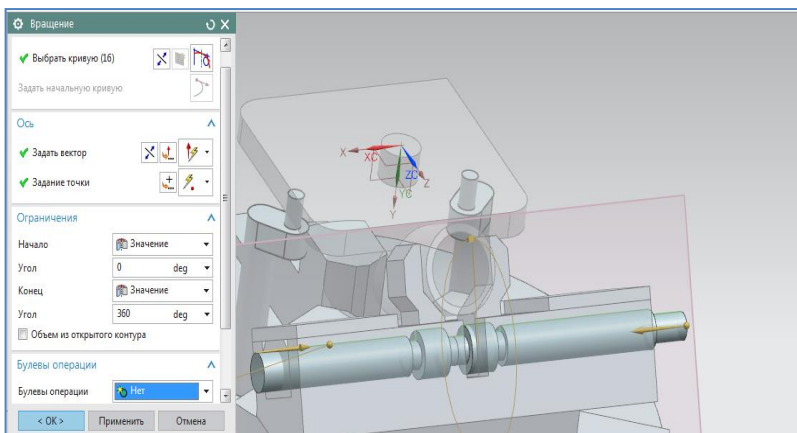


Рис. 3.81. Создание твёрдого тела с помощью команды «Вращение»



С помощью булевых операций отделяем полученное тело от тел, построенных ранее (Губок). В настройках булевых операций ставим галочку на команде «Сохранить Инструмент» (рис. 3.82, 3.83).

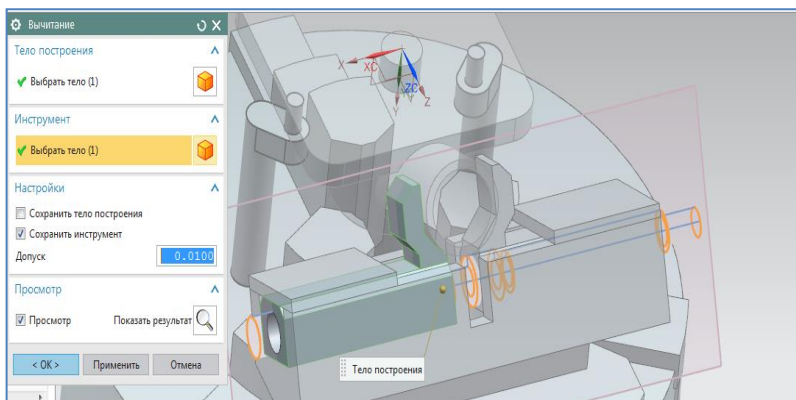


Рис. 3.82. Вычитание из тела построения тело инструмент, с сохранением тела инструмента

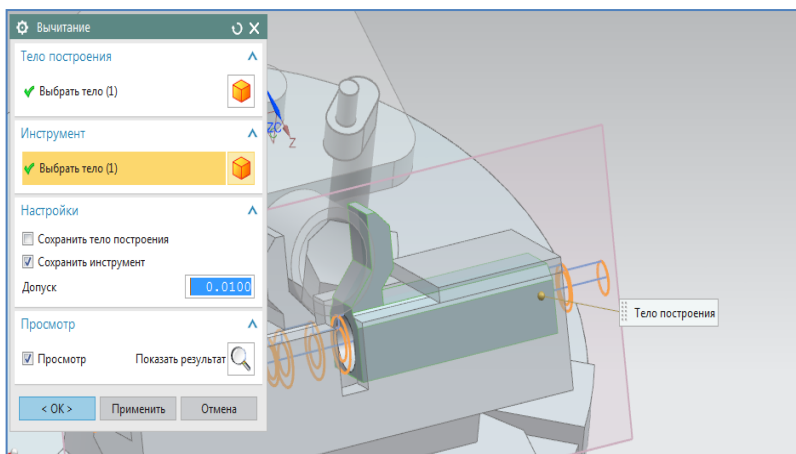


Рис. 3.83. Вычитание из тела построения тело инструмент, с сохранением тела инструмента

В исходной части создаём плоскость на расстоянии относительно базовой плоскости  $YC-ZC$ . Величина смещения равна -106 мм (рис. 3.84).

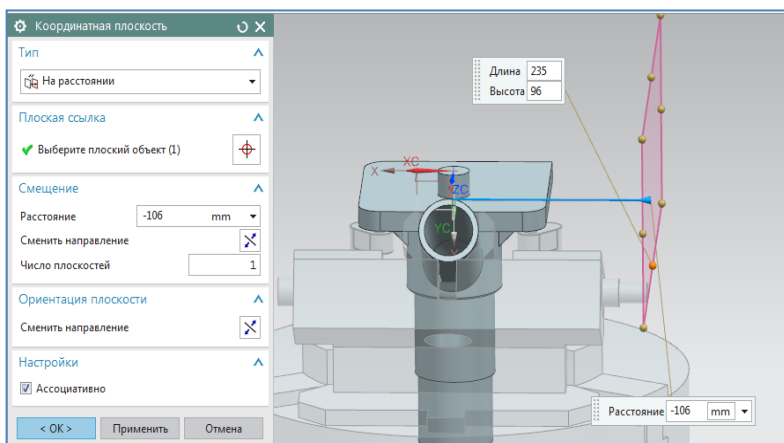


Рис. 3.84. Создание плоскости на расстоянии в исходной части

В созданной выше плоскости строим эскиз, как показано на рис. 3.74. При построении используем команду «Кривые пересечения» (рис. 3.85).

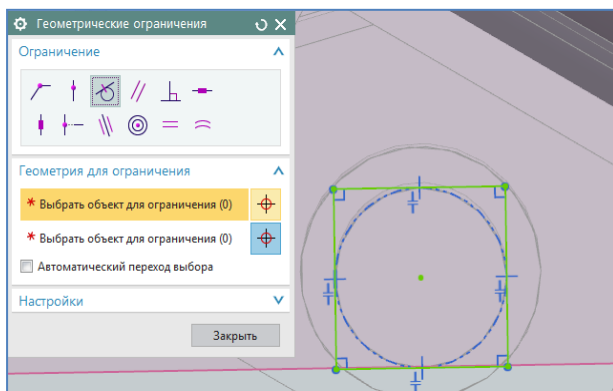


Рис. 3.85. Создание эскиза в исходной части

Ассоциативно копируем эскиз в рабочую часть и с помощью команды «Вытягивание» создаём твёрдое тело, а с помощью булевых операций объединяем с твёрдым телом, построенным ранее, предварительно указав: начало равно 0 мм, конец – равен 16 мм, нажимаем кнопку Ок (рис. 3.86).

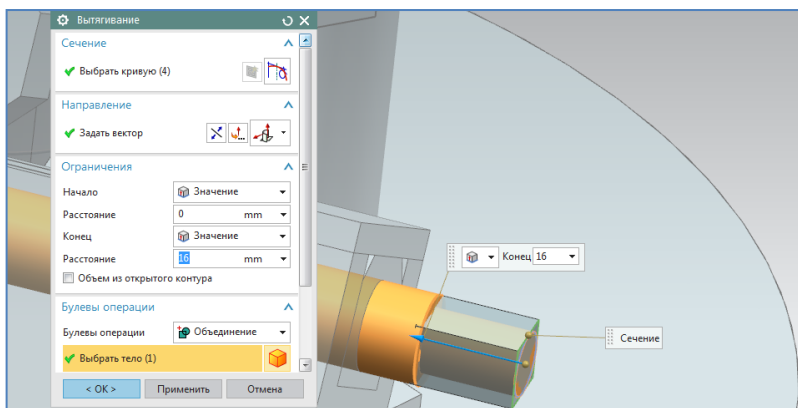



Рис. 3.86. Создание твёрдого тела командой «Вытягивание»

С помощью команды «Фаска»  создаём фаски на рёбрах так же как на рис. 3.87. Сечение – симметрично, расстояние равно 2 мм.

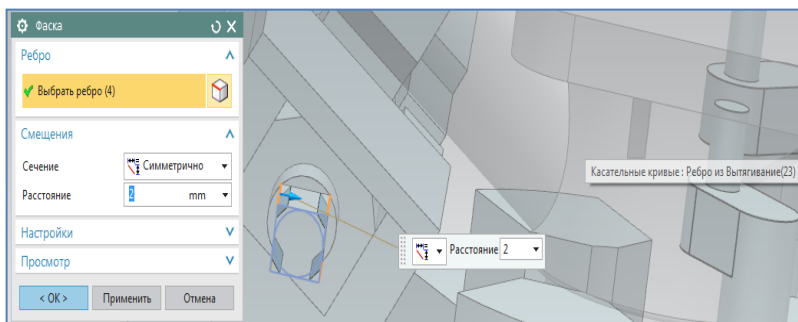


Рис. 3.87. Создание фасок на рёбрах

В результате выполненных построений получим 3D модель приспособления. На рис. 3.88 показана модель с установленной в ней заготовкой.

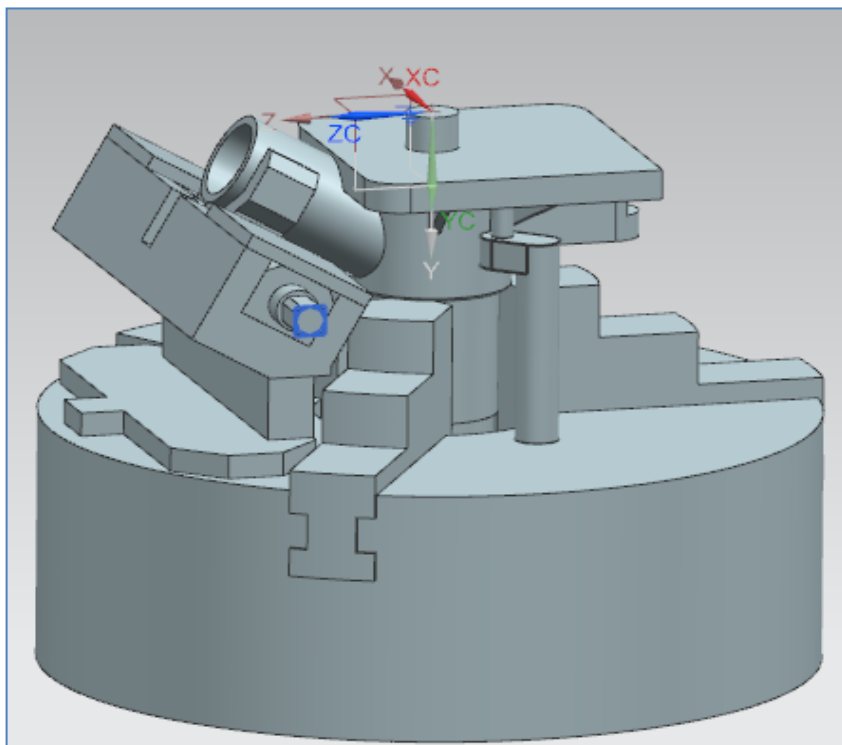



Рис. 3.88. Сборочная модель приспособления

### 3.4 Создание параметрических связей между элементами модели приспособления

В сборке создаём новый компонент  – результирующая часть (Result). В результирующей части создаём компоненты, как это показано на рис. 3.89.

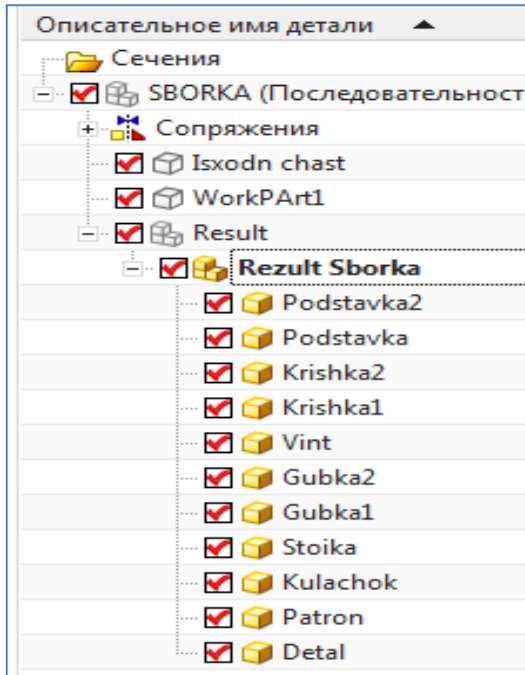


Рис. 3.89. Дерево построения

На данной стадии геометрия каждого компонента создаётся в виде отдельного тела, которое ассоциативно получаем из Рабочей части (Work Part1). Для этого выполняем следующие действия:

- ❖ в результирующей части активируем сборку Rezult Sborka;
- ❖ создаём компоненты, как указано на скриншоте;
- ❖ поочерёдно активируем каждую деталь и копируем в неё из Рабочей части соответствующее тело, используя редактор геометрических связей Wave.

На рис. 3.90...3.97 показаны компоненты результирующей части: подставка (2 шт.); крышка (2шт.); винт; губка; стойка; кулачок(3шт.); патрон; деталь, закреплённая в приспособлении.

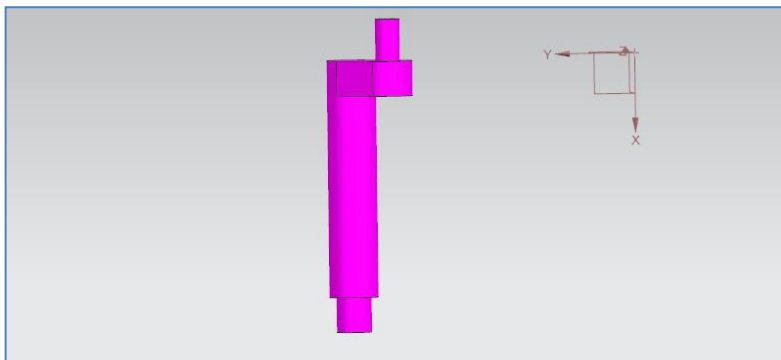


Рис. 3.90. Подставка

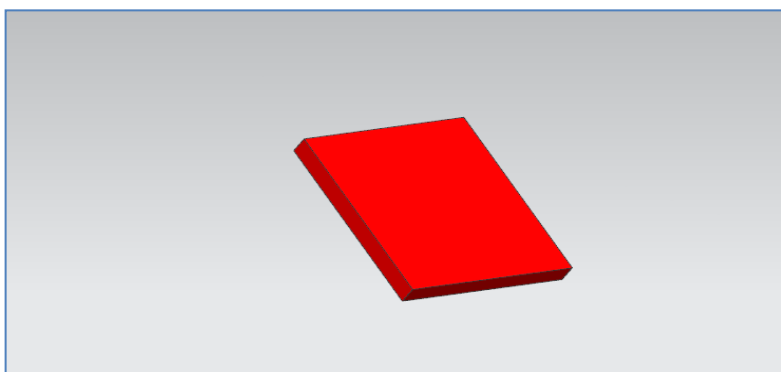


Рис. 3.91. Крышка

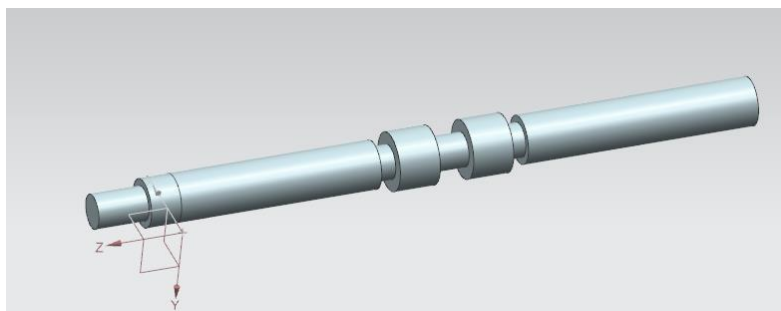


Рис. 3.92. Винт

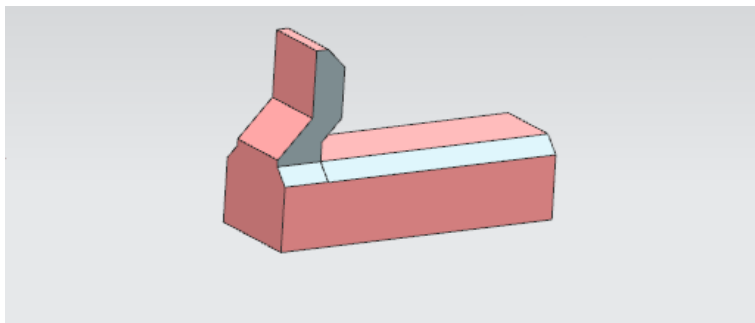


Рис. 3.93. Губка

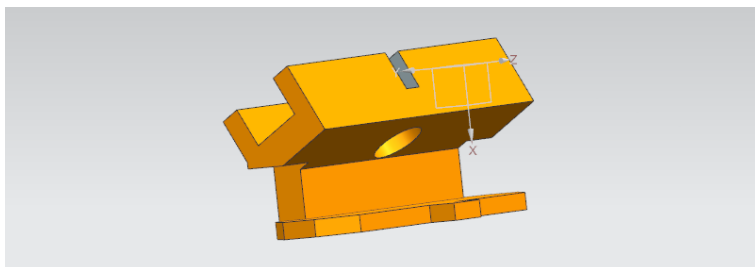


Рис. 3.94. Стойка

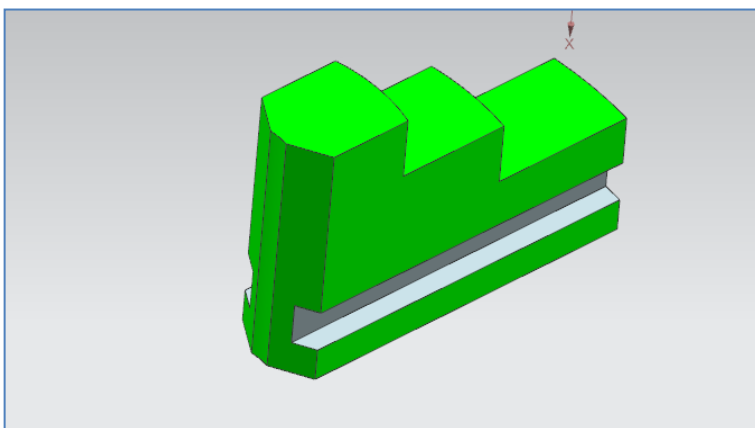


Рис. 3.95. Кулачок

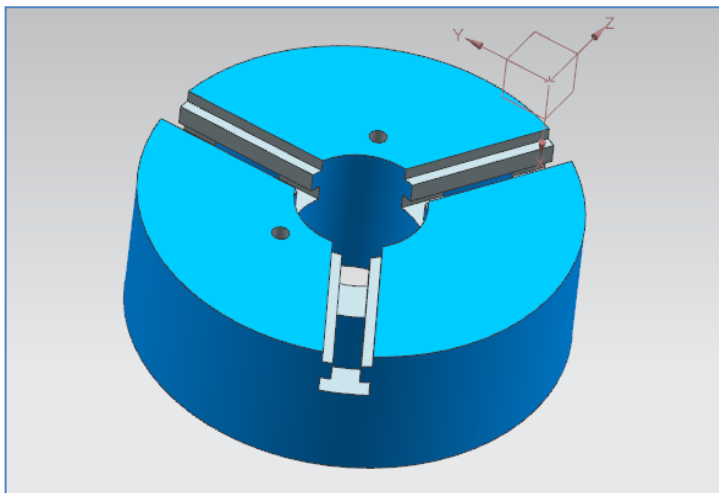


Рис. 3.96. Патрон

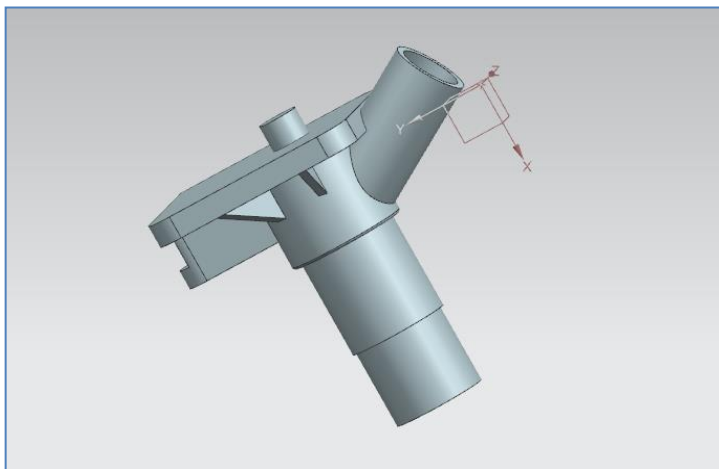


Рис. 3.97. Деталь

Для проверки построения данной модели переходим в исходную часть. В окне редактирования выражений изменим параметр  $Ungle1$  с 30 градусов на 45 градусов, как показано на рис. 3.98.



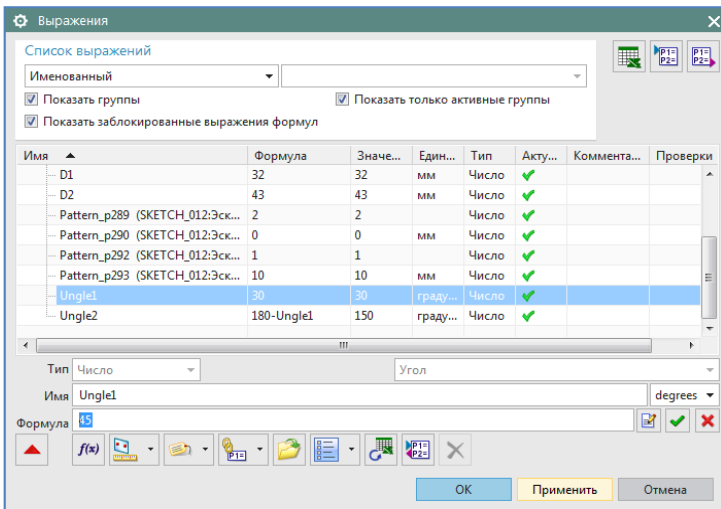


Рис. 3.98. Окно выражений в исходной части

При изменении данного параметра меняется угол наклона патрубков, который зажимается губками, а также угол наклона стойки. Результат изменения представлен на рис. 3.99, 3.100, 3.101.

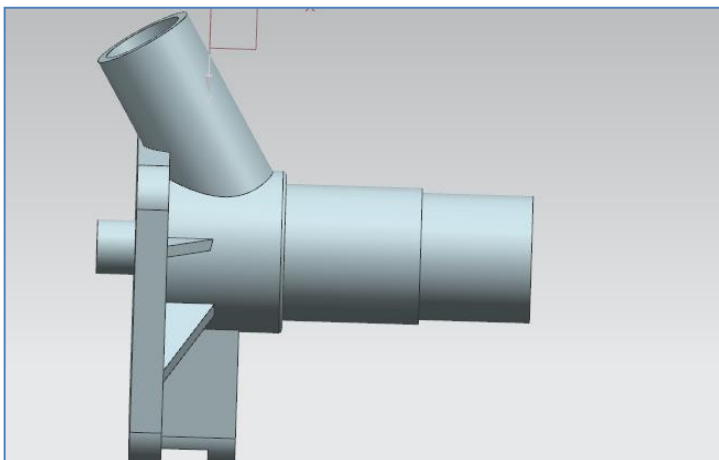


Рис. 3.99. Деталь с изменённым углом наклона патрубков

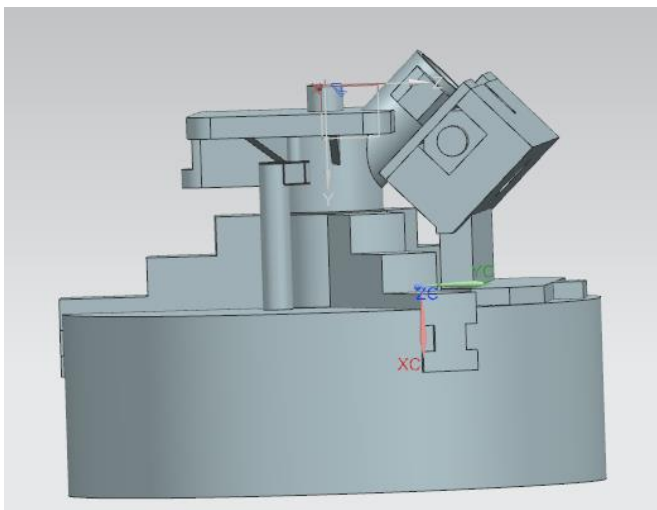


Рис. 3.100. Стойка с изменённым углом наклона

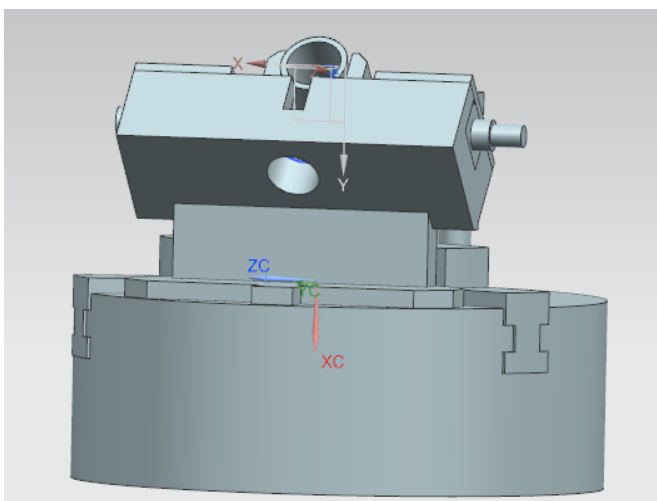


Рис. 3.101. Стойка с изменённым углом наклона

При изменении угла наклона патрубка, соответственно изменяется угол наклона стойки, на которую опирается данный па-

трубок. Сравнивая полученные результаты можно сделать вывод, что при правильном построении и жёстком закреплении эскизов, комплектующих приспособления относительно детали, геометрия комплектующих будет изменяться при изменении геометрии детали.

Изменим ещё один параметр детали D1 (исходное значение 32 мм), присвоим параметру новое значение 40 мм (рис. 3.102). При изменении этого параметра, изменяется геометрия патрубка, а соответственно и геометрия губок, зажимающих данный патрубок (рис. 3.103).

Аналогичным образом можно изменять другие геометрические параметры детали, которые были заданы в окне редактирования выражений. При правильном построении деталей приспособления, при жёстком закреплении эскизов, геометрия комплектующих деталей приспособления будет параметрически изменяться в соответствии с изменениями геометрии детали.

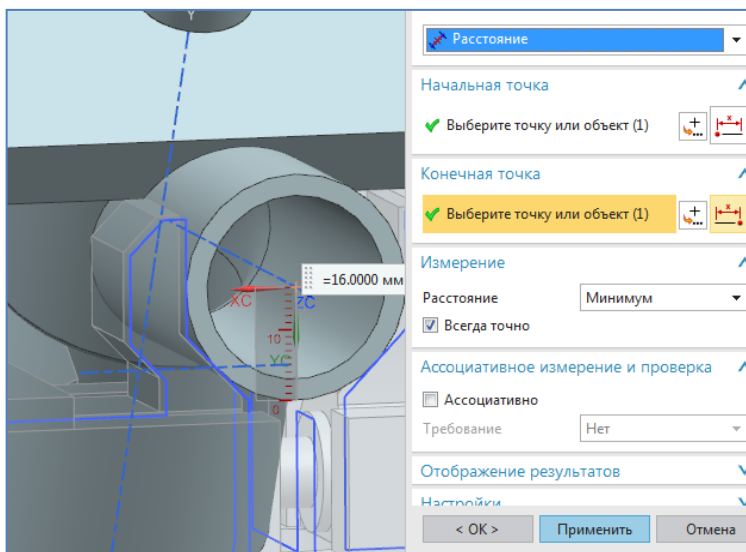


Рис. 3.102. Диаметр патрубка до изменения геометрии (Ø32мм)

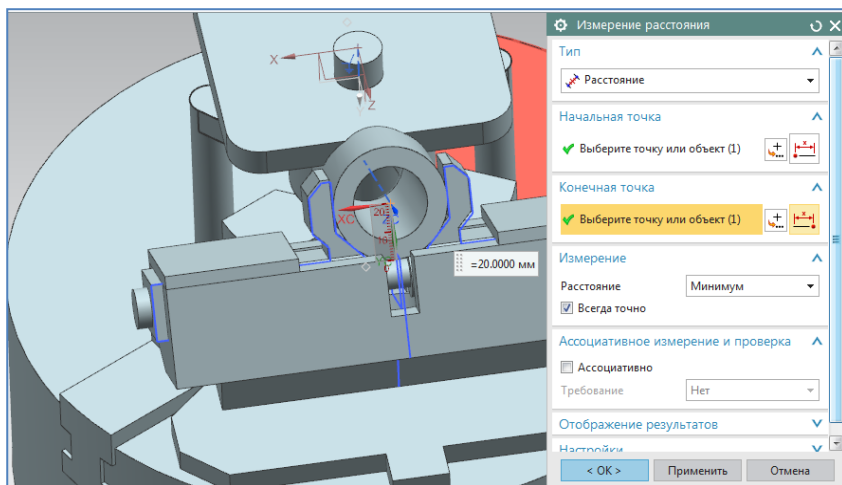


Рис. 3.102. Диаметр патрубка после изменения геометрии (Ø40мм)

### 3.5 Порядок выполнения работы

1. Изучить методику создания **3D** моделей станочных приспособлений в системе Siemens NX.
2. Изучить параметризацию приспособлений по методике «сверху-вниз».
3. Получить у преподавателя индивидуальное задание в виде эскиза обработки заготовки.
4. Разработать конструктивную схему приспособления для установки заготовки и утвердить её у преподавателя.
5. Разработать 3D модели деталей приспособления.
6. Разработать 3D модель приспособления.
7. Установить параметрические связи между элементами сборки.
8. Предъявить разработанную параметрическую модель приспособления преподавателю.

### 3.6 Вопросы для самоконтроля

1. Что называют приспособлением для механической обработки?
2. Как классифицируют приспособления целевому назначению?
3. Назовите системы приспособлений.
4. Назовите этапы проектирования приспособлений.
5. В какой последовательности осуществляется проектирование приспособлений?
6. В чём заключается метод вариационной (размерной) параметризации?
7. Что представляет собой параметризация с использованием способа «сверху-вниз» в системе Siemens NX?
8. Для каких целей используется массив геометрии при построении деталей?
9. Каким образом устанавливаются параметрические связи между элементами приспособления при использовании способа «сверху-вниз»?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В лабораторном практикуме представлены материалы по классификации станочных приспособлений и методике их проектирования. Рассмотрен наиболее доступный при создании параметрических 3D моделей приспособлений метод вариационной (размерной) параметризации, реализованный в САПР Siemens NX, для их дальнейшего использования в виртуальных многоосевых обрабатывающих центрах с ЧПУ.

Метод позволяет осуществлять параметризацию двумя способами, которые и были подробно изложены в лабораторных работах. В первой работе был рассмотрен способ «снизу-вверх», который позволяет создавать параметрические модели в зависимости от их конструктивной схемы, когда уже известна форма и размеры всех составляющих элементов приспособления.

Во второй работе рассмотрен способ поэтапного создания конструкции «сверху-вниз», от детали к сборочной единице, при поддержке полной параметризации создаваемой геометрии конструкции, что позволяет создавать многовариантную и гибкую модель сборки приспособления, так как все операции моделирования иерархически связаны в дереве построения. Каждый из способов проиллюстрирован конкретным примером, позволяющим понять, как на практике создаются параметрические модели приспособлений.

Материалы, изложенные в лабораторном практикуме, будут весьма полезны студентам, изучающим Siemens NX, и выполняющим курсовые и дипломные проекты, а также выпускные работы, связанные с проектированием средств технологического оснащения производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шулепов, А.П. Проектирование технологической оснастки : учебник / А.П. Шулепов, В.А. Шманев, И.Л. Шитарев ; под ред. А.П. Шулепова ; Самар. гос.аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева. – Самара, 1996. – 374 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. – 2 т. – Москва : Машиностроение, 2003. – Т. 1 / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – Москва, 2003. – 656 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. – 2 т. – Москва : Машиностроение, 2003. – Т. 2 / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – Москва, 2003. – 456 с.
4. Данилов, Ю.В. Практическое использование NX / Ю.В. Данилов, И.А. Артамонов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
5. Гончаров, П.С. NX для конструктора машиностроителя / П.С. Гончаров, М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 504 с.
6. Ельцов, М.Ю. Проектирование в NX под управлением Teamcenter : учебное пособие / М.Ю. Ельцов, А.А. Козлов, А.В. Седойкин, Л.Ю. Широкова. – Белгород, 2010. – 344 с.
7. Рязанов, А.И. Твёрдотельное параметрическое САД моделирование в Siemens NX : электронное учебное пособие / А.И. Рязанов, Е.С. Горячкин. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та. – Электрон текстовые и граф. дан. (5,67 Мбайт). – 2014. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
8. Краснов, М.В. Unigraphics для профессионалов / М.В. Краснов, Ю.В. Чигишев – Москва : ЛОРИ, 2004. – 320 с.

Учебное издание

*Безсонов Кирилл Андреевич,  
Мещеряков Александр Викторович,  
Шулепов Александр Павлович*

**РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
СБОРКИ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ  
ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МНОГООСЕВЫХ  
ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ С ЧПУ**

*Практикум*

Редактор Л.Р. Дмитриенко  
Компьютерная верстка Л.Р. Дмитриенко

Подписано в печать 28.12.2020. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печ. л. 10,0.  
Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 25(РЗУ)/2020.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

---

Издательство Самарского университета.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.