

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет математики и информационных технологий  
Кафедра математического моделирования технических систем

**А.Н. Евсеев**

**М.А. Зайкин**

**М.С. Черников**

**«Инженерная графика и геометрическое моделирование в NX 8.0»**

Учебно-методические указания

Ульяновск 2014

*Печатается по решению Ученого совета  
факультета математики и информационных технологий  
Ульяновского государственного университета*

**Рецензент** - заведующий кафедрой «Начертательная геометрия и машинная графика»  
УлГТУ, доцент, к.т.н. Г.М. Горшков

**Евсеев, А. Н.**

**«Инженерная графика и геометрическое моделирование в NX 8.0»:** учебно-методические указания / А.Н. Евсеев, М.А. Зайкин, М.С. Черников. — Ульяновск: УлГУ, 2014. — с.

Учебно-методические указания содержат теоретическую и практическую часть, предназначенную для изучения принципов компьютерного моделирования геометрических объектов в системе Siemens NX 8.0. В процессе выполнения лабораторно-практических работ на конкретных примерах студенты получают практические навыки для создания разнообразных по форме и сложности трёхмерных компьютерных моделей с использованием разнообразных техник и механизмов проектирования, а также оформление чертежей в соответствии с ЕСКД.

Данные указания предназначены для обеспечения курса «Инженерная и компьютерная графика», читаемого на кафедре «Математическое моделирование технических систем». Учебно-методические указания содержат результаты, полученные в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации.

© Евсеев А.Н., Зайкин М.А., Черников М.С., 2014  
© Ульяновский государственный университет, 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	8
2 ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ.....	10
2.1 Виды изделий и их структура.....	10
2.2 Виды и комплектность конструкторских документов .....	11
2.3 Стадии разработки конструкторской документации .....	14
2.4 Основные надписи .....	15
2.5 Форматы.....	16
2.6 Масштабы .....	17
2.7 Линии чертежа .....	18
2.8 Шрифты чертежные.....	19
2.9 Особенности конструкций букв, цифр и знаков:.....	20
2.10 Штриховка.....	21
3 ИЗОБРАЖЕНИЯ .....	23
3.1 Виды .....	23
3.2 Сечения .....	26
3.3 Обозначение сечений .....	27
3.4 Выполнение сечений .....	28
3.5 Разрезы.....	28
3.6 Обозначение простых разрезов .....	30
3.7 Выполнение простых разрезов .....	30
3.8 Обозначение сложных разрезов .....	32
3.9 Выполнение сложных разрезов .....	32
4 УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ .....	35
4.1 Условности и упрощения при выполнении изображений .....	35
4.2 Выбор необходимого количества изображений .....	37

4.3	Компоновка изображений на поле чертежа .....	39
4.4	Изображение на чертеже линий пересечения и перехода .....	40
4.5	Построение линий пересечения и перехода .....	41
5	НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ .....	42
5.1	Основные виды механической обработки деталей .....	42
5.2	Краткие сведения о базах в машиностроении.....	43
5.3	Система простановки размеров .....	44
5.4	Методы простановки размеров.....	46
5.5	Чертеж вала .....	47
5.6	Конструктивные элементы деталей .....	48
5.7	Резьбовые проточки.....	50
6	РЕЗЬБЫ, РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ И СОЕДИНЕНИЯ.....	52
6.1	Геометрическая форма и основные параметры резьбы .....	52
6.2	Назначение резьб и стандарты .....	55
6.3	Изображение резьбы.....	57
6.4	Обозначение резьб .....	60
6.5	Изображение резьбовых изделий и соединений.....	61
6.6	Обозначение стандартных резьбовых изделий.....	64
7	ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ .....	66
7.1	Нормирование шероховатости поверхности.....	66
7.2	Параметры шероховатости поверхностей.....	66
7.3	Выбор параметров шероховатости поверхности.....	68
7.4	Знаки для обозначения шероховатости .....	71
7.5	Правила обозначения шероховатости.....	73
8	ЗАПУСК NX И РАБОТА С ФАЙЛАМИ.....	79
8.1	Запуск системы Siemens NX .....	79
8.2	Создание нового файла детали .....	79
8.3	Открытие существующего файла детали .....	79

8.4	Интерфейс Siemens NX 8.0 .....	80
9	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА .....	84
9.1	Лабораторная работа №1 «Создание рамки и основной надписи чертежа».....	84
9.2	Лабораторная работа №2 «Создание модели с помощью эскиза».....	95
9.3	Лабораторная работа №3 «Создание чертежных видов».....	122
9.4	Лабораторная работа №4 «Изображения, виды, разрезы» .....	134
9.5	Лабораторная работа №5 «Построение цилиндрического прямозубого зубчатого колеса с эвольвентным боковым профилем» .....	149
	ЛИТЕРАТУРА.....	165

## **ВВЕДЕНИЕ**

NX - это интерактивная система автоматизации проектирования и изготовления изделий для различных отраслей промышленности, в частности, машиностроения. Для обозначения систем этого класса используется аббревиатура CAD/CAM (Computer-Aided Design и Computer-Aided Manufacturing), что дословно переводится как Проектирование с Помощью Компьютера и Изготовление с Помощью Компьютера. Подсистема CAD предназначена для автоматизации проектных, конструкторских и чертежных работ. Подсистема CAM обеспечивает автоматизированную подготовку управляющих программ для оборудования с ЧПУ на основе математической модели детали, созданной в NX.

Функции инженерного анализа (CAE) обеспечивают анализ изделия, сборки и возможность симуляции процессов с помощью широкой гаммы инженерных приложений.

Функции NX разделены по "приложениям" и возможностям. Все функциональные модули NX вызываются из управляющего модуля (ядро системы), который называется Базовый модуль. Все остальные модули являются необязательными и могут быть подобраны согласно спецификации работы пользователя.

NX - это полностью трехмерная система, которая позволяет идеально воспроизвести почти любую геометрическую форму, оперируя числами с удвоенной точностью. Комбинируя эти формы, Вы можете спроектировать изделие, выполнить инженерный анализ и выпустить чертежи.

После завершения проектирования модуль Обработка позволит Вам указать геометрию детали, задать параметры инструмента и автоматически сформировать траекторию движения инструмента для обработки детали на станке с ЧПУ.

Как правило, работа начинается с построения геометрии, описывающей деталь или деталь конструкции. Система NX позволяет создать и постоянно сохранить трехмерную геометрическую модель детали. Из записанных деталей впоследствии могут быть получены:

- Полностью образмеренные чертежи.
- Команды для станков с ЧПУ производящих обработку и выполняющих производственные процессы.
- Исходные данные для решения задач инженерного анализа, например, дискретные модели для метода конечных элементов.

NX использует концепцию ассоциативности, чтобы связать отдельные части информации, чтобы помочь в автоматизации разработки и производства деталей.

Ассоциативность обеспечивает связь между любым количеством объектов. Например, прямая может быть элементом группы, сегментом контура и образующей листового тела одновременно.

В NX все объекты чертежа ассоциативны. Некоторые объекты Черчения, такие как размеры, связанные прямо с геометрией так, чтобы они автоматически обновлялись, когда происходят изменения. Другие объекты Черчения, такие как замечания, связаны с положением, а не с любой заданной геометрией. Другие, такие как метки, идентификаторы позиции, допуски формы и расположения, могут быть связаны и с геометрическими, и с позиционирующими объектами.

# **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

ГОСТ 2.001 - 70 устанавливает общие положения по целевому назначению, области распространения, классификации и обозначению стандартов, входящих в комплекс Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

## **Определение и назначение**

Единая система конструкторской документации - комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями.

Основное назначение стандартов ЕСКД - установление в организациях и на предприятиях единых правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, которые должны обеспечивать:

- 1) возможность обмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления
- 2) стабилизацию комплектности, исключая дублирование и разработку не требуемых производству документов;
- 3) возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;
- 4) упрощение форм конструкторских документов графических изображений, снижающее трудоемкость проектно-конструкторских разработок промышленных изделий;
- 5) механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации;
- 6) улучшение условий технической подготовки производства;
- 7) улучшение условий эксплуатации промышленных изделий;
- 8) оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

## ***Область распространения стандартов ЕСКД***

Установленные стандартами ЕСКД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документации распространяются:

- 1) на все виды конструкторских документов;

2) на учетно-регистрационную документацию и документацию по внесению изменений в конструкторские документы;

3) на нормативно-техническую и технологическую документацию, а также научно-техническую и учебную литературу в той части, в которой они могут быть для них применены и не регламентируются специальными стандартами и нормативами, устанавливающими правила выполнения этой документации и литературы, например форматов и шрифтов для печатных изданий и т. п.

### ***Состав, классификация и обозначение стандартов ЕСКД***

Состав стандартов, входящих в ЕСКД, определяется перечнем, приведенным в Указателе стандартов, ежегодно публикуемых по стандартам. Распределение стандартов ЕСКД по классификационным группам приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Классификационные группы ЕСКД

Шифр группы	Содержание стандартов в группе
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей изделий машино- и приборостроения
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений)
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения
9	Прочие стандарты

Обозначение стандартов ЕСКД строится на классификационном принципе. Номер стандарта составляется из цифры 2, присвоенной классу стандартов ЕСКД; одной цифры (после точки), обозначающей классификационную группу (шифр группы) стандартов; двузначной цифры, определяющей порядковый номер стандарта в данной группе, и двузначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта. Пример обозначения стандарта ЕСКД "Изображения - виды, разрезы, сечения" приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Пример обозначения стандарта ЕСКД

## 2 ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

### 2.1 Виды изделий и их структура

В соответствии с ГОСТ 2.101-68 **ИЗДЕЛИЕМ** называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделия, в зависимости от их назначения, делят на изделия основного производства (изделия, предназначенные для реализации) и вспомогательного производства (изделия, предназначенные для собственных нужд предприятия).

Устанавливаются следующие виды изделий:

- а) детали;**
- б) сборочные единицы;**
- в) комплексы;**
- г) комплекты;**

В зависимости от наличия или отсутствия составных частей изделия делят на:

- а) неспецифицированные (детали)** - не имеющие составных частей;
- б) специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты)** - состоящие из двух и более составных частей.

Виды и структура изделий представлены на схеме (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Виды и структура изделия

**ДЕТАЛЬЮ** называется изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

**СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЕЙ** называется изделие, составные части которых соединяют между собой на предприятии посредством сборочных операций (свинчивание, клепка, сварка и т.п.), например: автомобиль, станок, маховичок из пластмассы с металлической арматурой.

**КОМПЛЕКСОМ** называются два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например: цех-автомат, корабль, бурильная установка.

**КОМПЛЕКТОМ** называются два и более изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей и т.д.

## 2.2 Виды и комплектность конструкторских документов

Любые изделия могут быть изготовлены только на основании определенных конструкторских документов.

К конструкторским документам относятся графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

К графическим документам относятся различные виды чертежей, схем. В них содержится графическая информация об изделии (Рисунок 3).

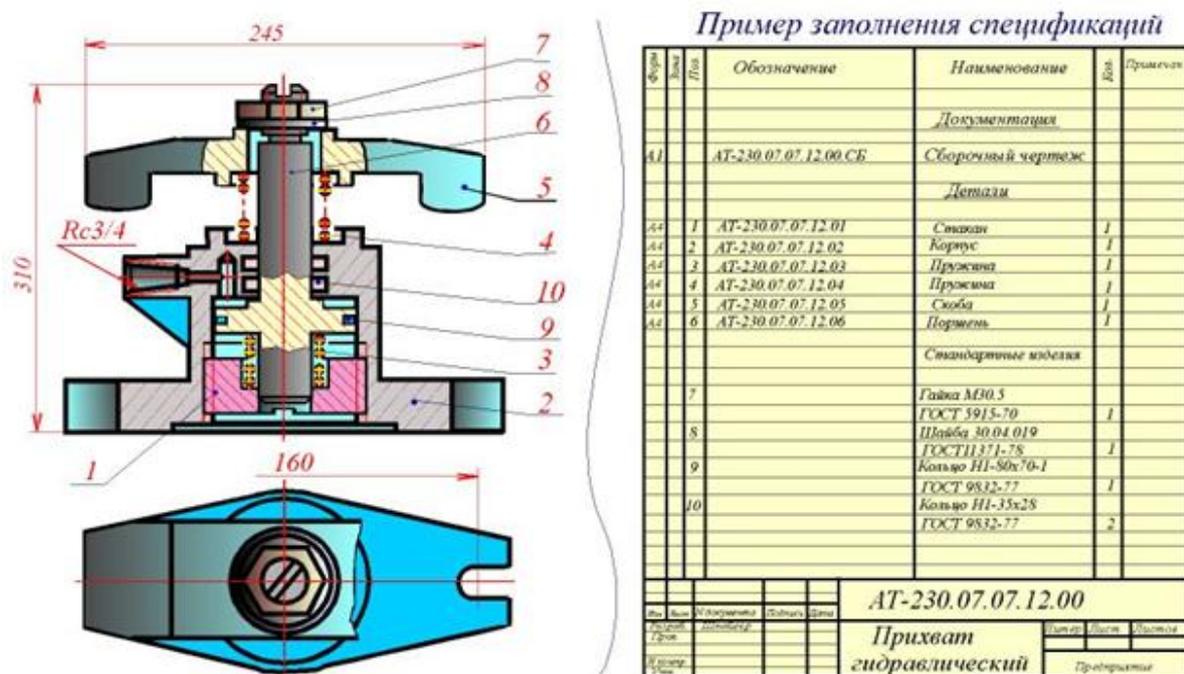


Рисунок 3 - Сборочный чертеж

Графические документы подразделяются на следующие виды:

**ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ** - документ, содержащий изображение детали и другие данные необходимые для ее изготовления и контроля.

**СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ** - документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля (Рисунок 3).

**ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА** - документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЧЕРТЕЖ** - документ, определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения составных частей.

**ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ** - документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

Основные отличия двух документов приведены на рисунке 4.

<i>Признаки отличия</i>	<i>Чертеж общего вида</i>	<i>Сборочный чертеж</i>
<i>ГОСТ</i>	<i>2.118 - 73, 2.119 - 73, 2.120 - 73</i>	<i>2.109 - 73</i>
<i>По цели документа</i>	<i>Предназначен для разработки рабочих чертежей изделия и хранится у главного конструктора</i>	<i>Является технологическим документом и предназначен для сборки имеющихся деталей.</i>
<i>По количеству изображений</i>	<i>Можно представить форму всех деталей</i>	<i>Предусматривается такое количество изображений, чтобы был ясен процесс сборки изделия и ее контроль</i>
<i>Размеры</i>	<i>Кроме габаритных, проставляются конструкторские размеры, характеризующие отдельные части изделия, могут проставляться допуски и посадки.</i>	<i>Габаритные и присоединительные размеры.</i>
<i>Составные части изделия</i>	<i>Отдельно на формате А4 или на том же листе, что и изображено, составляется таблица составных частей изделия</i>	<i>Спецификация на отдельных листах</i>
<i>Шероховатость поверхностей</i>	<i>Разрешается проставлять по усмотрению конструктора</i>	<i>Проставляются только для поверхностей, обрабатываемых по сборочному чертежу</i>

Рисунок 4 - Отличие чертежа общего назначения и сборочного чертежа

**ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЙ, МОНТАЖНЫЙ, УПАКОВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖИ** - документы, содержащие контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, позволяющие производить указанную в названии операцию.

**СХЕМА** - документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. Текстовыми конструкторскими документами являются документы, содержащие информацию об изделии в виде текстов, которые могут быть представлены в форме таблиц, перечней и т.п.

К текстовым конструкторским документам относятся, в частности:

**СПЕЦИФИКАЦИЯ** (документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта);

**ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ** (документ, содержащий требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других документах), а также различные **ВЕДОМОСТИ, ТАБЛИЦЫ, ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА** и т.д.

В зависимости от способа выполнения и характера использования конструкторские документы подразделяются на:

**ОРИГИНАЛЫ** - документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

**ПОДЛИННИКИ** - документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий.

**ДУБЛИКАТЫ** - копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющие снятие с них копий.

**КОПИИ** - документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом) и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

### **2.3 Стадии разработки конструкторской документации**

В зависимости от стадий разработки, устанавливаемых ГОСТ 2.103 - 68, конструкторские документы подразделяются на **ПРОЕКТНЫЕ** и **РАБОЧИЕ**.

К **ПРОЕКТНЫМ** относятся **ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ, ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ, ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ**. Входящие в технический проект чертежи общих видов содержат исходные данные для выполнения **РАБОЧЕЙ** документации - **СПЕЦИФИКАЦИЙ, СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ, ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ** и пр.

Согласно ГОСТ 2.103 - 68 установлены следующие стадии разработки конструкторской документации:

**1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ** - совокупность конструкторских документов, содержащих анализ различных вариантов возможных решений технического задания заказчика, технико-экономические обоснования предлагаемых вариантов, патентный поиск и т.п.

**2. ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ** - совокупность конструкторских документов, которые должны включать в себя принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

**3. ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ** - совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и исходные данные для разработки рабочей документации.

Технический проект служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

**4. РАБОЧАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ** - совокупность конструкторских документов, предназначенных для изготовления и испытаний опытного образца, установочной партии, серийного (массового) производства изделий.

## 2.4 Основные надписи

Согласно ГОСТ 2.104 - 68 в конструкторских документах применяется одна из трех форм основных надписей. Основные надписи располагаются в правом нижнем углу конструкторских документов. На листах формата А4 по ГОСТ 2.301 - 68 основные надписи располагают вдоль короткой стороны листа. На рисунке 5 приведена форма и размеры основной надписи, применяемой для чертежей и схем.

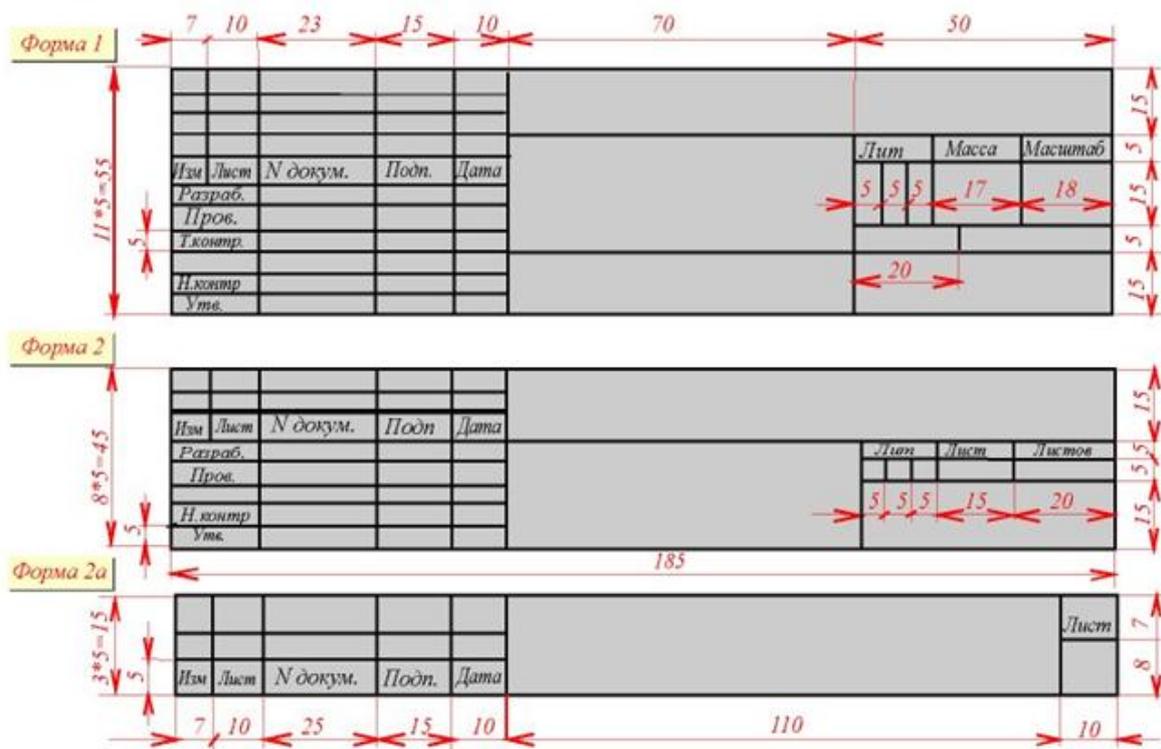


Рисунок 5 - Форма и основная надпись чертежа

В графах основной надписи (номера граф на форматах показаны в скобках) указывают:

в графе 1 - наименование изделия в именительном падеже в единственном числе. Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. В наименованиях, состоящих из нескольких слов, должен быть прямой порядок слов, например: "Колесо зубчатое". В наименованиях изделий, как правило, не включают сведения о назначении и местоположении изделия.

в графе 2 - обозначение документа по ГОСТ 2.201 - 68. Для учебных чертежей рекомендуется следующая структура:

- АТ-201.02.03.00.245
- АТ - индекс факультета
- 201 - номер группы
- 02 - номер задания

- 03 - номер варианта
- 00 - номер сборочной единицы
- 245 - номер детали

в графе 3 - обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей),

в графе 4 - масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302 - 68 и ГОСТ 2.109 - 68),

в графе 5 - порядковый номер листа. На документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют,

в графе 6 - общее количество листов документа, графу заполняют только на первом листе,

в графе 7 - наименование или индекс предприятия, выпустившего документ (наименование ВУЗа и название кафедры),

в графе 8 - фамилия студента,

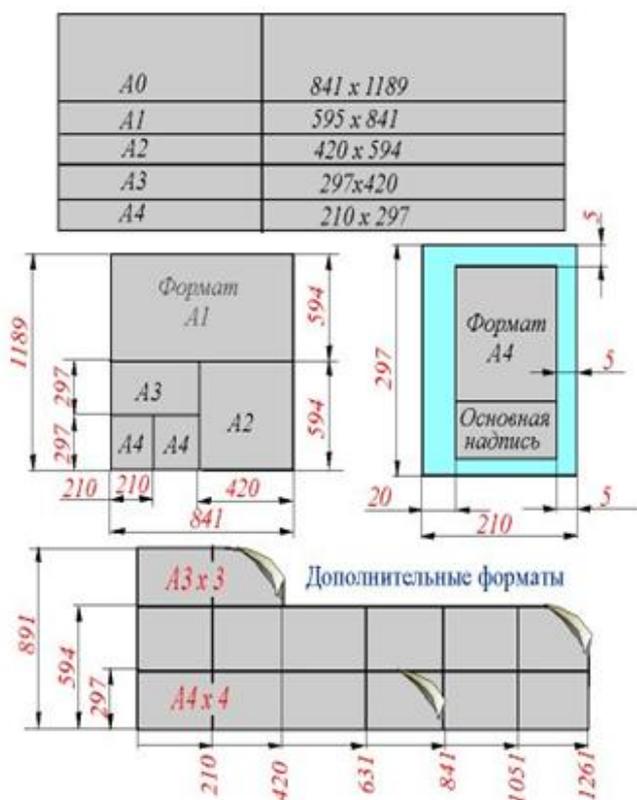
в графе 9 - фамилия преподавателя.

## 2.5 Форматы

При выполнении чертежей пользуются **форматами**, установленными ГОСТ 2.301 - 68\*. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий.

**Основные форматы** получают путем последовательного деления на две равные части параллельно меньшей стороне формата площадью 1 кв. м с размерами сторон 1189 x 841 мм. Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в таблице (Рисунок 6).

Допускается применение **дополнительных форматов**, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148 x 210 мм.



Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией, оригиналов, подлинников, дубликатов, копий.

Формат с размерами сторон 1189x841 мм, площадь которого равна 1м<sup>2</sup>, и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне этого формата, принимаются за основные.

Масштабом называется отношение линейных размеров изображения предмета к его действительным размерам.

#### Масштабы чертежа

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2.5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:30; 1:40; 1:50; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000;
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2.5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1;

Рисунок 6 - Обозначения и размеры сторон основных форматов

## 2.6 Масштабы

Чертежи, на которых изображения выполнены в истинную величину, дают правильное представление о действительных размерах предмета.

Однако при очень малых размерах предмета или, наоборот, при слишком больших, его изображение приходится увеличивать или уменьшать, т.е. вычерчивать в масштабе.

**МАСШТАБОМ** называется отношение линейных размеров изображения предмета к его действительным размерам. Масштабы установлены ГОСТ 2.302 - 68\* и должны выбираться из ряда, приведенного в таблице (Рисунок 6). Если масштаб указывается в предназначенной для этого графе основной надписи, то должен обозначаться по типу 1 : 1; 1 : 2; 2 : 1 и т.д., а в остальных случаях по типу М 1 : 1; М 1 : 2; М 2 : 1 и т.д.

На изображении предмета при любом масштабе указывают его действительные размеры.

## 2.7 Линии чертежа

Для изображения предметов на чертежах ГОСТ 2.303 - 68\* устанавливает начертания и основные назначения линий (Рисунок 7).

**1. Сплошная толстая основная линия** выполняется толщиной, обозначаемой буквой "s", в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Сплошная толстая линия применяется для изображения видимого контура предмета, контура вынесенного сечения и входящего в состав разреза.

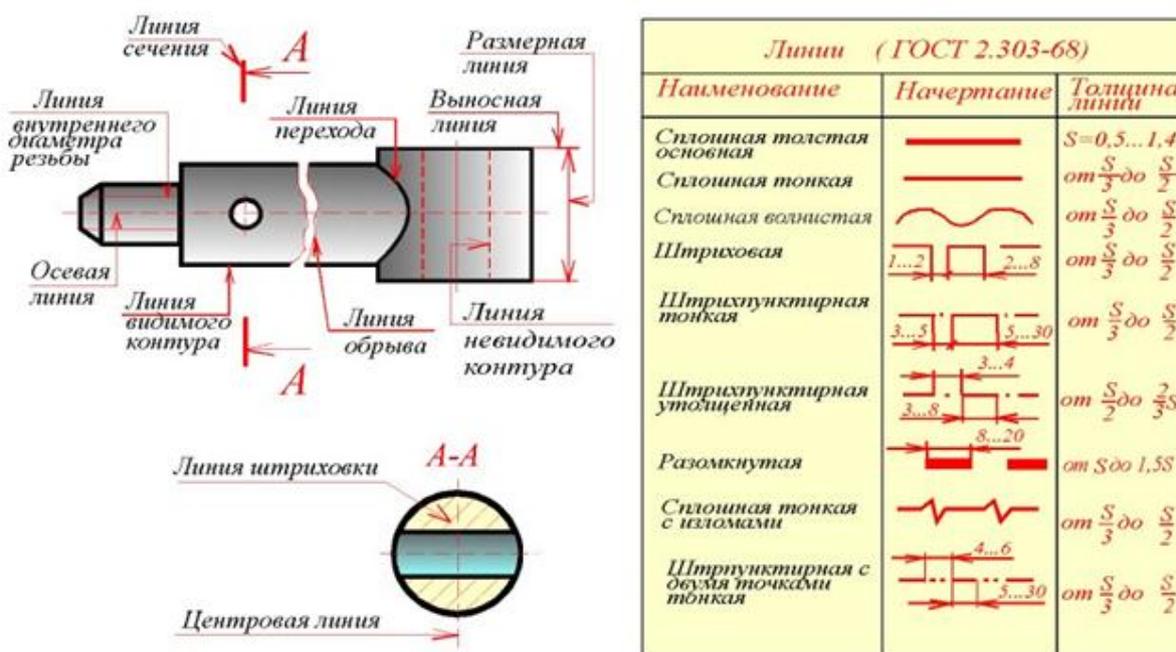


Рисунок 7 - Начертания и основные назначения линий

**2. Сплошная тонкая линия** применяется для изображения размерных и выносных линий, штриховки сечений, линий контура наложенного сечения, линий-выносок, линий для изображения пограничных деталей ("обстановка").

**3. Сплошная волнистая линия** применяется для изображения линий обрыва, линий разграничения вида и разреза.

**4. Штриховая линия** применяется для изображения невидимого контура. Длина штрихов должна быть одинаковой.

**5. Штрихпунктирная тонкая линия** применяется для изображения осевых и центральных линий, линий сечения, являющихся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений.

**6. Штрихпунктирная утолщенная линия** применяется для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью ("наложенная проекция"), линий, обозначающих поверхности, подлежащие термообработке или покрытию.

**7. Разомкнутая линия** применяется для обозначения линии сечения.

**8. Сплошная тонкая с изломами линия** применяется при длинных линиях обрыва.

**9. Штрихпунктирная с двумя точками линия** применяется для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях, линии сгиба на развертках, для изображения развертки, совмещенной с видом.

Штриховые и штрихпунктирные линии должны пересекаться только штрихами. Если в изображении перекрываются несколько различных линий разного типа, то следует соблюдать следующий порядок предпочтительности:

- 1) линии видимых контуров;
- 2) линии невидимых контуров;
- 3) линии мнимых плоскостей разрезов;
- 4) линии осевые и центровые;
- 5) линии отвеса;
- 6) выносные линии.

## **2.8 Шрифты чертежные**

Надписи на чертежах выполняют стандартным шрифтом согласно ГОСТ 2.304 - 81. Стандартом установлены 2 типа шрифтов: тип А и тип Б, каждый из которых можно выполнить или без наклона, или с наклоном 75 градусов к основанию строки. Основным параметром шрифта является его размер  $h$  - высота прописных букв в миллиметрах, измеренная по перпендикуляру к основанию строки. Стандартом установлены следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 20; 28; 40. Все параметры шрифта типа А измеряются количеством долей, равных 1/14 части размера шрифта. Все параметры шрифта типа Б измеряются количеством долей, равных 1/10 части размера шрифта. Высота  $S$  строчных букв определяется из отношения их высоты (без отростков  $k$ ) к размеру шрифта  $h$ .

Шрифты выполняют при помощи вспомогательной сетки, образованной тонкими линиями, в которую вписывают буквы (Рисунок 8). Шаг линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта  $d$ . Начертание шрифта типа Б приведено в таблицах (Рисунок 9).



Рисунок 8 – Шрифты типа А и Б

## 2.9 Особенности конструкций букв, цифр и знаков:

**ПРОПИСНЫЕ БУКВЫ** по их написанию можно разделить на 4 группы. Буквы первой группы - Г, Н, П, Т, Ц, Е, Ш, Щ образованы прямолинейными элементами, расположенными горизонтально или под углом 75 градусов к основанию строки. Буквы второй группы - А, И, Й, Х, К, Ж, М, Л, Д также образованы прямолинейными элементами, расположенными горизонтально, под углом 75 градусов к основанию строки и наклонно или диагонально. Буквы третьей группы Б, В, Р, У, Ч, Ъ, Ь, Ы, Я, С, Э образованы прямолинейными и криволинейными элементами. Буквы четвертой группы - О, З, Ю, Ф в основном состоят из криволинейных элементов.

### ЦИФРЫ

По характеру начертания арабские цифры подразделяются на 2 группы:

- 1) цифры 1, 4, 7, состоящие только из прямолинейных элементов,
- 2) цифры 2, 3, 5, 6, 8, 9, 0, состоящие из сочетания прямолинейных и криволинейных элементов.

### СТРОЧНЫЕ БУКВЫ

Из всего алфавита только 15 строчных букв по конструкции отличаются от соответствующих прописных. В основе начертания этих букв лежит конструкция элементов буквы О.

На чертежах при нанесении размеров диаметров, квадрата, при указании уклона и конусности перед размерным числом наносят соответствующие знаки.

Параметры шрифта типа Б ( $d = h/10$ )										
Параметры шрифта	Обозначение	Относит. размер	Размеры, мм							
Высота прописных букв	h	(10/10)h	10d	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.
Высота строчных букв	c	(7/10)h	7d	1.3	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.
Расстояние между буквами	a	(2/10)h	2d	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.8
Минимальный шаг строк	b	(17/10)h	17d	3.1	4.3	6.0	8.5	12.0	17.0	2.4
Минимальное расстояние между словами	E	(6/10)h	6d	1.1	1.5	2.1	3.0	4.2	6.0	8.4
Толщина линии шрифта	d	(1/10)h	d	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4

Ширина букв и цифр шрифта типа Б			
Прописные буквы	Широкие	Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ	8d
	Промежуточные	А, Д, М, Х, Ы, Ю	7d
	Узкие	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, Ц, П, Т, Р, У, Ч, Ь, Э, Я, Г, Е, С, З	6d
Строчные буквы	Широкие	ж, т, ф, ш, щ	7d
	Промежуточные	м, ю, ы	6d
	Узкие	а, б, в, г, д, и, к, л, о, н, ц, п, р, у, х, ч, э, я, ь, с, з	5d
Цифры	1-3d, 4-6d, остальных - 5d		

Рисунок 9 - Начертание шрифта типа Б

## 2.10 Штриховка

На чертеже сечения выделяют штриховкой. Вид ее зависит от графического обозначения материала детали и должен соответствовать ГОСТ 2.306 - 68\* (Рисунок 10).

МАТЕРИАЛЫ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
1) Металлы и твердые сплавы	
2) Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже.	
3) Дерево	
4) Камень естественный	
5) Керамика и силикатные материалы для кладки	
6) Бетон	
7) Стекло и другие светопрозрачные материалы	
8) Жидкости	
9) Грунт естественный	

Рисунок 10 – Виды штриховки

Металлы и твердые сплавы в сечениях обозначают наклонными параллельными линиями штриховки, проведенными под углом 45 градусов к линии контура изображения или к его оси, или к линиям рамки чертежа. Если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа под углом 45 градусов, совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45 градусов следует брать угол 30 или 60 градусов.

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены.

Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения - небольшими участками в нескольких местах.

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм.

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого - влево (встречная штриховка).

При штриховке "в клетку" для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным.

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона.

## 3 ИЗОБРАЖЕНИЯ

### 3.1 Виды

Правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) на чертежах всех отраслей промышленности и строительства устанавливает **ГОСТ 2.305 - 68**.

Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного (ортогонального) проецирования на плоскость. При этом предмет располагают между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Следует обратить внимание на различие, существующее между изображением и проекцией предмета. Не всякое изображение является проекцией предмета. Между предметом и его проекцией существует взаимно однозначное точечное соответствие, которое состоит в том, что каждой точке предмета соответствует определенная точка на проекции и наоборот.

При построении изображений предметов стандарт допускает применение условностей и упрощений, вследствие чего указанное соответствие нарушается. Поэтому получающиеся при проецировании предмета фигуры называют не проекциями, а изображениями. В качестве основных плоскостей проекций принимают грани пустотелого куба, в который мысленно помещают предмет и проецируют его на внутренние поверхности граней. Грани совмещают с плоскостью, как показано на рисунке 11/

Изображение на фронтальной плоскости принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, сечения, разрезы.

**ВИД** - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности при помощи штриховых линий. Однако, следует иметь в виду, что наличие большого количества штриховых линий затрудняет чтение чертежа, поэтому их использование должно быть ограничено.

Виды разделяются на основные, местные и дополнительные.

**ОСНОВНЫЕ ВИДЫ** - изображения, получаемые на основных плоскостях проекций - гранях куба (Рисунок 11):

- 1) вид спереди (главный вид);
- 2) вид сверху;
- 3) вид слева;
- 4) вид справа;
- 5) вид снизу;

б) вид сзади.

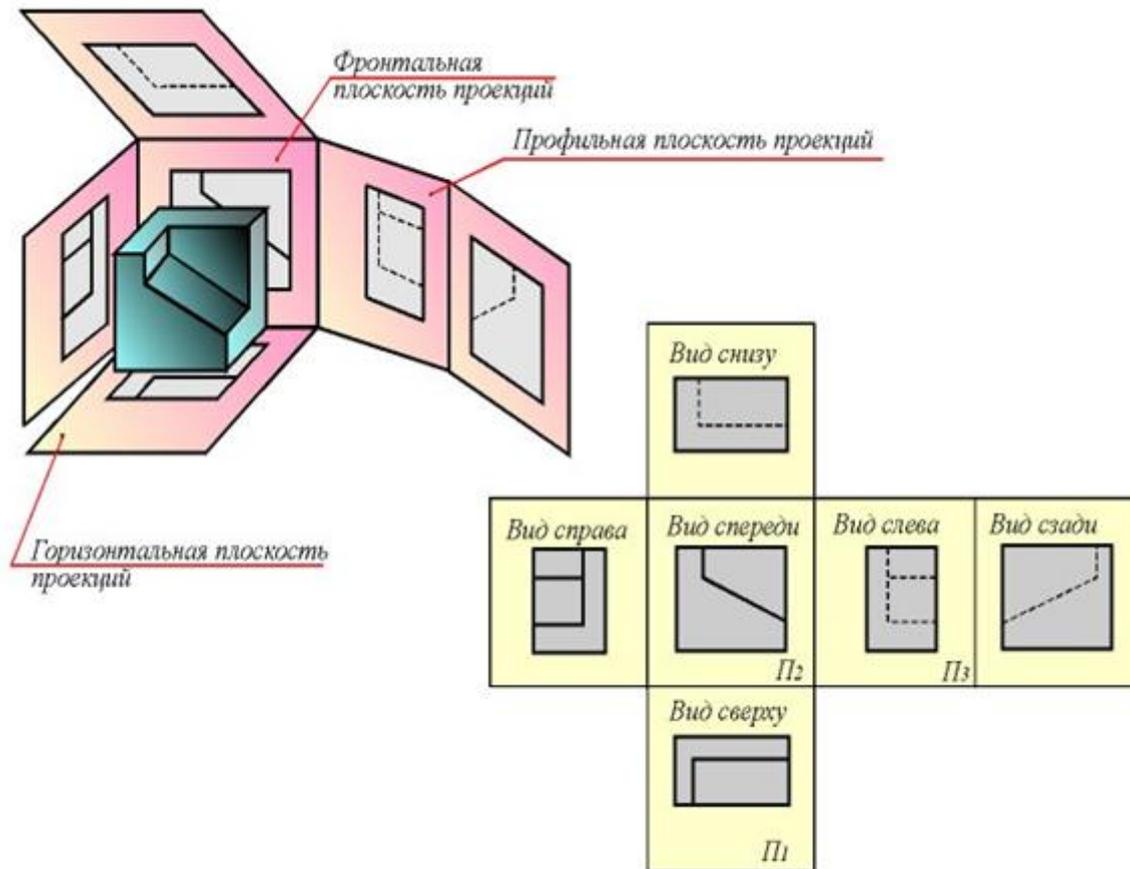


Рисунок 11 - Основные виды чертежа

Название видов на чертежах не надписываются. Если же виды сверху, слева и справа не находятся в проекционной связи с главным изображением, то они отмечаются на чертеже надписью по типу "А". Направление взгляда указывается стрелкой, обозначаемой прописной буквой русского алфавита.

Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.

**МЕСТНЫЙ ВИД** - изображение отдельного ограниченного места поверхности предмета на одной из основных плоскостей проекций. Местный вид можно располагать на любом свободном месте чертежа, отмечая надписью типа "А", а у связанного с ним изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (Рисунок 12).

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен (Рисунок 12).

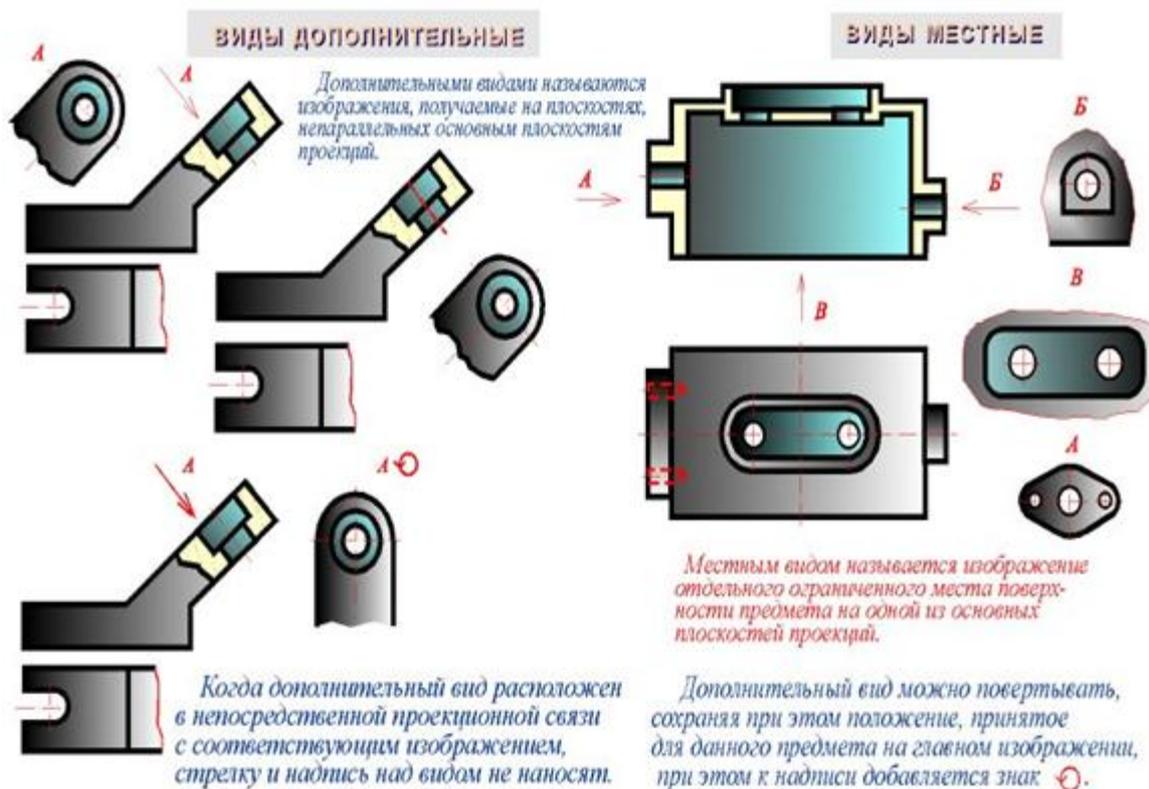


Рисунок 12 - Виды дополнительные и местные

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВИДЫ** - изображения, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций. Применяются в тех случаях, если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров. Дополнительный вид отмечается на чертеже надписью типа "А), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета ставится стрелка с соответствующим буквенным обозначением (стрелка А, Рисунок 12), указывающая направление взгляда.

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят. Дополнительный вид можно повернуть, сохраняя при этом положение, принятое для данного предмета на главном изображении. При этом к надписи "А" добавляется знак "повернуто"(Рисунок 12).

Основные, местные и дополнительные виды служат для изображения формы внешних поверхностей предмета. Удачное их сочетание позволяет избежать штриховых линий или свести их количество до минимума.

## 3.2 Сечения

Выявление формы внутренних поверхностей предмета при помощи штриховых линий значительно затрудняет чтение чертежа, создает предпосылки для неправильного его толкования, усложняет нанесение размеров и условных обозначений. Поэтому для выявления внутренней (невидимой) конфигурации предмета применяют условные изображения - сечения и разрезы.

**СЕЧЕНИЕМ** называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (Рисунок 13). На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

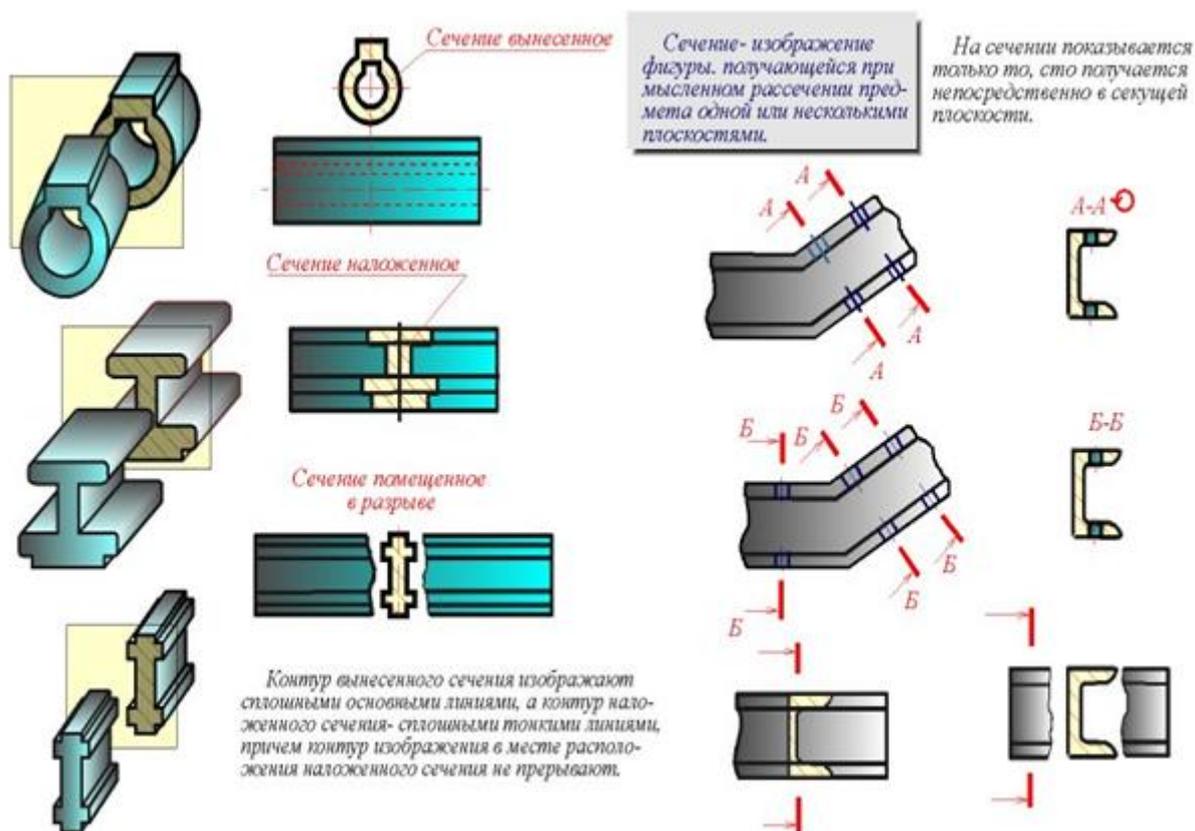


Рисунок 13 - Сечения

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения.

Сечения делятся на:

- 1) **входящие в состав разреза,**
- 2) **не входящие в состав разреза.**

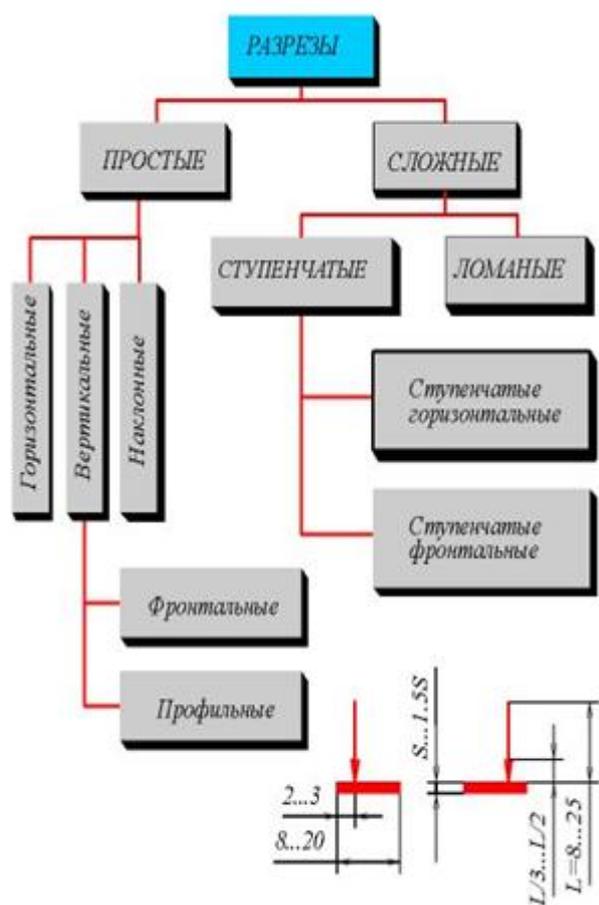
Не входящие в состав разреза делятся на:

- 1) **вынесенные,**
- 2) **наложенные.**

Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида на продолжении следа секущей плоскости при симметричной фигуре сечения, на любом месте поля чертежа, а также с поворотом.

### 3.3 Обозначение сечений

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения применяют разомкнутую линию со стрелками указывающими направление взгляда и обозначают секущую плоскость одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождается надписью по типу А-А (Рисунок 14). Соотношение размеров стрелок и штрихов разомкнутой линии должны соответствовать.



ОБОЗНАЧЕНИЕ СЕЧЕНИЙ (РАЗРЕЗОВ)

ОБЪЕКТ ОБОЗНАЧЕНИЯ	СПОСОБ ОБОЗНАЧЕНИЯ	
Положение секущей плоскости и направление взгляда		
Сечение (разрез)	А-А	А-А (2:1)
Сечение (разрез) с поворотом	А-А	А-А (5:1)

ОБОЗНАЧЕНИЕ СЛОЖНЫХ РАЗРЕЗОВ

Тип разреза	Указание положения секущих плоскостей и направление взгляда	Обозначение разреза
Ступенчатый		А - А
Ломаный		Б - Б

Рисунок 14 – Классификация разрезов

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения. Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и, как правило, без пропусков. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел приблизительно в два раза. Буквенное обозначение располагают параллельно основной надписи, независимо от положения секущей плоскости. В случаях, указанным на

рисунке 14, при симметричной фигуре линию сечения не проводят и сечение надписью не сопровождают.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве, или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

Для нескольких одинаковых сечений одного и того же предмета линии сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение. Если при этом секущие плоскости направлены под разными углами, то знак "повернуто" не наносят.

### 3.4 Выполнение сечений

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (Рисунок 13). Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения - сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией. На чертеже сечения выделяют штриховкой. Вид ее зависит от графического обозначения материала детали и должен соответствовать ГОСТ 2.306 - 68.

Металлы и твердые сплавы в сечениях обозначают наклонными параллельными линиями штриховки, проведенными под углом  $45^\circ$  к линии контура изображения или к его оси, или к линиям рамки чертежа.

Если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа под углом  $45^\circ$ , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла  $45^\circ$ , следует брать угол  $30$  или  $60^\circ$ .

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью. Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы.

### 3.5 Разрезы

**РАЗРЕЗОМ** называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и

что расположено за ней (Рисунок 15). Таким образом, разрез состоит из **сечения** и **вида** части предмета, расположенной за секущей плоскостью.

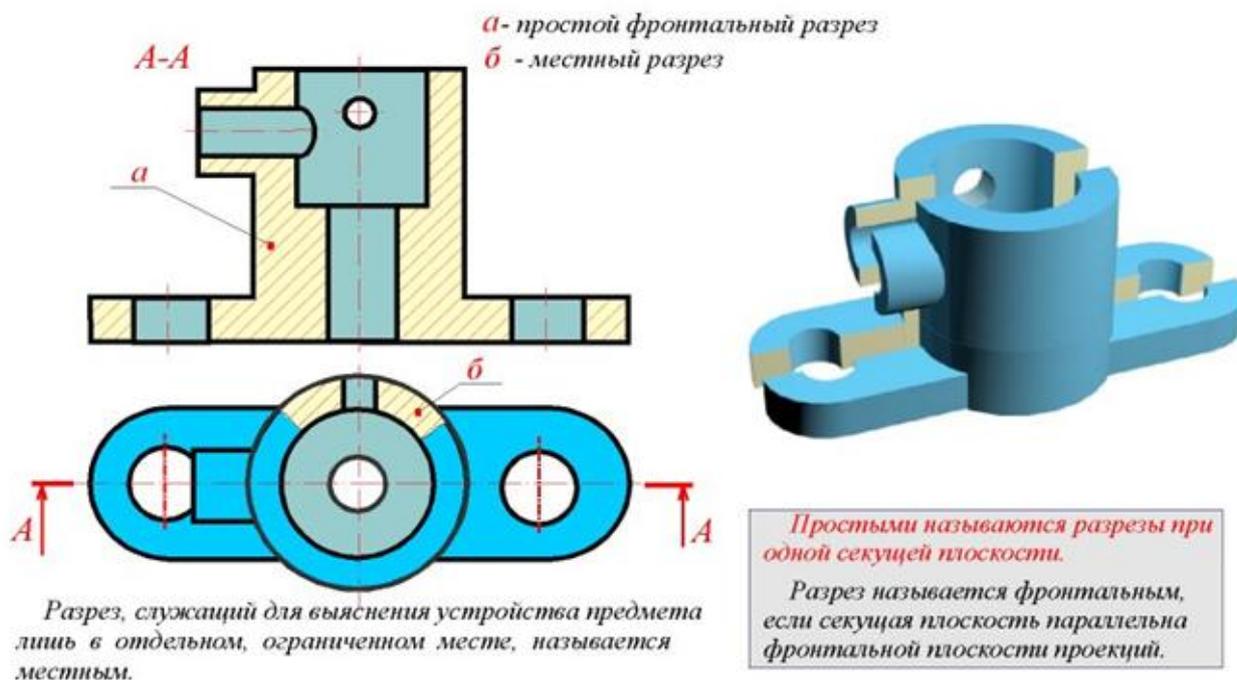


Рисунок 15 – Простой фронтальный и местный разрезы

### Классификация разрезов (Рисунок 14)

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

- а) **простые** - при одной секущей плоскости;
- б) **сложные** - при нескольких секущих плоскостях.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются на:

- а) **горизонтальные** - секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций;
- б) **вертикальные** - секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций;
- в) **наклонные** - секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

Вертикальные разрезы называются:

- а) **фронтальными**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций;

б) **профильными**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

Сложные разрезы разделяются на:

а) **ступенчатые**, если секущие плоскости параллельны (ступенчатые горизонтальные, ступенчатые фронтальные);

б) **ломаные**, если секущие плоскости пересекаются.

Разрезы называются:

а) **продольными**, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета ;

б) **поперечными**, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета.

Разрезы, служащие для выяснения устройства предмета лишь в отдельных, ограниченных местах, называются **местными**.

### 3.6 Обозначение простых разрезов

Положение секущей плоскости, направление взгляда и сам разрез обозначают в соответствии с таблицей.(Рисунок 14).

Положение секущей плоскости не отмечают и разрез надписью не сопровождают, если одновременно выполняются три условия:

а) секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом;

б) разрез расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением;

в) разрез является горизонтальным, фронтальным или профильным ( ).

Вертикальный разрез, когда секущая плоскость непараллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций, а также наклонный разрез, допускается выполнять с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В этом случае к обозначению должен быть добавлен знак "повернуто", как показано на рисунке 16.

### 3.7 Выполнение простых разрезов

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (Рисунок 16).

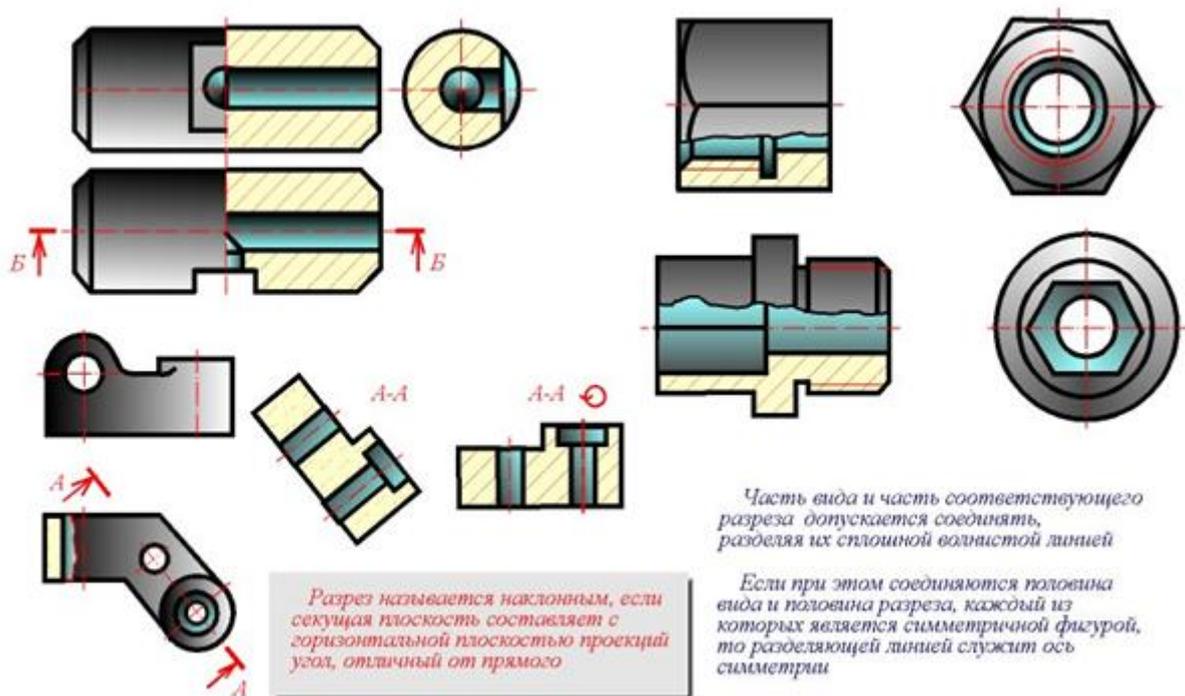


Рисунок 16 - Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы

Местные разрезы выделяются на виде сплошными волнистыми линиями. Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения (Рисунок 17).

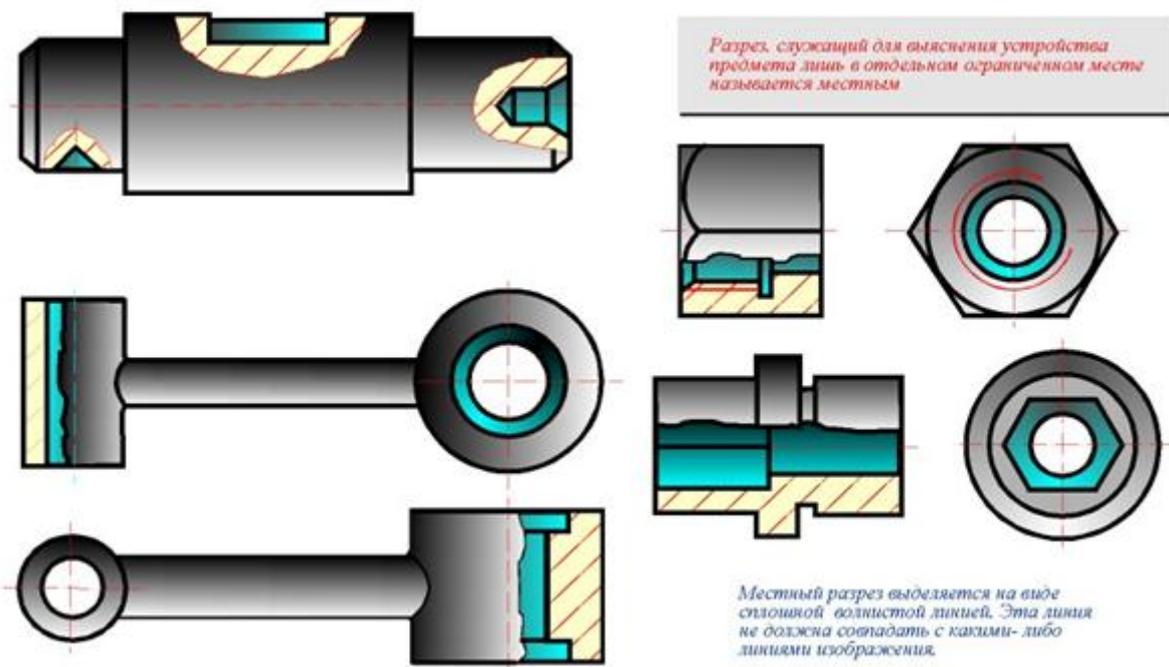


Рисунок 17 – Местный разрез

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией (Рисунок 17). Она не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии. Нельзя соединять половину вида с половиной разреза, если какая-либо линия изображения совпадает с осевой (например, ребро). В этом случае соединяют большую часть вида с меньшей частью разреза или большую часть разреза с меньшей частью вида.

Допускается разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет тело вращения. При соединении половины вида с половиной соответствующего разреза, разрез располагают справа от вертикальной оси и снизу от горизонтальной (Рисунок 17).

### **3.8 Обозначение сложных разрезов**

Сложные разрезы всегда обозначают на чертеже в соответствии с таблицей. (Рисунок 14).

### **3.9 Выполнение сложных разрезов**

Фигуры сечения, полученные различными секущими плоскостями сложного разреза, не разделяют одну от другой никакими линиями (Рисунок 18 и Рисунок 19).

Сложный ступенчатый разрез помещают на месте соответствующего основного вида (Рисунок 18) или в любом месте чертежа.

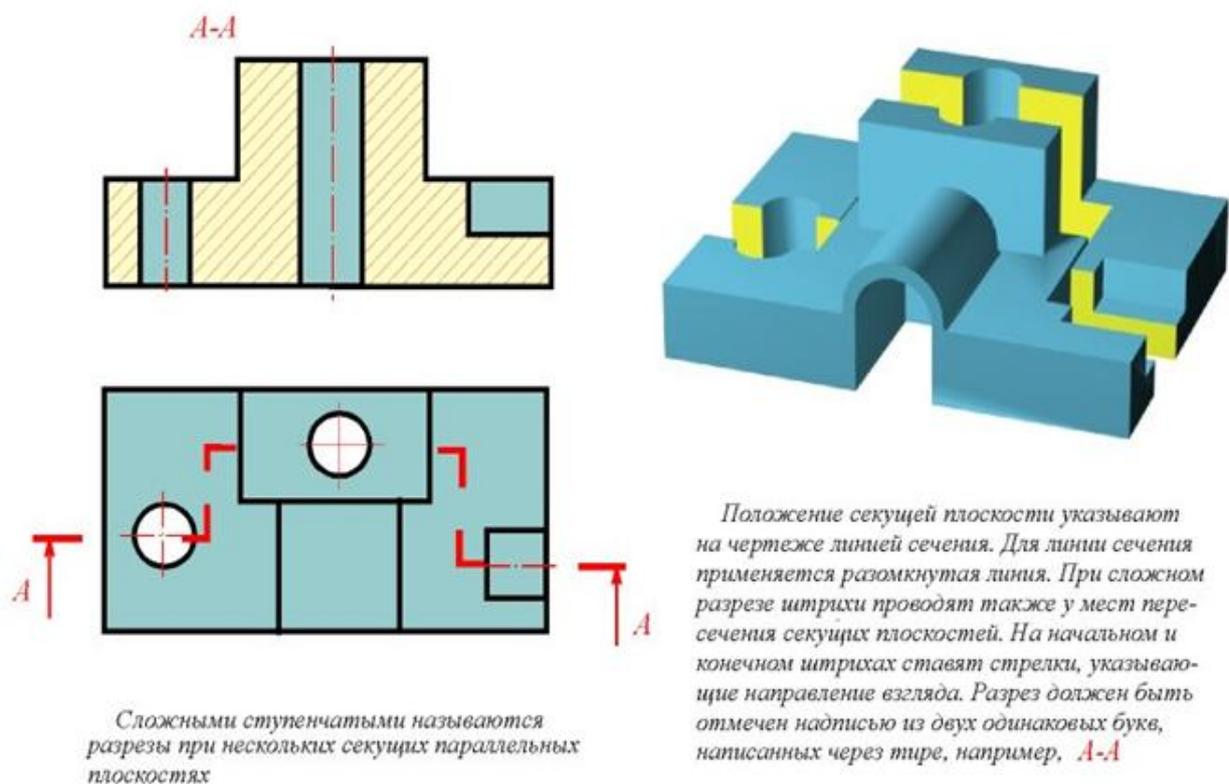
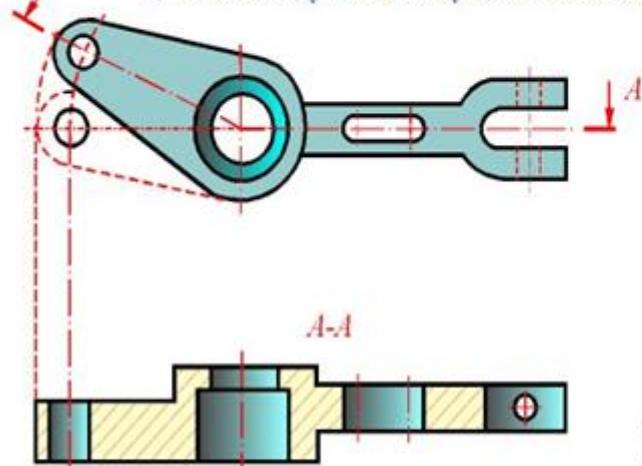


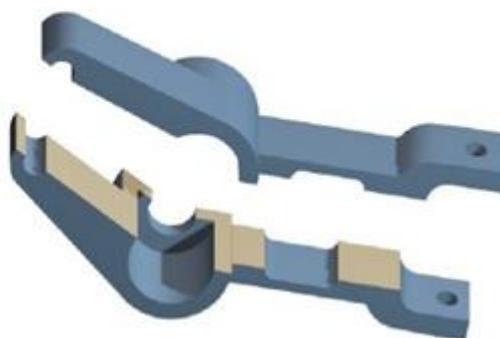
Рисунок 18 - Сложный ступенчатый разрез

При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда. Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида (Рисунок 19).

Ломаные разрезы образуются пересекающимися между собой секущими плоскостями



При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда.



Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида.

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение.

Рисунок 19- Ломаные разрезы

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение.

Допускается соединение ступенчатого разреза с ломаным в виде одного сложного разреза. Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов; четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т.п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

## 4 УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

### 4.1 Условности и упрощения при выполнении изображений

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один - два таких элемента, а остальные элементы показывают упрощенно или условно (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Обозначение одинаковых элементов

Допускается в подобных случаях изображать лишь часть такого предмета с указаниями количества элементов, их расположения и т.п.

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии.

Плавный переход от одной поверхности к другой показывают условно сплошной тонкой линией или совсем не показывают.

Болты, винты, шпильки, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и другие подобные детали при продольном разрезе показывают нерассеченными.

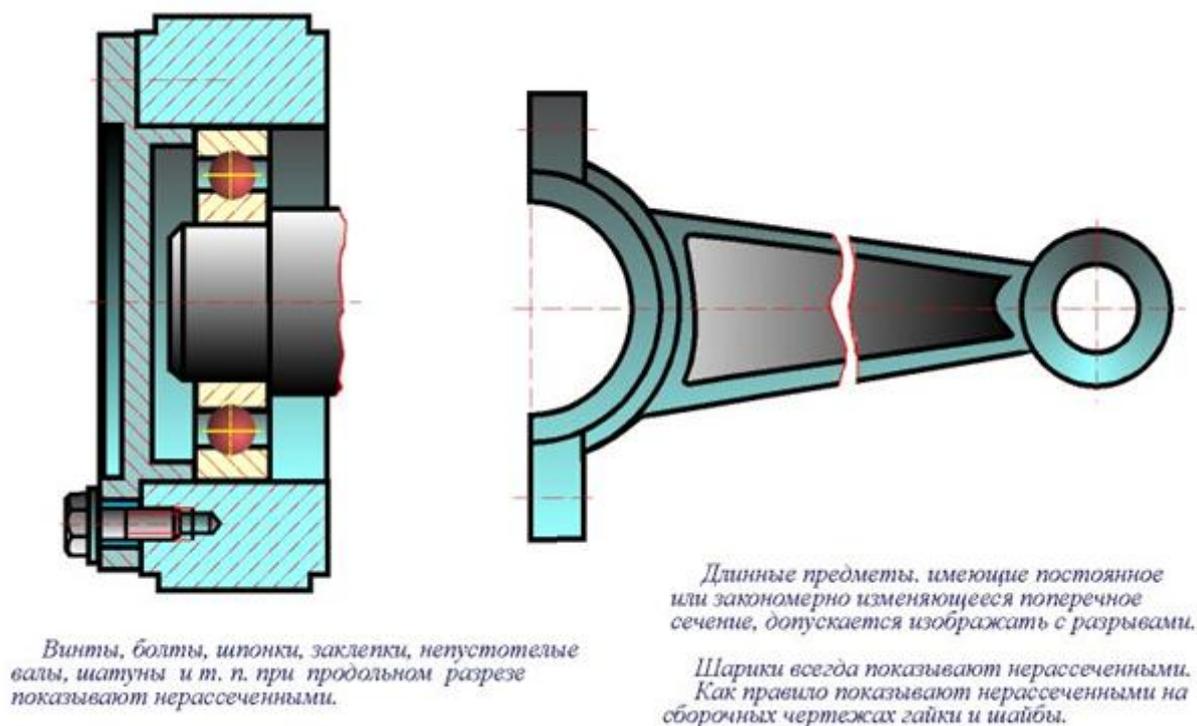


Рисунок 21 – Обозначение винтов, болтов, шайб на чертеже

Шарики всегда показывают нерассеченными. Как правило, гайки и шайбы на сборочных чертежах также показывают нерассеченными (Рисунок 21). Такие элементы, как спицы маховиков, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости показывают незаштрихованными для большей наглядности чертежа, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента. Если в подобных элементах детали имеется местное сверление или углубление, то делают дополнительный местный разрез элемента. Допускается незначительную конусность или уклон изображать с увеличением. На тех изображениях, на которых уклон или конусность отчетливо не выявляются, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном или меньшему основанию конуса.

Если изображение предмета является симметричной фигурой, то допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины (Рисунок 22). В последнем случае проводят линию обрыва. При необходимости выделения на чертеже плоских поверхностей предмета, на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями. Длинные предметы (или их элементы), имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (стержни, валы, трубопроводы, шатуны, прокат и т.п.), допускается изображать с разрывами (Рисунок 21).

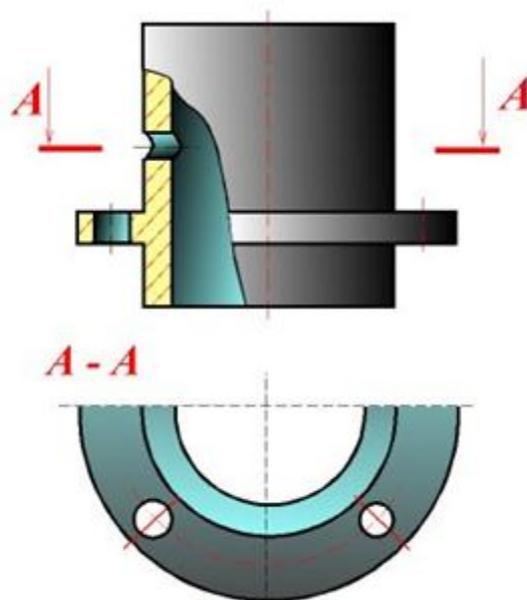


Рисунок 22 – Изображение симметричной фигуры

Допускается изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость.

#### 4.2 Выбор необходимого количества изображений

1. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) предмета на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для исчерпывающего выявления его внешней и внутренней формы и должно давать возможность рационально нанести размеры.

2. Каждая деталь машины или механизма состоит из конструктивных сочетаний различных простейших пространственных форм. Приступая к выбору количества изображений, необходимо мысленно расчленить деталь на составляющие ее простейшие геометрические формы: призмы, пирамиды, конусы, цилиндры, торы и т.п.

3. Каждая простейшая пространственная форма должна иметь такое количество изображений, чтобы каждая ее точка имела не менее двух проекций. В соответствии с этим, для однозначного выявления формы простейших геометрических тел необходимо от 2-х до 3-х проекций (Рисунок 23).

4. В некоторых случаях одна проекция с соответствующим условным знаком, поставленным у размерного числа, дает полное представление о форме изображенного предмета: знак диаметра  $\Phi$  говорит о том, что изображенный предмет является телом вращения; знак квадрата обозначает, что изображенный предмет имеет форму призмы с нормальным сечением в виде квадрата; тонкие пересекающиеся линии, вычерченные на изображении, обозначают плоскость; слово "сфера", написанное перед знаками R или  $\Phi$  говорит о том, что по-

верхность сферическая; символ "S" (толщина) перед размерным числом заменяет вторую проекцию детали, имеющую форму параллелепипеда.

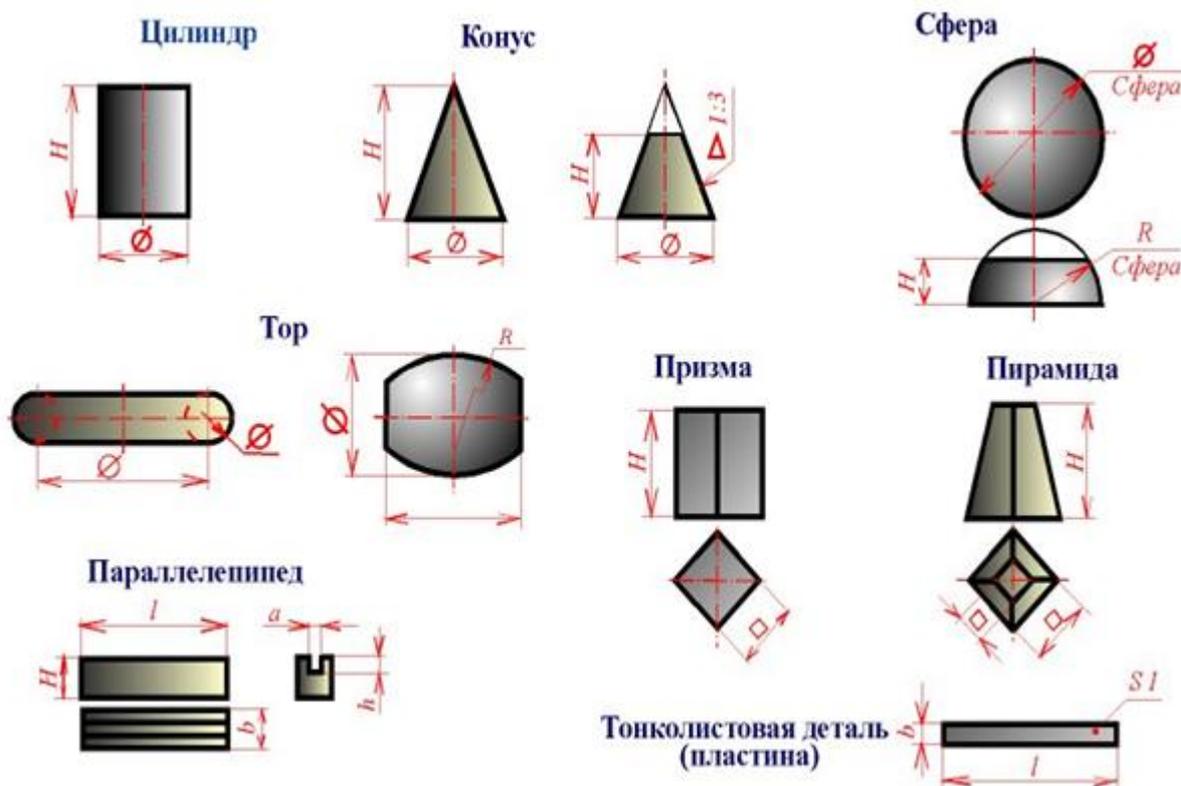


Рисунок 23 – Проекции простейших пространственных форм

5. После анализа формы детали, с учетом вышеуказанного, можно определить, какие изображения необходимы для исчерпывающей передачи внешних и внутренних форм этой детали. Для большинства деталей машин и механизмов достаточно выполнить 3 изображения, учитывая, что для изображения невидимых контуров изделия можно пользоваться штриховыми линиями, можно совмещать части видов с частями соответствующих разрезов, применять сложные разрезы и т.п.

6. В зависимости от конфигурации детали ее чертеж может состоят из совокупности:

- а) одних видов, если деталь не имеет внутренних пустот;
- б) одних разрезов, если при этом не теряется представление о внешних формах детали;
- в) видов и сечений;
- г) видов, разрезов и сечений;
- д) полных видов и разрезов или соединения частей вида и разреза.

### 4.3 Компоновка изображений на поле чертежа

Комплекс изображений детали может быть размещен на поле чертежа различным образом. Однако не всякое расположение изображений на формате будет удачным с точки зрения их восприятия.

Одной из основ компоновки является принцип равновесия изображений с листом, на котором они расположены. Принцип равновесия состоит в том, что изображения, по возможности, должны уравнивать формат листа, т.е. располагаться на нем равномерно (Рисунок 24), а не концентрироваться в каком-либо одном месте, вследствие чего могут остаться большие незаполненные участки.

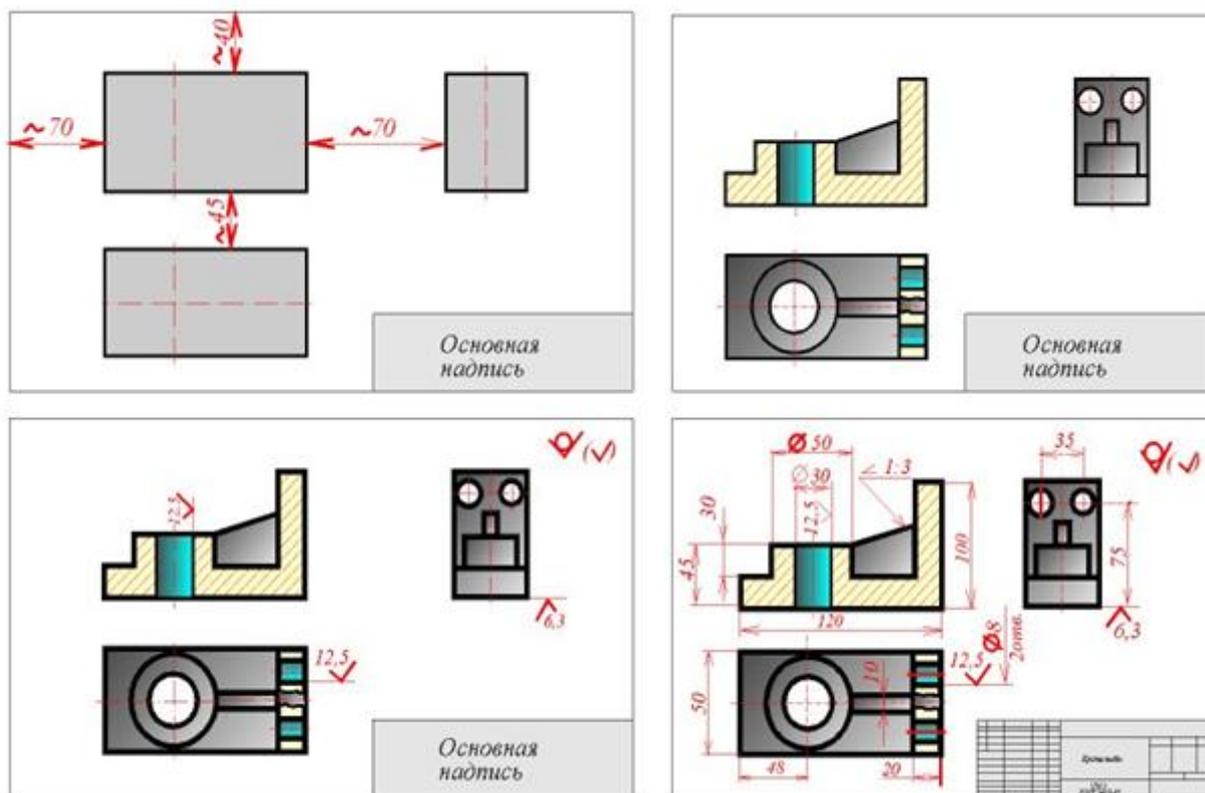


Рисунок 24 – Принцип равновесия

Расстояния между отдельными изображениями и расстояния между изображениями и линиями рамки должны выбираться такими, чтобы обеспечить благоприятные условия для нанесения размеров, условных обозначений и надписей (поэтому, приступая к компоновке листа, целесообразно предварительно нанести тонкими линиями габаритные прямоугольники, соответствующие по размерам будущим изображениям, и после уточнения их расположения, вписать в них изображения детали, нанести размеры.

#### 4.4 Изображение на чертеже линий пересечения и перехода

Поверхности, ограничивающие отдельные части детали, пересекаются между собой по различным линиям. В общем случае линия пересечения поверхностей может быть плоской или пространственной ломаной, плоской или пространственной кривой линией. Поверхности детали, подвергшиеся механической обработке, при пересечении образуют четкую линию, называемую линией пересечения, которую на чертеже обводят сплошной основной линией толщиной  $S = 0,5 \dots 1,4$  мм (Рисунок 25).

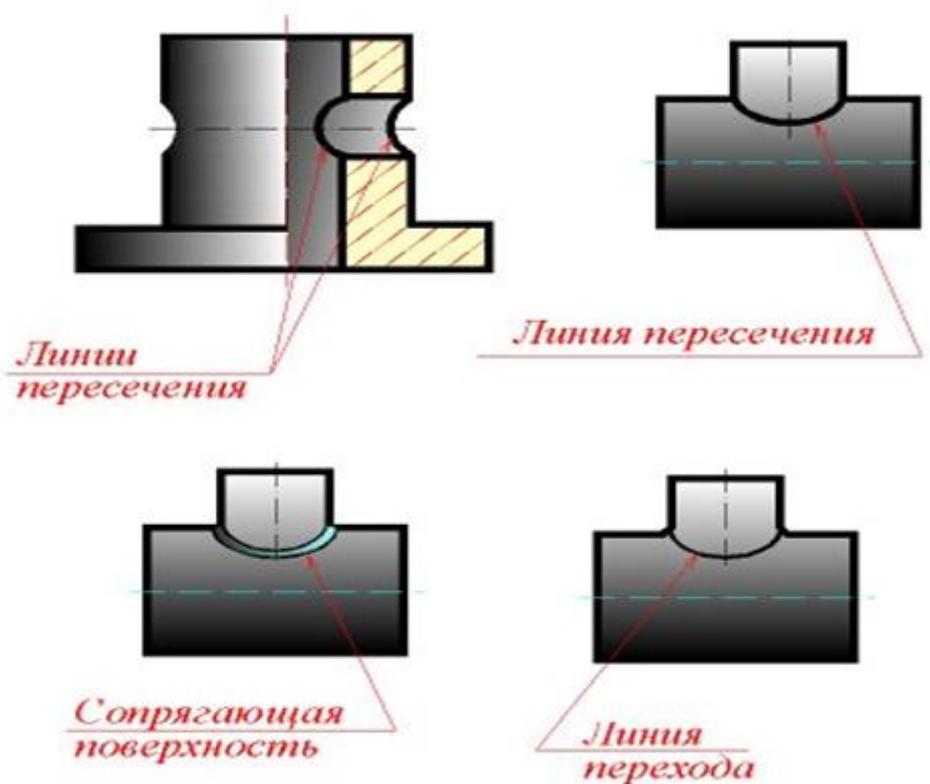


Рисунок 25 - Линии пересечения и перехода на чертеже

Поверхности детали, полученные путем отливки, штамповки иликовки и не подвергшиеся механической обработке, не пересекаются, а сопрягаются друг с другом при помощи третьей поверхности. Вместо этой переходной поверхности на изображении детали проводится геометрическая линия пересечения поверхностей тонкой сплошной линией так, как показано на рисунке 25. В этом случае эту условную линию называют не линией пересечения, а линией перехода.

Линии пересечения и перехода придают изображениям некоторую объемность. Способы определения точек, принадлежащих линиям пересечения и перехода поверхностей, рассматриваются в курсе начертательной геометрии.

#### 4.5 Построение линий пересечения и перехода

Поверхность цилиндра, изображенная на рисунке 26, является горизонтально проецирующей. Поэтому горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с горизонтальной проекцией цилиндра, а фронтальная проекция линии строится при помощи определения ряда ее точек.

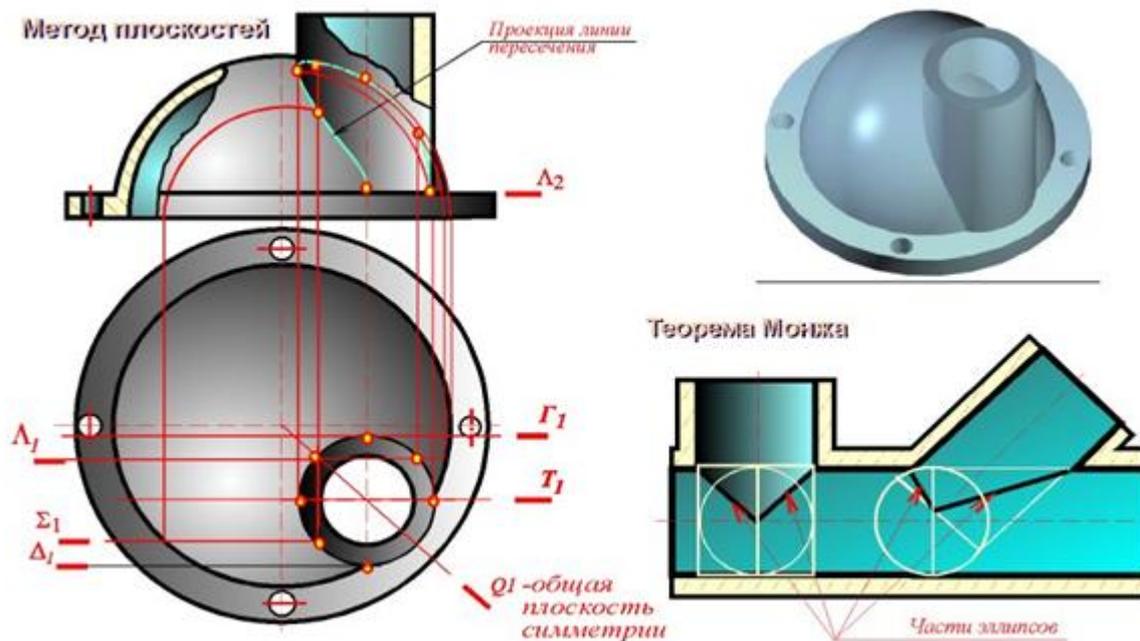


Рисунок 26 -Поверхность цилиндра

Наивысшая очерковая и низшие точки определяются с помощью плоскостей Q, T и U. Промежуточные точки с помощью вспомогательных плоскостей Г и Н.

Для определения точек, принадлежащих линии перехода поверхностей Q и Ф, применены вспомогательные концентрические сферы, за центр которых принята точка O - пересечения их осей.

Пересекающиеся поверхности конуса K и тора T (Рисунок 27) имеют круговые сечения и общую фронтальную плоскость симметрии, поэтому для определения точек линии перехода применены вспомогательные эксцентрические сферы.

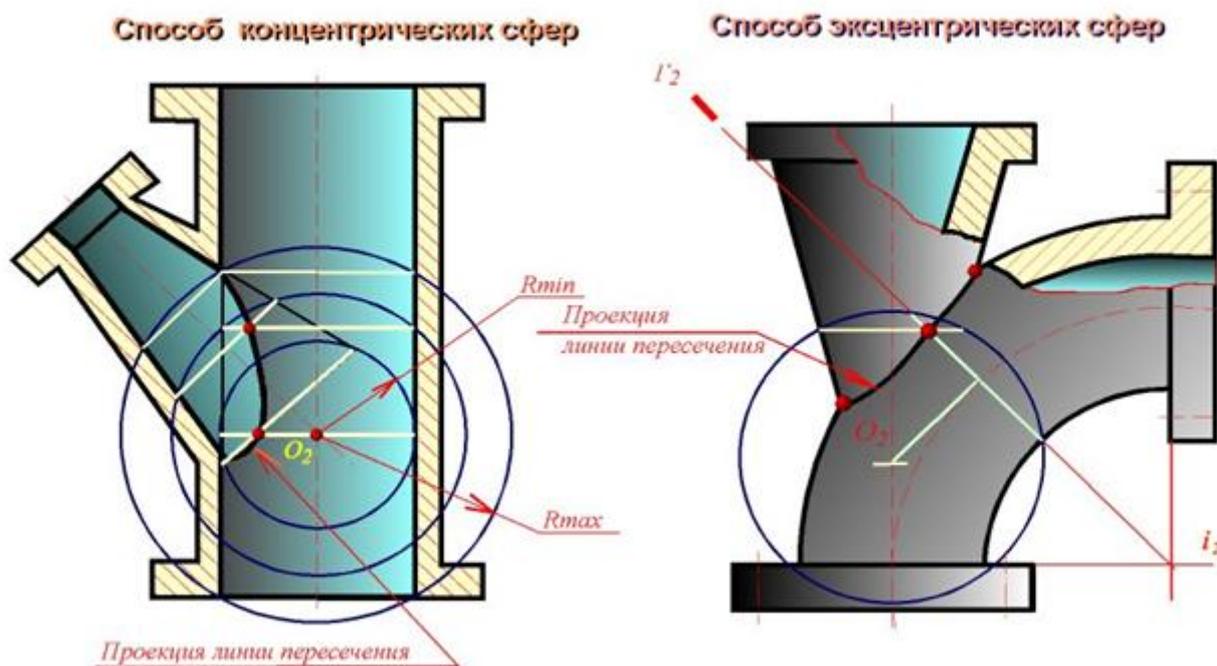


Рисунок 27 – Пересечение поверхности конуса и тора

## 5 НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

### 5.1 Основные виды механической обработки деталей

Существуют следующие основные виды механической обработки деталей: **точение, строгание, сверление, фрезерование, протягивание и шлифование.**

При **точении** главное движение вращательное - совершает заготовка, а движение подачи - поступательное совершает резец вдоль оси заготовки или перпендикулярно оси заготовки. Точение применяют для обработки тел вращения (валов, втулок, дисков, заготовок зубчатых колес и др.).

При **строгании** главным движением резания является прямолинейное движение строгального резца, а подачей - перемещение заготовки в направлении, перпендикулярном движению резания. С помощью строгания можно получать плоские и несложные фасонные поверхности.

При **сверлении** заготовка, как правило, неподвижна, а сверло или другой инструмент для обработки отверстия (зенкер, развертка) получают вращательное движение и подачу.

**Фрезерование** производится при одновременном быстром вращении многозубого инструмента (фрезы) и медленном перемещении заготовки. Фрезерование применяют чаще строгания из-за высокой производительности и универсальности. Фрезерованием можно изготавливать также резьбовые поверхности и тела вращения.

**Протягивание** осуществляется при прямолинейном или вращательном движении многозубого режущего инструмента (протяжки) относительно заготовки. Движение подачи отсутствует, а подача обеспечивается конструкцией протяжки. Протягиванием можно изготавливать отверстия и наружные поверхности различной формы.

**Шлифование** производят при быстром вращении режущего инструмента (шлифовального круга) и относительно медленном вращении заготовки. Продольной подачей является возвратно-поступательное движение заготовки вдоль своей оси. Шлифование обеспечивает получение поверхностей тел вращения, фасонных и плоских поверхностей с высокой точностью и малой шероховатостью. Шлифование применяют для обработки деталей в закаленном состоянии.

При изготовлении деталей с высокой точностью и классом чистоты обработанных поверхностей после предварительной или чистовой обработки применяют **отделочную обработку** (доводку).

После чернового точения, фрезерования, строгания получается шероховатость поверхностей от 100 до 6,3 мкм; после чистового точения, фрезерования, строгания, сверления - от 12,5 до 1,6 мкм; после шлифования, развертывания, протягивания - от 1,6 до 0,2; после доводочных операций - от 0,4 до 0,01 мкм.

## 5.2 Краткие сведения о базах в машиностроении

Конструктивный элемент детали, от которого ведется отсчет размеров детали, называется **базой**. Это может быть поверхность или линия (осевая, центровая).

Все многообразие поверхностей сводится к следующим четырем:

- **основные поверхности**, которыми определяется положение детали в изделии;
- **вспомогательные поверхности**, которые определяют положение присоединяемой детали относительно данной;
- **исполнительные поверхности**, с помощью которых деталь выполняет свое функциональное назначение;
- **свободные поверхности**, не имеющие соприкосновения с поверхностями других деталей.

В зависимости от назначения различают следующие базы:

- **конструкторские** - базы, используемые для определения положения элементов:
  - а) детали в детали;
  - б) детали в сборочной единице;
  - в) сборочной единицы в изделии;

- **технологические** - базы, используемые для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте;

- **измерительные** - базы, используемые для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

### 5.3 Система простановки размеров

Выбор системы простановки размеров относится к одному из самых сложных этапов работы исполнителя. Объясняется это наличием большого числа совместно решаемых конструкторских и технологических задач. Основное условие, которое должно быть выполнено при этом - наибольшая простота процесса изготовления детали при наименьшей стоимости ее изготовления.

Системы простановки размеров от различных баз имеют свои особенности. **Система простановки размеров от конструкторских баз** отличается тем, что все размеры на чертеже проставляются от поверхностей, которые определяют положение детали в собранном и работающем механизме. В этом случае не связывают простановку размеров с вопросами изготовления детали.

Преимущества простановки размеров от конструкторских баз:

- а) наличие на чертежах коротких размерных цепей, что повышает точность и качество изделия;
- б) облегчение проверки, расчета и увязки размеров, как детали, так и всего изделия;
- в) повышение срока годности чертежа, т.к. в нем не отражены требования часто меняющейся технологии.

Недостатки простановки размеров от конструкторских баз:

- а) необходимость дополнительно готовить технологическую документацию для обработки детали, т.к. чертеж не отражает требований технологии;
- б) рост числа контрольно-измерительных операций, т.к. заказчик принимает изготовленную деталь не по технологическому, а по конструкторскому чертежу.

**Система простановки размеров от технологических баз** характеризуется тем, что все размеры на чертеже проставляются от поверхностей, определяющих положение детали при обработке. В этом случае связывают простановку размеров с вопросами изготовления детали.

Преимущества простановки размеров от технологических баз:

- а) в простановке размеров отражены производственные требования, что облегчает изготовление детали;

б) не требуется перечня размеров и допусков, т.е. отпадает необходимость в специальной технологической документации;

в) упрощается конструкция режущего и измерительного инструмента;

г) изготовление детали и контрольно-измерительные операции производятся по одному и тому же чертежу.

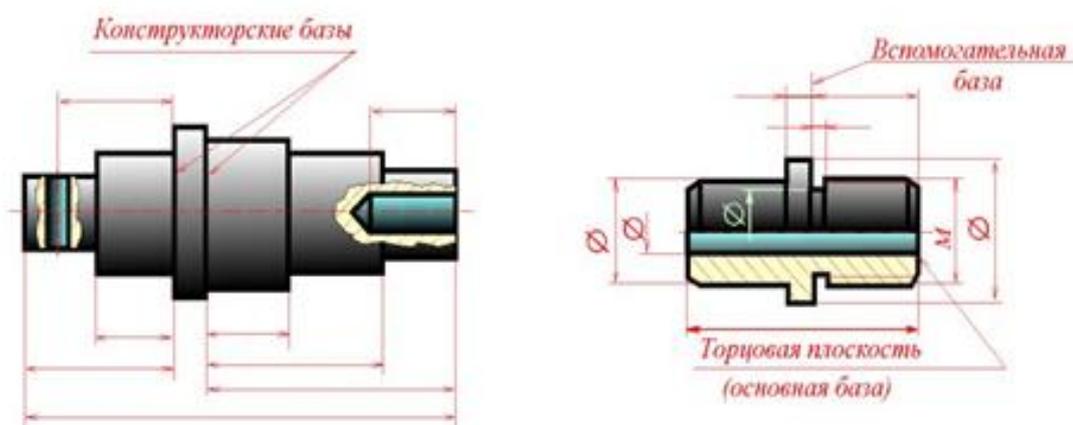
Недостатки простановки размеров от технологических баз:

а) некоторая осложненность в проверке и увязке размеров в детали и в изделии;

б) сокращение срока годности чертежа, т.к. необходима его корректировка при изменении технологии;

в) слабое отражение на чертеже конструктивных особенностей изделия.

Деталь может иметь несколько конструкторских баз (Рисунок 28), причем одну из них считают **основной**, а остальные - **вспомогательными**. На рисунке 28 (справа) дан пример правильного нанесения размеров, с введением для удобства простановки и измерения размеров, вспомогательной базы.



*Конструктивный элемент детали, от которого ведется отсчет размеров детали, называется базой. Это может быть поверхность или линия (осевая, центровая). В зависимости от назначения различают следующие базы: конструкторские, технологические и измерительные.*

*Конструкторские базы используются для определения положения элементов в детали: а) детали в детали; б) детали в сборочной единице; в) сборочной единицы в изделии.*

*Деталь может иметь несколько конструкторских баз, причем одну из них считают основной, а остальные - вспомогательными.*

Рисунок 28 – Конструкторская и вспомогательная базы

Обычно стремятся к тому, чтобы конструкторские базы были использованы в качестве технологических. Может быть применена комбинированная система простановки размеров: одна часть размеров проставляется от конструкторских баз, другая - от технологических. Простановку размеров от конструкторских баз ограничивают. Наиболее полно удовлетворяет требованиям производства простановка размеров от технологических баз.

В учебной практике при выполнении эскизов с натуры чаще всего используют технологические базы, т.к. положение детали в изделии, как правило, неизвестно. На рисунке 28 при нанесении размеров втулки в качестве основной технологической базы принят правый торец детали. Размеры нанесены так, что, пользуясь ими, легко изготовить деталь. Кроме основной базы, использованы также вспомогательные базы, позволяющие наиболее просто и точно проконтролировать размеры, заданные на чертеже.

#### 5.4 Методы простановки размеров

**ЦЕПНОЙ МЕТОД** - размеры наносят по одной линии, цепочкой, один за другим (размеры  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$  на рисунке 29; за технологическую базу принята торцовая поверхность вала). Метод характеризуется постепенным накоплением суммарной погрешности при изготовлении отдельных элементов детали. Значительная суммарная погрешность может привести к непригодности изготовленной детали.

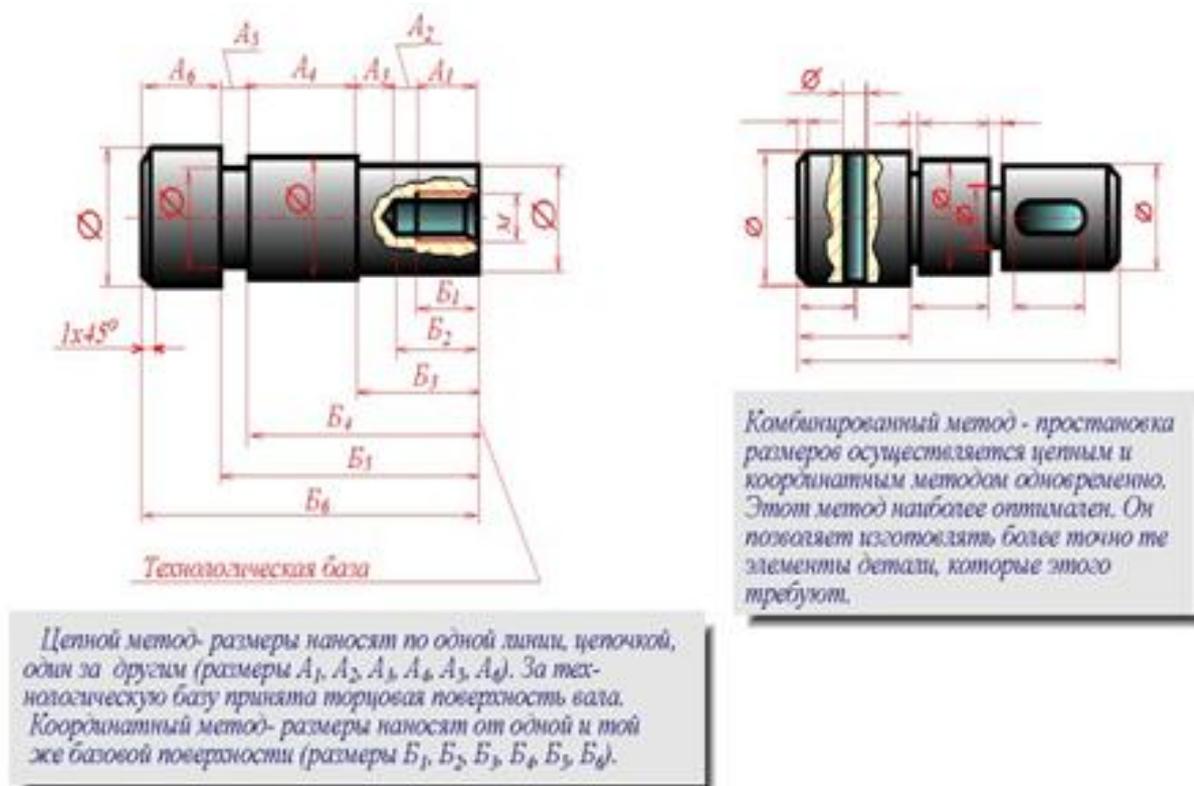


Рисунок 29 – Технологическая база

**КООРДИНАТНЫЙ МЕТОД** - все размеры наносят от одной и той же базовой поверхности (размеры  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  и  $B_6$  на рисунке 29). Этот метод отличается значительной точностью изготовления детали. При нанесении размеров этим методом необходимо учитывать повышение стоимости изготовления детали.

**КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД** - простановка размеров осуществляется цепным и координатным методами одновременно (Рисунок 31, справа). Этот метод более оптимален. Он позволяет изготавливать более точно те элементы детали, которые этого требуют.

## 5.5 Чертеж вала

Рассмотрим подробнее чертеж вала (Рисунок 30).

Для цилиндрической поверхности (диаметр "40") заданы повышенные требования к шероховатости поверхности. Такое условие дает право заключить, что это сопрягаемая поверхность и наиболее ответственный элемент.

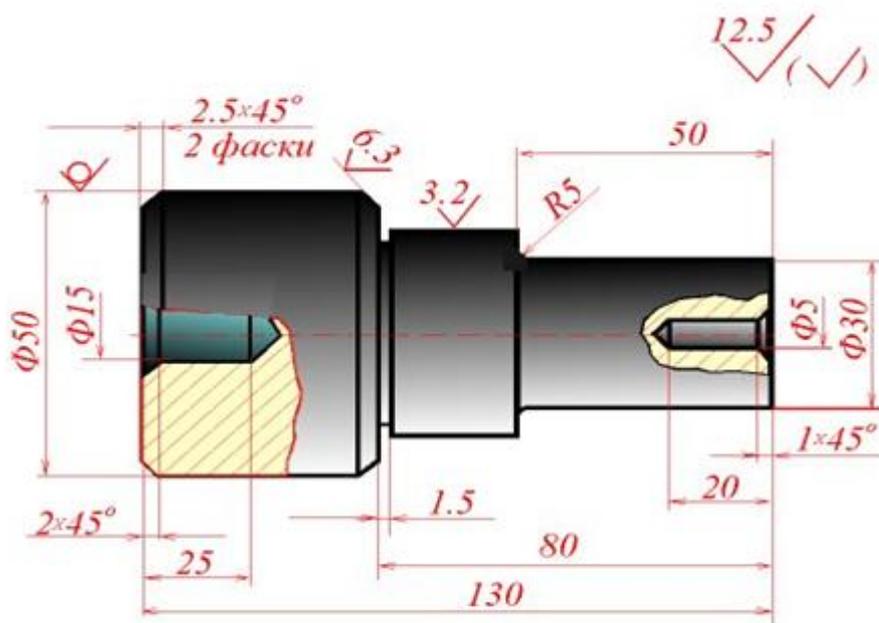


Рисунок 30 – Чертеж вала

Основной базой вала служит правая торцовая плоскость, от которой проставлены все линейные размеры. Размер "40" для удобства измерений проставлен от вспомогательной базы - левой торцовой плоскости.

Проставленные конструктором на чертеже размеры являются одновременно и конструктивными, т.е. отвечающими требованиям конструкции, и технологическими, отвечающими требованиям технологического процесса изготовления детали. Дополнительные изображения контуров заготовки и инструмента, приведенные на рисунке 31, облегчают уяснение проставленных размеров. Обосновать простановку размеров в связи с технологическим процессом изготовления вала можно в данном случае очень просто:

1. Для изготовления вала, как это видно из чертежа (Рисунок 30), надо взять пруток диаметром 50 мм.

2. После подрезания торца вал обточить с диаметра "50" до диаметра "40,5" на длине 80 мм (припуск 0,5 на диаметр задан для исполнения размера диаметра "40" с соответствующими предельными отклонениями, но после выполнения других операций).

3. Затем обточить вал на длине 50 мм с диаметра 40,5 мм до диаметра 30 мм.

4. Выполнить проточку шириной 1,5 мм до диаметра 36 мм.

5. Сверлить отверстие диаметром 5 мм на глубину 20 мм и т.д.

Сверление отверстия с левого конца вала выполняется со второй установки.

В процессе изготовления и приемки детали все упомянутые линейные размеры легко контролировать от основной базы - торцевой плоскости. Эти же размеры служат для установки резцов при настройке револьверного станка. Очевидно, что при обработке вала одновременно несколькими резцами перерабатывать чертеж не требуется.

## 5.6 Конструктивные элементы деталей

Зубчатое (шлицевое) соединение - соединение вала и втулки, осуществляемое с помощью зубьев (шлицев) и впадин (пазов), выполненных на валу и в отверстии втулки (Рисунок 31).

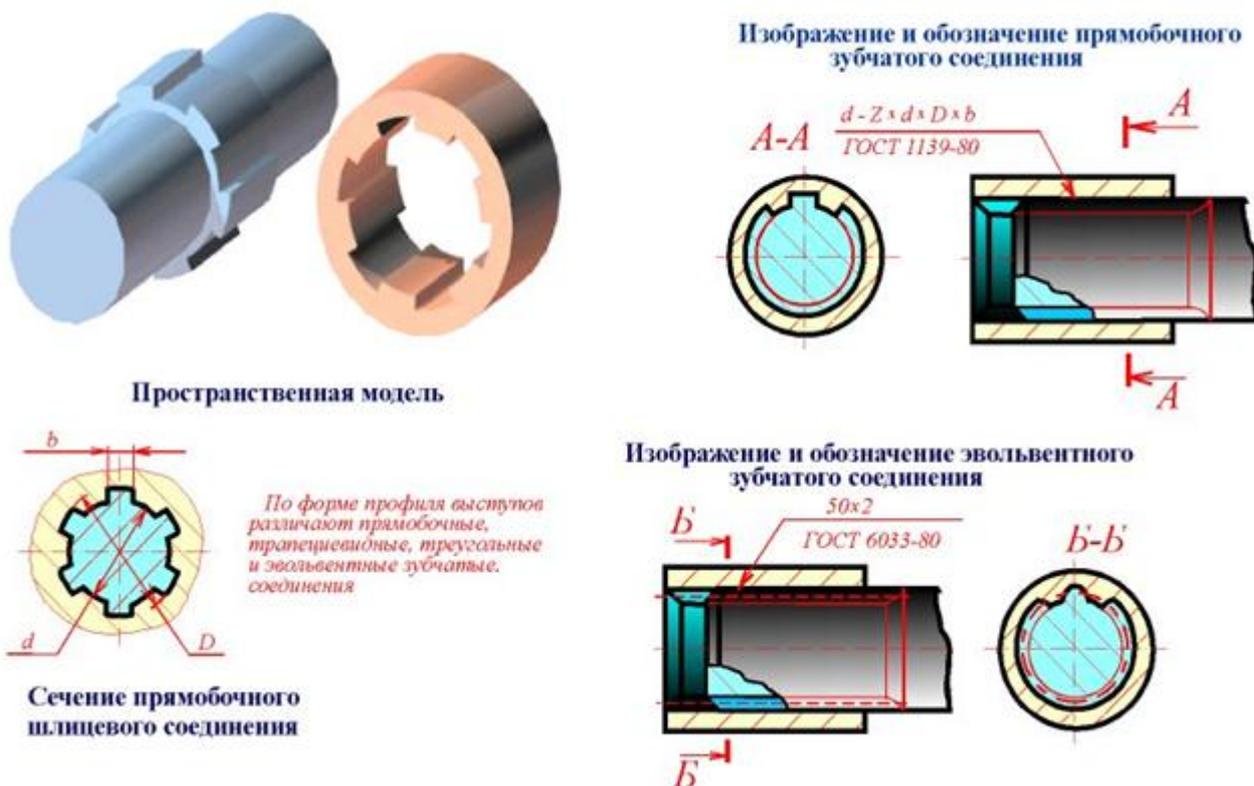


Рисунок 31 – Изображение зубчатого (шлицевого) соединения

Наибольшее распространение в машиностроении получили зубчатые соединения с прямобоочным, эвольвентным и треугольным профилями зубьев.

На сборочном чертеже размер прямоугольного зубчатого соединения указывается условным обозначением по ГОСТ 1139 - 80\* на полке линии-выноски от наружного диаметра соединения.

Условное обозначение содержит букву, обозначающую поверхность центрирования, число зубьев и номинальные размеры  $d$ ,  $D$  и  $b$ . После соответствующего размера должно следовать обозначение посадки. На учебных чертежах посадки допускается не проставлять. Условное обозначение зубчатого соединения  $d - 6 \times 28 \times 34 \times 7$  ГОСТ 1139 - 80\* расшифровывается следующим образом: прямоугольное шлицевое соединение средней серии с центрированием по внутреннему диаметру  $d$ , с числом зубьев  $z = 6$ , внутренним диаметром  $d = 28$  мм, наружным диаметром  $D = 34$  мм, шириной зуба  $b = 7$  мм.

В продольном изображении вала указывают длину  $l$  зубьев полного профиля до сбега и полную длину зубьев  $L$ . Обязательно указание размера фасок по торцовым поверхностям как втулки, так и вала. Диаметр  $D_1$  фасок на торцах втулки рекомендуется выбирать на 1...2 мм больше наружного диаметра  $D$ .

На рисунке 32 приведен пример выполнения рабочего чертежа вала со шлицами прямоугольного профиля и соответствующей втулки.

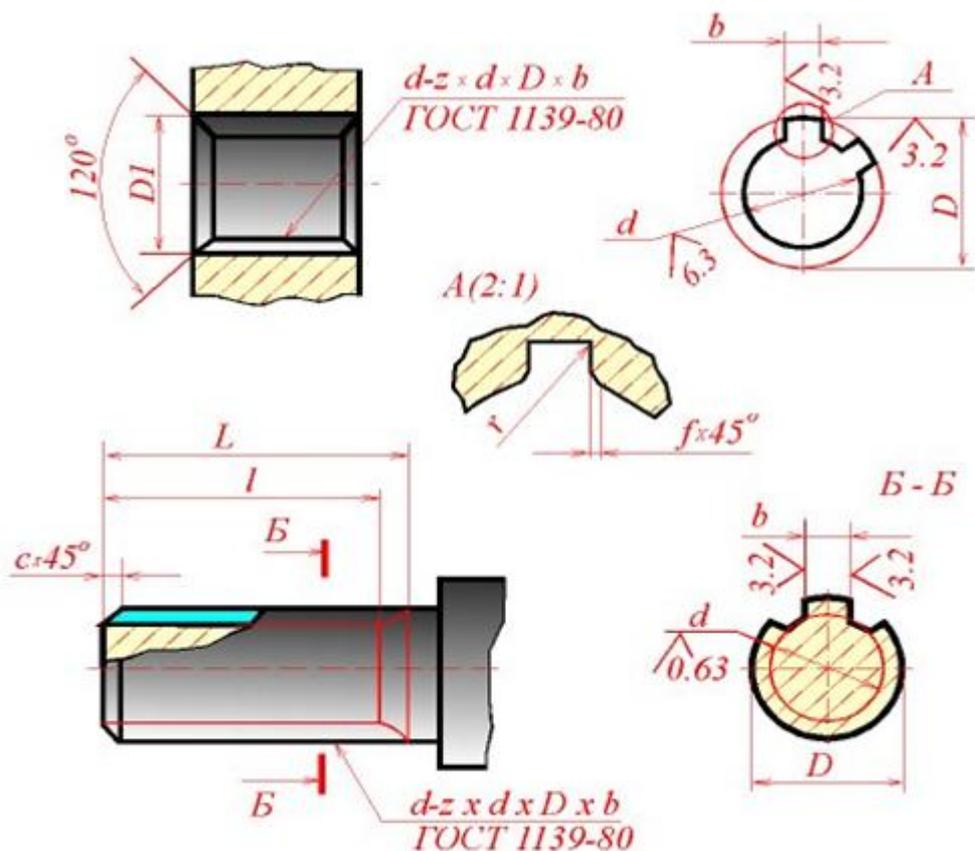


Рисунок 32 - Рабочий чертеж вала со шлицами

Размер фаски "с" на торце шлицевого вала не нормируется и выбирается по конструктивным или технологическим соображениям. Фаска может быть как больше, так и меньше высоты шлица. Кроме этого, на продольном изображении шлицевого вала или втулки указывается (на полке линии-выноски) условное обозначение по ГОСТ 1139 - 80\*. Как и на сборочном чертеже, условное обозначение включает в себя буквенное обозначение поверхности центрирования, число зубьев и номинальные размеры  $d \times D \times b$ . Полное обозначение должно включать в себя также поля допусков номинальных размеров, например:

**$d - 8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8$ .**

На учебных чертежах поля допусков не указываются. В поперечном сечении вала или втулки указывают номинальные размеры  $d$ ,  $D$ ,  $b$ , а также в увеличенном масштабе с помощью выносного элемента уточняют конфигурацию шлица (на валу) или шлицевого паза (на втулке). Углы пазов втулки и вала выполняют по радиусам, а на углах зубьев делают фаски с катетом, большим, чем соответствующий радиус. Величину фаски  $f$  и радиуса скругления  $r$  выбирают по таблицам стандарта. Обязательно указывается шероховатость рабочих поверхностей.

## **5.7 Резьбовые проточки**

При изготовлении чертежей деталей следует учитывать технологию изготовления резьб. Так, например, выход резьбообразующего инструмента, наличие на нем заборной части, требуют выполнения проточек, недорезов, сбегов, фасок для наружных и внутренних резьб. Размеры указанных элементов устанавливаются ГОСТ 10549 - 80. Как правило, данные элементы на сборочных и чертежах общего вида опускаются или выполняются упрощенно.

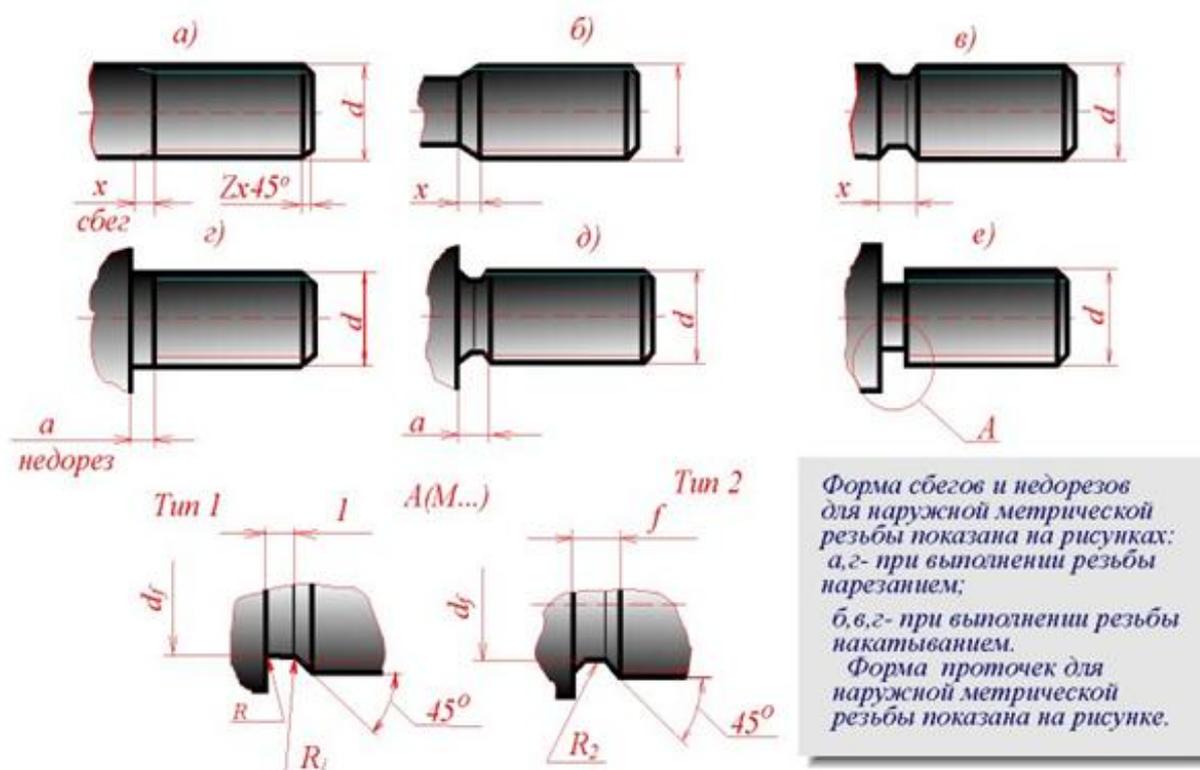


Рисунок 33 – Форма сбегов и недорезов для наружной метрической резьбы

Форма сбегов и недорезов для наружной метрической резьбы должна соответствовать указанному на рисунке 33(а, г) при выполнении резьбы нарезанием и на рисунке 33(б, в, д) при выполнении резьбы накатыванием.

Форма проточек для наружной метрической резьбы должна соответствовать указанному на рисунке 33(е).

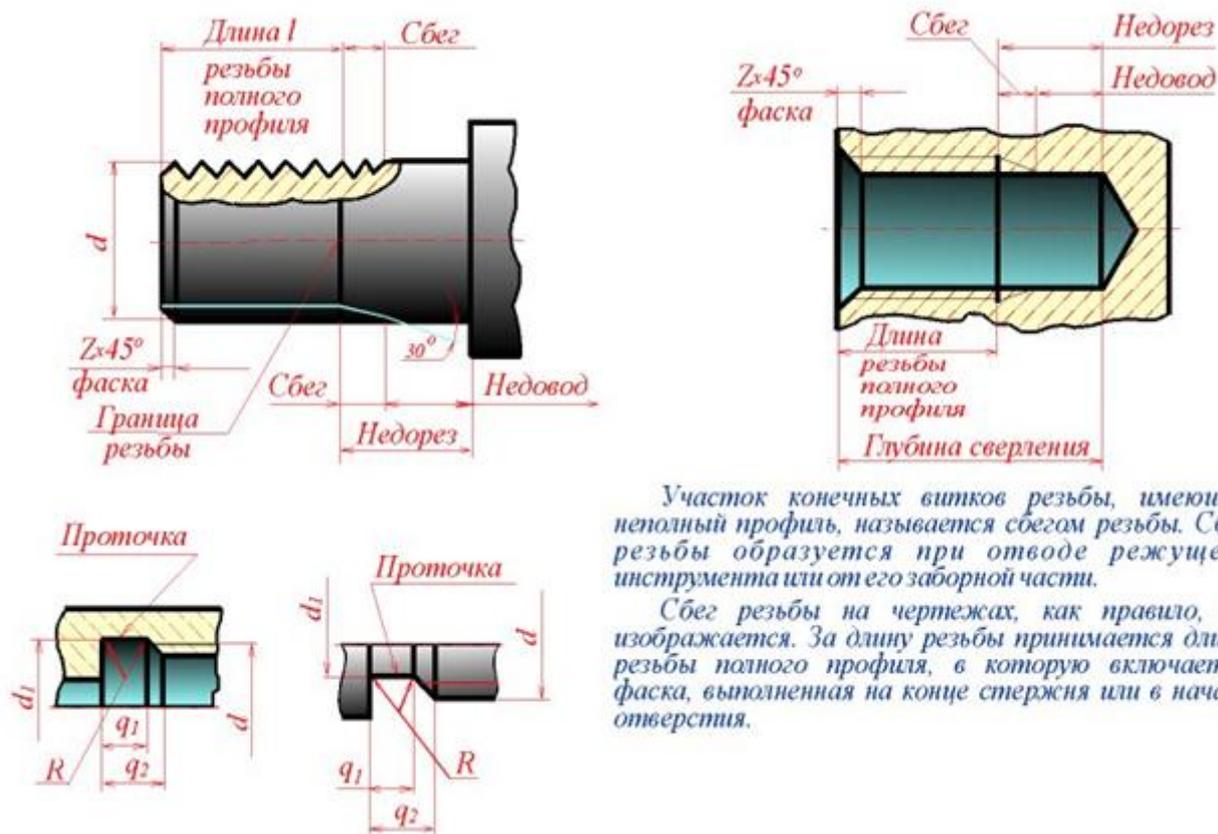


Рисунок 34 - Форма сбегов, недорезов и фасок для внутренней метрической резьбы

Форма сбегов, недорезов и фасок для внутренней метрической резьбы должна соответствовать указанным на рисунке 34.

## 6 РЕЗЬБЫ, РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ И СОЕДИНЕНИЯ

### 6.1 Геометрическая форма и основные параметры резьбы

**Резьбой** называется поверхность, образованная при винтовом движении некоторой плоской фигуры по цилиндрической или конической поверхности так, что плоскость фигуры всегда проходит через ось (Рисунок 35).

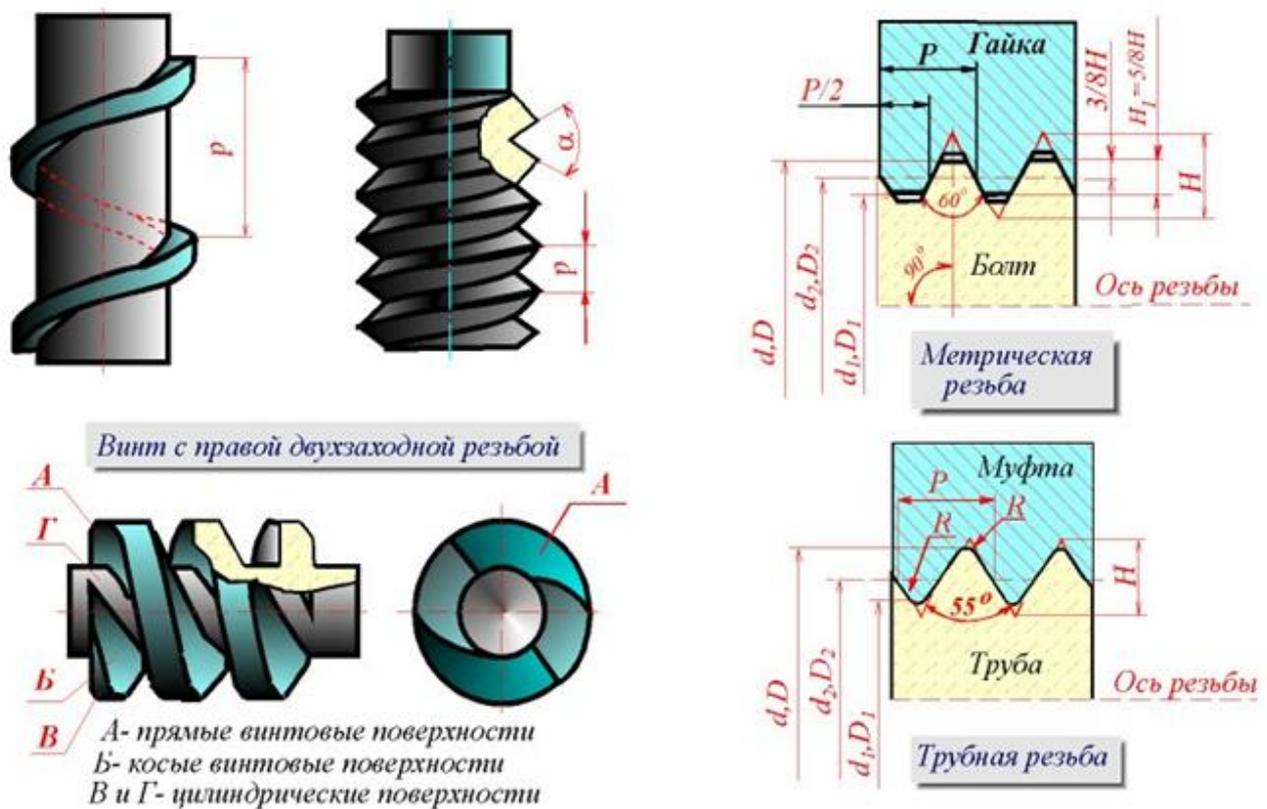


Рисунок 35 - Виды резьб

Контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ось, называется **профилем резьбы**. Угол между боковыми сторонами профиля называется **углом профиля** (Рисунок 35).

С геометрической точки зрения при винтовом движении плоской фигуры (треугольника, трапеции, квадрата, полукруга) по цилиндрической или конической поверхности вращения и образуется на каждой из них бесконечный винтовой выступ. Часть винтового выступа, которая образуется производящим контуром за один оборот, называется **витком**. Практически при нарезании резьбы режущий инструмент (резец, фреза, гребенка, плашка, метчик и др.) выбирает на цилиндре или конусе вращения винтовую канавку, профиль которой идентичен профилю образующегося при этом винтового выступа.

По форме профиля резьбы подразделяются на **треугольные, трапецидальные, прямоугольные и круглые** (Рисунок 35).

В зависимости от направления подъема витка резьбы разделяются на **правые и левые**.

По числу параллельных витков резьбы подразделяются на **однозаходные и многозаходные**; число заходов можно сосчитать на торце стержня или отверстия.

Резьба, образованная на наружной поверхности детали, называется **наружной**, на внутренней - **внутренней**.

Расстояние  $P$  между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы, называется **шагом** резьбы.

Резьба имеет три диаметра:

$d$  - наружный диаметр наружной резьбы (болта);

$D$  - наружный диаметр внутренней резьбы (гайки);

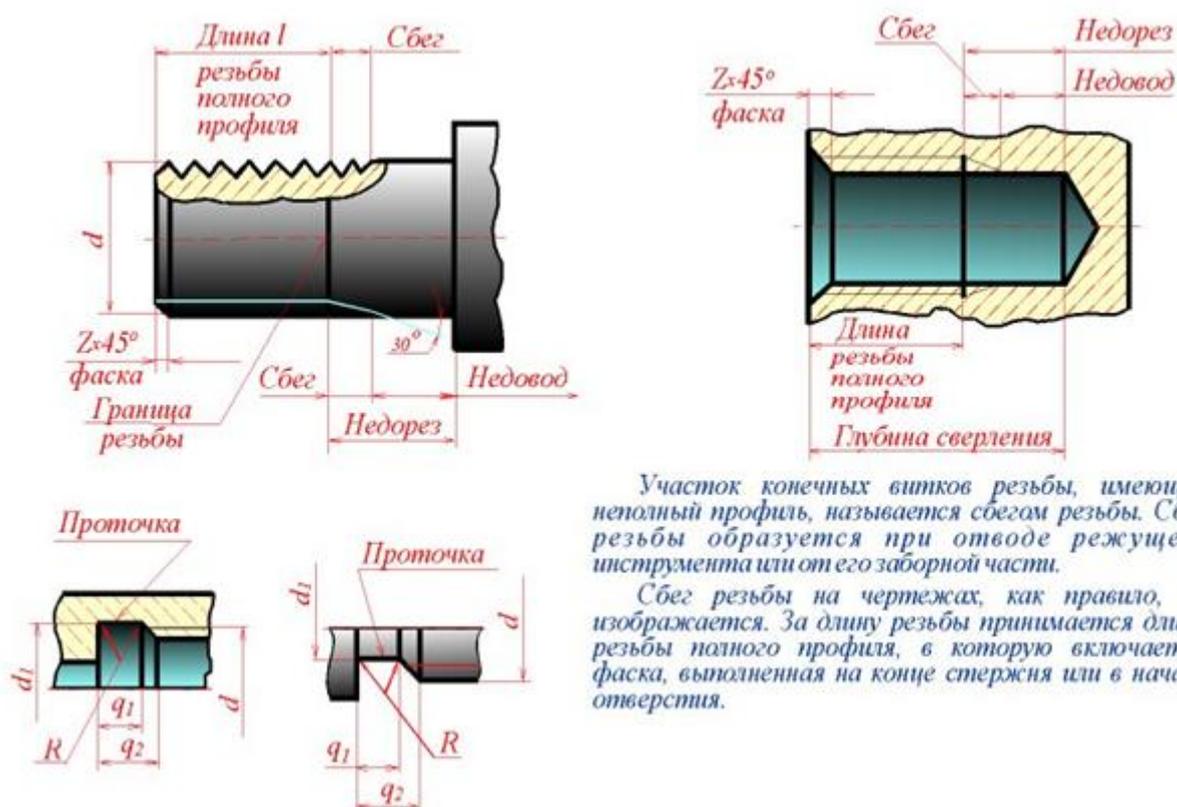
$d_2$  - средний диаметр резьбы болта;

$D_2$  - средний диаметр резьбы гайки;

$d_1$  - внутренний диаметр резьбы болта;

$D_1$  - внутренний диаметр резьбы гайки (Рисунок 35).

Участок конечных витков резьбы, имеющих неполный профиль, называется **сбегом резьбы** (Рисунок 36). Сбег резьбы образуется при отводе режущего инструмента или от его заборной части. Для того чтобы избежать образования сбega, на детали выполняется специальная проточка, служащая для выхода резьбонарезного инструмента (Рисунок 36).



Участок конечных витков резьбы, имеющих неполный профиль, называется сбегом резьбы. Сбег резьбы образуется при отводе режущего инструмента или от его заборной части.

Сбег резьбы на чертежах, как правило, не изображается. За длину резьбы принимается длина резьбы полного профиля, в которую включается фаска, выполненная на конце стержня или в начале отверстия.

Рисунок 36 – Сбег резьбы

Геометрическими параметрами, определяющими какую-либо конкретную цилиндрическую резьбу, являются:

1) профиль (его форма и размеры);

- 2) направление резьбы (правая или левая);
- 3) число заходов;
- 4) наружный диаметр резьбы.

Все резьбы, применяемые в технике, за исключением прямоугольной, стандартизованы.

Под наружным диаметром резьбы понимают диаметр цилиндра, описанного около вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы.

## 6.2 Назначение резьб и стандарты

Резьбы по назначению подразделяют на **крепежные** и **ходовые**.

Крепежные резьбы служат для получения разъемных соединений деталей. Крепежная резьба, как правило, имеет треугольный профиль, однозаходная, с небольшим углом подъема винтовой линии.

Ходовые резьбы довольно часто выполняются многозаходными и служат для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот.

Цилиндрические и конические резьбы общего назначения стандартизованы. Для них в ГОСТ 11708 - 82 даны общие определения и определения основных параметров, приведены формы профилей, а также указаны номера стандартов на основные размеры.

Стандартами предусматривается довольно значительное количество резьб с различными параметрами. К ним относятся цилиндрические резьбы (метрическая, дюймовая, трубная цилиндрическая, трапецеидальная и упорная;) и конические резьбы (метрическая коническая, дюймовая коническая, трубная коническая).

Некоторые сведения о цилиндрических резьбах.

### *Метрическая резьба*

Исходный профиль резьбы - треугольный, с углом между боковыми сторонами 60 градусов (Рисунок 37).

Диаметр и шаг метрической резьбы выражаются в миллиметрах.

Метрическая резьба подразделяется на резьбу с **крупным шагом** и резьбу с **мелкими шагами** при одинаковом наружном диаметре резьбы. У резьбы с мелким шагом на одной той же длине вдоль оси резьбы распределено большее количество витков, чем у резьбы с крупным шагом.

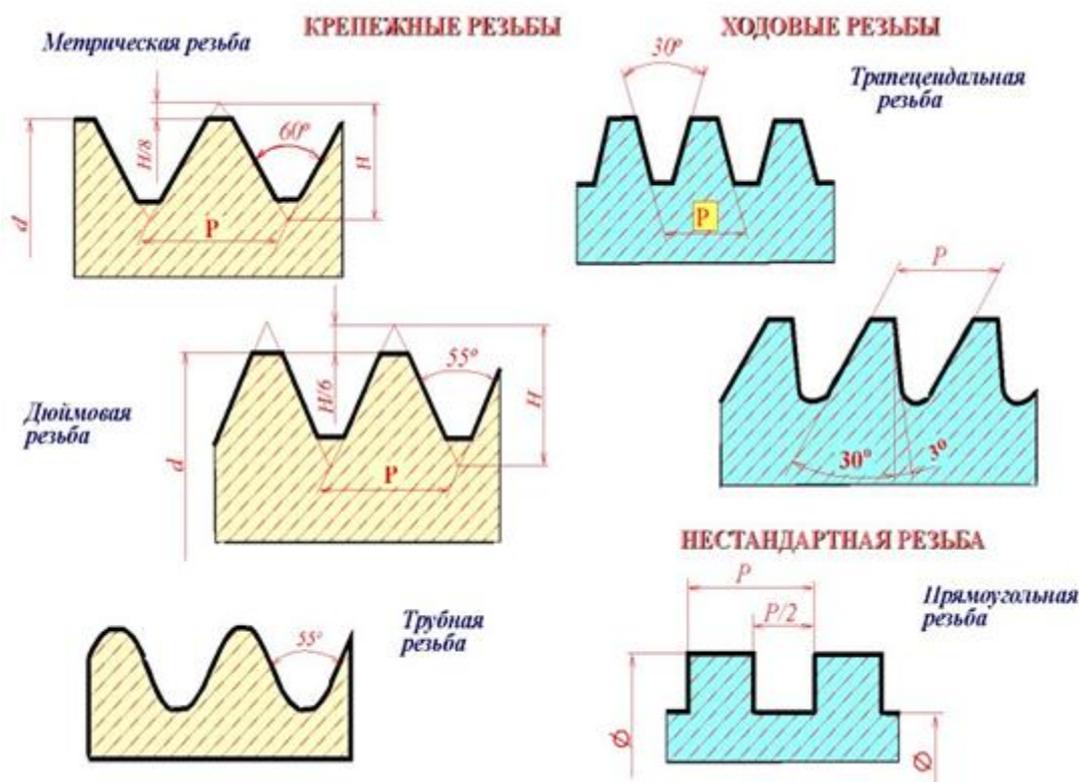


Рисунок 37 - Цилиндрические резьбы

### ***Дюймовая резьба***

Исходный профиль резьбы - треугольный, с углом при вершине 55 градусов.

Наружный диаметр резьбы измеряется в дюймах ( $1'' = 25,4\text{мм}$ ). Штрихи (") обозначают дюйм. Шаг дюймовой резьбы выражается числом ниток на длине 1".

Дюймовая резьба применяется лишь при изготовлении деталей с дюймовой резьбой взамен изношенных и не должна применяться при проектировании новых изделий.

### ***Резьба трубная цилиндрическая***

Исходный профиль резьбы - треугольный, с углом при вершине 55 градусов. Вершины выступов и впадин закруглены. Закругленный профиль обеспечивает большую герметичность соединения. Трубная резьба имеет более мелкий шаг, чем дюймовая, т.е. число ниток на 1" у трубной резьбы больше, чем у дюймовой при равных диаметрах. Трубная резьба применяется для соединения труб и других деталей арматуры трубопроводов .

### ***Ходовые резьбы***

Стандарты предусматривают трапецеидальную и упорную резьбы. Трапецеидальная резьба имеет профиль в виде равнобочной трапеции с углом 30 градусов между боковыми сторонами (Рисунок 37).

Упорная резьба имеет асимметричный профиль. Она применяется при больших одно-сторонних нагрузках. Приведенное деление резьбы на крепежную и ходовую не является строгим. На практике (особенно в приборостроении) часто используют метрическую резьбу с мелким шагом в качестве ходовой.

### Специальные резьбы

К специальным резьбам относят:

- 1) резьбы, имеющие стандартный профиль, но отличающиеся от стандартизированной резьбы диаметром или шагом;
- 2) резьбы с нестандартным профилем, например, прямоугольным, квадратным (Рисунок 37).

### 6.3 Изображение резьбы

ГОСТ 2.311 - 68 устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Наружная резьба на стержне изображается сплошными толстыми линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру. На изображении, полученном проецированием на плоскость, параллельную оси резьбы, сплошные тонкие линии проводятся на всю длину резьбы без сбега (начинаются от линии, обозначающей границу резьбы, и пересекают линию границы фаски (Рисунок 38 и Рисунок 39).

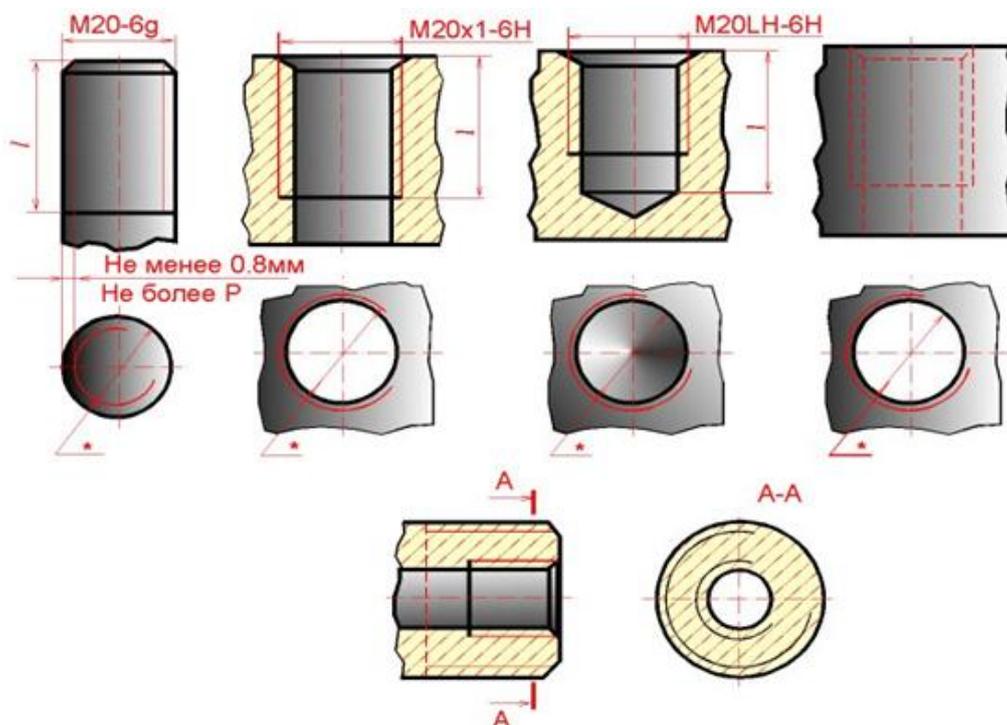


Рисунок 38 - Изображение резьбы

На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по наружному диаметру резьбы проводится окружность сплошной толстой линией, а по внутреннему диаметру резьбы проводится тонкой сплошной линией дуга, приблизительно равная  $3/4$  окружности и разомкнутая в любом месте; фаска на этом виде не изображается.

Внутренняя резьба на разрезе изображается сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру резьбы, проводимыми на всю длину резьбы (от линии, обозначающей границу резьбы, и до линий, изображающих фаску). На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводится окружность сплошной толстой основной линией, а по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией дуга, приблизительно равная  $3/4$  окружности и разомкнутая в любом месте; фаска на этом виде не изображается.

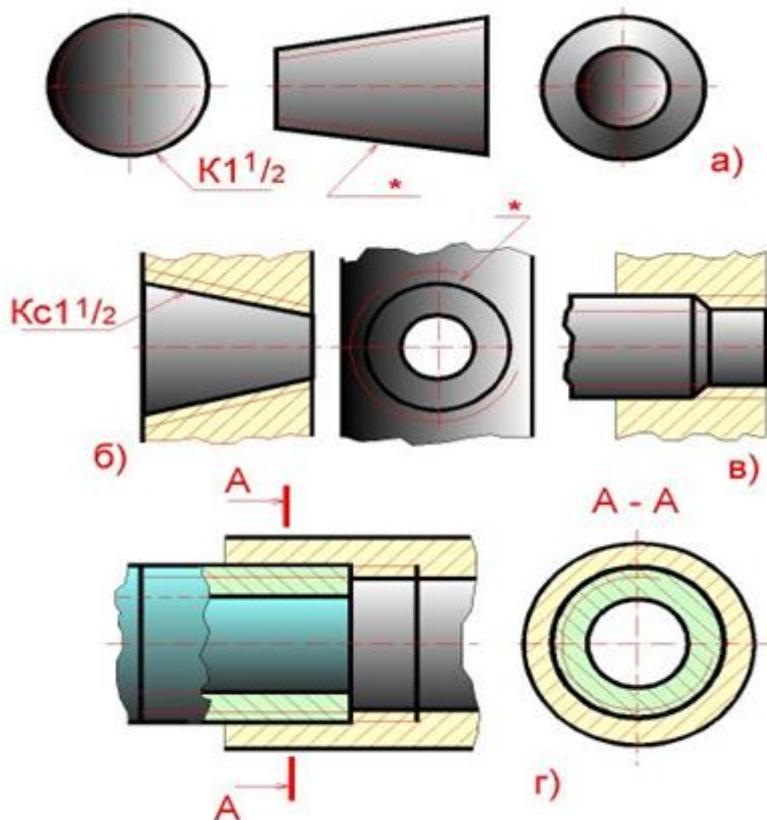


Рисунок 39 – Штриховка резьбы

Расстояние между сплошными толстой и тонкой линиями, применяемыми для изображения резьбы должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Дуга, равная  $3/4$  окружности, не должна начинаться и кончаться точно у осевой линии. Внутренняя резьба, показываемая как невидимая, изображается штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметрам.

Линия, изображающая границу резьбы, наносится в том месте, где кончается резьба полного профиля и начинается сбег резьбы. Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной толстой основной или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая.

Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошной толстой основной линии.

Конец глухого резьбового отверстия изображается так, как показано на рисунке 39. Глухое резьбовое отверстие называется гнездом. Гнездо заканчивается конусом с углом 120 градусов при вершине, который остается от сверла. На чертеже размер этого угла не проставляется.

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают.

Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на рисунке 40, выявляя форму профиля с помощью местных разрезов или выносного элемента. На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня.

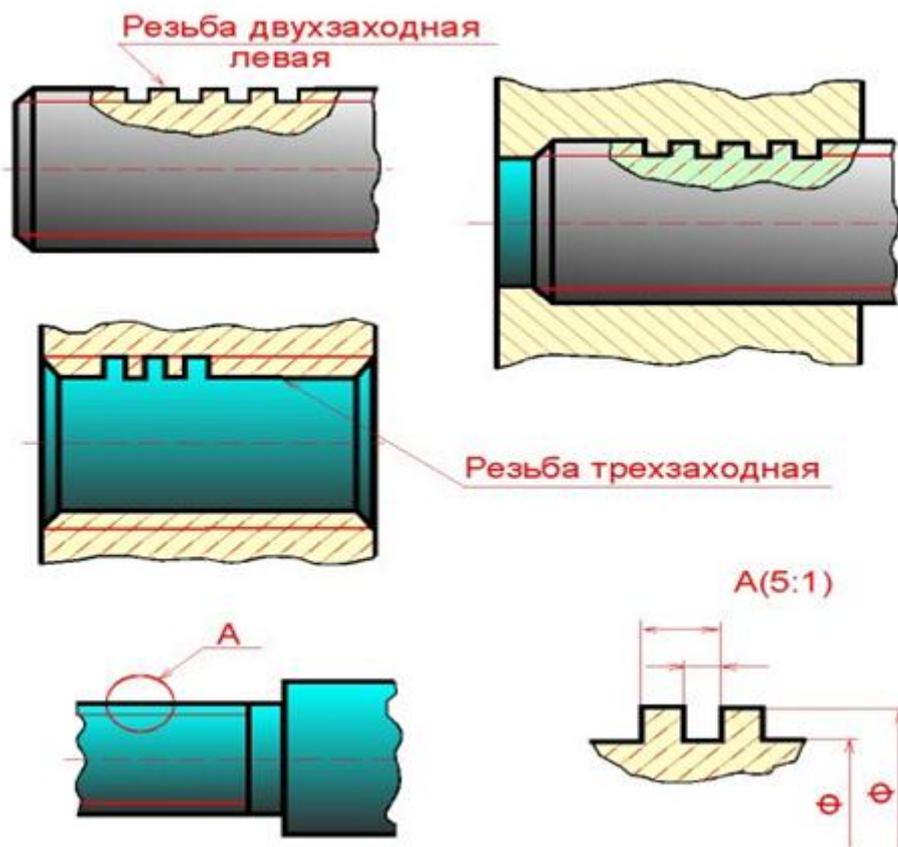


Рисунок 40 – Изображение резьбы с нестандартным профилем

#### 6.4 Обозначение резьб

Примеры обозначений некоторых типов резьб приведены в таблице (Рисунок 41).

Если на стержне или в отверстии нарезана левая резьба, то к обозначению резьбы на чертеже добавляются буквы LH, например:

**M16LH-6g, M16x1LH-6g, G1LH-B.**

Следует обратить внимание на условность обозначения трубной цилиндрической резьбы. Если для метрических и других резьб число, стоящее после условного обозначения типа резьбы (M, Tr, S, МК), соответствует наружному диаметру в мм, то в трубной резьбе число, стоящее в обозначении резьбы после буквы G, соответствует размеру внутреннего диаметра трубы, на которой нарезается данная резьба, в дюймах. Внутренний диаметр трубы называется **условным проходом** и обозначается Ду.

Тип резьбы	Условное обозначение типа резьбы	Параметры резьбы, указываемые на чертеже	Примеры обозначения резьб на чертеже
Метрическая с крутым шагом (60°)	M	Наружный диаметр, поле допуска, буквы LH для левой резьбы	Наружной: M8-6g Внутренней: M8-7H Левой резьбы: MSLH-6g, MSLH-6H
Метрическая с мелким шагом (60°)		Наружный диаметр, шаг, поле допуска, буквы LH для левой резьбы	Наружной: M8x1-6g Внутренней: M8x1-6H Левой резьбы: M8x1LH-6g, M8x1LH-6H
Тrapeцидальная многозаходная (30°)	Tr	Наружный диаметр, ход и, в скобках, буквы P и числовое значение шага, буквы LH для левой резьбы, поле допуска	Наружной: Tr 20x8(P4)-8l Внутренней: Tr 20x8(P4)-8H Левой резьбы: Tr 20x8(P4)LH-8l, Tr 20x8(P4)LH-8H
Упорная (33°)	S	Наружный диаметр, шаг, буквы LH для левой резьбы, поле допуска	SS0x10-7h SS0x10LH-7H
Трубная цилиндрическая (55°)	G	Обозначение размера резьбы, класс точности, буквы LH для левой резьбы	G1-A G1-B G1LH-A G1LH-B
Трубная коническая (55°)	R-наружная резьба Rc-внутренняя резьба	Обозначение размера резьбы, буквы LH для левой резьбы	Наружной: R1 <sup>1/2</sup> Внутренней: Rc1 <sup>1/2</sup> Левой резьбы: R1 <sup>1/2</sup> LH, Rc1 <sup>1/2</sup> LH

Рисунок 41 - Примеры обозначений резьб

Например, если резьба имеет обозначение G1, то это означает, что она нарезана на трубе, имеющей условный проход, равный примерно 1" (25 мм), наружный диаметр 33,5 мм, а наружный диаметр резьбы в соответствии с ГОСТ 6357 - 81 равен 33,249 мм. Во всех технических расчетах один дюйм принимается равным 25,4 мм.

## 6.5 Изображение резьбовых изделий и соединений

К крепежным резьбовым изделиям относятся болты, шпильки, гайки, винты и фитинги. С их помощью осуществляются неподвижные разъемные соединения деталей машин и механизмов.

**Болт** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для гайки на другом (Рисунок 42). Головки болтов бывают различной формы, которая устанавливается соответствующим стандартом. Наибольшее применение в машиностроении имеют болты с шестигранной головкой (нормальной точности) ГОСТ 7798 - 70.

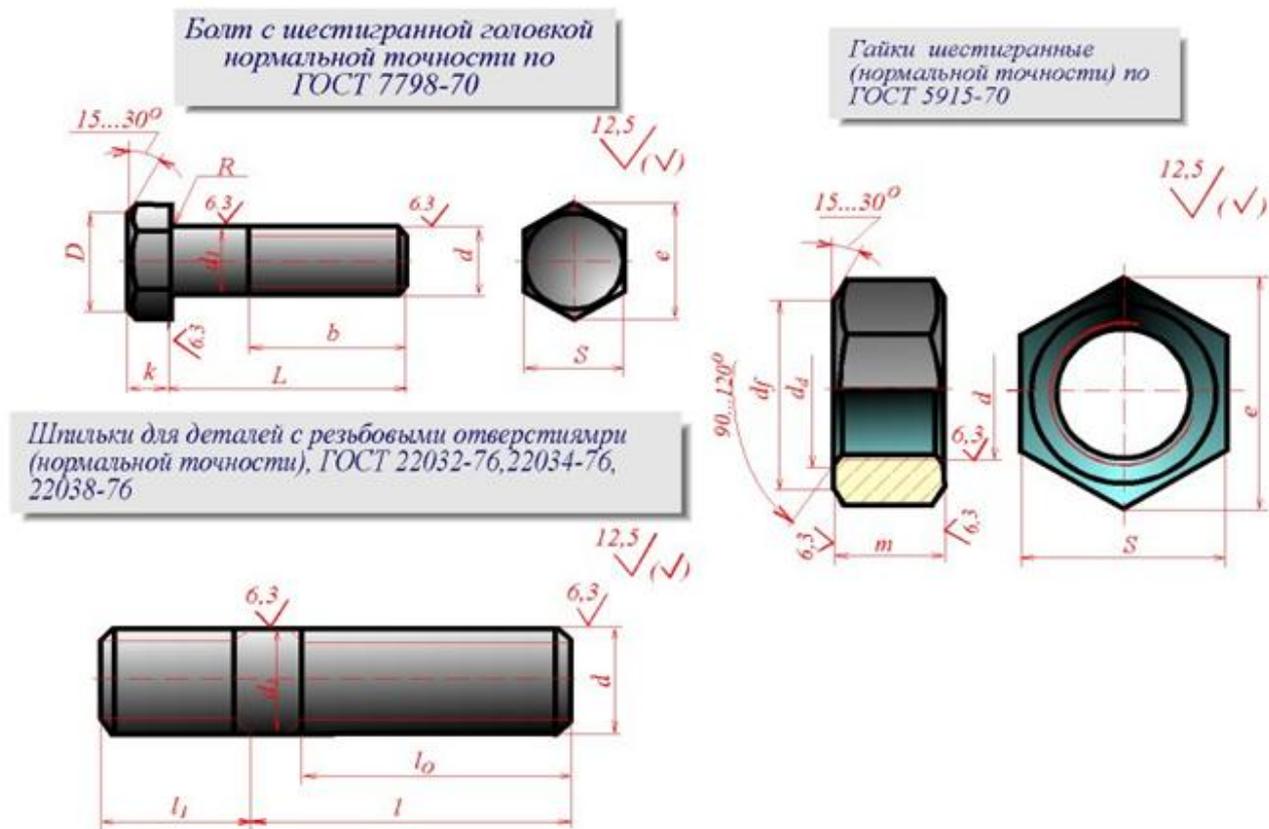


Рисунок 42 - Изображение резьбовых изделий

**Шпилька** представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах (Рисунок 42). Та часть шпильки, которая ввинчивается в резьбовое отверстие детали, называется ввинчиваемым (посадочным) концом, а часть, на которую надеваются присоединяемые детали, шайба и навинчивается гайка, называется стяжным концом. Конструкция и размеры шпилек регламентированы ГОСТ 22032 - 76 ... ГОСТ 22043 - 76.

Длина  $l_1$  ввинчиваемого конца шпильки зависит от материала детали, в которую она ввинчивается.

**Гайка** представляет собой призму или цилиндр со сквозным (иногда глухим) резьбовым отверстием для навинчивания на болт или шпильку (Рисунок 42).

По своей форме гайки бывают шестигранные, квадратные, круглые, гайки-барашки и др. Шестигранные гайки подразделяются на обыкновенные, прорезные и корончатые; нормальные, низкие, высокие и особо высокие; с одной и двумя фасками. Наибольшее применение в машиностроении имеют обыкновенные шестигранные гайки (нормальной точности) по ГОСТ 5915 - 70.

**Винт** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей на другом (Рисунок 43).

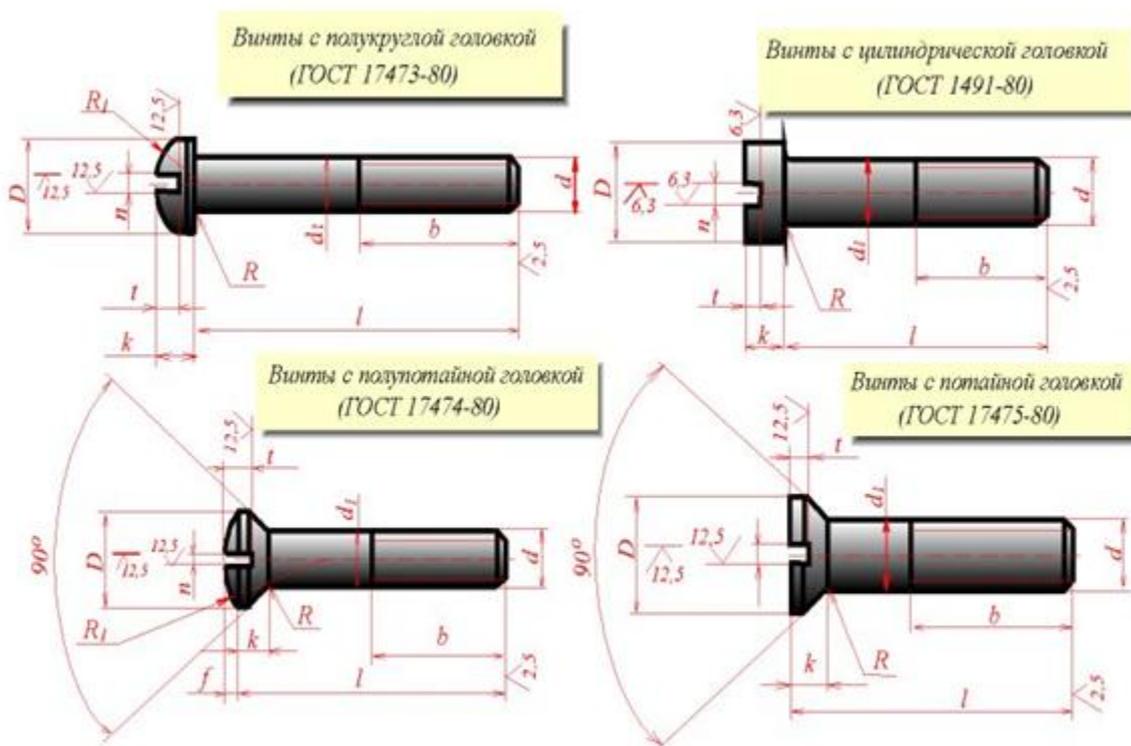


Рисунок 43 – Изображение винта

Винты, применяемые для неподвижного соединения деталей, называются крепежными, для фиксирования относительного положения деталей - установочными.

По способу завинчивания они разделяются на винты с головкой под отвертку и с головкой под ключ. Головки винтов бывают различной формы, которая устанавливается соответствующим стандартом.

Наибольшее применение имеют следующие типы крепежных винтов:

- 1) с потайной головкой, ГОСТ 17475 - 80;
- 2) с полупотайной головкой, ГОСТ 17474 - 80;
- 3) с полукруглой головкой, ГОСТ 17473 - 80;
- 4) с цилиндрической головкой, ГОСТ 1491 - 80.

На сборочных чертежах головки болтов и гайки можно вычерчивать по размерам, которые являются функцией наружного диаметра  $d$  резьбы болта (Рисунок 44). Эти размеры используются только для построения изображений, и на рабочих чертежах крепежных изделий их проставлять нельзя. ГОСТ 2.315 - 68 устанавливает упрощенные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах и чертежах общих видов.

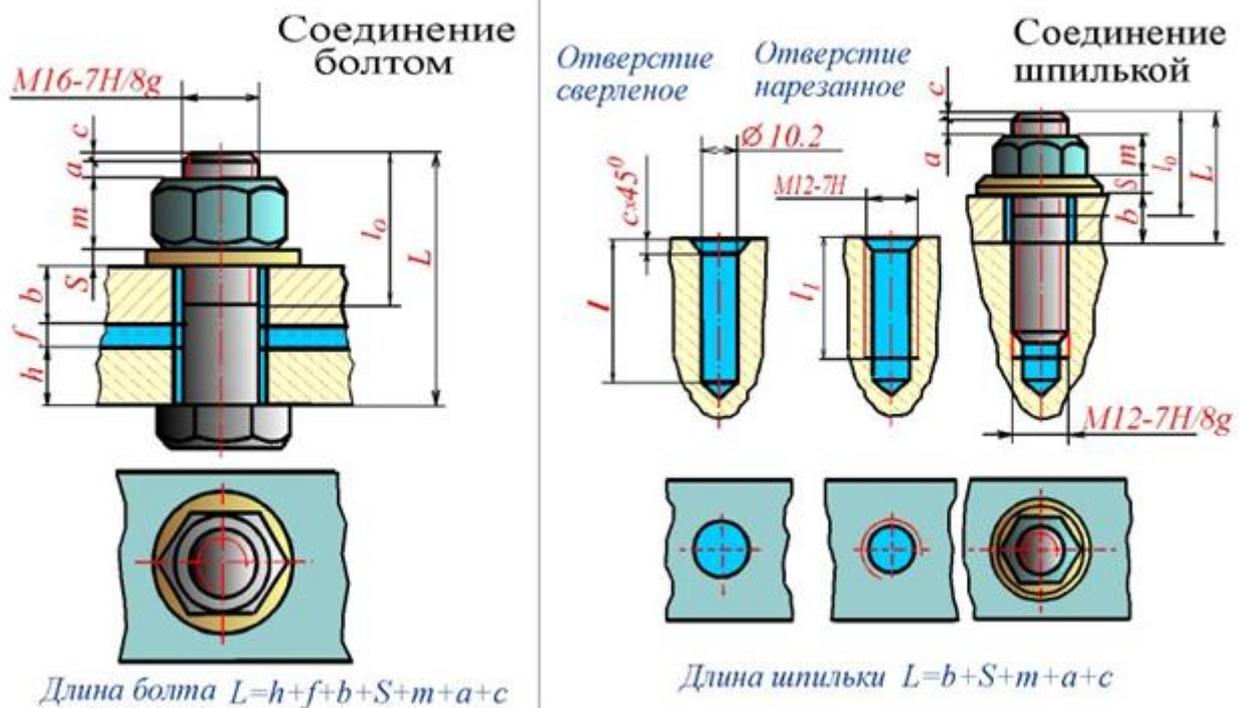


Рисунок 44 – Изображение сборочного чертежа головки болтов и гайки

Фаски, имеющиеся на концах болтов, шпилек, винтов и на торцах резьбовых отверстий гаек, гнезд и фитингов, делаются для предохранения крайних витков резьбы от повреждений и для удобства завинчивания.

## 6.6 Обозначение стандартных резьбовых изделий

Болты, винты, шпильки и гайки из углеродистых и легированных сталей и сплавов и изделия из цветных сплавов следует обозначить по следующей схеме:

**Болт 2M12x1,25-6gx60.58.35X.029 ГОСТ...**

где:

**Болт** - наименование крепежного изделия: болт, винт, шпилька, гайка

**2** - исполнение (исполнение 1 не указывается)

**M12** - символ метрической резьбы и ее наружный диаметр

**1,25** - мелкий шаг резьбы в мм (крупный шаг не указывается)

**6g** - поле допуска резьбы по ГОСТ 16093 – 81

**60** - длина болта, винта, шпильки в мм

**58** - класс прочности или группа по ГОСТ 17594 – 78

**35X** - марка легированной стали или сплава (марка углеродистой стали не указывается)

**02** - обозначение вида покрытия по ГОСТ 17594 – 87

9 - толщина покрытия по ГОСТ 9.303 – 84

**ГОСТ** - номер стандарта на конструкцию и размеры.

Пример условного обозначения болта с диаметром резьбы  $d = 12$  мм, длиной  $l = 60$  мм, класса прочности 5.8, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы 8g, без покрытия:

**Болт М12-8gx60.58 ГОСТ 7798 – 70.**

То же класса прочности 10.9, из стали 40Х, исполнения 2, с мелким шагом резьбы, с полем допуска резьбы 6g, с покрытием 01, толщиной 6 мкм:

**Болт 2М12x1,25-6gx60.109.40Х.106 ГОСТ 7798 - 70.**

Пример условного обозначения шпильки диаметром резьбы  $d = 16$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6g, длиной  $l = 90$ мм, класса прочности 5.8, без покрытия:

**Шпилька М16-6gx90.58 ГОСТ 22032 – 76.**

То же с мелким шагом резьбы  $P = 1,5$  мм, класса прочности 10,9, из стали 40Х, с покрытием 02, толщиной 6мкм:

**Шпилька М16x1,5-6gx90.109.40Х.026 ГОСТ 22032 – 76.**

Пример условного обозначения гайки с диаметром резьбы  $d = 12$  мм, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 7Н, класса прочности 5, без покрытия:

**Гайка М12-7Н.5 ГОСТ 5915 – 70.**

То же класса прочности 12, из стали 40Х, исполнения 2, с мелким шагом резьбы  $P = 1,25$ , с полем допуска 6Н, с покрытием 01, толщиной 6 мкм:

**Гайка 2М12x1,25-6Н.12.40Х.016 ГОСТ 5915 – 70.**

Пример условного обозначения винта класса точности А, диаметром резьбы  $d = 8$  мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы 6g, длиной  $l = 50$ мм, класса прочности 4.8, без покрытия:

- с цилиндрической головкой :

**Винт А.М8-6gx50.48 ГОСТ 1491 - 80;**

- с полукруглой головкой:

**Винт А.М8-6gx50.48 ГОСТ 17473 - 80;**

- с полупотайной головкой:

**Винт А.М8-6gx50.48 ГОСТ 17474 - 80;**

То же класса точности В, с мелким шагом резьбы, с полем допуска 8g, с покрытием 01, толщиной 6 мкм:

- с цилиндрической головкой:

**Винт В.М8x1-8gx50.48.016 ГОСТ 1491 - 80;**

- с полукруглой головкой

**Винт В.М8х1-8gx50.48.016 ГОСТ 17473 - 80;**

- с полупотайной головкой:

**Винт В.М8х1-8gx50.48.016 ГОСТ 17474 - 80;**

- с потайной головкой :

**Винт В.М8х1-8gx50.48.016 ГОСТ 17475 - 80.**

## **7 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ**

### **7.1 Нормирование шероховатости поверхности**

Все поверхности любой детали, независимо от способа их получения, имеют макро- и микронеровности в виде выступов и впадин. Эти неровности, формирующие рельеф поверхности и определяющие ее качество, называют **шероховатостью поверхности**.

В настоящее время шероховатость поверхности регламентируется **ГОСТ 2.789 - 73** и **ГОСТ 2.309 - 73**. Первый - устанавливает требования к качеству поверхности, учитывая свойства шероховатости поверхности независимо от способа ее обработки. Второй - устанавливает структуру обозначения шероховатости поверхности и правила нанесения ее на чертежах.

### **7.2 Параметры шероховатости поверхностей**

**ГОСТ 2.789-73** устанавливает требования к шероховатости поверхности и содержит номенклатуру параметров и базовых длин, а также способ задания требований шероховатости поверхностей в технических и нормативно-технических документах.

Стандартом предусматривается 6 параметров, которыми может пользоваться конструктор при установлении требований к шероховатости поверхности в зависимости от ее функционального назначения. Эти параметры дают возможность характеризовать практически все показатели качества изделий, зависящие от шероховатости поверхности и обеспечить значения выбранных параметров соответственно технологическим процессам. Различают следующие параметры шероховатости,

**высотные:**

**$R_a$  - среднее арифметическое отклонение профиля;**

**$R_z$  - высота неровностей профиля по 10 точкам;**

**$R_{max}$  - наибольшая высота профиля;**

**шаговые:**

$S$  - средний шаг неровностей профиля по вершинам;

$S_m$  - средний шаг неровностей профиля по средней линии;

**высотно-шаговый:**

$t_p$  - относительная опорная длина профиля.



**Высотные параметры шероховатости**

$R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$  *среднее арифметическое отклонение профиля*

$R_a \approx \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$

$R_z \approx \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^n |H_{i \min}| \right)$  - *высота неровностей профиля по 10 точкам*

$R_z \approx \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n h_{i \max} - \sum_{i=1}^n h_{i \min} \right)$

$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$ ;  $S = \frac{l}{N-1}$  - *средний шаг неровностей профиля по вершинам, где: N-число максимумов профиля*

**Шаговые параметры шероховатости**  $S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_m$ ;  $S_m = \frac{2l_0}{k-1}$  - *средний шаг неровностей профиля по средней линии, где: k-число нулей профиля;  $l_0 \leq l$*

$l_0$  - *длина отрезка средней линии в пределах базовой длины, ограниченная первым и последним нечетным пересечением профиля по средней линии*

**Высотно-шаговый параметр шероховатостей**

$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i$  (в процентах) - *относительная опорная длина профиля*

Рисунок 45 - Параметры шероховатости

На рисунке 45 базовая длина  $l$  - длина базовой линии, на которой выделяются неровности, характеризующие шероховатость поверхности, используемая для количественного определения ее параметров. Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  - среднее значение расстояний точек выступов и впадин  $Y_1, Y_2 \dots Y_n$  от средней линии  $m$  в пределах базовой длины  $l$ . Высота неровностей профиля по 10 точкам  $R_z$  есть среднее расстояние между пятью высшими точками выступов  $H_{i \max}$  и пятью низшими точками впадин  $H_{i \min}$  в пределах базовой длины  $l$ . Наибольшая высота неровностей профиля  $R_{\max}$  - расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой линии  $l$ . Шагом неровностей профиля называют длину отрезка средней линии  $m$ , пересекающего профиль в трех соседних точках и ограниченного двумя крайними точками. Средний шаг неровностей профиля по вер-

шинам  $S$  это среднеарифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины  $l$ . Средний шаг неровностей профиля  $S_m$  - среднеарифметическое значение шага неровностей в пределах базовой длины  $l$ . Относительная опорная длина профиля  $t_p$  есть отношение опорной длины (длина площади контакта шероховатых поверхностей на заданном уровне сечения) к базовой длине  $l$ .

### 7.3 Выбор параметров шероховатости поверхности

На рисунке 46 приведены значения этих параметров  $R_a$  для некоторых наиболее часто встречающихся элементов деталей и соединений.

#### Значение параметра шероховатости $R_a$ для различных видов поверхности:

##### **Резьбы наружные:**

рядовые 6,3...1,6

повышенной точности 1,6...0,8

##### **Резьбы внутренние**

рядовые 6,3...3,2

повышенной точности 3,2...1,6

##### **Резьбы ходовые**

винт 0,8

гайка 1,6...0,8

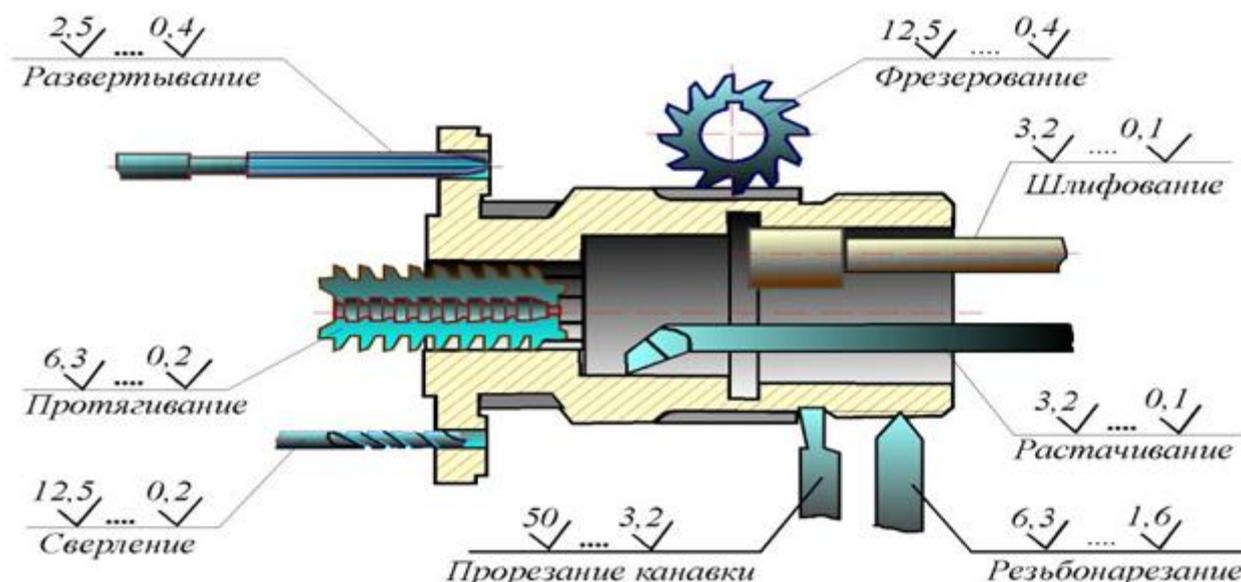


Рисунок 46 - Значение параметра шероховатости  $R_a$

**Уплотняющие поверхности ниппелей, штуцеров 0,8...0,2**

**Прямозубые колеса (рабочие поверхности зубьев) 1,6...0,8**

**Стыки под прокладки:**

из мягких материалов 0,2...0,1

из неметаллов 1,6...0,4

**Привалочные плоскости 3,2...0,8****Отверстия под крепежные детали 6,3...3,2****Опорные поверхности под головки болтов, винтов, под гайки 6,3...1,6****Центрирующие буртики (фланцев, крышек):**

отверстия 3,2...1,6

буртик 1,6...0,8

**Торцы пружин сжатия 3,2...1,6****Поршни (рабочие поверхности):**

из чугуна и стали 0,2...0,1

из сплавов 0,1...0,05

**Поршневые пальцы: 0,2...0,05****Клапаны с коническими поверхностями:**

рабочая поверхность клапана 0,1...0,025

рабочая поверхность седла 0,2...0,05

**Конические пробковые краны (рабочая поверхность):**

пробка 0,8...0,05

отверстие 0,8...0,05

**Свободные поверхности (торцы, фаски, нетрущиеся поверхности валов, проточки, нерабочие поверхности зубчатых колес и др.) 6,3...3,2**

**Шестигранники (и другие элементы с плоскими гранями) 12,5...3,2****Шпоночно-пазовые соединения (рабочие грани):**

пазы 3,2...0,8

шпонки 1,6...0,4

**Шлицевые соединения, центрирование:**

по наружному диаметру:

отверстие 0,8...0,2

вал 0,4...0,1

по внутреннему диаметру:

отверстие 0,2...0,1

вал 0,8...0,2

по граням шлицев:

охватывающие поверхности 0,8...0,2

охватываемые поверхности 0,4...0,1

**Направляющие призматические поверхности:**

охватывающие 0,4...0,1

охватываемые 0,2...0,05

**Стыки герметичные (металл по металлу с притиркой) 0,1...0,05.**

В таблице(Рисунок 47) приведены значения шероховатости поверхности, обеспечиваемые различными видами технологической обработки деталей.

Классы шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Ra</i> , мкм	80... 40	40... 20	20... 10	10... 5	5... 2,5	2,5... 1,25	1,26... 0,63	0,63... 0,32	0,32... 0,16	0,16... 0,08	0,08... 0,04	0,04... 0,02	0,02... 0,01	0,01... 0,008
<i>Rz</i> , мкм	320... 160	60... 80	80... 40	40... 20	20... 10	10... 6,3	6,3... 3,2	3,2... 2,6	2,6... 0,8	0,8... 0,4	0,4... 0,2	0,2... 0,1	0,1... 0,05	0,05... 0,025
Базовая длина, мм	8		2,5		0,8			0,25				0,08		
<i>Достижимый при данном способе изготовления деталей класс шероховатости</i>														
Отливание	✓	✓	✓											
Шабрение							✓	✓	✓					
Сверление			✓	✓	✓	✓								
Строгание	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
Развертывание							✓	✓	✓					
Точение	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Фрезерование		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
Протягивание						✓	✓	✓	✓	✓				
Шлифование						✓	✓	✓	✓	✓				
Притирка								✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Хонингование								✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Прокат					✓	✓	✓	✓	✓					
Литье в кокиль	✓	✓	✓	✓										
Литье под давлением		✓	✓	✓	✓	✓	✓							

Рисунок 47 - Значения шероховатости поверхности

**Типовые примеры выбора параметров шероховатости в зависимости от вида обработки:**

**Литье:**

в песчаные формы 50

в кокиль 12,5...6,3

по выплавляемым моделям 6,3

под давлением 3,2

**Отрезка (обрезка по контуру) деталей из сортового фасонного проката (полоса, лист, уголок и т.д.) 12,5...6,3**

**Холодная штамповка в вытяжных штампах полых деталей простых форм:**

(корпуса и т.д.) 1,6...0,4

**Обтачивание:**

обдирочное 50...12,5

получистовое 6,3...3,2

чистовое 1,6...0,8

тонкое 0,4...0,2

**Фрезерование:**

черновое 12,5...6,3

чистовое 3,2...1,6

тонкое 0,8...0,4

**Зенкерование:**

черновое 12,5...6,3

чистовое 3,2...1,6

**Сверление:**

диаметром до 15мм 6,3...3,2

свыше 15мм 12,5...6,3

**Шлифование:**

получистовое 3,2...1,6

чистовое 0,8...0,4

тонкое 0,2...0,1

**Нарезание резьб:**

плашкой или метчиком 6,3...1,6

резцом, гребенкой, фрезой 3,2...1,6

накатывание роликом 0,8...0,4

**7.4 Знаки для обозначения шероховатости**

Шероховатость обозначают на чертеже знаками, установленными ГОСТ 2.309 - 73. Самый простой знак (Рисунок 48, левый) используется для обозначения шероховатости поверхностей, способ обработки которых конструктором не устанавливается.

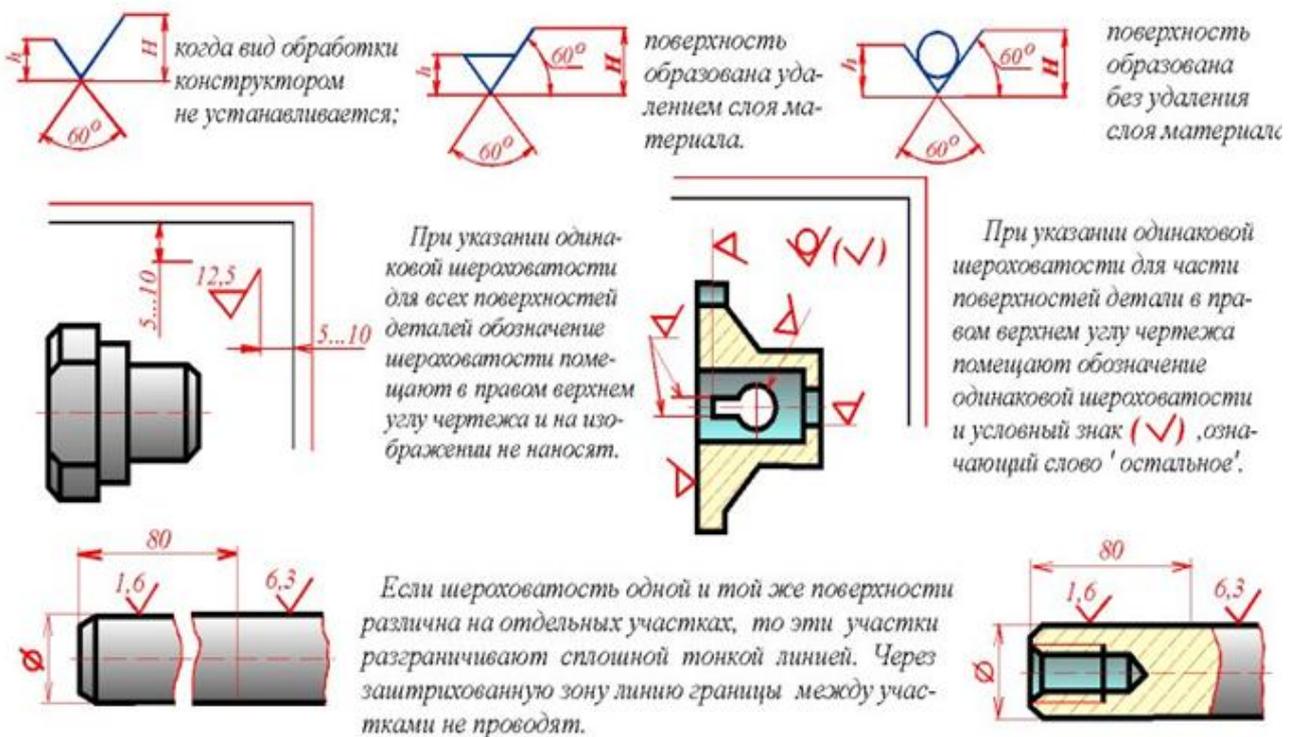


Рисунок 48 - Обозначение шероховатости

Например, если на чертеже какая-либо поверхность отмечена знаком с величиной  $R_a = 3,2$ , то это означает, что поверхность может быть выполнена любым способом (литьем, штамповкой, фрезерованием и т.д.), но при этом средняя высота микронеровностей не должна превышать 3,2 мкм.

Если по замыслу конструктора или по технологическим требованиям какая-либо поверхность может быть образована только удалением слоя материала (точением, шлифованием и т.п.), то применяется знак (см. рис. 6.5, средний). Например, такой знак с величиной 25 указывает на то, что шероховатость поверхности не более 25 мкм по шкале  $R_a$  должна быть обеспечена удалением слоя материала с данной поверхности. При этом конкретный способ обработки (точение, строгание и т.п.) не указывается. Способ обработки дается в обозначении шероховатости на чертеже только в том случае, когда он является единственно пригодным для получения требуемого качества поверхности.

Для обозначения шероховатости поверхности, которая образована без удаления слоя материала (прокатка, литье, штамповка и т.п.), применяется знак (см. рис.6.5, правый), с указанием требуемой величины параметра шероховатости.

## ВНИМАНИЕ!

**Высота (номер шрифта) чисел, указывающих величину шероховатости, должна совпадать с высотой (номером шрифта) всех других размерных чисел на данном чертеже.**

Напомним, что геометрические размеры детали и размеры, определяющие микрогеометрию (шероховатость) ее поверхностей - равнозначимы. Поэтому для обеих групп размеров используется один и тот же номер шрифта.

Согласно ГОСТ 2789 - 73, кроме параметра шероховатости конструктор имеет возможность указать на чертеже ряд дополнительных сведений в соответствии со схемой (см. рис. 6.6). Пример обозначения шероховатости, содержащий дополнительные сведения о том единственном способе обработки, с помощью которого можно обеспечить указанную чистоту поверхности (слово "полировать"), приведен на рисунке.

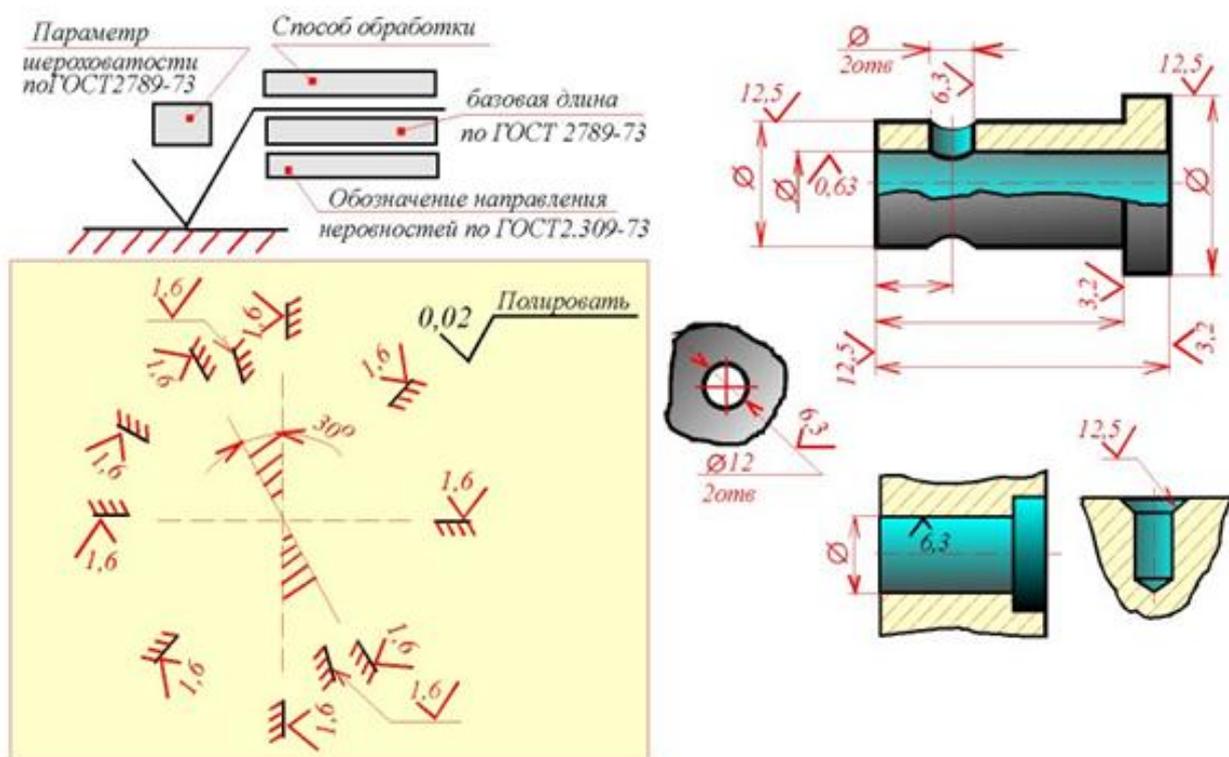


Рисунок 49 - Дополнительные сведения на чертеже

## 7.5 Правила обозначения шероховатости

Геометрические размеры детали первоначально формируются в мыслях конструктора, потом эти размеры наносятся на чертеже в соответствии с правилами нанесения размеров по ГОСТ 2.307 - 68. То же самое относится и к простановке шероховатости: вначале необходимо мысленно назначить параметры шероховатости всех поверхностей детали, после чего

разместить знаки шероховатости на чертеже в соответствии с ГОСТ 2.309 - 73 "Обозначение шероховатости поверхностей".

При простановке шероховатости различают два этапа работы. На первом этапе конструктор решает, какие поверхности и с какой чистотой требуется обработать. Параметры шероховатости назначаются в зависимости от условий взаимодействия детали с другими деталями в составе механизма. В первую очередь следует обращать внимание на соприкасающиеся поверхности.

На учебных чертежах, выполняемых в курсе черчения, можно назначать чистоту поверхностей ориентировочно, пользуясь таблицами, в которых указаны параметры шероховатости в зависимости от применения деталей в общем машиностроении. Назначенные параметры шероховатости требуется нанести на изображение детали. Это второй этап работы, при выполнении которого следует руководствоваться правилами, изложенными в ГОСТ 2.309 - 73.

Следует помнить, что компоновка (размещение) размеров (в том числе и параметров шероховатости) на изображении производится сразу после выполнения чертежа в тонких линиях. Только после простановки всех размеров можно выполнять обводку линий видимого контура основными толстыми линиями. Это правило объясняется тем, что при нанесении размерной сетки на деталь сложной конфигурации приходится многократно переносить, перегруппировывать размеры, добиваясь их наилучшего расположения.

Рассмотрим ряд основных правил обозначения шероховатости поверхностей по ГОСТ 2.309- 73.

**ПРАВИЛО 1.** Знак шероховатости ("галочка") может занимать в плоскости чертежа любое повернутое положение, но зеркально поворачивать этот знак не допускается (Рисунок 49). Если поверхность расположена в заштрихованной зоне, то обозначение шероховатости наносят на полке линии-выноски.

**ПРАВИЛО 2.** На изображении изделия обозначение шероховатости следует располагать на выносных линиях, причем по возможности ближе к размерным линиям (Рисунок 50). Это наилучшее положение знака шероховатости на чертеже. При этом разрешается прерывать выносную линию, чтобы проставить знак шероховатости.

**ПРАВИЛО 3.** Повторять какой-либо размер детали или параметр шероховатости не допускается. Обозначение шероховатости любой поверхности может быть нанесено только один раз, независимо от числа изображений. В связи с этим шероховатость поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, канавок, фасок и т.п.), количество которых указано на чертеже, также наносят только один раз.

**ПРАВИЛО 4.** При выполнении чертежа детали с одинаковой шероховатостью всех без исключения поверхностей обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображение детали знаки шероховатости не наносят (Рисунок 50). Размеры и толщина линий знака "галочка" в правом верхнем углу должны быть приблизительно в 1,5 раза больше обычных. Численное значение параметра шероховатости, вынесенное в правый верхний угол, указывают шрифтом на номер больше, чем шрифт размерных чисел на чертеже. Расстояние от знака до верхней и боковой рамок чертежа должно составлять 5...10 мм.

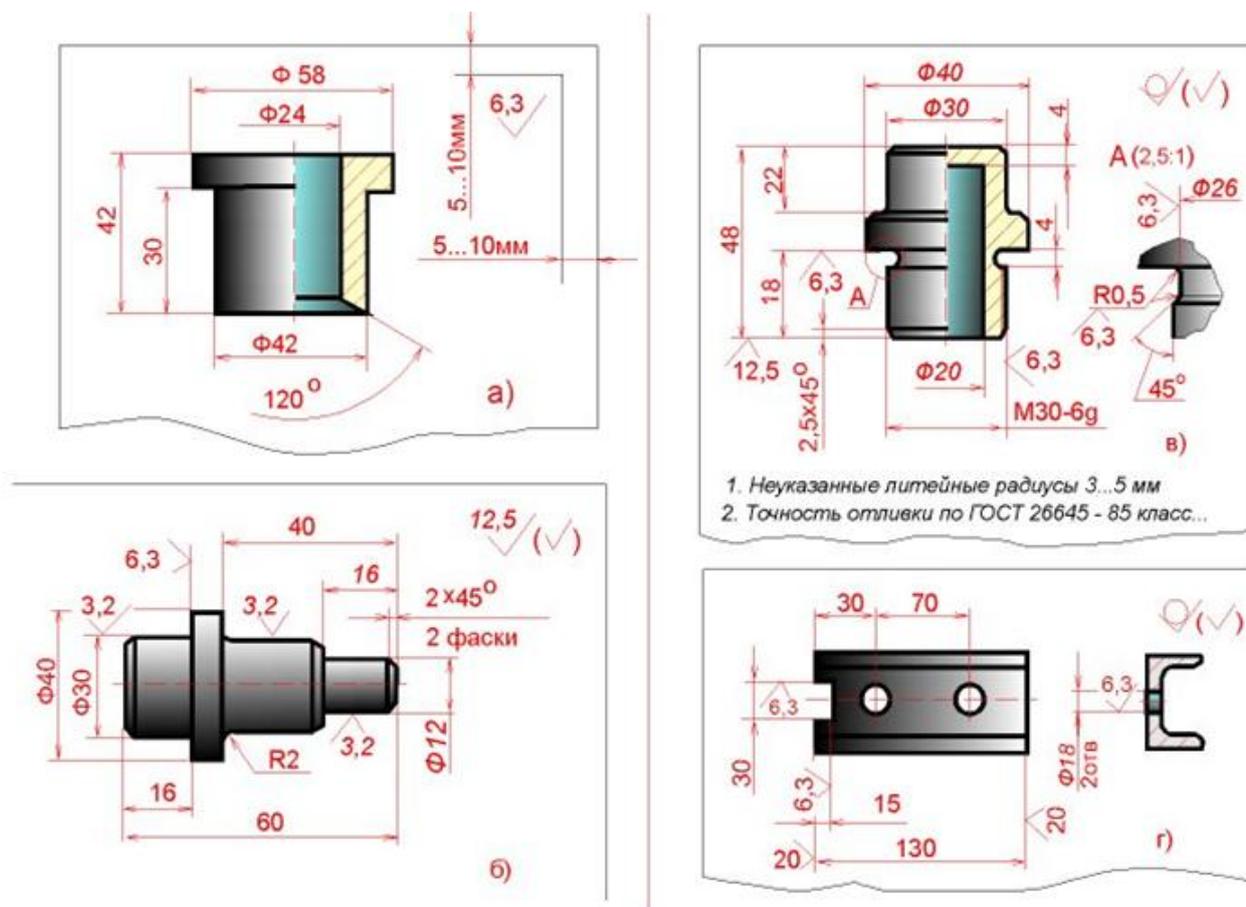


Рисунок 50 – Расположение обозначения шероховатости

**ПРАВИЛО 5.** Если часть поверхностей изделия имеет одинаковую шероховатость, то параметр одинаковой шероховатости можно поместить в правом верхнем углу, дополнив его знаком (Рисунок 50, б), заключенным в скобки. Такая запись означает, что все поверхности детали, на которых отсутствует знак шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную в правом верхнем углу. Знак "галочка", взятый в скобки, означает слово "остальное". Шероховатость некоторых поверхностей детали отмечена прямо на изображении.

Все остальные поверхности, в соответствии со знаком в правом верхнем углу чертежа, должны иметь шероховатость 12,5 мкм по шкале Ra.

**ПРАВИЛО 6.** Для деталей, изготовленных литьем, ковкой, штамповкой и другими аналогичными способами формообразования (то есть без механического удаления слоя материала), целесообразно в правом верхнем углу проставить шероховатость необработанных поверхностей, используя для этого знак (Рисунок 50) с указанием численного значения параметра шероховатости.

**ПРАВИЛО 7.** Если деталь изготавливается из сортового материала определенного профиля и размера, то на чертеже детали проставляют только параметры шероховатости обрабатываемых участков. Все поверхности детали, не требующие дополнительной обработки, отмечают знаком (Рисунок 50). Шероховатость этих поверхностей обусловлена техническими требованиями на исходный сортовой материал, причем на этот документ должна быть приведена ссылка, например, в виде указания сортамента материала в основной надписи чертежа.

**ПРАВИЛО 8.** Если шероховатость поверхностей, образующих замкнутый контур, должна быть одинаковой, то обозначение шероховатости наносят один раз, используя знак (Рисунок 51). Диаметр вспомогательного знака  $\circ$  - 4...5 мм.

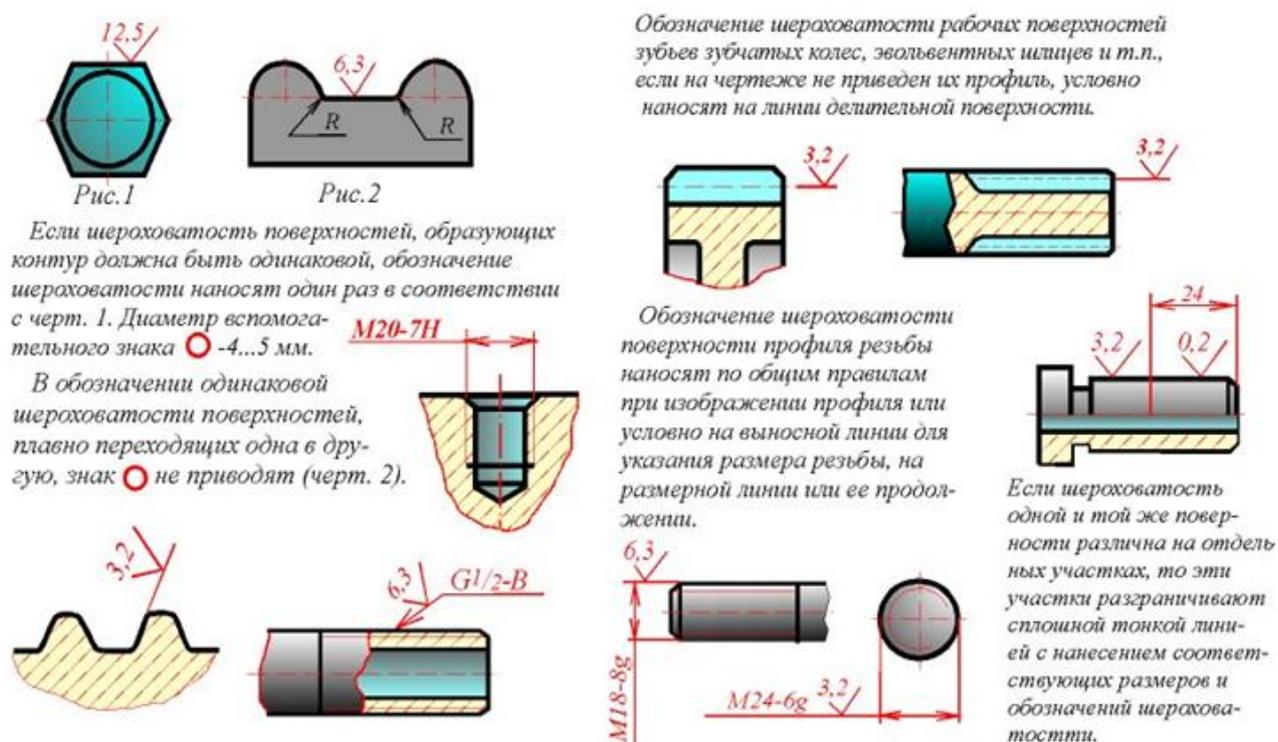


Рисунок 51 – Обозначение шероховатости поверхностей, образующих замкнутый контур

В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак  $\circ$  не приводят (Рисунок 51).

**ПРАВИЛО 9.** Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т.п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (Рисунок 51).

**ПРАВИЛО 10.** Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят условно на выносной линии для указания размера резьбы (Рисунок 51) или на размерной линии. Если на чертеже показан профиль резьбы, то шероховатость поверхности профиля обозначают по общим правилам.

**ПРАВИЛО 11.** Для упрощения чтения чертежа допускается величину шероховатости некоторых поверхностей указывать в технических требованиях в виде текста. Текст располагают над основной надписью чертежа. Этим способом указания шероховатости рекомендуется пользоваться при выполнении чертежей сложных деталей, содержащих большое количество однотипных элементов - фасок, канавок и т.п.

**ПРАВИЛО 12.** Для отметки границы участков одного элемента, имеющих различную шероховатость поверхностей, применяют сплошную тонкую линию с нанесением соответствующего размера и указанием шероховатости поверхности для каждого участка (Рисунок 51).

На рисунке 52 представлен чертеж типовой штампованной детали - крышки шатуна. Радиусы закругления и штамповочные уклоны на изображениях не проставляют, а дают, как это принято для повторяющихся элементов чертежа, текстовые указания по типу "Неуказанные радиусы 3...5 мм, уклоны 5°".

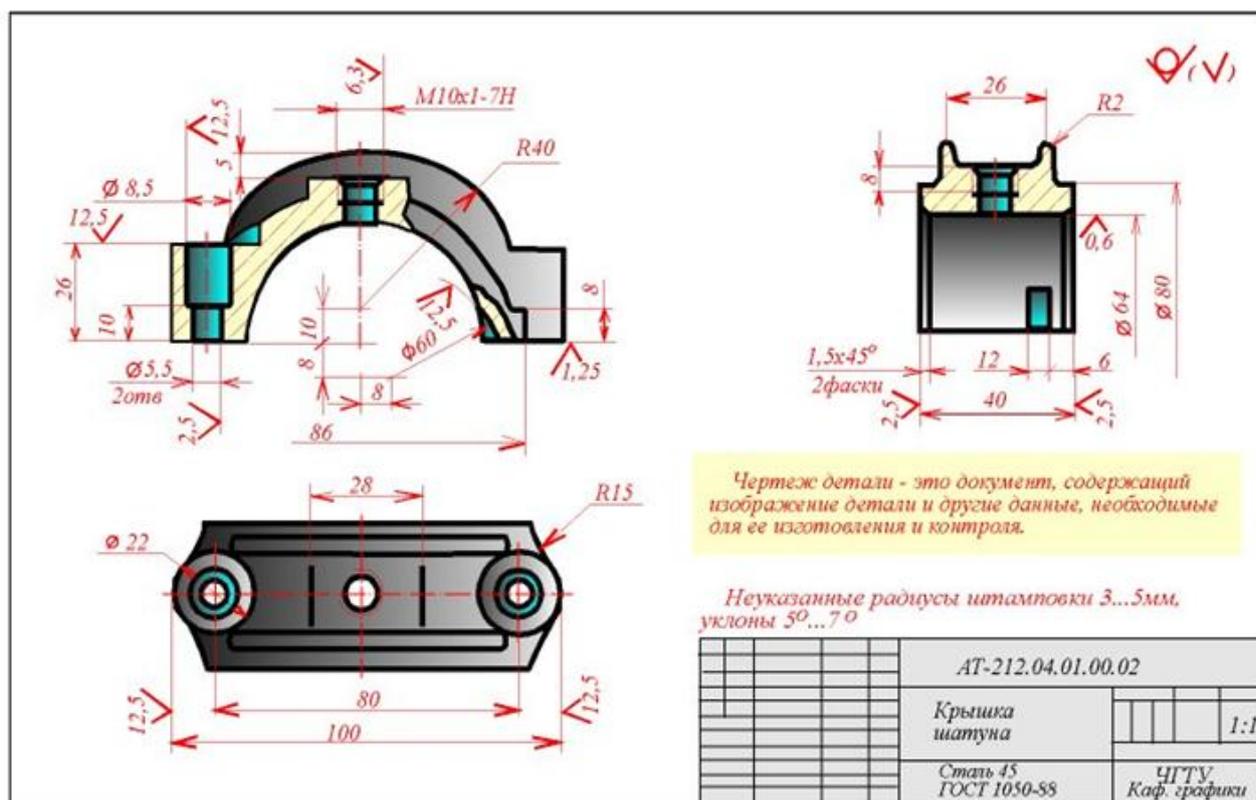


Рисунок 52 – Чертеж крышки шатуна

Обозначение шероховатости в правом верхнем углу показывает, что шероховатость поверхностей, полученных непосредственно из-под штампа, обусловлена техническими требованиями на штамповку для данных габаритов, материала и т.д.

Основные рабочие поверхности крышки шатуна - это цилиндрическая поверхность Ф64 (см. вид слева); обработанная шлифованием до чистоты 0,63 и нижняя плоскость (плоскость разъема), обработанная до 1,25. Эти две основные поверхности взаимно скоординированы (осевая линия цилиндра Ф64 находится в плоскости разъема).

Кроме основных поверхностей, механической обработке подвергаются боковые торцы крышки (см. вид слева) и крепежные отверстия (шероховатость 12,5). Габаритный размер 100 (см. вид сверху) также обеспечивается механической обработкой.

## 8 ЗАПУСК NX И РАБОТА С ФАЙЛАМИ

### 8.1 Запуск системы Siemens NX

После инсталляции NX в списке программ **Start > All Programs (Пуск > Все программы)** появится программная группа Siemens NX 8.0 с набором ярлыков для запуска (Рисунок 53).

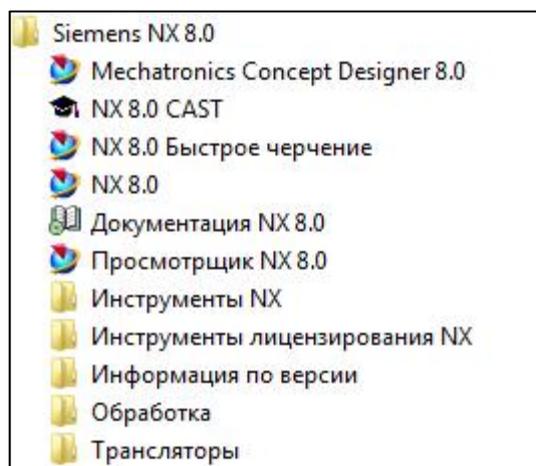


Рисунок 53 - Запуск NX

После инициализации приложения и проверки доступности лицензии будет открыто главное окно системы. В случае с запуском по двойному щелчку на файле модели она будет загружена и отображена в графической области. Если же запуск был произведён с помощью ярлыка, то вы можете создать новый файл модели или открыть существующий.

### 8.2 Создание нового файла детали

Инициировать процесс создания нового файла в системе Siemens NX можно следующими способами:

- Файл -> Новый;
- На панели инструментов команда Новый;
- Горячими клавишами Ctrl + N.

Таким образом, Вы откроете окно создания новой сессии в системе. Это диалоговое окно позволяет задать место расположения и название создаваемого файла детали. Кроме того, при необходимости Вы также можете определить единицы измерения.

### 8.3 Открытие существующего файла детали

Открытие уже существующего файла Вы можете реализовать следующими способами:

- Файл -> Открыть;

- На панели инструментов команда Открыть;
- Горячими клавишами Ctrl + O.

Если с файлом детали Вы работали недавно, то открыть его можно так:

- Файл -> Ранее открытые детали -> выберите нужный файл из списка;
- На панели инструментов команда Открыть зависимую;
- На паллете История.

#### 8.4 Интерфейс Siemens NX 8.0

Рассмотрим основные элементы главного окна приложения:

1 – заголовок окна, в котором помимо названия системы отображаются текущее приложение, имя рабочей детали и её состояние в случае изменения;

2 – строка главного меню, состав которой зависит от текущего активного приложения и роли;

3 – панели инструментов, набор и состав которых также зависит от приложения и роли;

4 – панель выбора, которая содержит набор команд и опций, управляющих механизмом интерактивного выбора пользователя в процессе работы над моделью;

5 – панель ресурсов, содержащая набор различных вкладок, каждая из которых отвечает за определённую функцию, например (Рисунок 54) вкладка **Навигатор модели**, отображающая дерево построения модели;

6 – строка статуса и подсказки, в которой отображаются контекстные подсказки для пользователя и текущий статус выполнения операции;

7 – графическая область, в которой отображается моделируемая геометрия.

8 – кнопка переключения между стандартным и полноэкранным режимами;

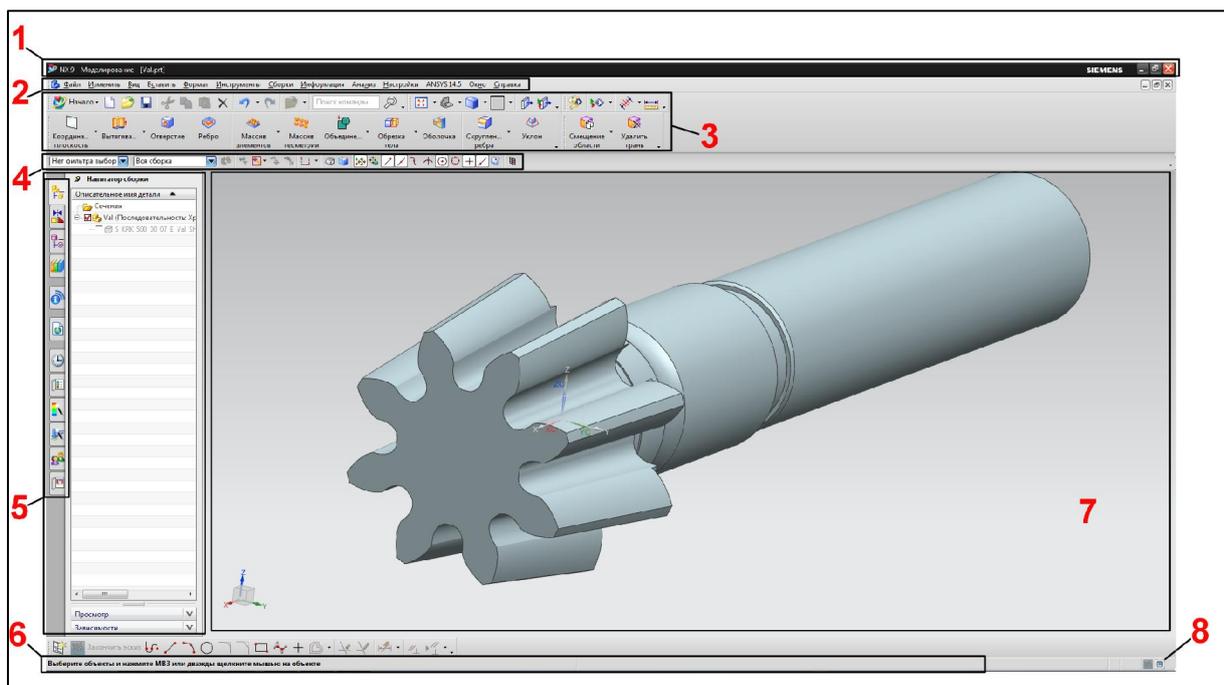


Рисунок 54 – Главное окно NX

В данном случае NX работает в «классическом» режиме, характерном для всех Windows приложений. Существует ещё один режим – полноэкранный (Рисунок 55), переключаемый кнопкой . Основное назначение данного режима – максимально расширить графическую область и минимизировать количество отображаемых панелей инструментов и меню. Помимо кнопки , переключиться в полноэкранный режим можно, нажав Alt+Enter или выбрав в строке главного меню команду **View > Full Screen (Вид >Во весь экран)**.

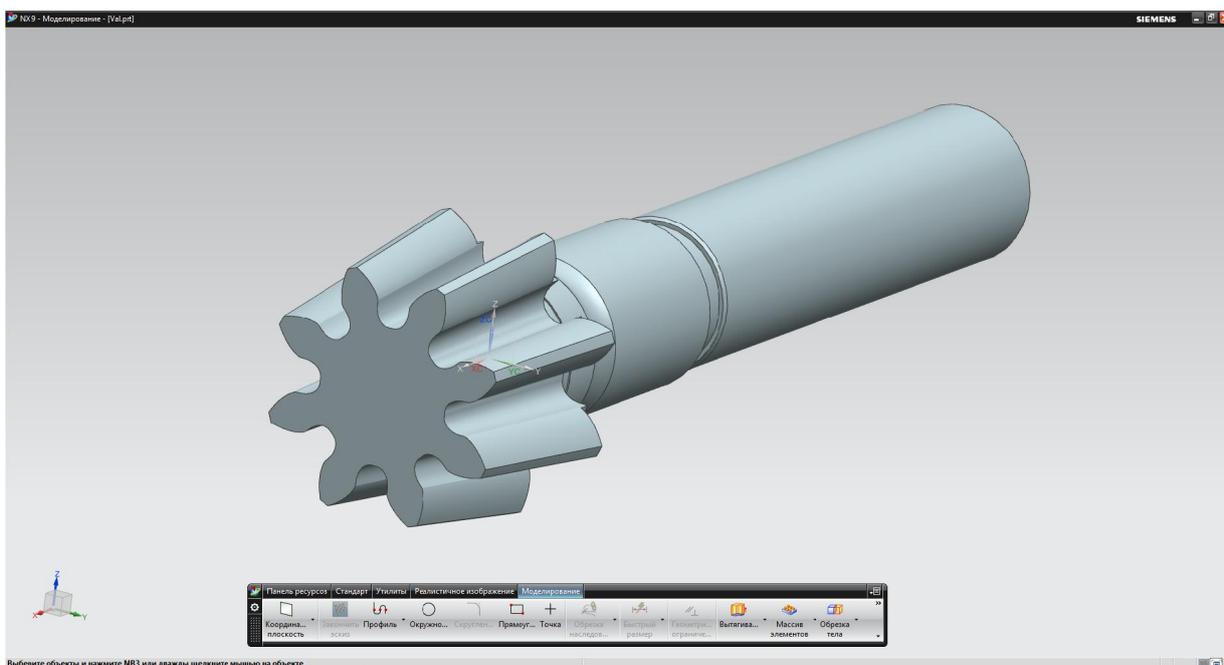


Рисунок 55 - Полноэкранный режим

По сравнению со стандартным режимом, здесь нет множества панелей инструментов, строки главного меню и панели ресурсов – все они собраны в единый менеджер инструментов, который может отображаться как в расширенном, так и в сокращённом виде. Все остальные элементы интерфейса стандартного режима присутствуют. Полноэкранный режим подойдёт опытным пользователям, которые научились максимально использовать контекстные меню команд, а также соответствующие клавиатурные сокращения. Все, что им нужно в этом случае, – максимально большое пространство, отображающие геометрию модели. Для менее опытных пользователей или для тех, кто любит пользоваться панелями инструментов, больше подойдёт стандартный режим.

### **Функциональность мыши**

Для работы с системой Siemens NX рекомендуется использовать трехкнопочную мышь или мышь с колесом прокрутки.

Принятые обозначения кнопок мыши в Siemens, справочных файлах и учебных примерах:

Левая кнопка – MB1 (от англ. Mouse Button); средняя кнопка или колесо прокрутки – MB2; правая кнопка – MB3.

### **Левая кнопка мышки**

Левая кнопка мышки (или MB1 в дальнейшем) используется для выбора иконок на панели инструментов, выбора команд и объектов моделирования в графическом окне программы. Двойное нажатие кнопки над объектом моделирования автоматически открывает диалоговое окно редактирования выбранного объекта.

### **Средняя кнопка мышки**

Средняя кнопка мышки, или MB2, или колесо прокрутки используется для вращения объектов в графическом окне. Для этого необходимо нажать на кнопку и перемещать мышь – происходит вращение вокруг центра экрана. Если Вы хотите осуществлять вращение вокруг произвольной точки, тогда нажмите и удерживайте MB2 до появления точки вращения, а затем перемещайте мышь для задания вращения.

Однократное нажатие на MB2 равносильно выполнению действия клавишей ОК во всех всплывающих меню и диалоговых окнах.

Простая прокрутка колеса мышки приводит к увеличению/уменьшению масштаба объектов в точке расположения курсора.

### **Правая кнопка мышки**

Правая кнопка мышки или MB3 используется для вызова контекстного меню. Если Вы однократно нажимаете на MB3, то выводится следующее диалоговое окно: Если нажимать и удерживать MB3, то появляется радиальное диалоговое окно.

Содержание команд в контекстном меню зависит от того, в каком приложении Вы работаете, и где находится курсор мыши (над объектом моделирования или в пустой части графической области).

### **Функции клавиш мыши**

Ниже показаны различные способы использования клавиш мыши для вращения, перемещения и масштабирования объектов в графической части экрана.

Вращение:

— Нажмите MB2 и перемещайте мышь в нужном Вам направлении. Для вращения вокруг горизонтальной оси - переместите мышь к правому краю экрана и нажмите MB2. Для вращения вокруг вертикальной оси или оси перпендикулярной виду экрана - переместите мышь к нижнему или верхнему краю экрана и нажмите MB2;

— Нажмите и удерживайте несколько секунд MB2 для задания точки вращения там где это необходимо.

Масштабирование:

— Нажмите и удерживайте одновременно MB1 и MB2 и перемещайте мышку в нужном направлении;

— Нажмите и удерживайте клавишу Ctrl на клавиатуре, а затем нажмите MB2 и переместите мышку;

— Вращайте колесо прокрутки вверх/вниз для масштабирования изображения в точке расположения курсора.

Перемещение:

— Нажмите и удерживайте одновременно MB2 и MB3 и перемещайте мышку в нужном направлении;

— Нажмите и удерживайте клавишу Shift на клавиатуре, а затем нажмите MB2 и переместите мышку.

## 9 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 9.1 Лабораторная работа №1 «Создание рамки и основной надписи чертежа»

Согласно ГОСТ 2.301-68\* Форматы ЕСКД приняты следующие основные форматы чертежей:

Обозначение формата	Размеры , мм		Расположение	
	А	В	горизонтальное	вертикальное
A4	210	297		+
A3	297	420	+	+
A2	420	594	+	+
A1	594	841	+	+
A0	841	1189	+	+

При горизонтальном расположении основная надпись располагается вдоль длинной стороны формата. При вертикальном – вдоль короткой. На рисунке 56 изображено горизонтальное расположение основной надписи. Чертежные формат, А4 не имеют горизонтального расположения, а бывают исключительно вертикальными.

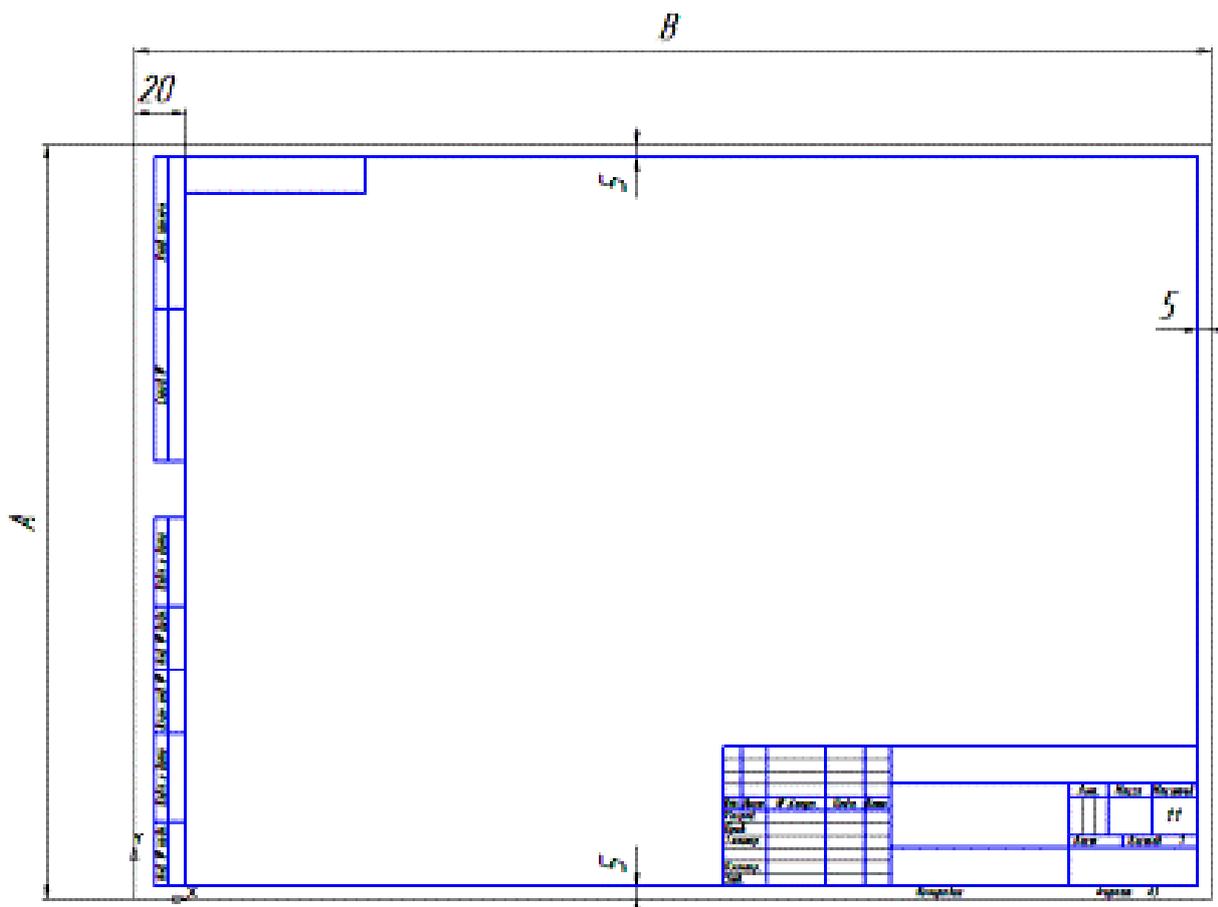


Рисунок 56 - Формат чертежа конструкторского лист 1

Чертеж должен иметь рамку. Размеры рамки указаны на рисунке . Рамка имеет одни и те же размеры для всех видов форматов (Рисунок 57).

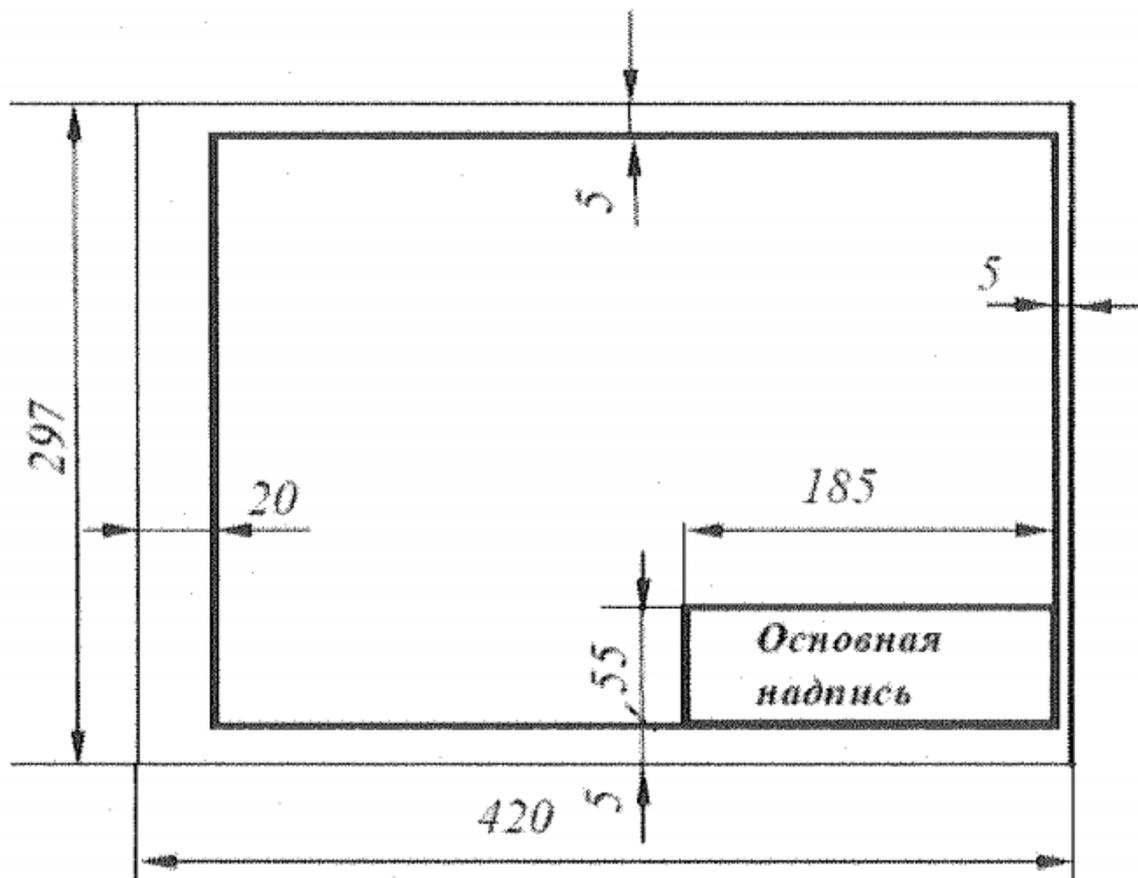


Рисунок 57 - Размеры рамки формата А3

#### Основная надпись

Для всех форматов чертежей выполняется основная надпись чертежа одного и того же типа. Основную надпись называют также «штамп». Она выполняется согласно ГОСТ 2.104-2006, действует, введен в действие 01.09.2006. Вид и размеры основной надписи показаны на рисунке 58.

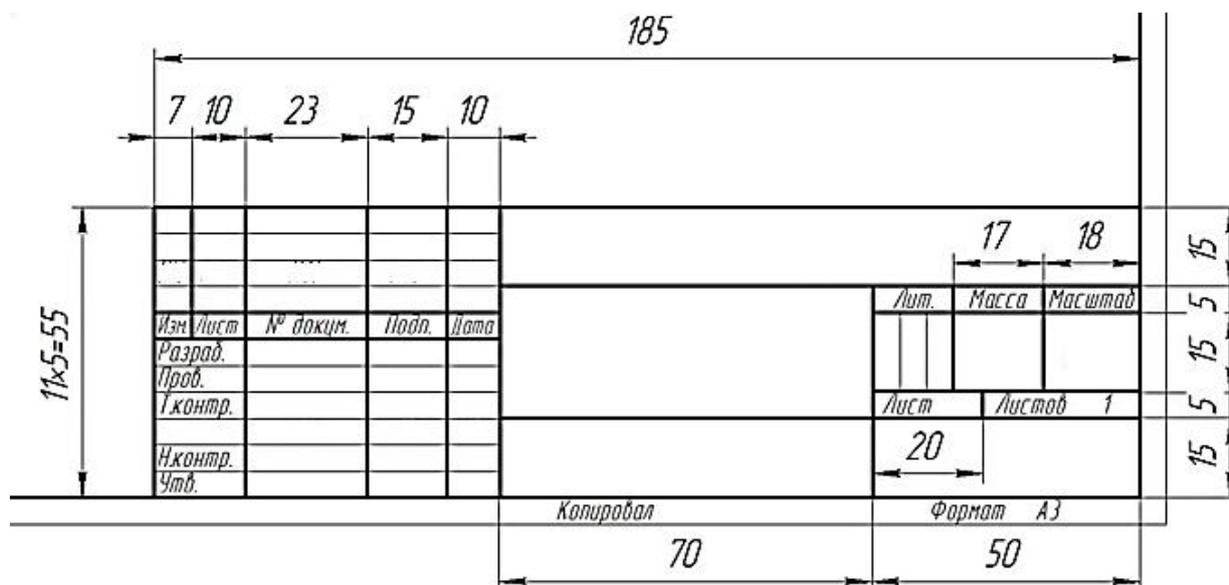


Рисунок 58 - Основная надпись чертежа

Запускаем Siemens NX 8.0.

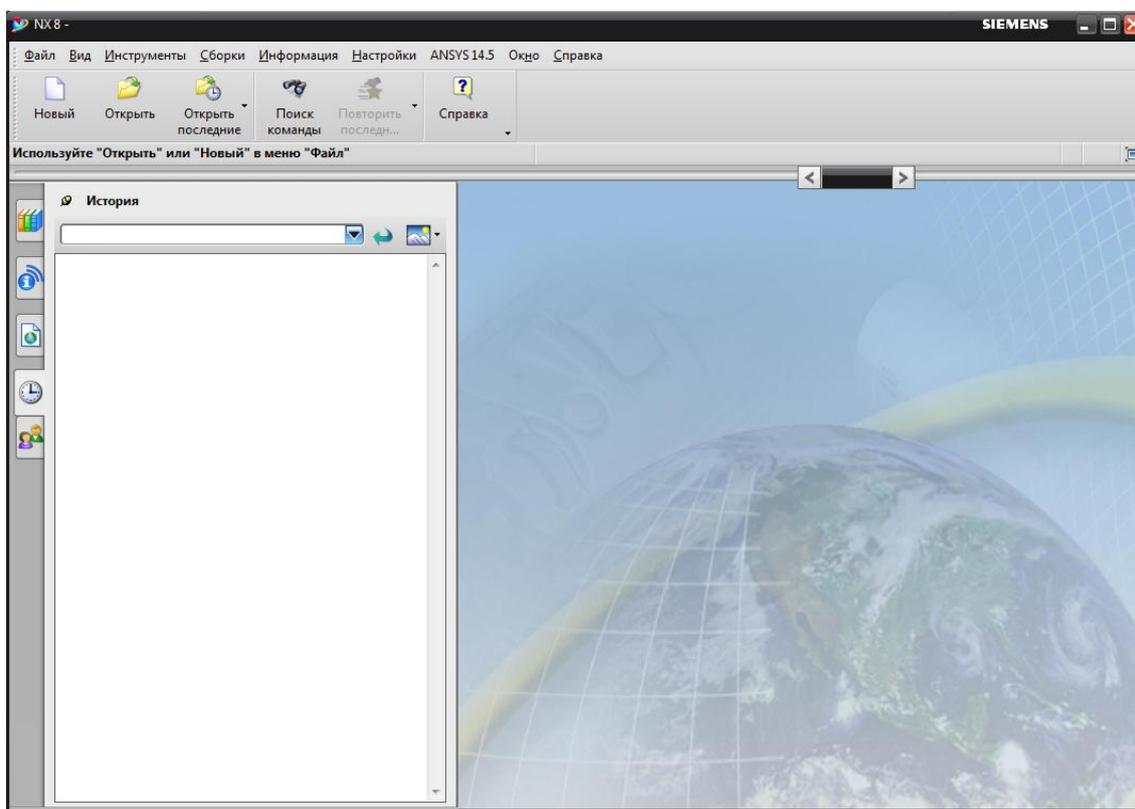


Рисунок 59 - Главное окно Siemens NX 8.0

Создаем новый файл: **Файл** -> **Новый**, выбираем панель Модель, указываем имя файла и папку сохранения. По умолчанию сохраняем все без изменения и нажимаем ОК (Рисунок 60).

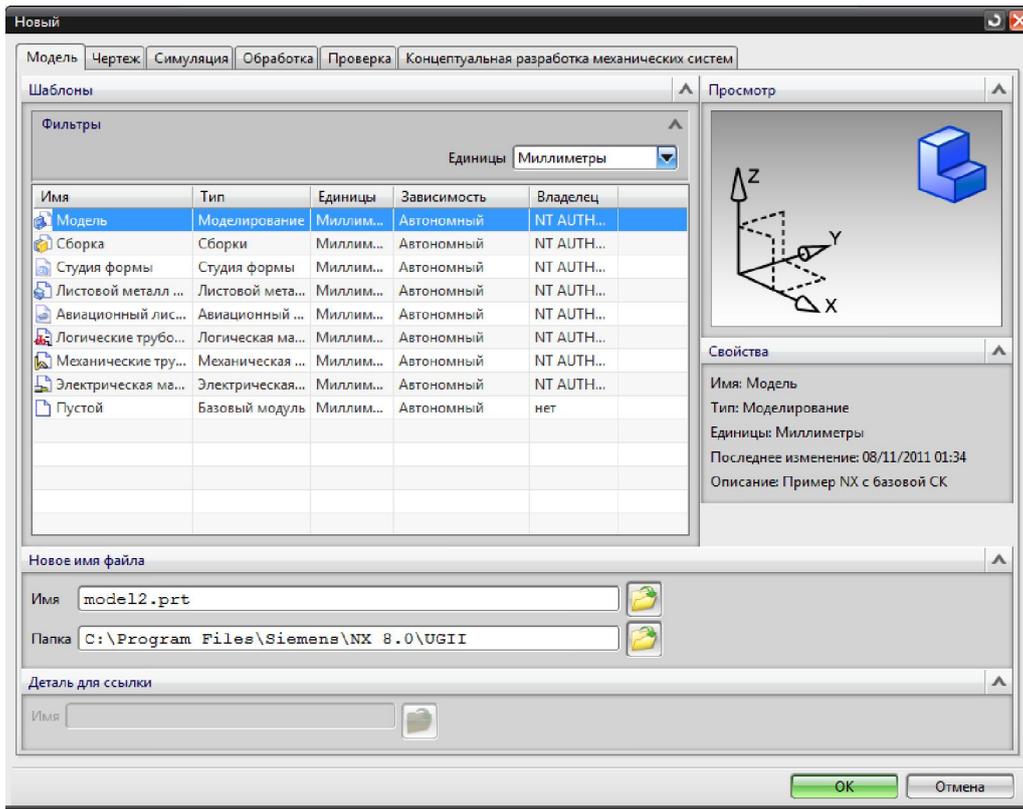


Рисунок 60 - Меню Новый

Для перехода в модуль черчения: **Начало** -> **Черчение** (Рисунок 61).

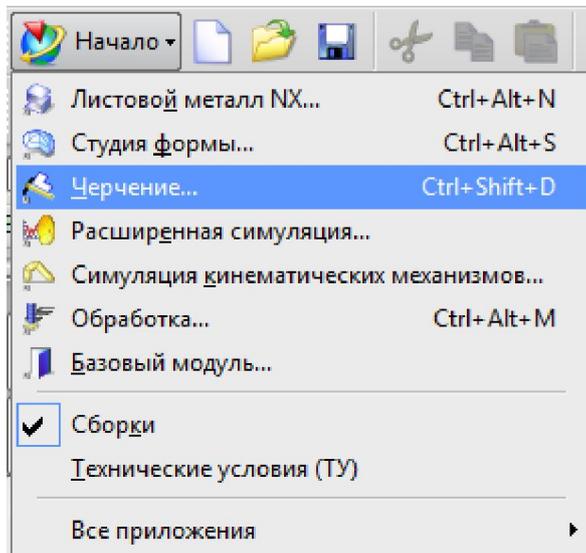


Рисунок 61 - Меню Начало

Указываем параметры листа для создания чертежа: стандартный размер, размер А3-297x420, масштаб 1:1 (Рисунок 62).

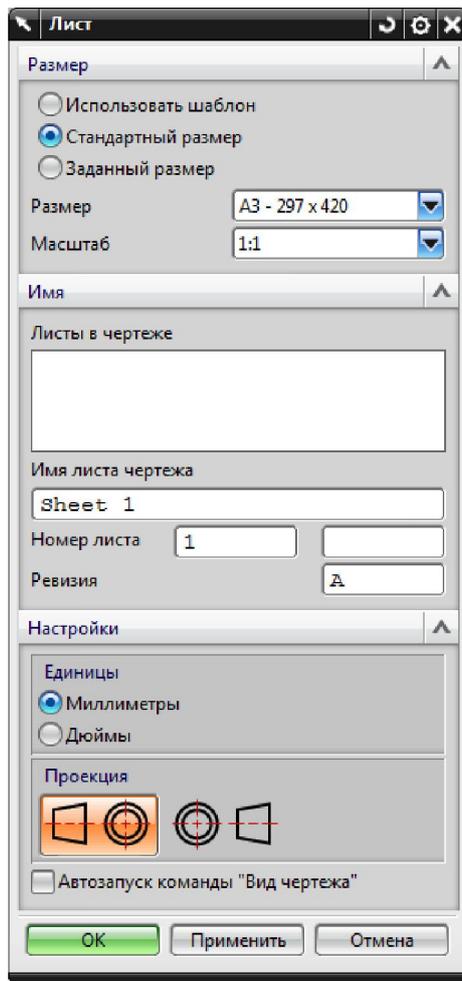


Рисунок 62 - Меню Лист

Создадим рамку чертежа. Для этого воспользуемся командой **Профиль** , тип объекта – отрезок, режим ввода – режим задания координат (Рисунок 63).

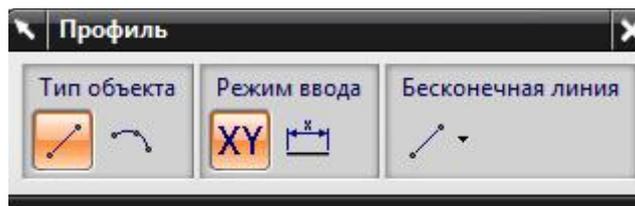


Рисунок 63 - Меню Профиль

Указываем первую точку с координатами  $X_C=20$ ,  $Y_C=5$ ; далее вторая точка с координатами  $X_C=20$ ,  $Y_C=292$ ; третья точка с координатами  $X_C=415$ ,  $Y_C=292$ ; четвертая точка с координатами  $X_C=415$ ,  $Y_C=5$ ; пятая точка с координатами  $X_C=20$ ,  $Y_C=5$ . Рамка построена (Рисунок 64).



Рисунок 64 - Рамка чертежа

Построим рамку основной надписи. Для этого воспользуемся командой **Профиль**



, тип объекта – отрезок, режим ввода – режим задания координат.

Указываем первую точку с координатами  $X_C=230$ ,  $Y_C=5$ ; далее вторая точка с координатами  $X_C=230$ ,  $Y_C=60$ ; третья точка с координатами  $X_C=415$ ,  $Y_C=60$  (Рисунок 65).



Рисунок 65 - Рамка основной надписи чертежа

Для построения основной надписи чертежа воспользуемся данными из рисунка 58. В итоге получаем рамку и основную надпись чертежа (Рисунок 66).

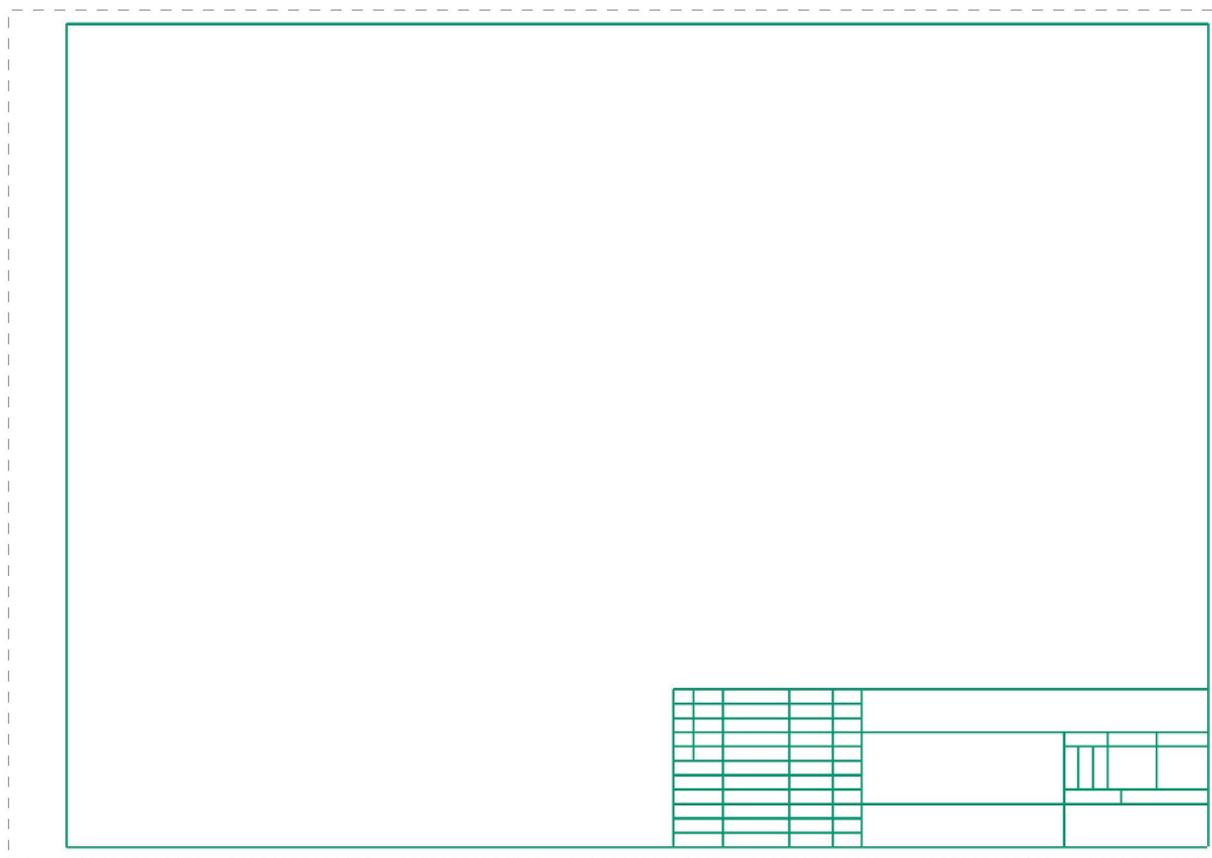


Рисунок 66 - Рамка и основная надпись чертежа

Для добавления текста на основную надпись чертежа необходимо в панели навигации

изменить **Роль** . Выбираем **Роль** -> **Роль Расширенные с полным меню** . Далее выбираем **Вставить** -> **Кривая/Точки** -> **Текст**. Шрифт - Arial, скрипт - кириллица, стиль шрифта - курсив, высота - 3, W масштаб - 75, сдвиг 0 (Рисунок 67).

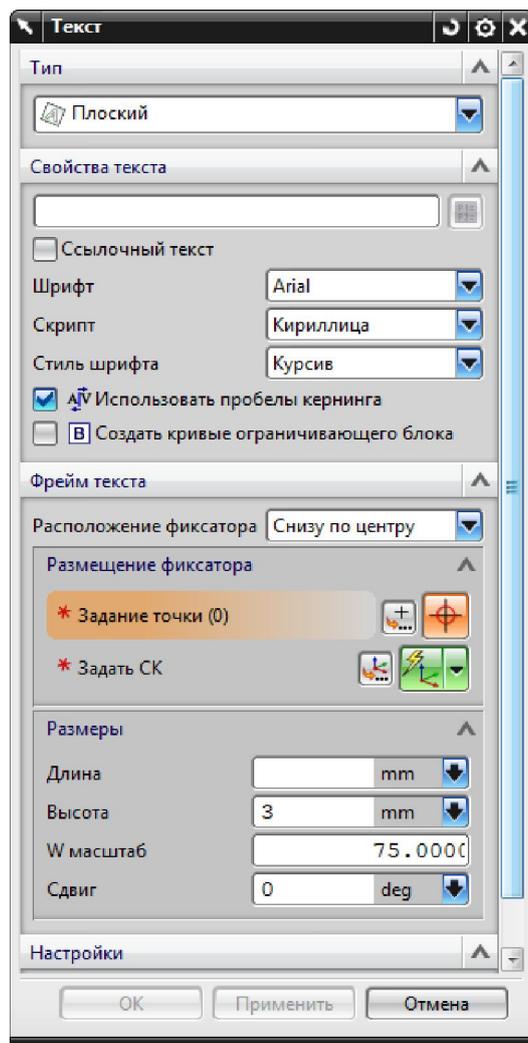


Рисунок 67 - Меню Текст

Для редактирования положения и величины текста необходимо использовать стрелки, по периметру вставляемого текста (Рисунок 68).

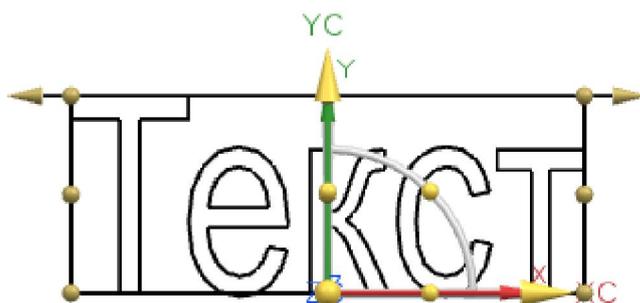


Рисунок 68 - Изменение текста

Для добавления текста воспользуемся данными из рисунка 58. Также необходимо в столбец № документа, напротив графы **Разработал** добавить ФИО студента, выполняющего

лабораторную работу. В итоге получаем вот такую рамку, основную надпись чертежа с заполненным текстом.

Если в результате построения возникли пересечения, то их необходимо удалить. Для это необходимо выделить область с этим объектом и нажать клавишу **Delete** (Рисунок 69).



Рисунок 69 – Выделение элементов в области

Далее необходимо перенести элементы на нередактируемый слой. Для этого выделить все элементы на листе при помощи мыши или воспользовались сочетанием клавиш Ctrl+A, и выбираем **Формат -> Переместить на слой** (Рисунок 70).

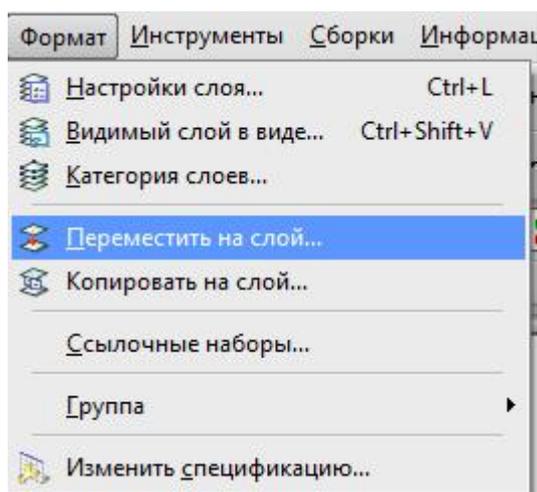


Рисунок 70 – Расположение команды Переместить на слой

Вводим значение 20 в строку слой или категория назначения и нажимаем ОК. Далее переходим в меню **Формат -> Настройка слоя**. Переставляем галочка со значением 20 в столбец «Только видимый» и нажимаем **Заккрыть**. В итоге получаем шаблон рамки и основной надписи чертежа (Рисунок 71).



## 9.2 Лабораторная работа №2 «Создание модели с помощью эскиза»

Эскиз – это инструмент, который позволяет быстро нарисовать профиль из кривых и превратить его в точную форму с помощью ограничений и задания размеров. Каждый элемент построения, который называется эскизом, имеет имя и состоит из набора кривых и точек, заданных в определенной вами плоскости. В свою очередь эскиз может многократно использоваться другими операциями построения.

Эскиз позволяет:

- 1) Создать объемное или листовое тело заметанием контура эскиза переносом или вращением.
- 2) Создать тело переносом контура вдоль направляющей.
- 3) Использовать эскизы в качестве сечений при построении поверхностей свободной формы.
- 4) Использовать эскиз как кривую для задания закона.

Эскиз сохраняет ассоциативную связь с элементами, для построения которых он использовался. Изменение размеров или ограничений на эскизе, проходящее к изменению его размеров или положения, автоматически приводят к изменению этих зависимых от эскиза элементов. Так как эскиз является элементом построения, он изображается отдельной операцией в навигаторе построения модели.

Целью лабораторной работы является изучение возможностей режима создания эскизов (сечений, профилей) в системе NX 8.0.

Основные меню, которые понадобятся в работе представлено на рисунке 72.

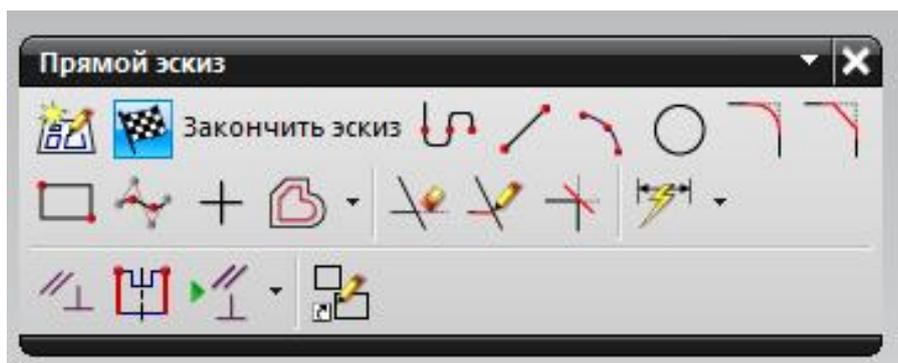


Рисунок 72 - Меню Прямой эскиз

Задание: Необходимо построить эскиз кулачка.

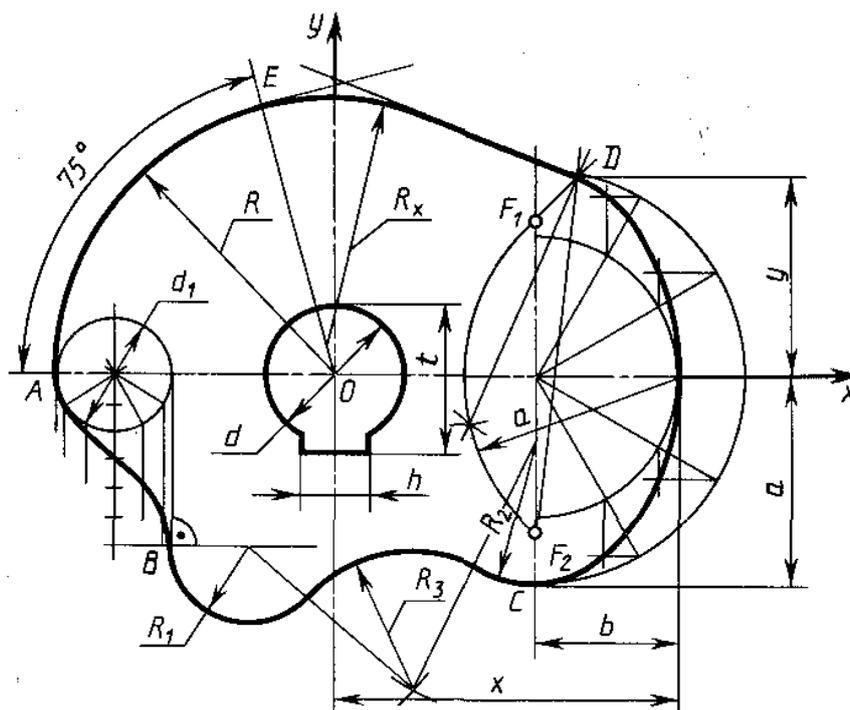


Рисунок 73 - Очертание кулачка

$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$a$	$b$	$d$	$d_1$	$h$	$t$	$x$	$y$
115	35	55	35	75	45	40	55	12	45	115	70

Рисунок 74 – Значение размеров

Для построения эскиза используем очертание кулачка (Рисунок 73) и значение размеров (Рисунок 74).

Создайте новую модель. *Файл ->Новый...* Выберите папку, в которой вы храните лабораторные работы. Задайте имя файла и выберите единицы измерения *Миллиметры* (Рисунок 75).

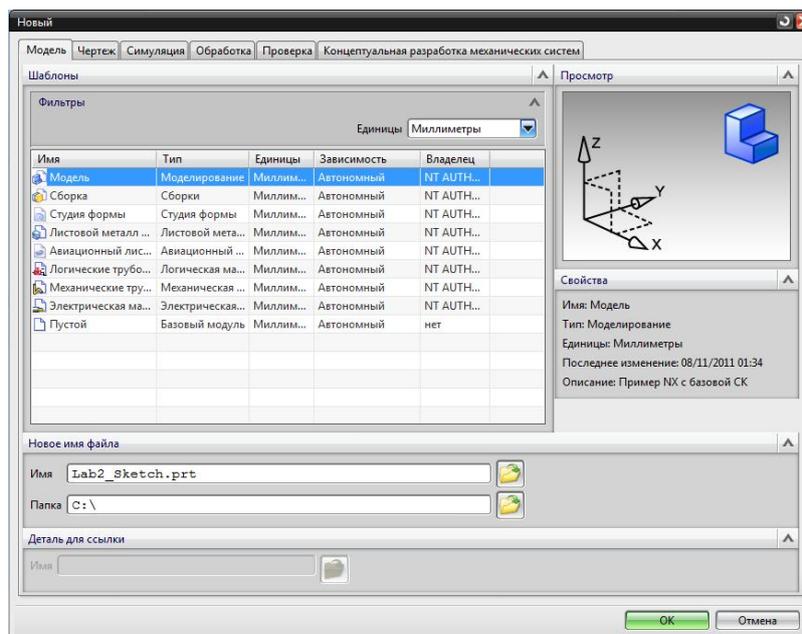


Рисунок 75 - Меню Новый

Перейдите в режим редактирования эскиза, выбрав команду *Вставить -> Эскиз*



В меню *Создание эскиза* нажмите ОК (Рисунок 76):

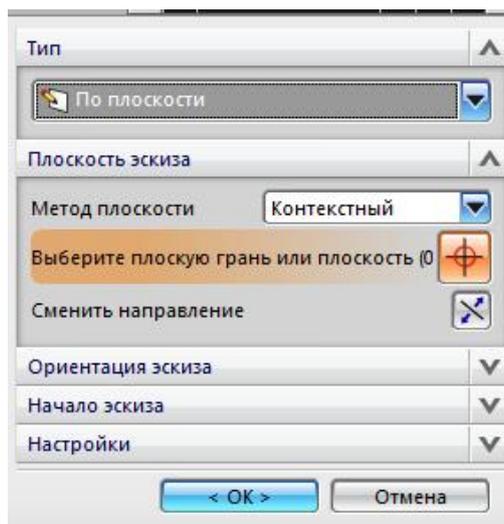


Рисунок 76 – Меню Создание эскиза

Далее в меню *Прямой эскиз* нажимаем кнопку *Открыть в среде задач эскиза*



### Внимание

Убедитесь, что иконка *Создать контекстные ограничения*  активна ,

а иконка *Постоянное автообразмеривание*  деактивирована .

С помощью команды *Линия*, создадим две вспомогательные линии.

Создание горизонтальной вспомогательной линии проходящей через начало координат:

Построим линию с началом в точке  $[-120,0]$  и длиной 240. Для этого, щелкнув по иконке Линия , введем в поле ХС значение «-120», а в поле YС – «0». Закончить операцию нажатием клавиши Enter. Первая точка прямой создана.

Система предлагает указать длину линии и угол наклона относительно оси X. Введем в поле длина значение «240», а в поле угол – «0». Закончить операцию нажатием клавиши Enter.

Линия создана, но не зафиксирована. Если вы попытаетесь ее передвинуть – она переместится. Необходимо зафиксировать ее. Для этого, щелкнув по иконке Ограничения , укажите созданную линию. Выберите связь – Фиксировано (Рисунок 77).

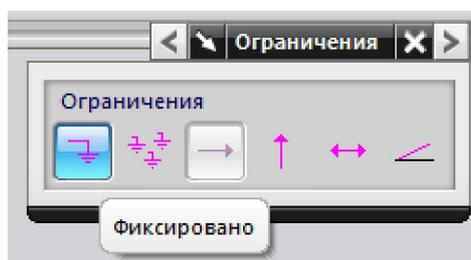


Рисунок 77 - Меню Ограничения

Теперь линия зафиксирована относительно оси X. С помощью команды Контекстный размер  поставим размер нашей линии и расстояние от начала линии и до оси Y (Рисунок 78).

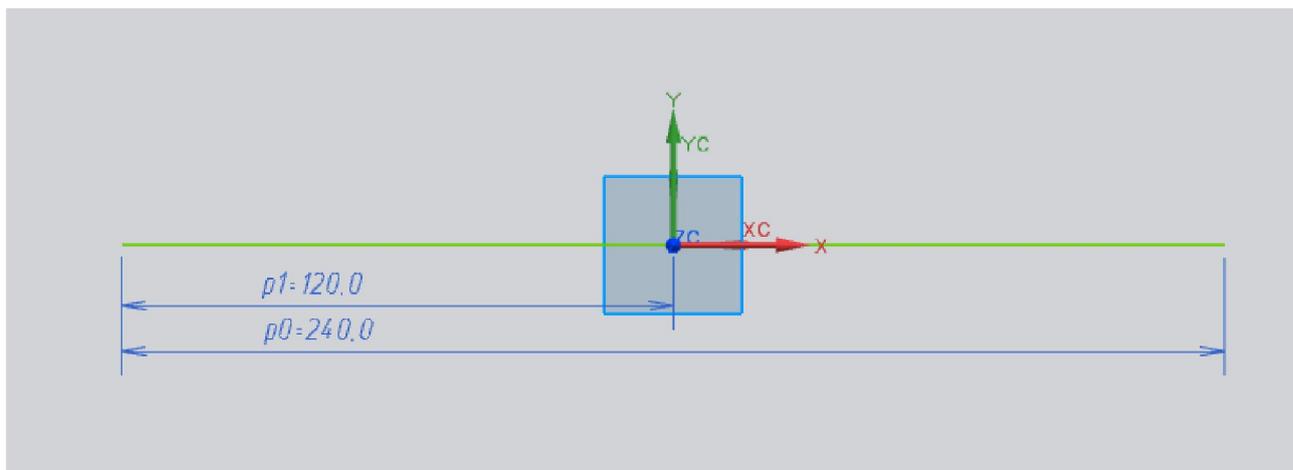


Рисунок 78 – Образмеренная горизонтальная линия

Осталось придать ей свойство вспомогательной. Для этого, щелкните правой МВЗ на линии и в появившемся выпадающем меню выберите *Преобразовать во вспомогательную* (Рисунок 79).

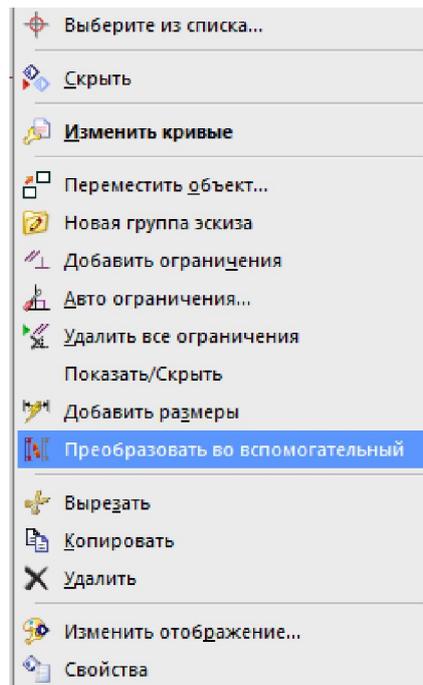


Рисунок 79 – Меню линии

Линия примет вид вспомогательной (Рисунок 80).

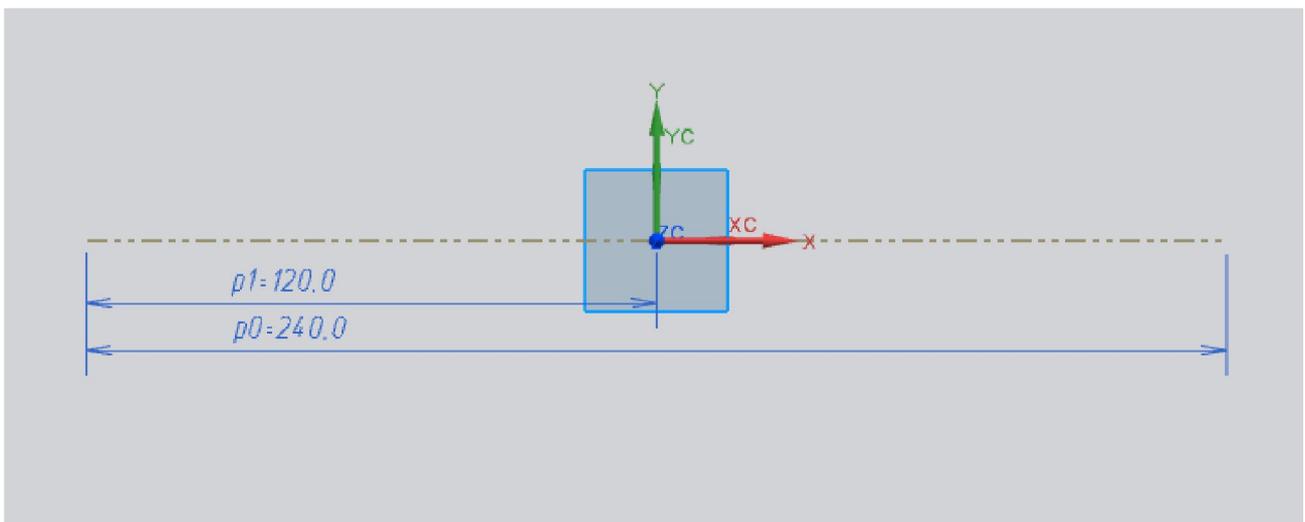


Рисунок 80 - Вспомогательная горизонтальная линия

Аналогично создайте вертикальную линию с началом в точке  $[0,-100]$ , длиной 200 и лежащую на оси  $Y$ . Зафиксируем ее, проставим размеры и придадим свойство вспомогательной (Рисунок 81).

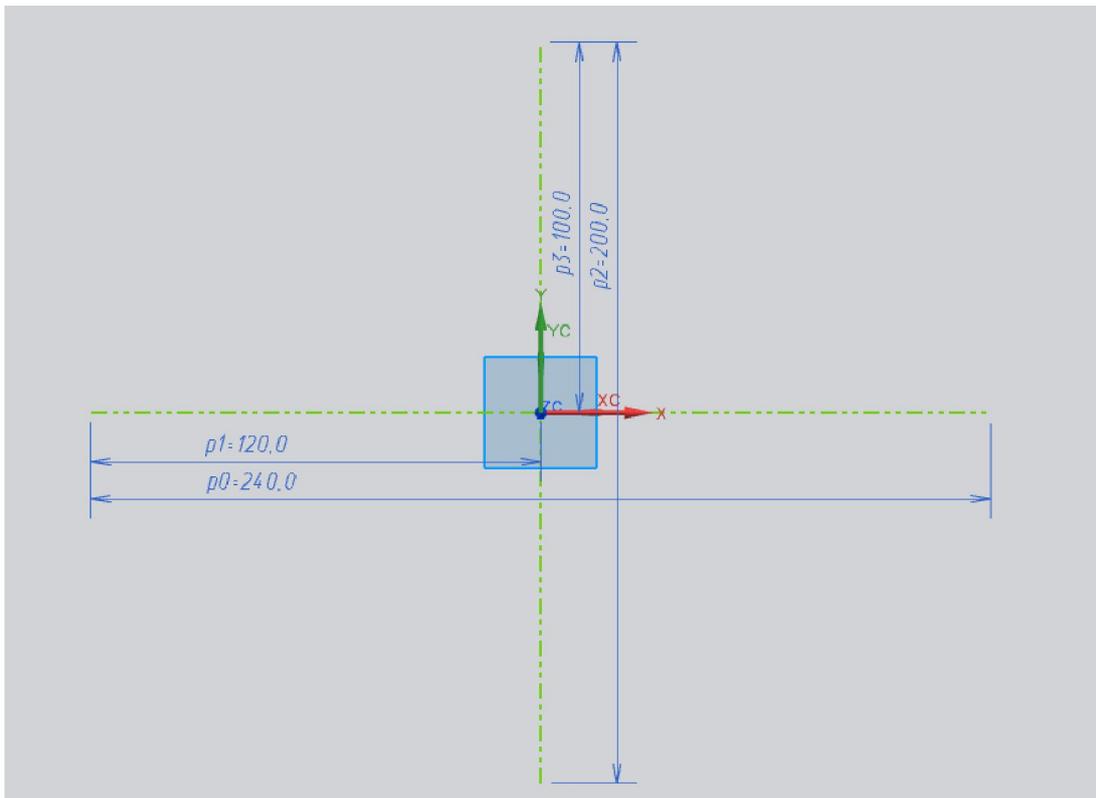


Рисунок 81 – Вспомогательные горизонтальная и вертикальная линии

Сделайте автомасштабирование с помощью команды *Оптимизация* .

Создадим вертикальную вспомогательную линию на расстоянии  $x - b$  от оси  $Y$  с началом в точке  $[0, -100]$  и длиной 200.

Создадим вспомогательную линию OE с началом в центре координат, длиной 120 и с наклоном в  $75^\circ$  к оси  $-X$ . Выберите команду *Линия* . Убедитесь, что активна привязка «точка пересечения»  (Рисунок 82).

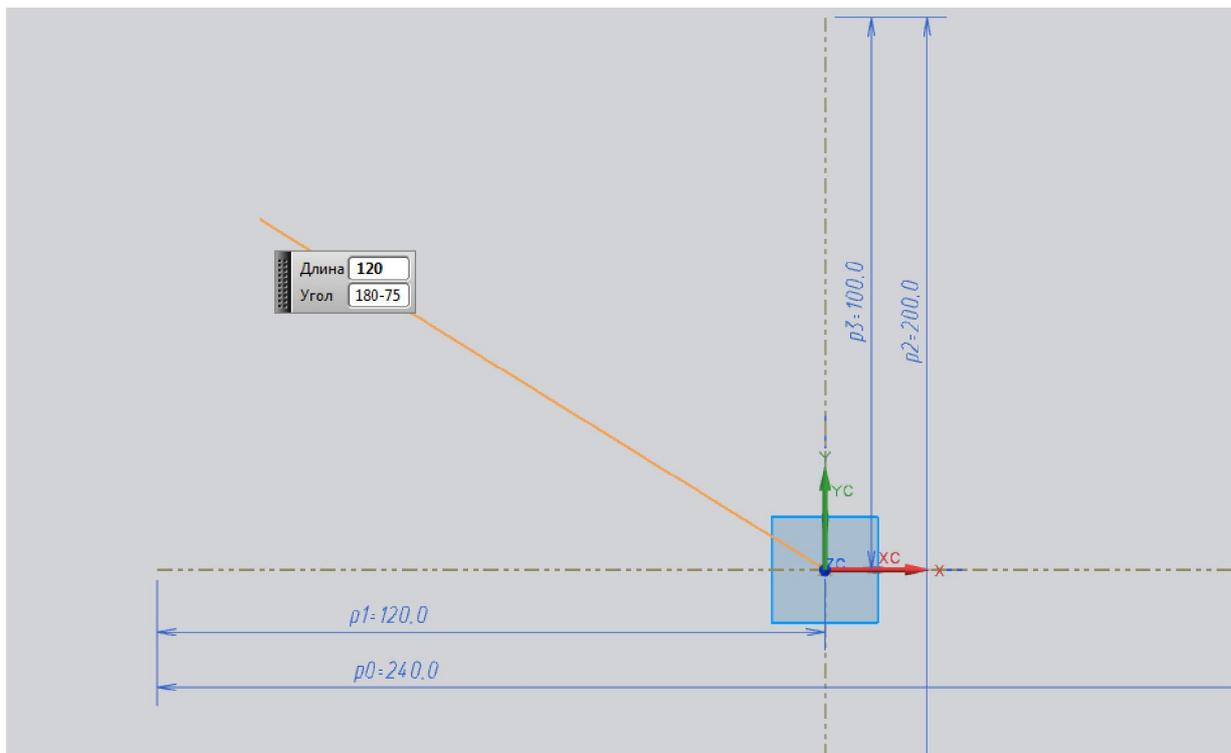


Рисунок 82 - Построение наклонной линии

Сделайте полученную линию вспомогательной. И поставьте угловой размер и длину линии (Рисунок 83).

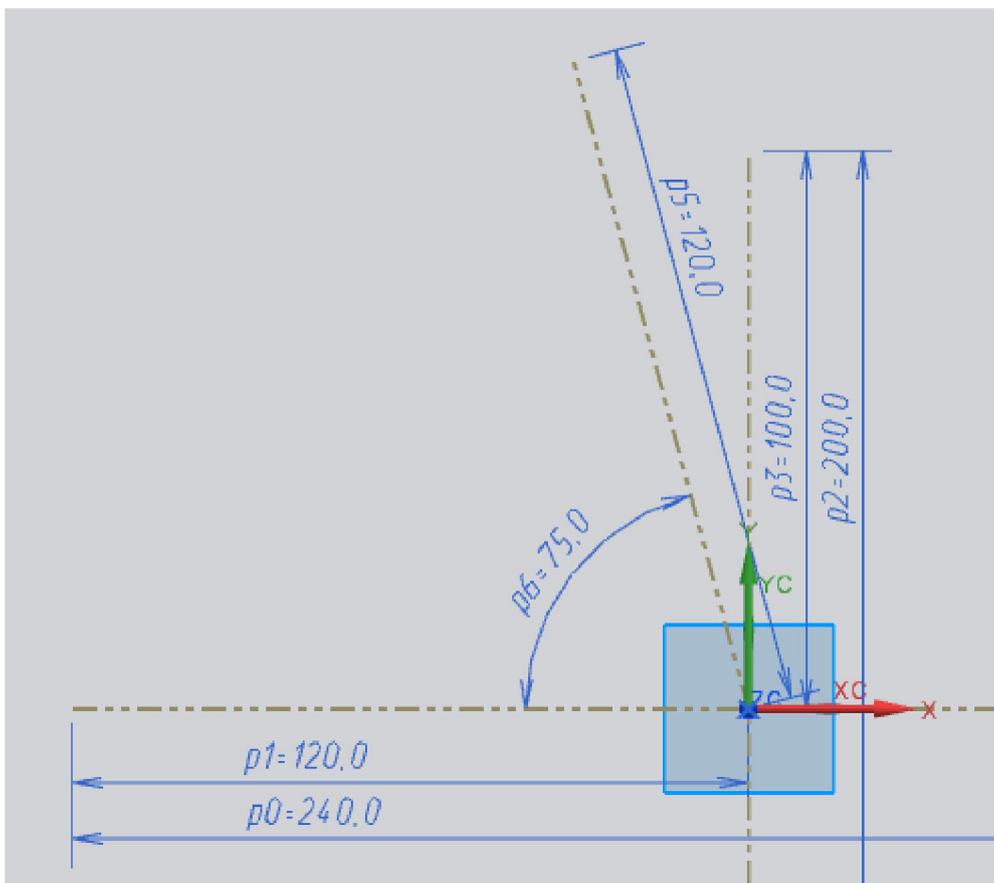


Рисунок 83 – Вспомогательная наклонная линия

Создадим вертикальную вспомогательную линию на расстоянии 70 от оси  $Y$  с началом в точке  $[70,-100]$  и длиной 200 (Рисунок 84).

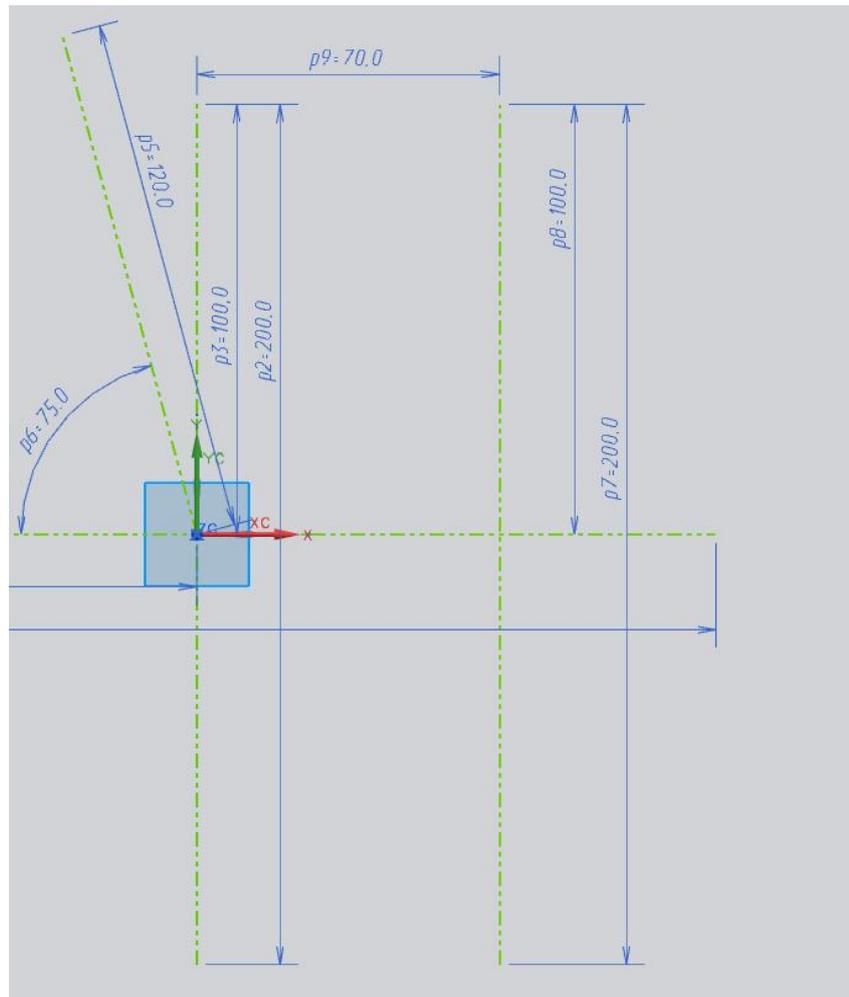


Рисунок 84 - Вспомогательная линия на расстоянии 70 от оси  $Y$

Теперь создадим окружность радиусом  $R$ .

Щелкните по иконке *Окружность* . Убедитесь, что иконка *Окружность по центру и диаметру*  активна (Рисунок 85).

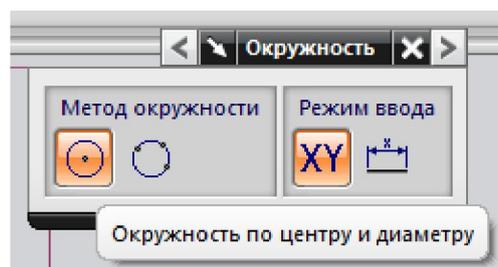


Рисунок 85 - Меню Окружность

Задайте координаты центра окружности:  $X_C=0$ ,  $Y_C=0$ , или с помощью привязок выберите точку с координатами  $(0,0)$  (Рисунок 86).

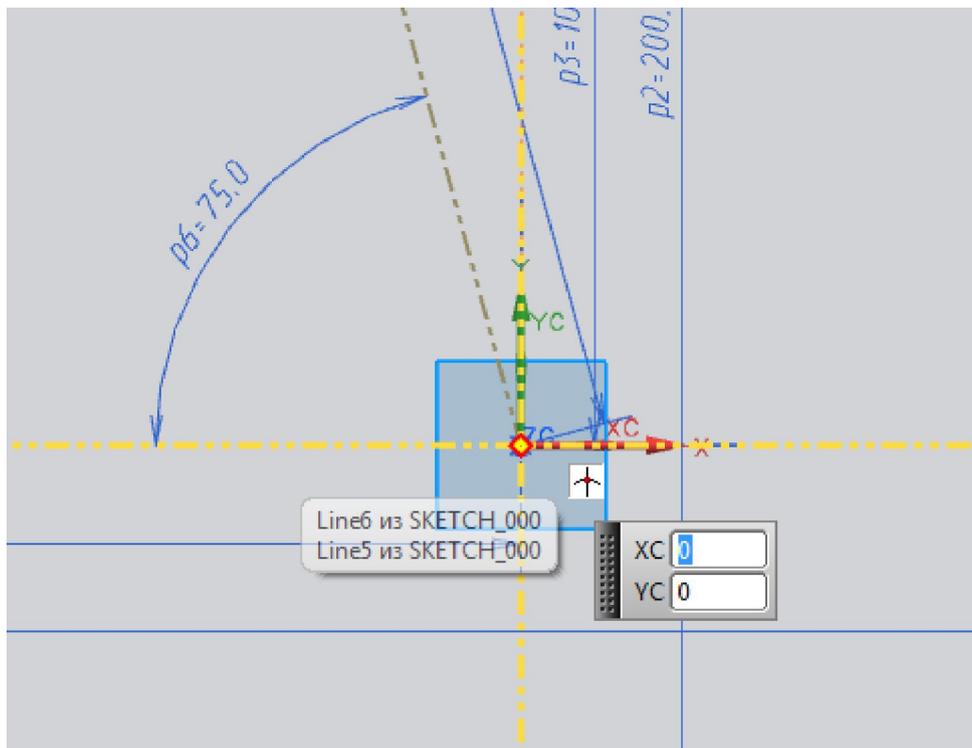


Рисунок 86 – Привязка «Точка пересечения»

Задайте диаметр равный  $2R=115*2$ . Нажмите Enter для завершения операции. Щелк-

ните по иконке *Контекстный размер*  поставьте размер на окружность (Рисунок 87).

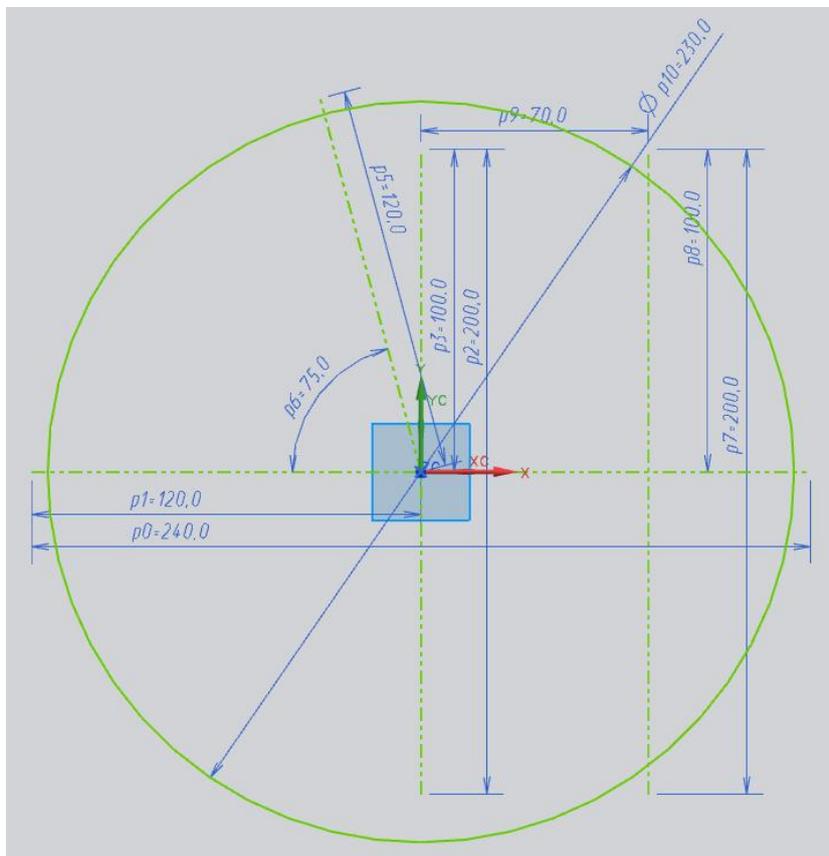


Рисунок 87 – Образмеренная окружность

Создадим окружность диаметром  $d1$ . Щелкните по иконке *Окружность*. Затем укажите центр окружности в любой точке горизонтальной вспомогательной линии, необходимо, чтобы была активирована привязка *Точка на кривой*  (Рисунок 88).

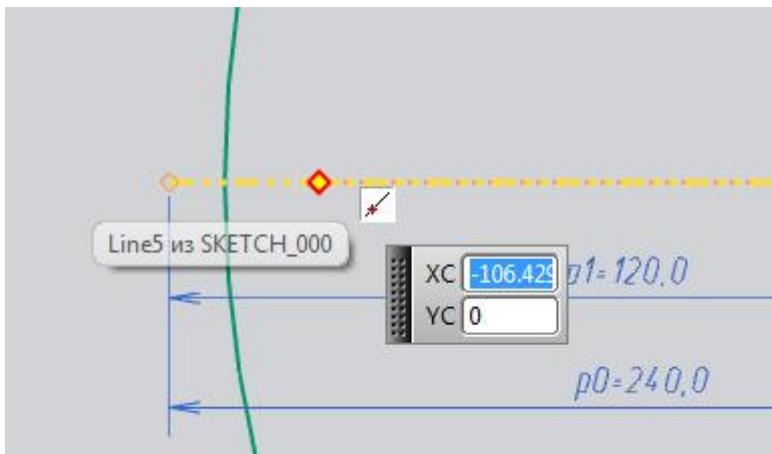


Рисунок 88 - Привязка «Точка на кривой»

После того как система попросит задать диаметр окружности, переместите курсор мыши так, чтобы появился значок касательности между двумя окружностями. Щелкните MB1 (Рисунок 89).

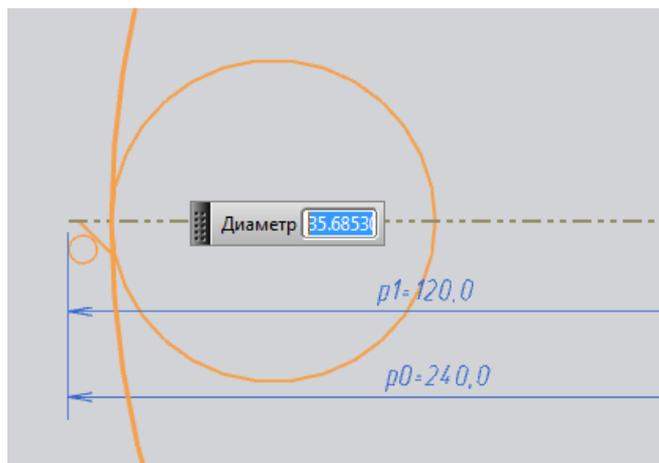


Рисунок 89 - Активация касательности между окружностями

Задайте диаметр окружности равный 55 (Рисунок 90).

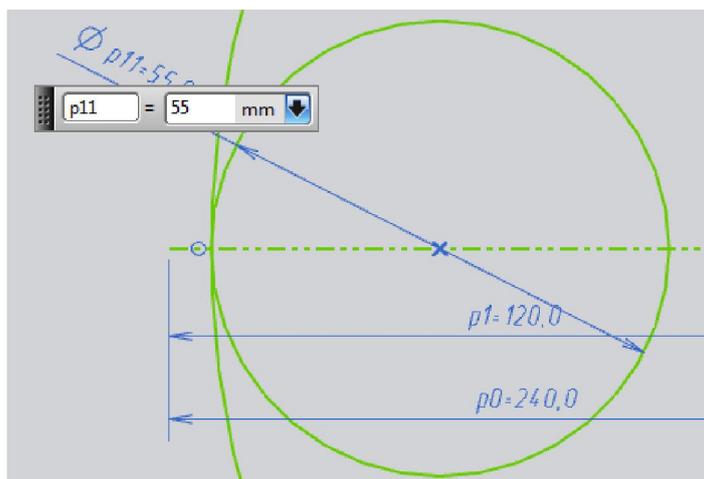


Рисунок 90 - Образмеренная окружность

Заметьте, что хотя диаметр окружности и изменился, она осталась касательной к окружности радиусом 115. Теперь создайте вертикальную вспомогательную линию с началом в центре только что созданной окружности (активировать привязку *Центр дуги* ) и длиной 82.5 (Рисунок 91).

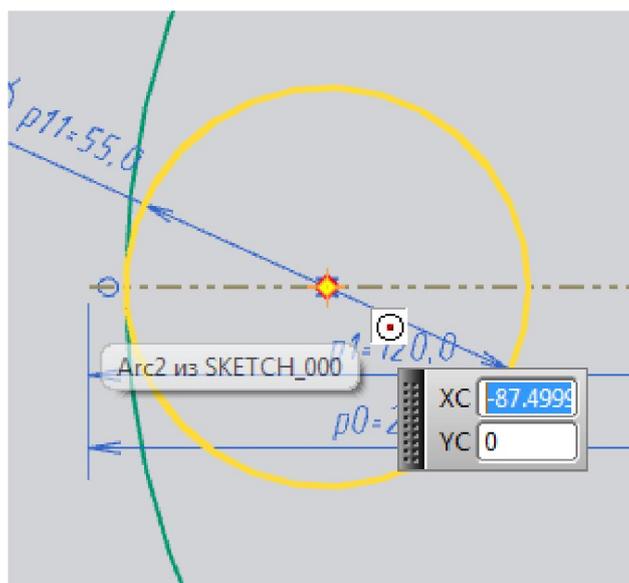


Рисунок 91 – Привязка «Центр дуги»

Задайте длину линии и преобразуйте во вспомогательную (Рисунок 92).

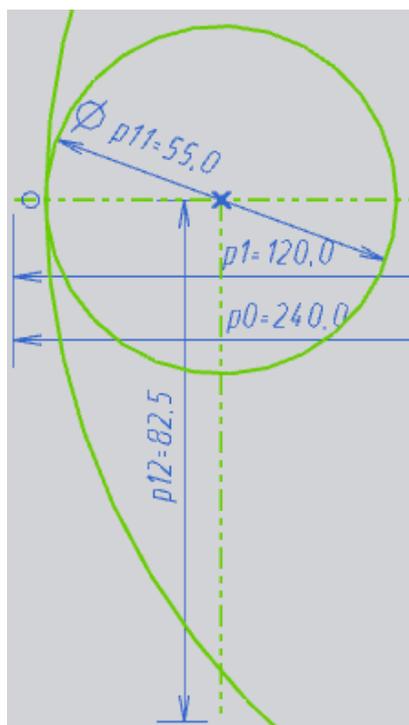


Рисунок 92 – Образмеренная вспомогательная линия длиной 82.5

Создайте еще одну вертикальную вспомогательную линию с началом в точке пересечения окружности и горизонтальной вспомогательной линии (длина 110) (Рисунок 93).

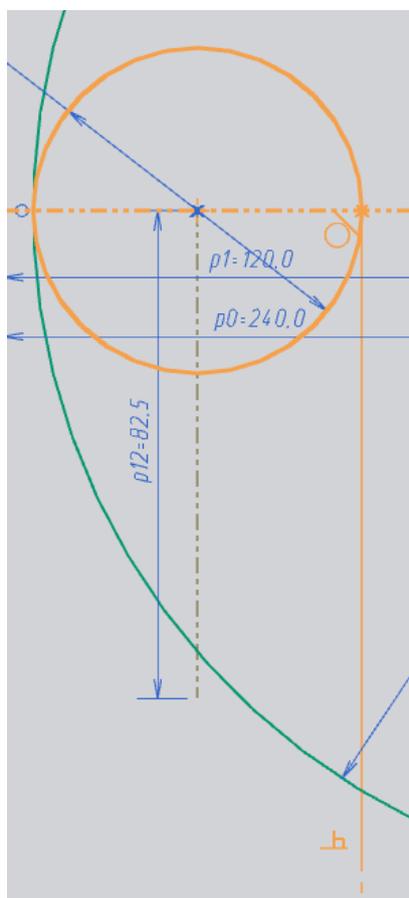


Рисунок 93 - Образмеренная вспомогательная линия длиной 110

Создайте горизонтальную вспомогательную линию произвольной длины как показано на рисунке 94.

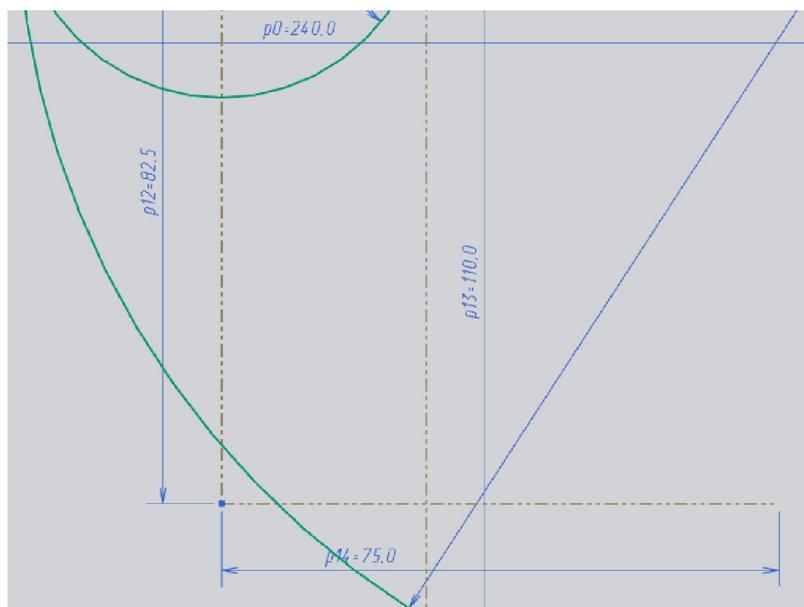


Рисунок 94 – Построение вспомогательной горизонтальной линии длиной 75

Создайте окружность, центр которой лежит на только что созданной горизонтальной вспомогательной линии. Вместо задания диаметра обеспечьте условие касания с вертикальной вспомогательной линией как показано на рисунке 95.

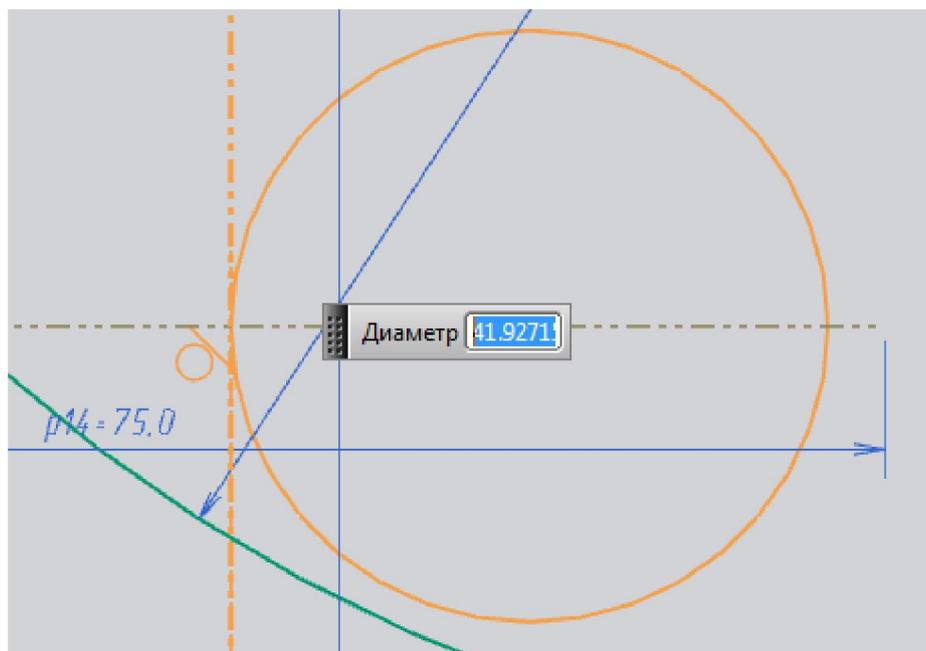


Рисунок 95 – Построение касательности между окружностью и вспомогательной вертикальной линией

Задайте радиус окружности, используя размерные связи ( $R1=35$ ).

Создайте еще одну окружность с центром в точке пересечения вертикальной и горизонтальной вспомогательных линий и обеспечьте условие касания (Рисунок 96).

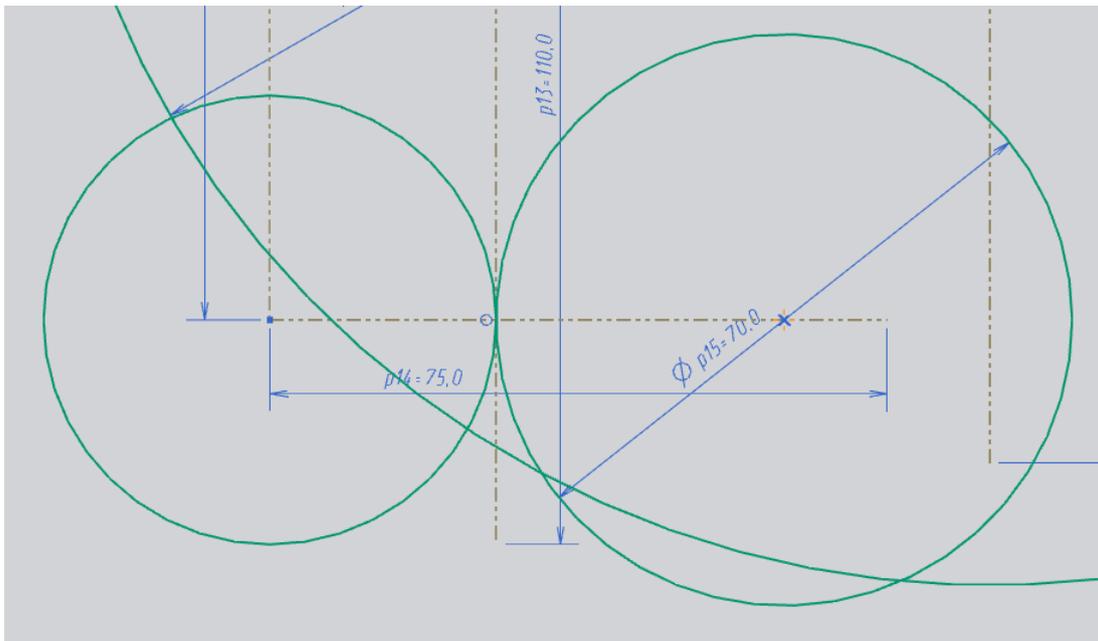


Рисунок 96 – Построение окружности с центром в точке пересечения вертикальной и горизонтальной вспомогательных линий

Создайте линию касательную к двум окружностям. Обратите внимание, что подсвечивается сразу два значка касательности на обоих концах линии (Рисунок 97).

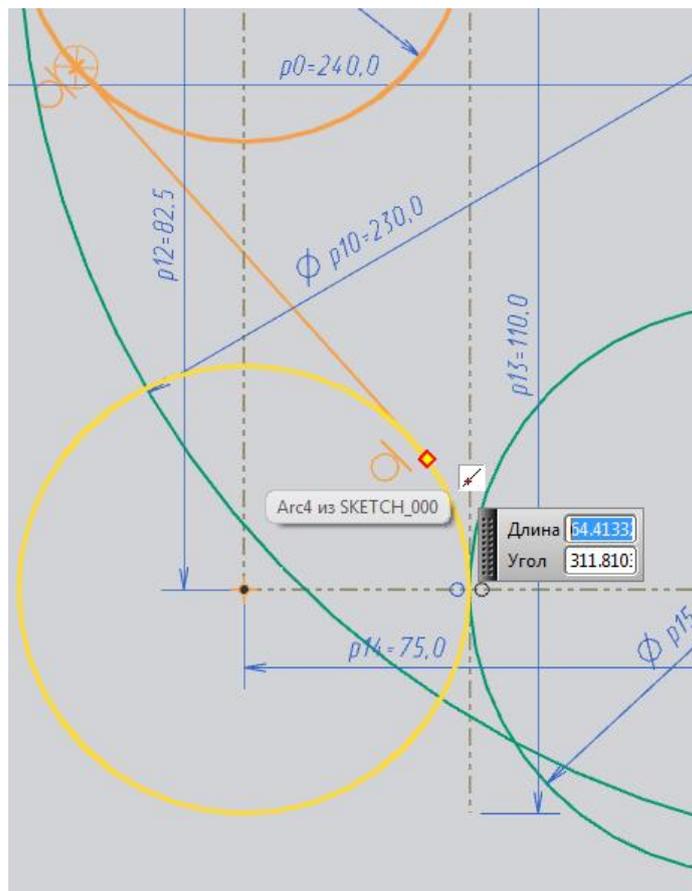


Рисунок 97 – Построение касательной линии к двум окружностям

Итак, на данный момент наш эскиз выглядит следующим образом (Рисунок 98).

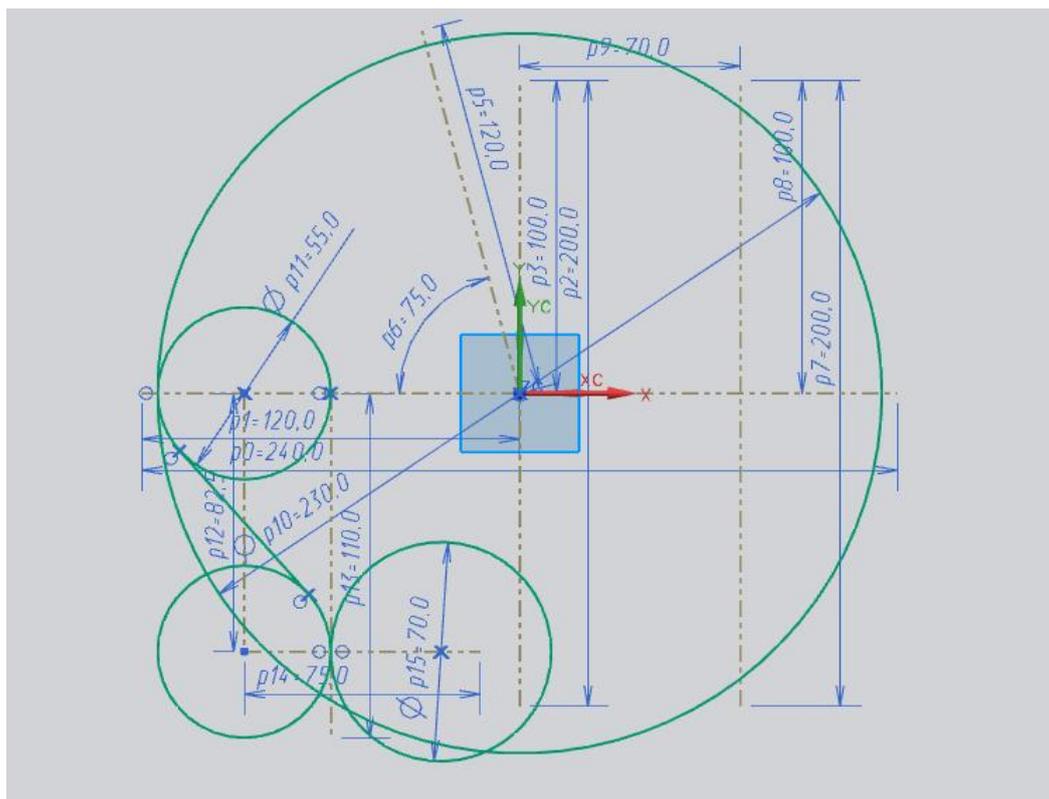


Рисунок 98 - Промежуточный вид эскиза

Продолжим построение на правой половине эскиза.

Создайте горизонтальную вспомогательную линию произвольной длины на расстоянии 75 от оси ХС (Рисунок 99).

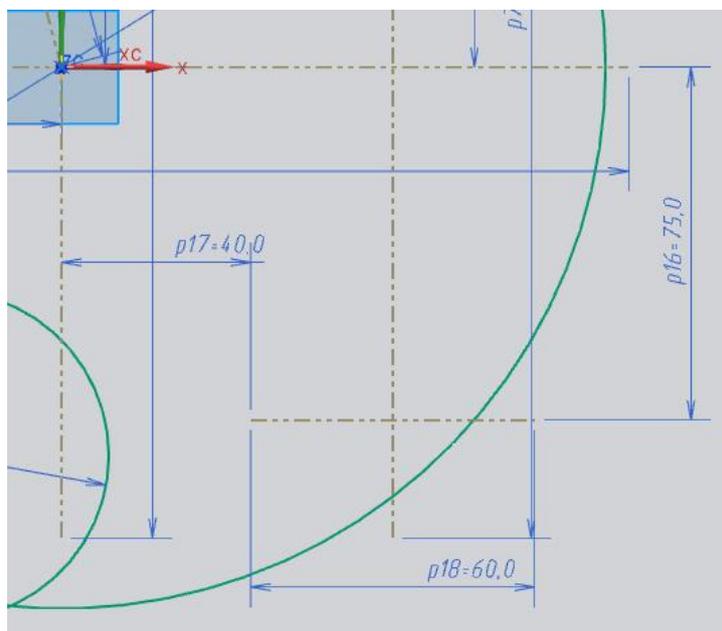


Рисунок 99 – Построение горизонтальной вспомогательной линии

Увеличьте этот фрагмент эскиза.

Создайте окружность, центр которой находится на вертикальной вспомогательной линии. Обеспечьте условие касательности с только что построенной горизонтальной вспомогательной линией (Рисунок 100).

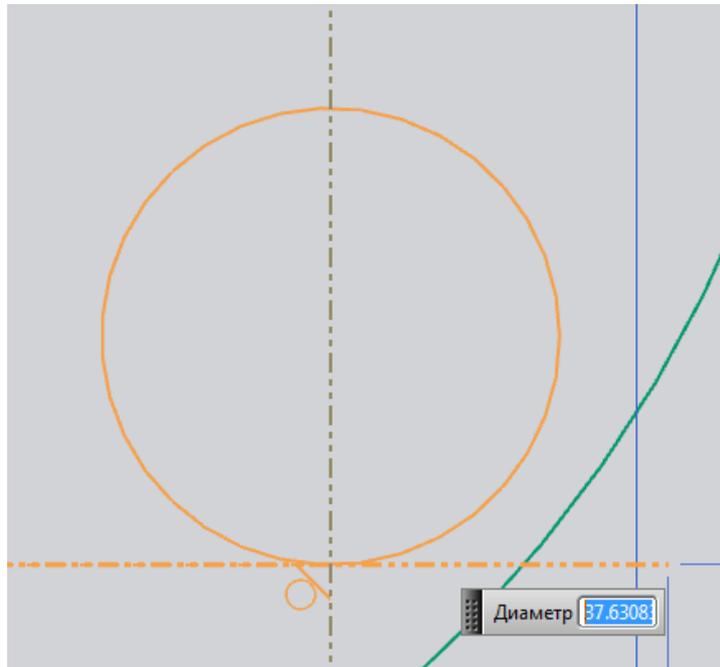


Рисунок 100 – Построение окружности, центр которой находится на вертикальной вспомогательной линии

Задайте радиус окружности с помощью размерных связей (R2=55) (Рисунок 101).

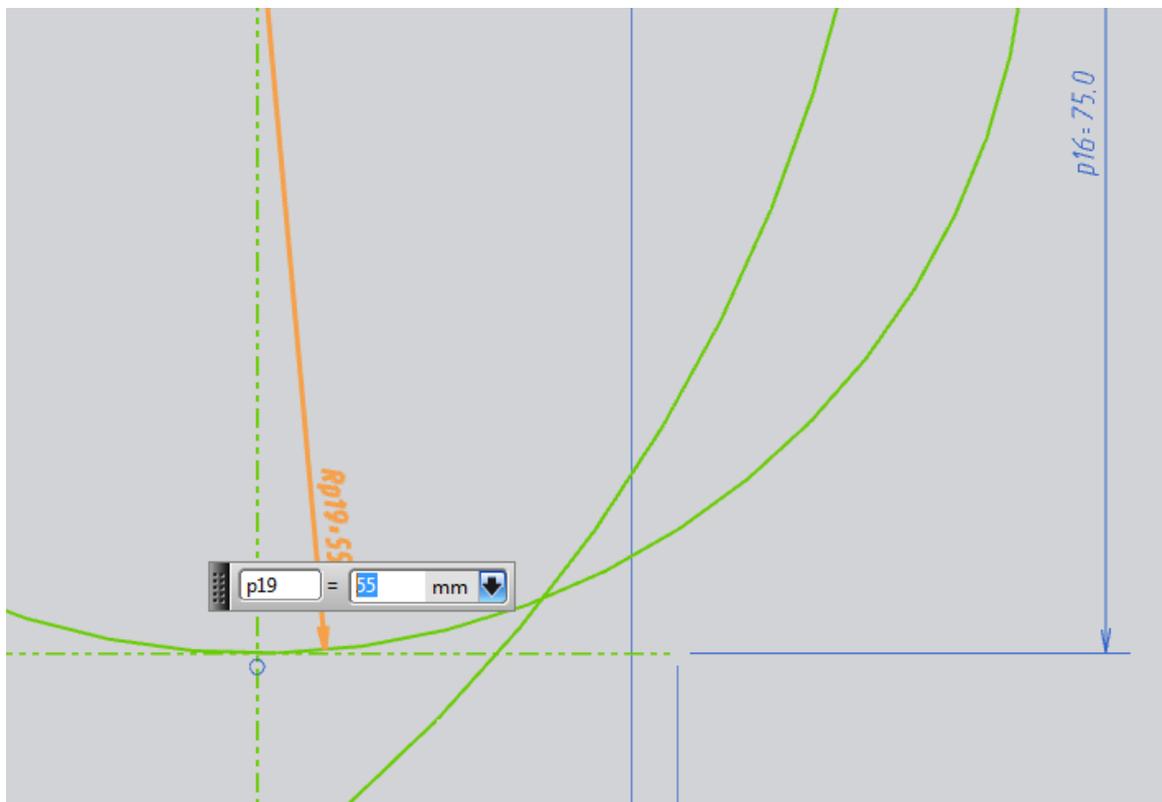


Рисунок 101 – Задание радиуса окружности

Создайте окружность R3. Центр этой окружности расположите в любом месте, но обеспечьте условие касания с одной из окружностей, как показано на рисунке 102.

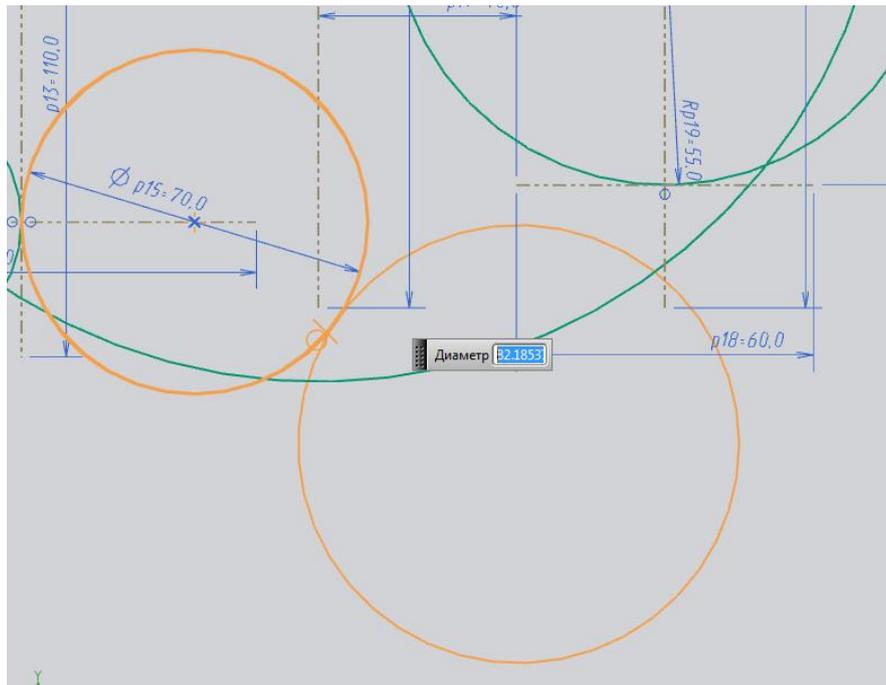


Рисунок 102 – Построение окружности R3

Затем, щелкните по иконке **Ограничения** . Укажите две окружности, которые еще не касательны друг к другу. Выберите связь **Касательно**  в верхнем левом углу экрана (Рисунок 103).

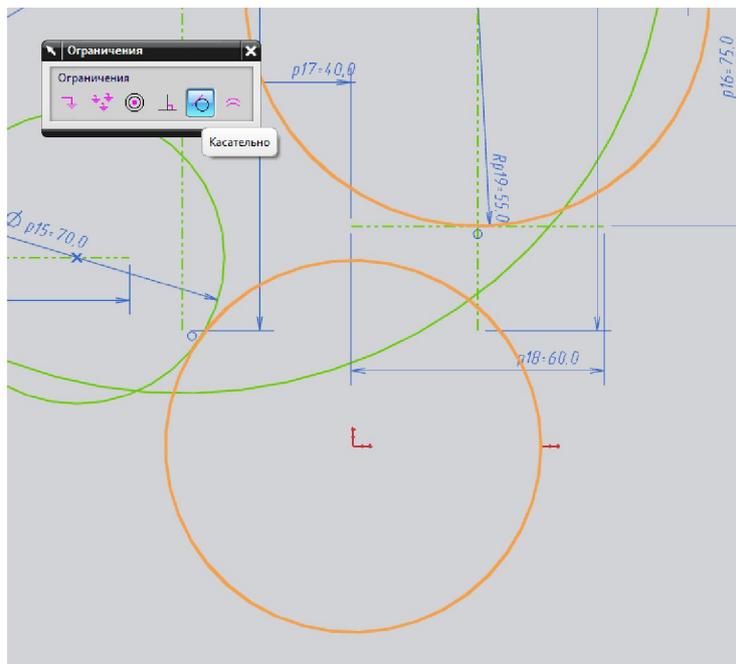


Рисунок 103 - Использование меню Ограничения

Задайте радиус окружности с помощью размерных связей ( $R3=35$ ). Итак, на данный момент наш эскиз выглядит следующим образом (Рисунок 104).

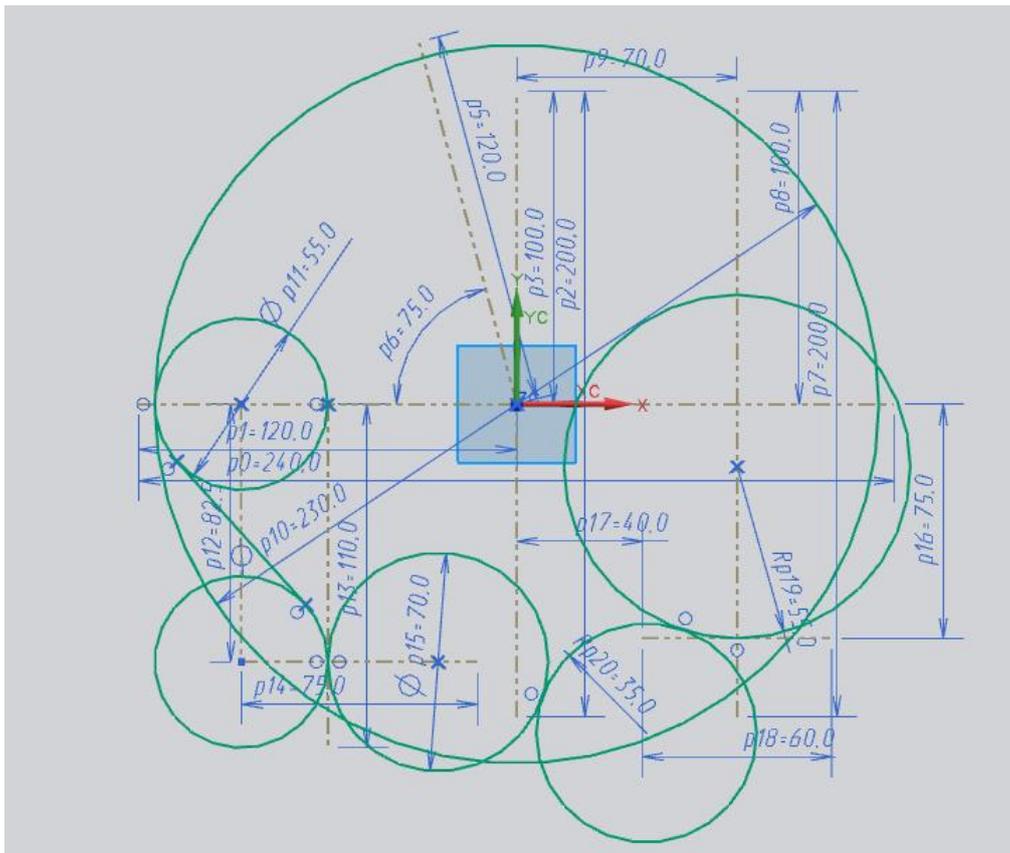


Рисунок 104 - Промежуточный вид эскиза

Теперь необходимо создать эллипс. (Вставить -> Кривые -> Эллипс ). Сначала необходимо задать центр. Укажите две вспомогательные линии как показано на рисунке 105.

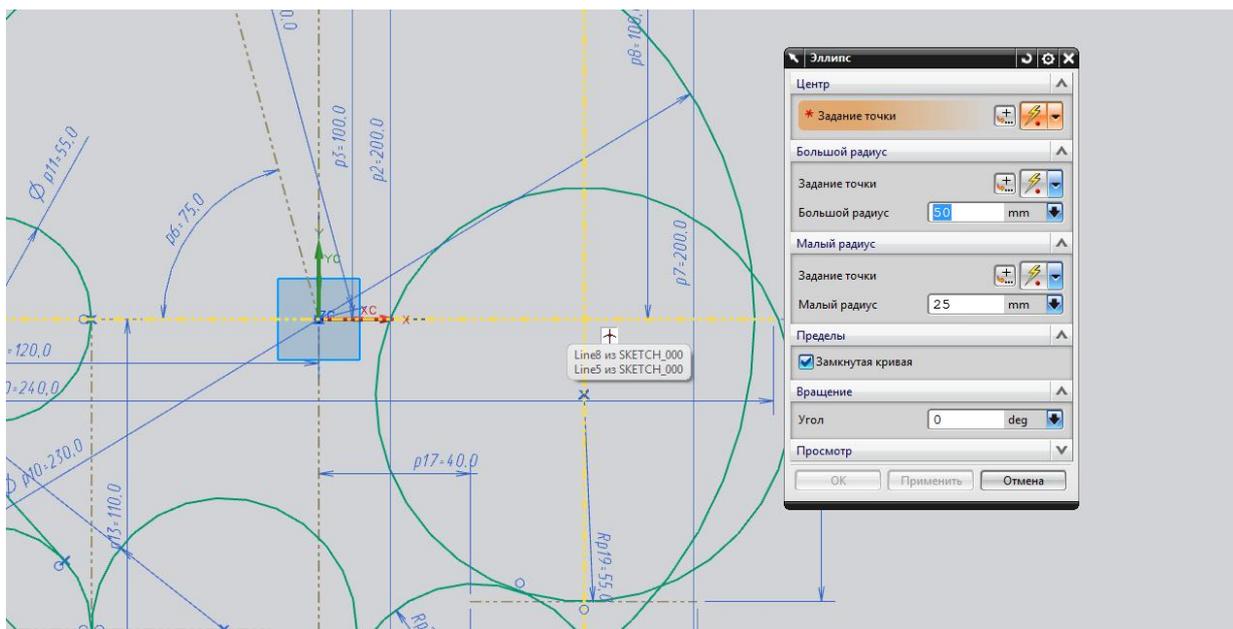


Рисунок 105 – Построение эллипса

Появится окно создания эллипса. Задайте следующие значения для полуосей (Рисунок 106).

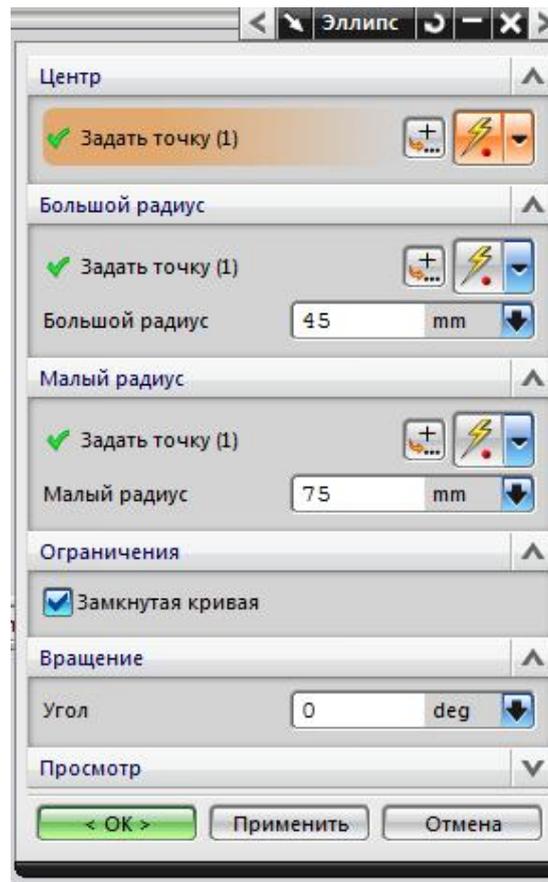


Рисунок 106 – Задание размеров эллипса

Вот так выглядит эскиз на этом шаге (Рисунок 107).

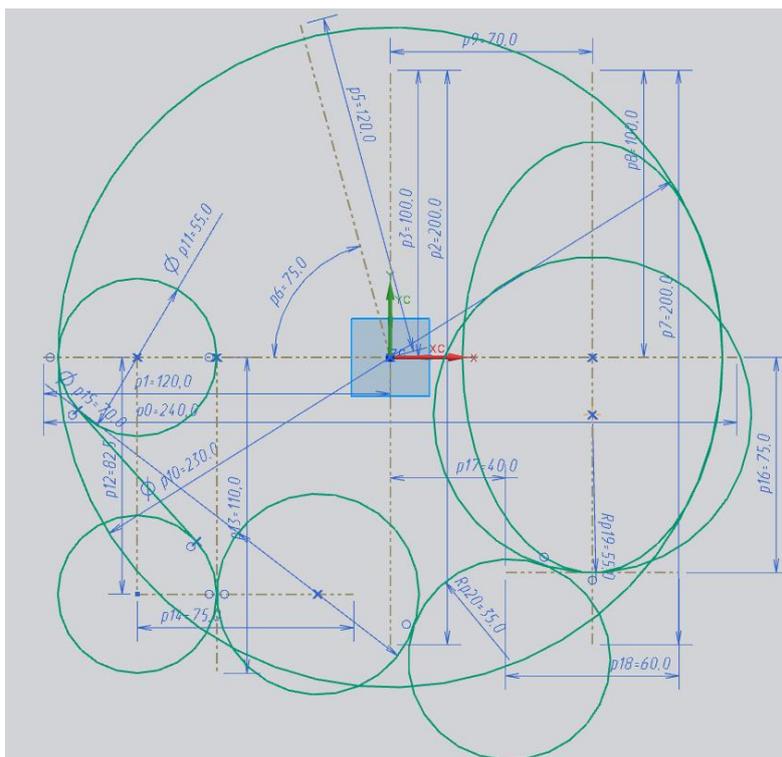


Рисунок 107 - Прометочный вид эскиза

Создайте горизонтальную вспомогательную линию на расстоянии 70 от оси ХС (Рисунок 108).

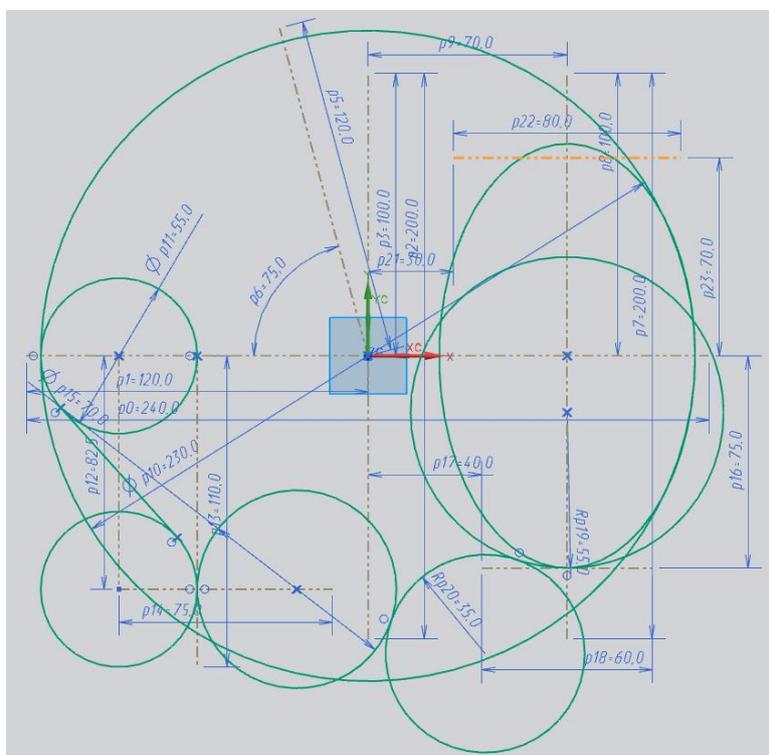


Рисунок 108 – Построение горизонтальную вспомогательную линию на расстоянии 70 от оси ХС

Создайте линию произвольной длины касательную к эллипсу, с началом в точке пересечения эллипса и только что построенной горизонтальной вспомогательной линии (Рисунок 109).

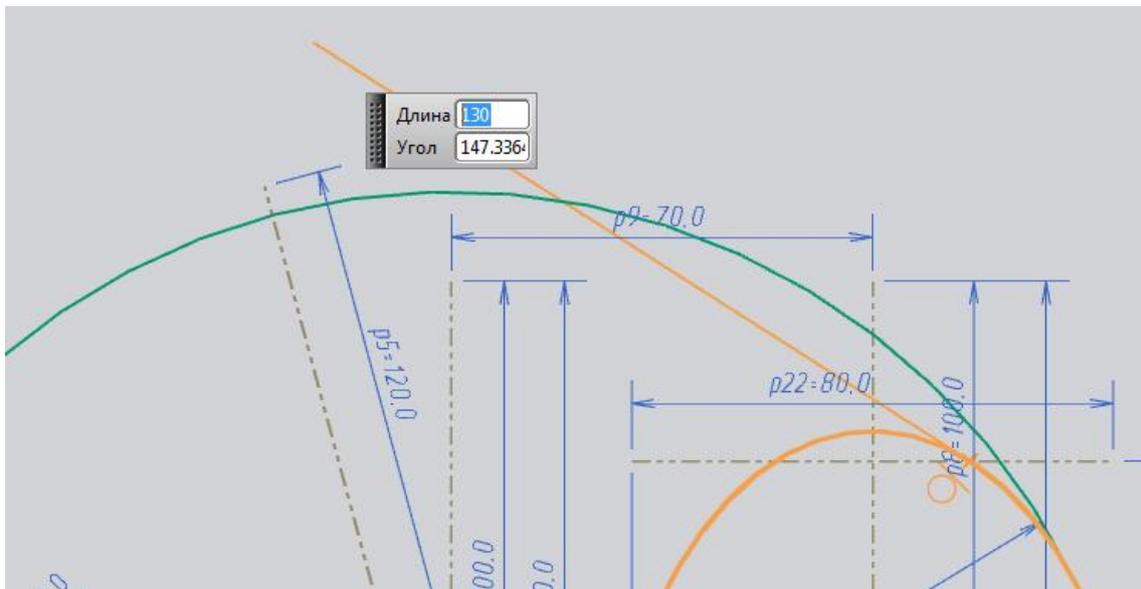


Рисунок 109 – Построение касательную линии к эллипсу

Затем создайте линию касательную к окружности радиусом 115 с началом в точке пересечения этой окружности и линии наклоненной под углом в 75 градусов относительно оси ХС (Рисунок 110).



Рисунок 110 – Построение касательную линию к окружности

Теперь необходимо удалить все лишние линии с нашего эскиза. Для этого можно воспользоваться инструментом *Быстрая обрезка*



пользоваться инструментом *Быстрая обрезка* (Рисунок 111).



Рисунок 111 – Использование инструмента Быстрая обрезка

После удаления линий эскиз должен выглядеть следующим образом (Рисунок 112).

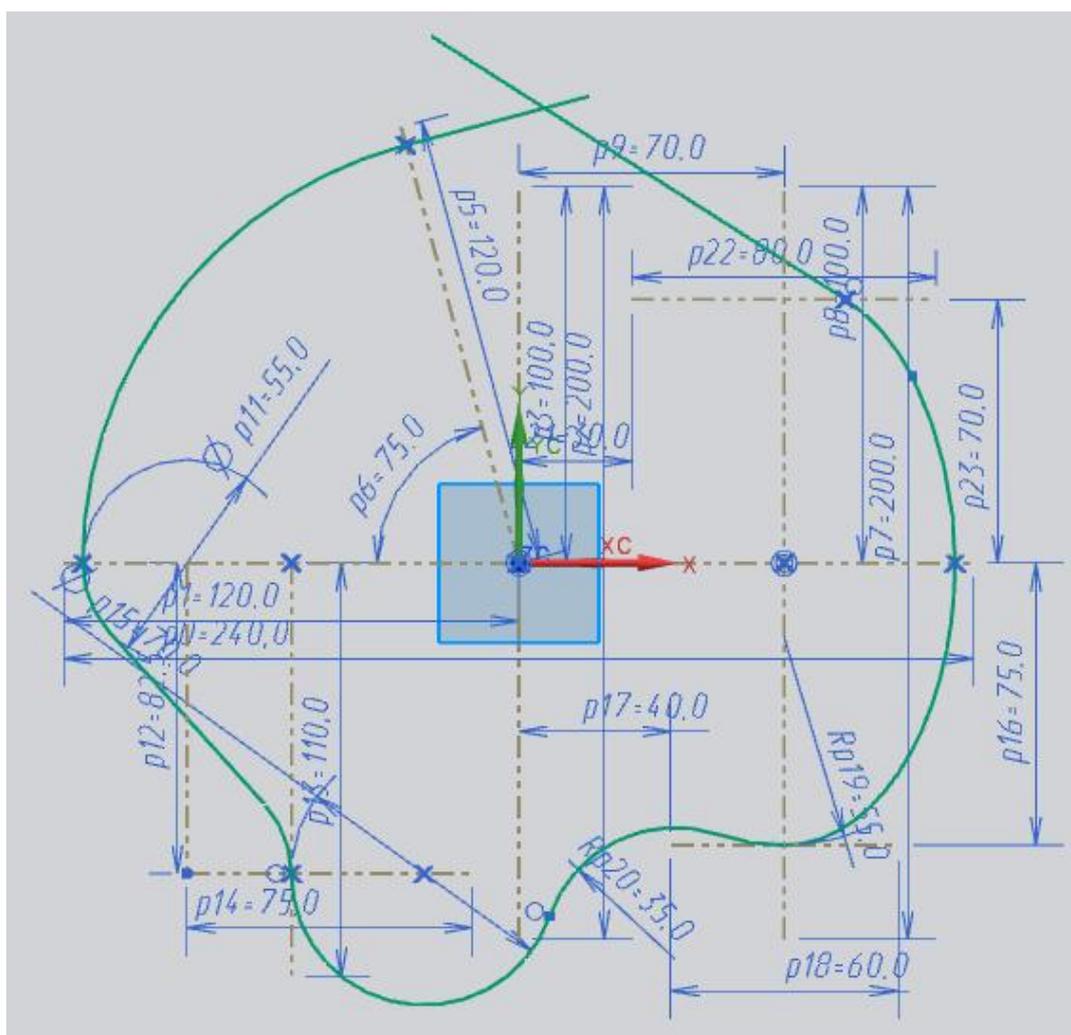


Рисунок 112 - Вид эскиза после инструмента Быстрая обрезка

Осталось создать скругление между касательными. Создайте окружность, центр которой лежит на наклонной вспомогательной линии. Обеспечьте условие касания в точке пересечения окружности радиусом 115 и касательной к ней линии (Рисунок 113).

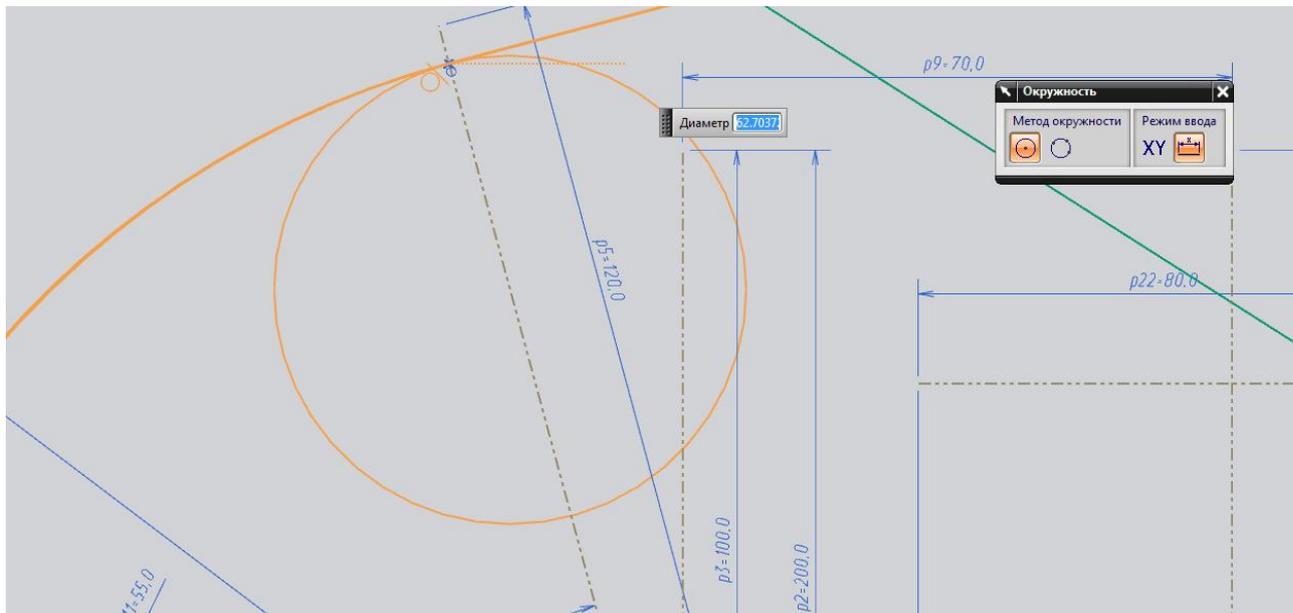


Рисунок 113 – Построение скругление между касательными

Затем, щелкнув по иконке **Ограничения** , наложите на окружность и другую касательную линию условие *Касательно* (Рисунок 114).

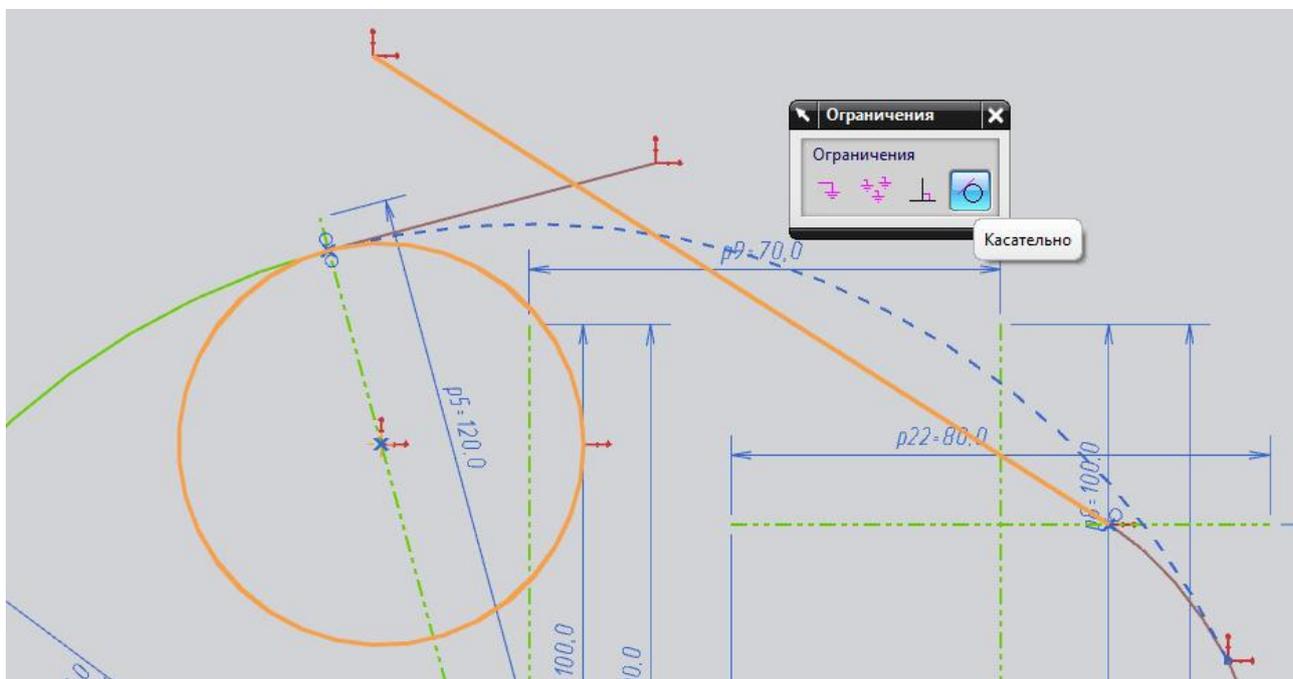


Рисунок 114 - Наложение условия касательности

Удалите оставшиеся ненужные линии (Рисунок 115).

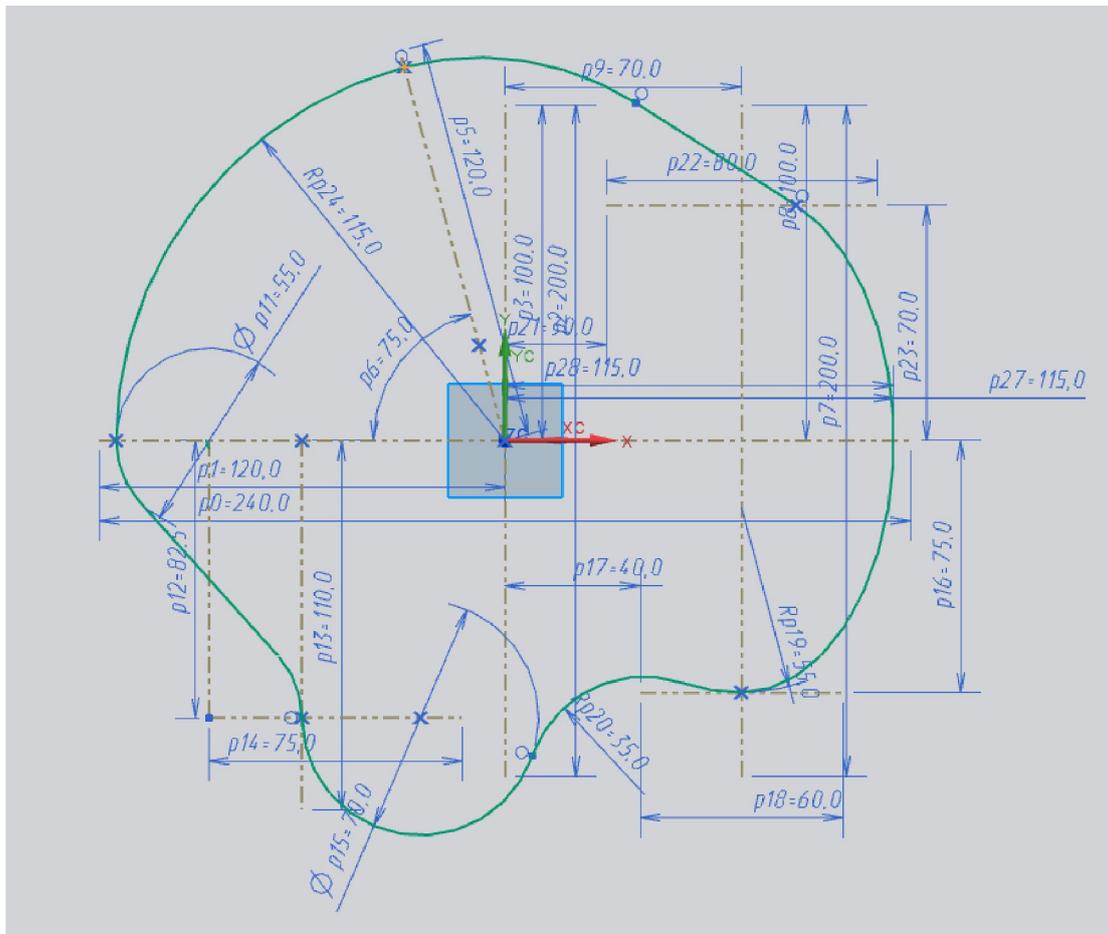


Рисунок 115 - Промежуточный вид эскиза

Далее делаем центральное отверстие для вала. Для этого строим окружность (диаметр

40), а с помощью иконки Профиль  достраиваем нижний паз и накладываем необходимые размеры (Рисунок 116).

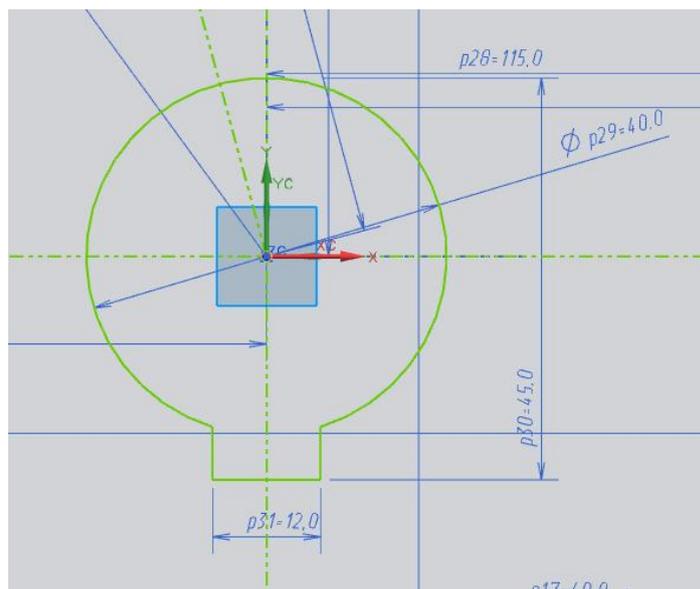


Рисунок 116 – Построение центрального отверстия для вала

Эскиз кулачка готов (Рисунок 117).

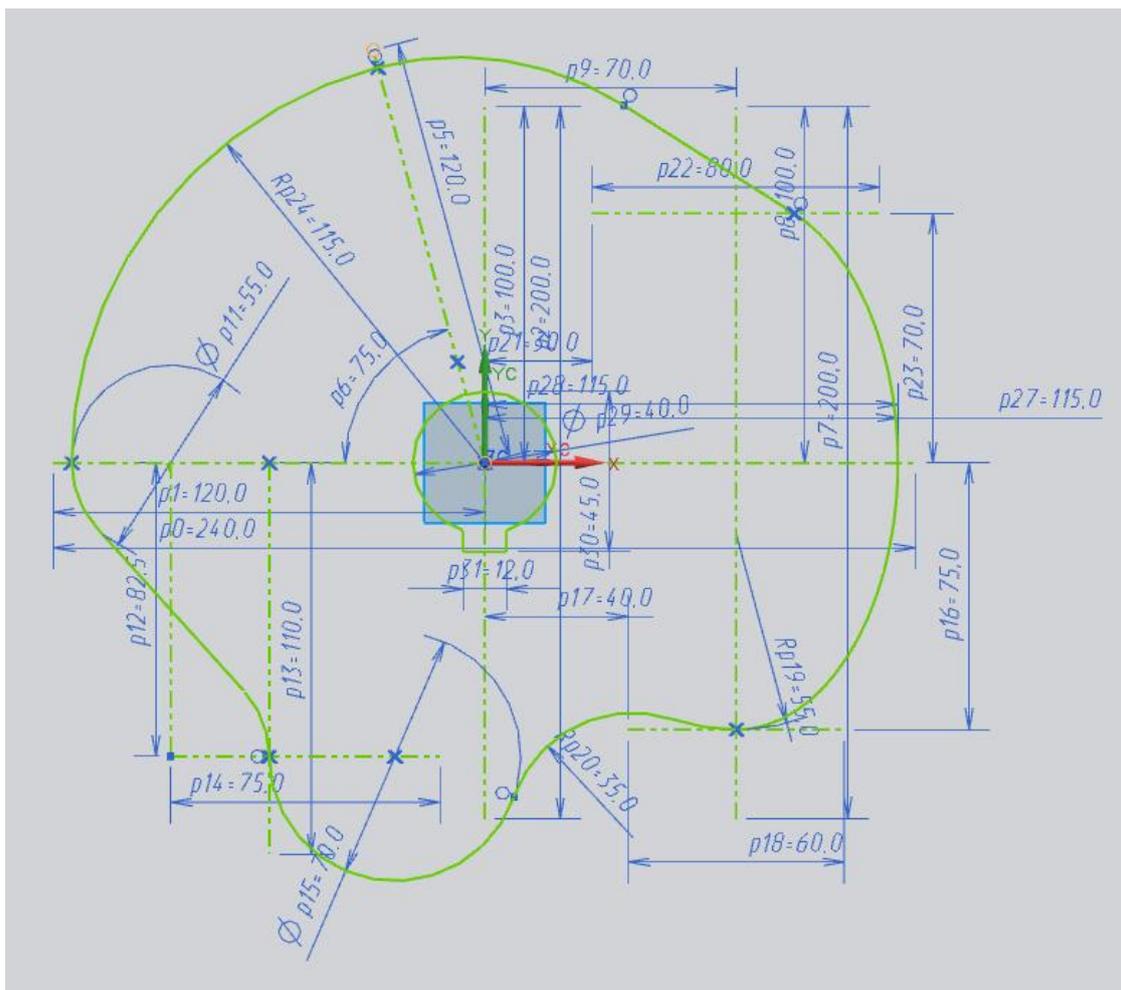


Рисунок 117 - Эскиз кулачка

Чтобы выйти из эскиза нажмите на иконку Закончить эскиз  Вот так выглядит эскиз в трехмерном пространстве (Рисунок 118).

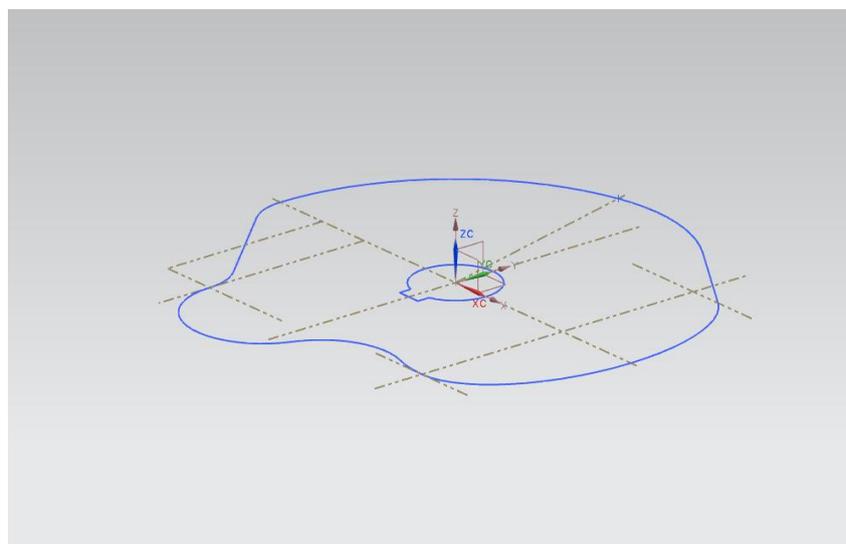


Рисунок 118 - Эскиз в трехмерном пространстве

Его можно использовать для построения трехмерной модели. Например, с помощью команды *Вытягивание* (Рисунок 119).

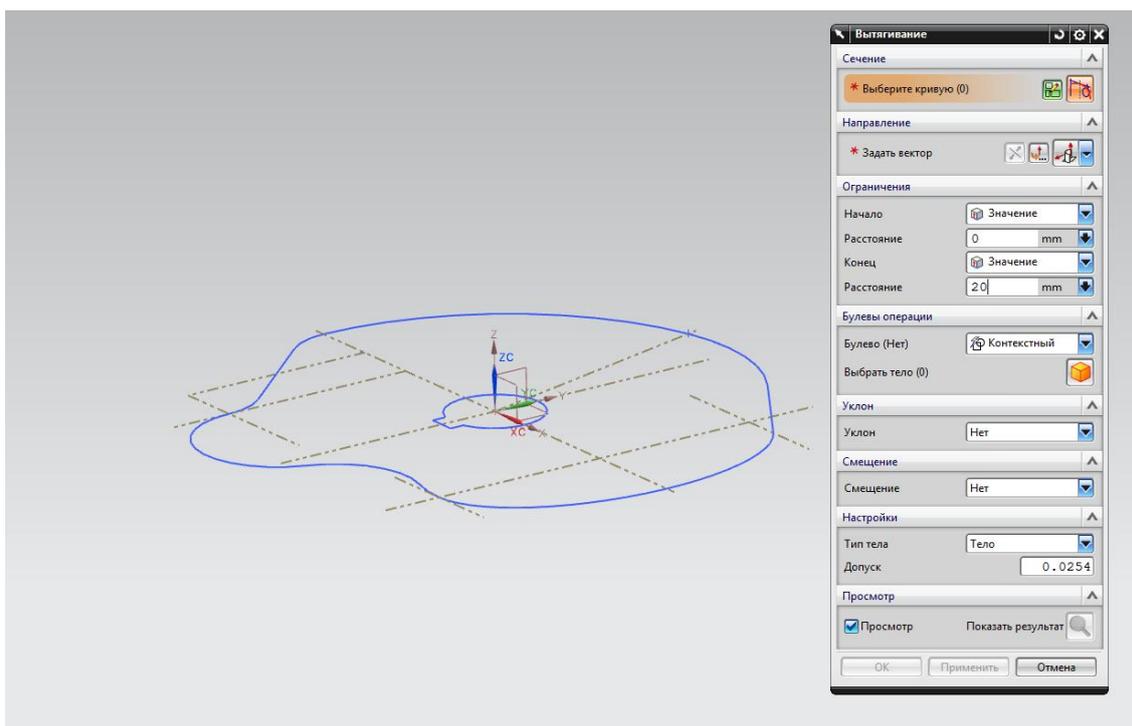


Рисунок 119 - Использование команды Вытягивание

Для выбора сечения необходимо, чтобы был активирован фильтр «Связанные кривые». Щелкните по линии эскиза (Рисунок 120).

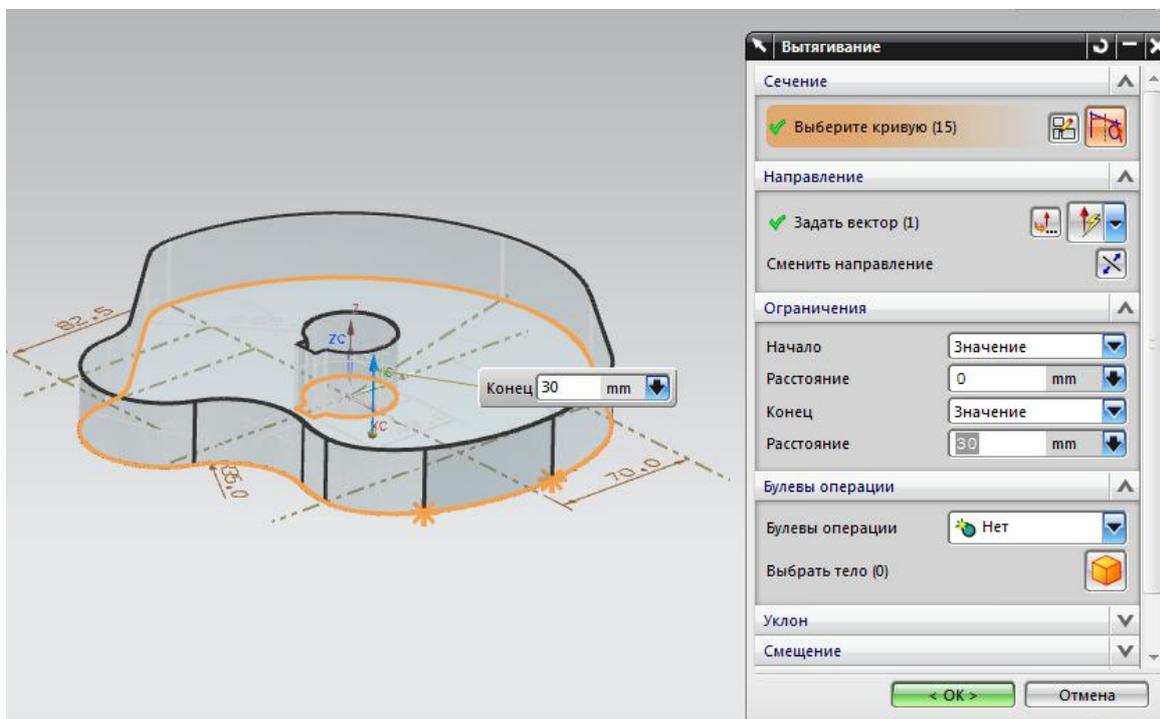


Рисунок 120 – Выбор линии эскиза

Задайте высоту, например, 20. И нажмите ОК. Построение закончено (Рисунок 121).

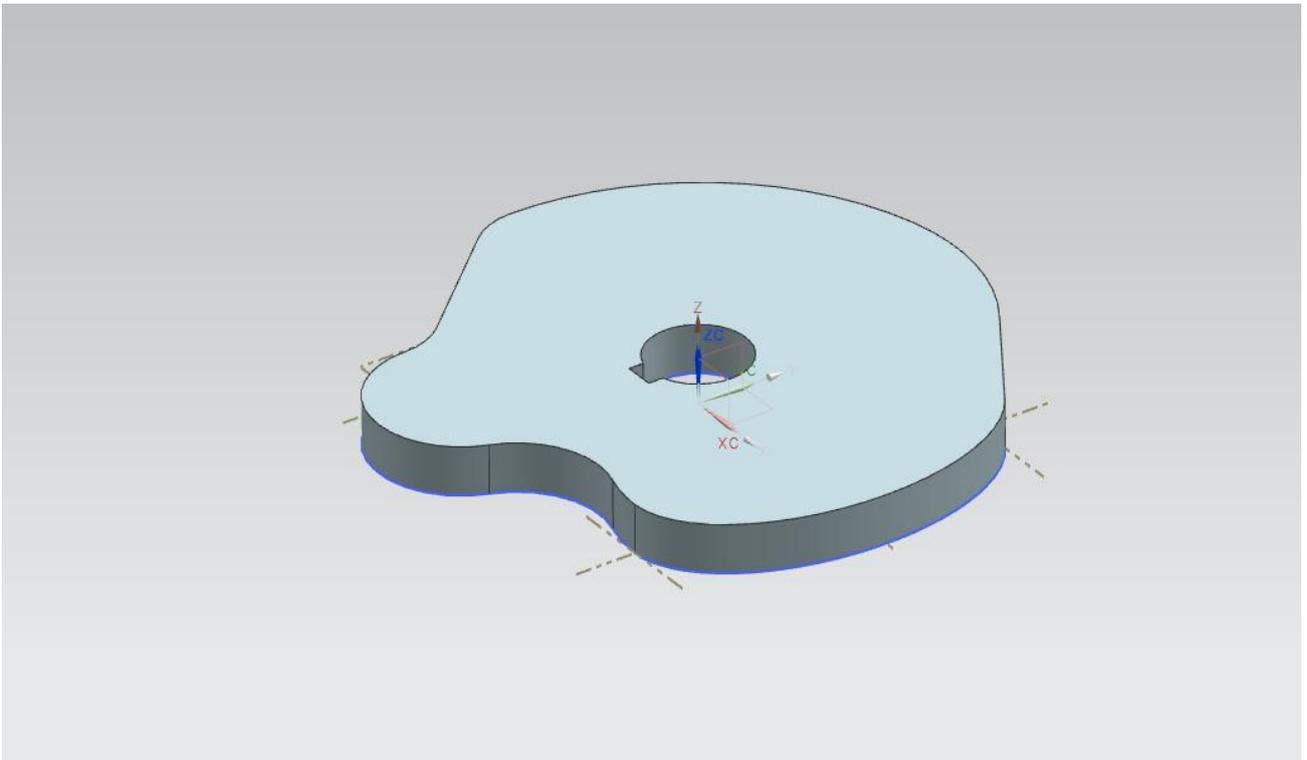


Рисунок 121 – Трёхмерная модель кулачка

### 9.3 Лабораторная работа №3 «Создание чертежных видов»

Откроем файл с лабораторной работой №1 «Создание рамки и основной надписи чертежа». Для перехода в модуль черчения: **Начало->Черчение** (Рисунок 122).

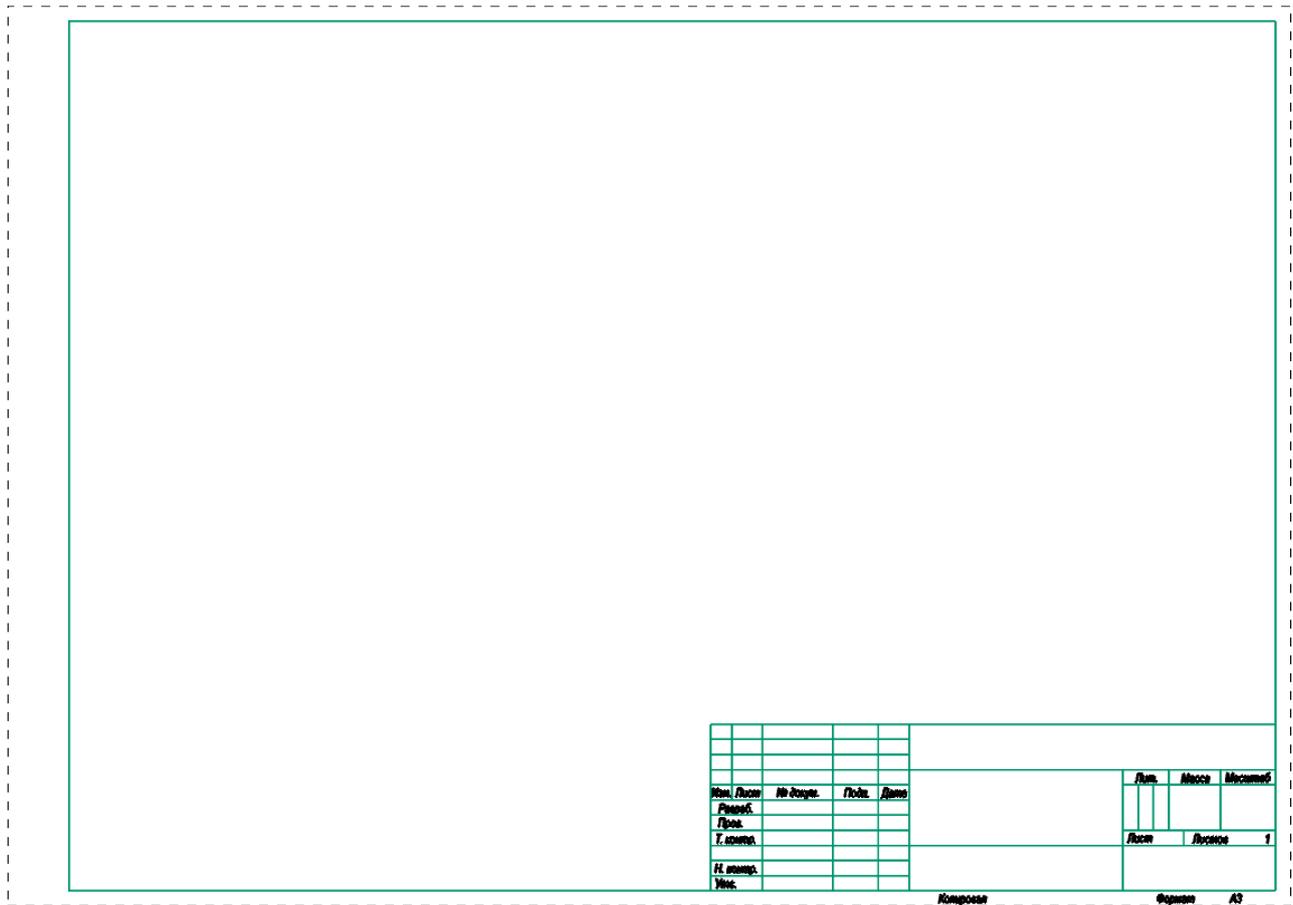


Рисунок 122 – Шаблон рамки и основной надписи чертежа

Щелкните по иконке Мастер создания вида  на панели инструментов Чертеж или **Вставить->Вид-> Мастер создания вида** (Рисунок 123).

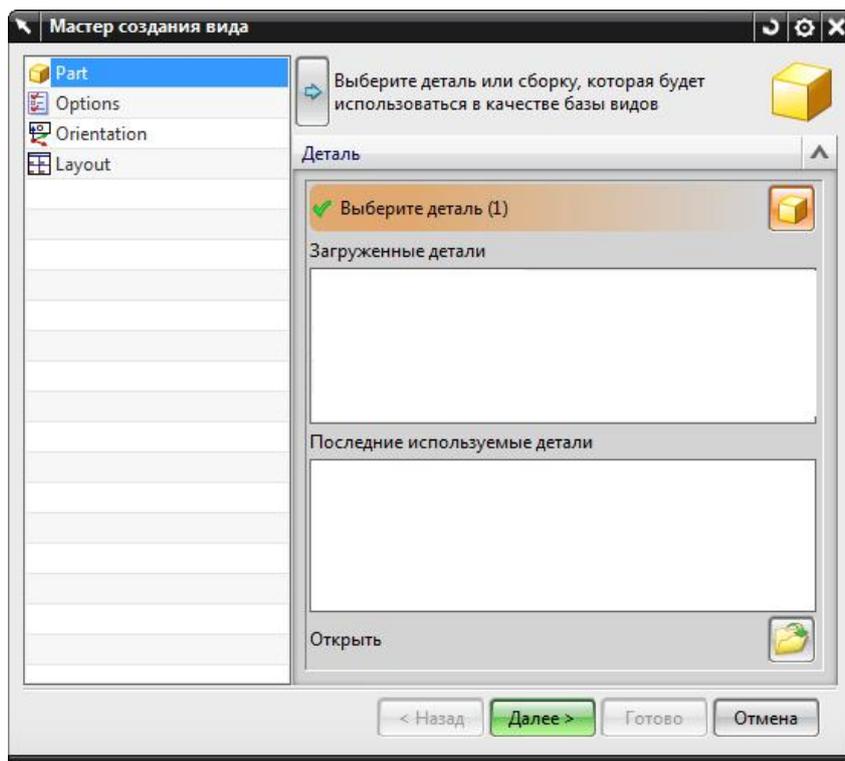


Рисунок 123 - Мастер создания вида

Щелкните по иконке  и укажите файл модели лабораторной работы №2, нажмите кнопку **Далее**. В меню **Options** в меню граница вида выбираем значение – Вручную, снимаем галочку с «Авто масштаб при оптимизации», масштаб ставим 1:2, нажмите кнопку **Далее** (Рисунок 124).

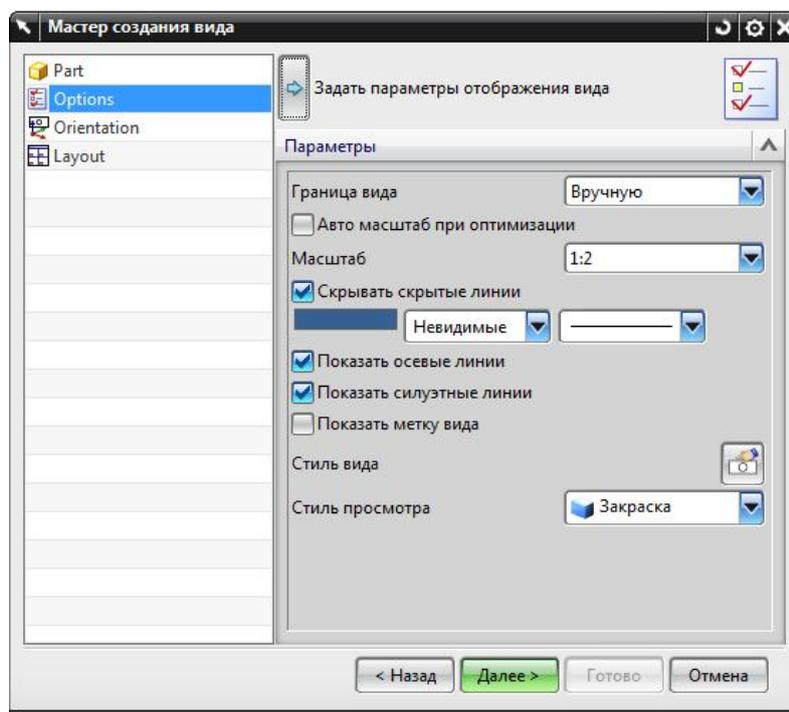


Рисунок 124 – Меню Options в мастере создания вида

В меню **Orientation** в подменю виды модели выбираем «Сверху» и нажимаем кнопку **Далее** (Рисунок 125).

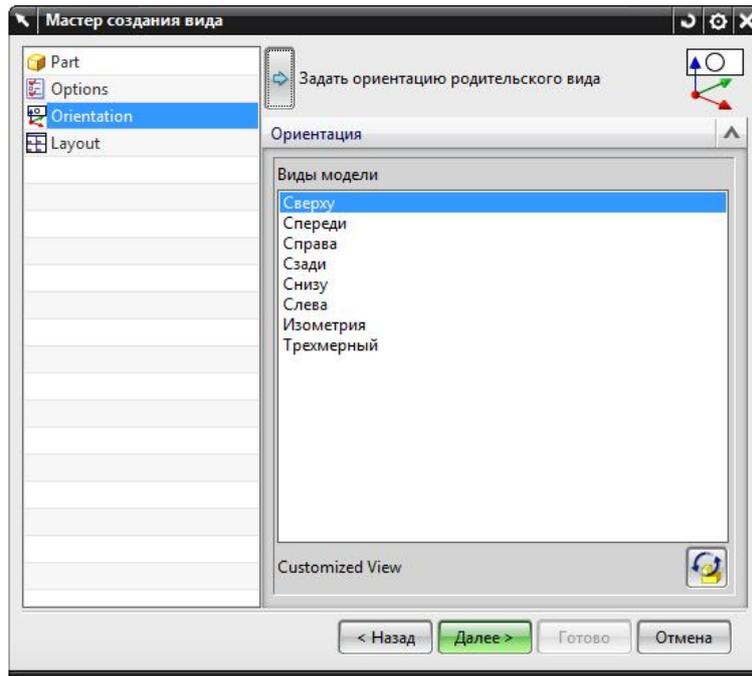


Рисунок 125 - Меню Orientation в мастере создания вида

В меню **Layout** оставляем все по умолчанию и помещаем вид в в левый верхний угол рамки чертежа (Рисунок 126).

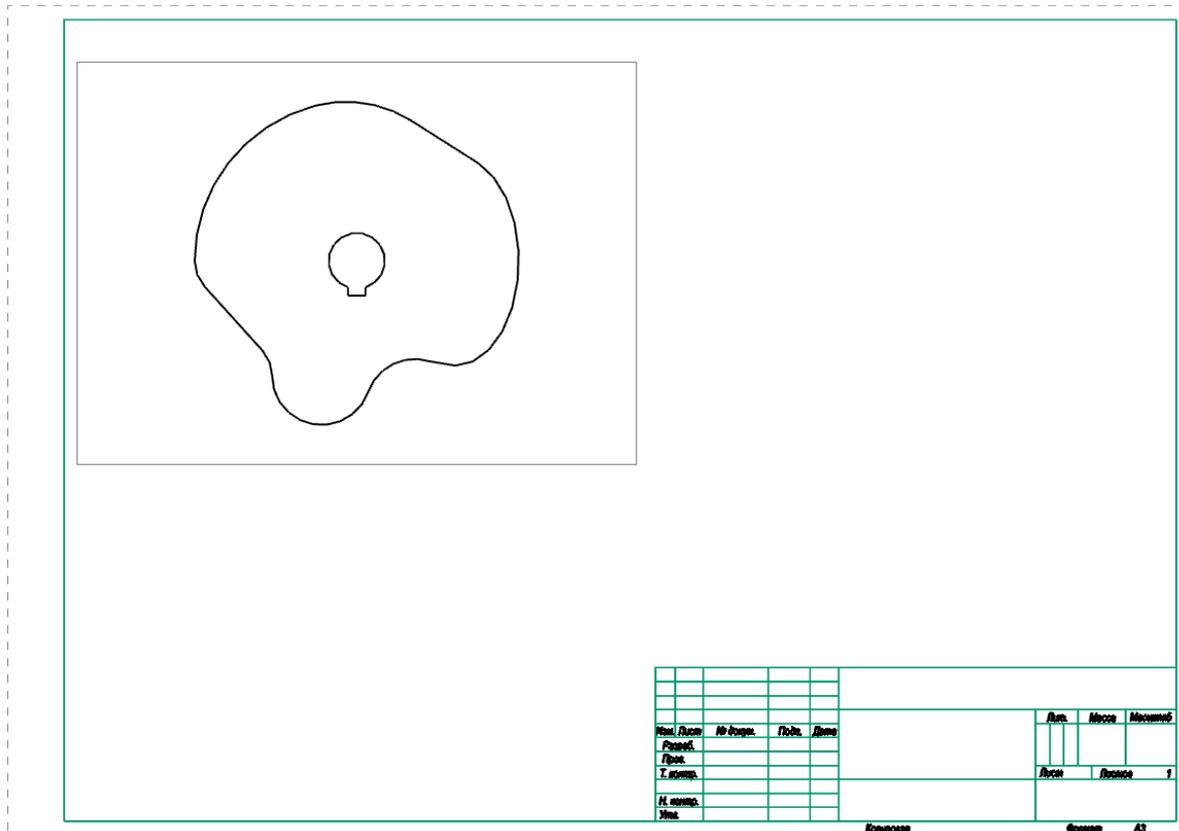


Рисунок 126 – Помещение вида «Сверху» на шаблон рамки и основной надписи чертежа

Создадим еще один вид – изометрия. Щелкните по иконке Мастер создания вида



на панели инструментов Чертеж или **Вставить->Вид-> Мастер создания вида**

(Рисунок 127).

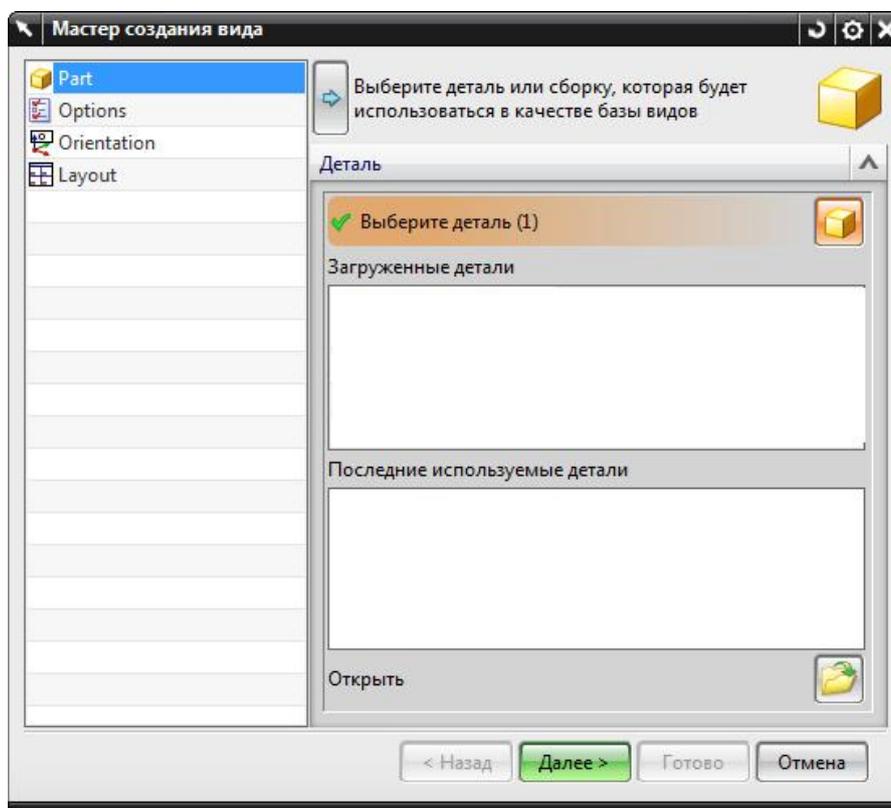


Рисунок 127 – Мастер создания вида



Щелкните по иконке  и укажите файл модели лабораторной работы №2, нажмите кнопку **Далее**. В меню **Options** в меню граница вида выбираем значение – Вручную, снимаем галочку с «Авто масштаб при оптимизации», масштаб ставим 1:2, нажмите кнопку **Далее** (Рисунок 128).

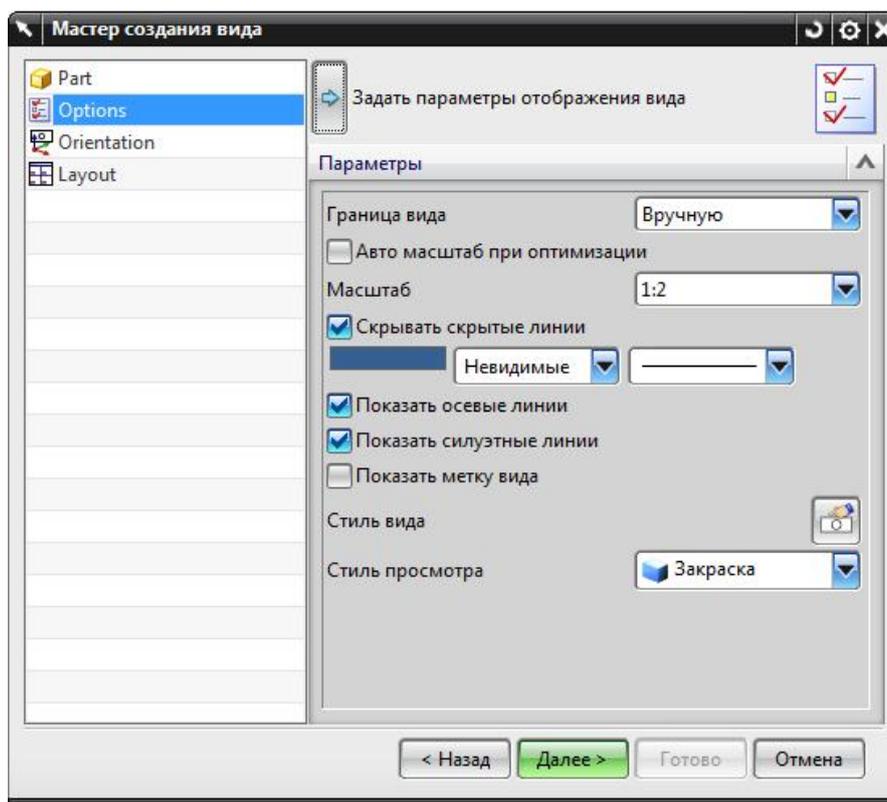


Рисунок 128 - Меню Options в мастере создания вида

В меню **Orientation** в подменю виды модели необходимо выбрать «Изометрия» (Рисунок 129).

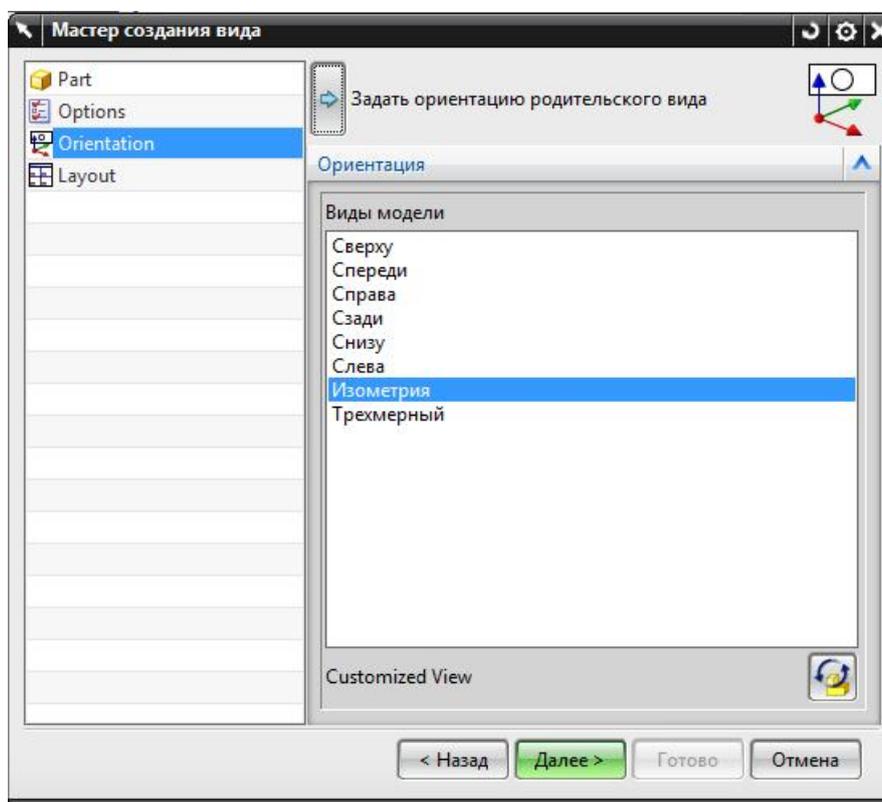


Рисунок 129 - Меню Options в мастере создания вида

В меню Layout оставляем все по умолчанию и помещаем вид в в правый верхний угол рамки чертежа (Рисунок 130)

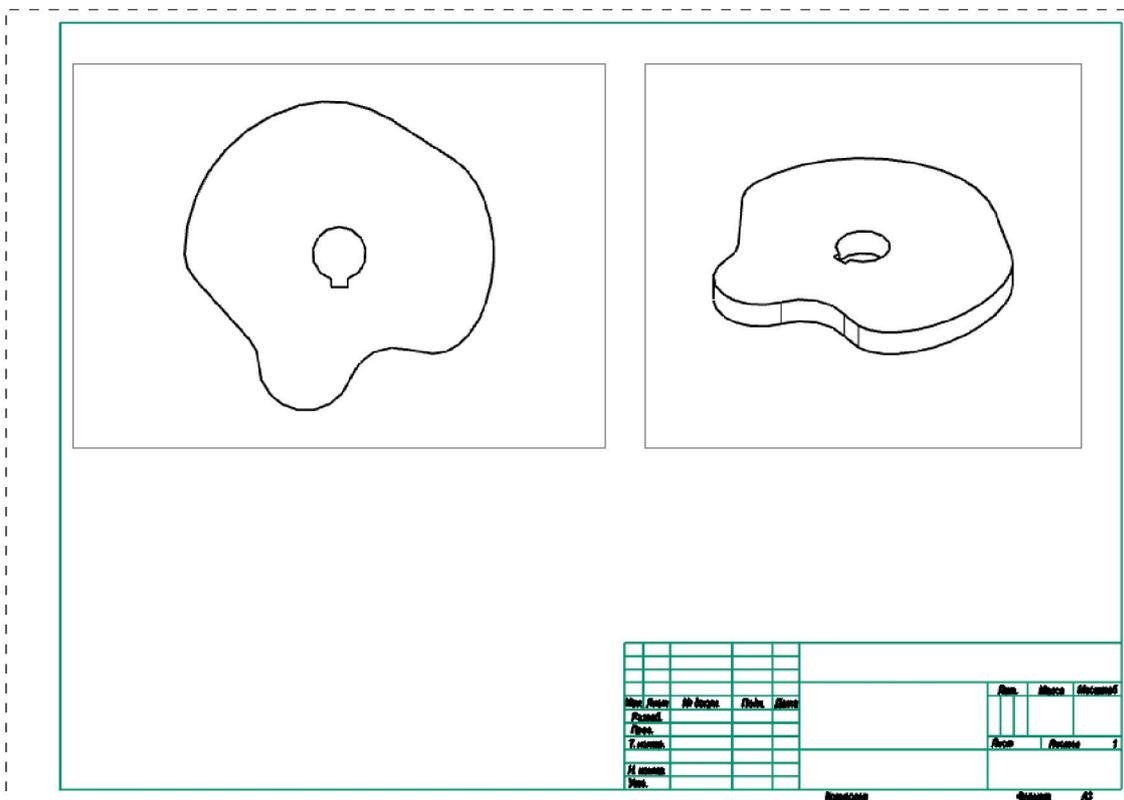


Рисунок 130 - Виды «Сверху» и «Изометрия»

Создадим сечение первого вида. Нажимаем иконку . Откроется меню «Вид сечения» (Рисунок 131).

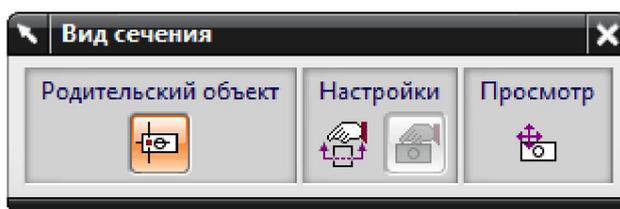


Рисунок 131 - Меню Вид сечения

Указываем первый вид, который будет являться родительским объектом. Активируем привязку Центр дуги , выбираем центральное отверстие и перетаскиваем объект вниз (Рисунок 132).

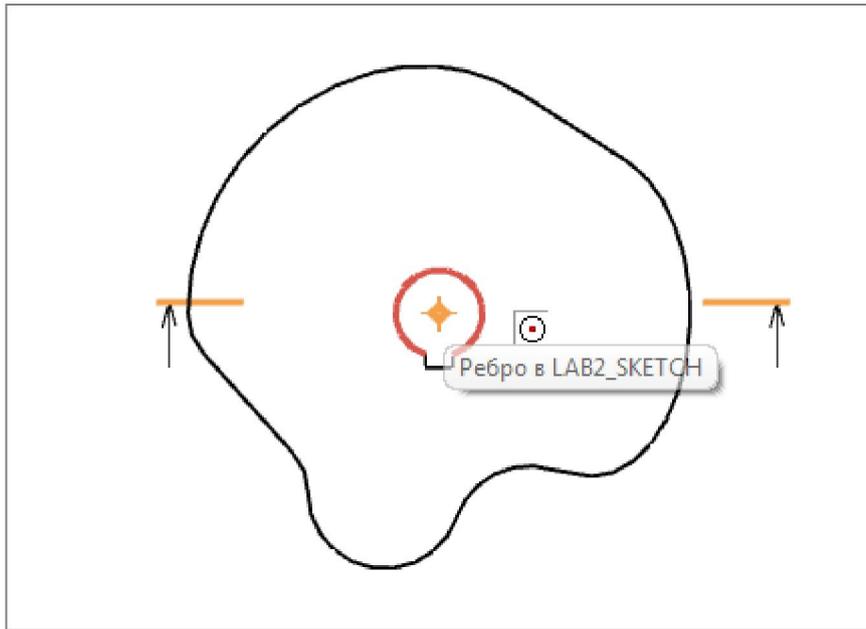


Рисунок 132 – Привязка «Центр дуги»

Сечение построено (Рисунок 133).

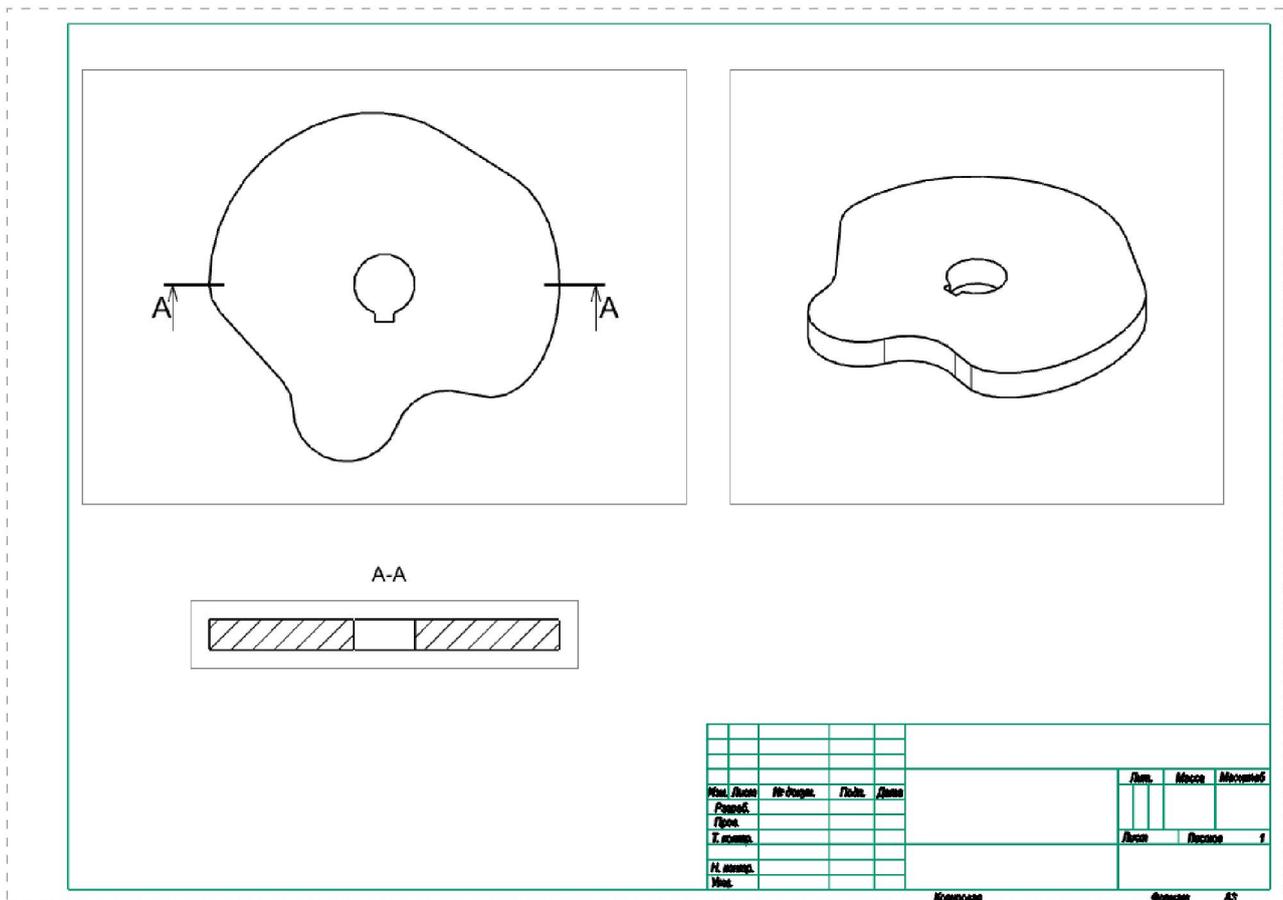


Рисунок 133 – Построение сечения

В зависимости от типа размерной связи из меню **Вставить->Размеры** выбирается соответствующая операция (Рисунок 134).

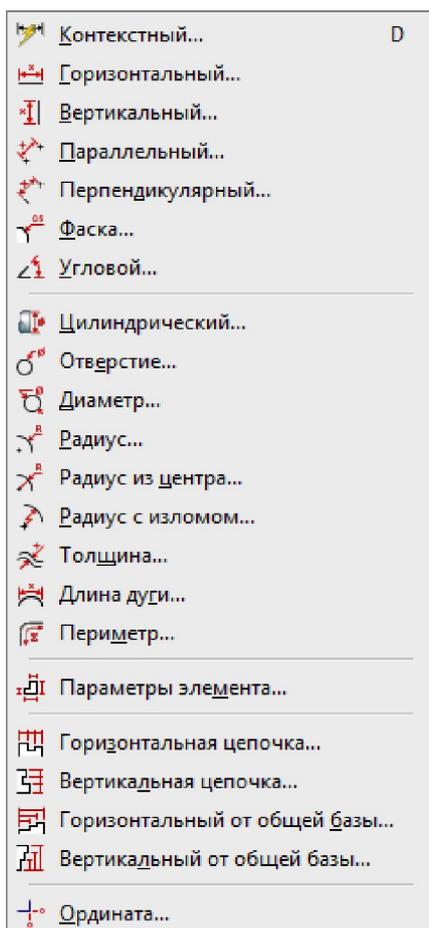


Рисунок 134 – Меню Размеры

Проставим диаметральный размер для центрального отверстия. Выбираем в меню **Вставить->Размеры->Диаметр**  и указываем центральное отверстие (Рисунок 135).

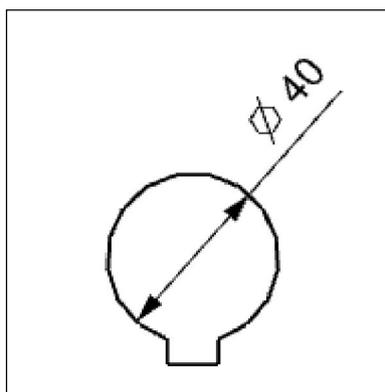


Рисунок 135 – Диаметральнй размер на чертеже

Для того, чтобы проставить радиус, необходимо выбрать в меню **Вставить->Размеры->Радиус** . Проставим все радиусы на чертеже (Рисунок 136).

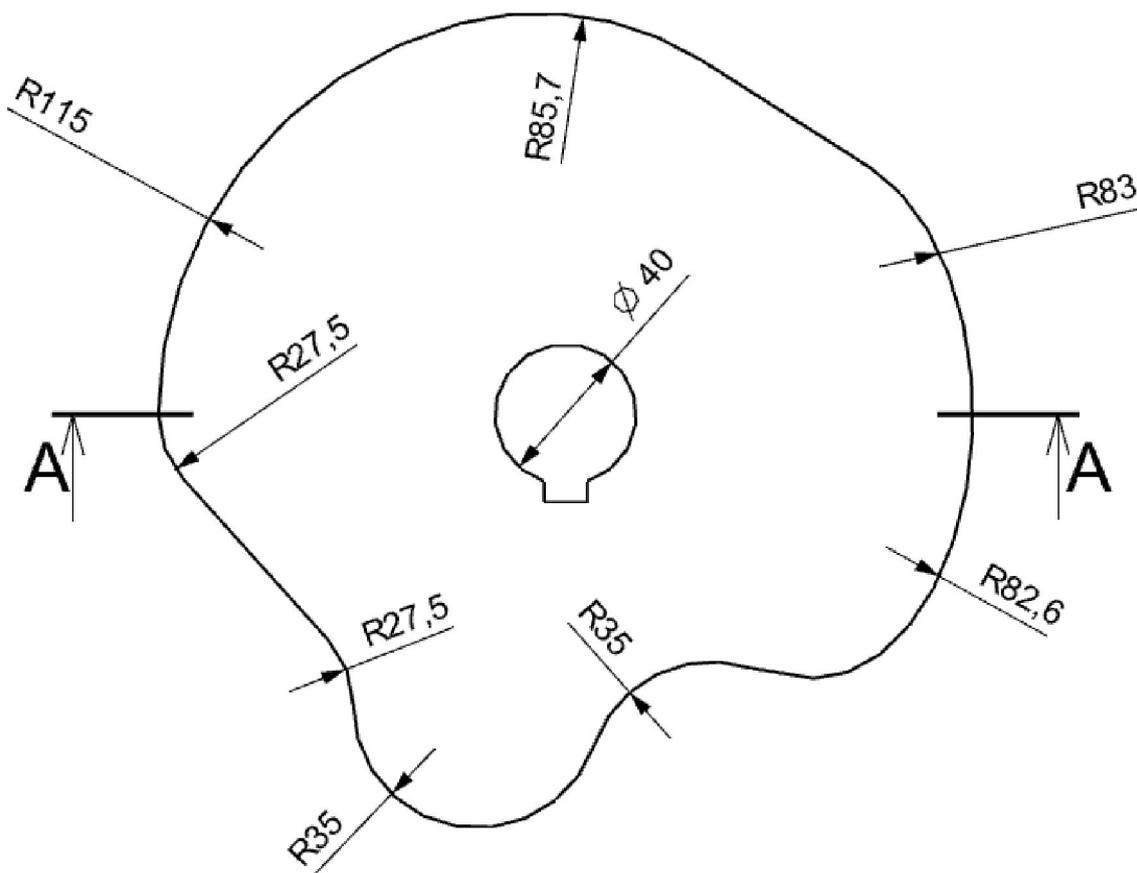


Рисунок 136 – Задание радиусов на чертеже

Для того, чтобы проставить горизонтальный размер, необходимо выбрать в меню **Вставить->Размеры->Горизонтальный размер** . Укажем горизонтальный размер для сечения и центрального отверстия (Рисунок 137).

A-A

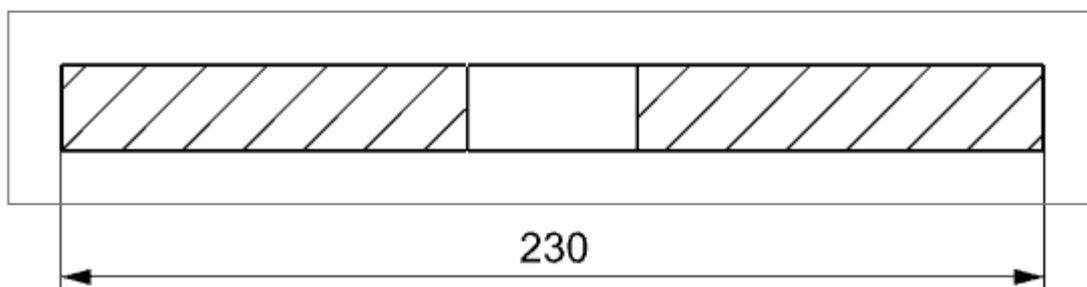


Рисунок 137 – Задание горизонтального размера

Для того, чтобы проставить горизонтальный размер, необходимо выбрать в меню **Вставить->Размеры->Вертикальный размер** . Проставим вертикальный размер для центрального отверстия и толщину сечения (Рисунок 138).

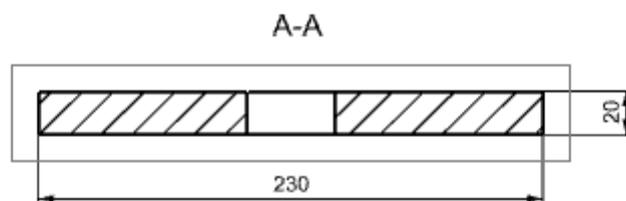
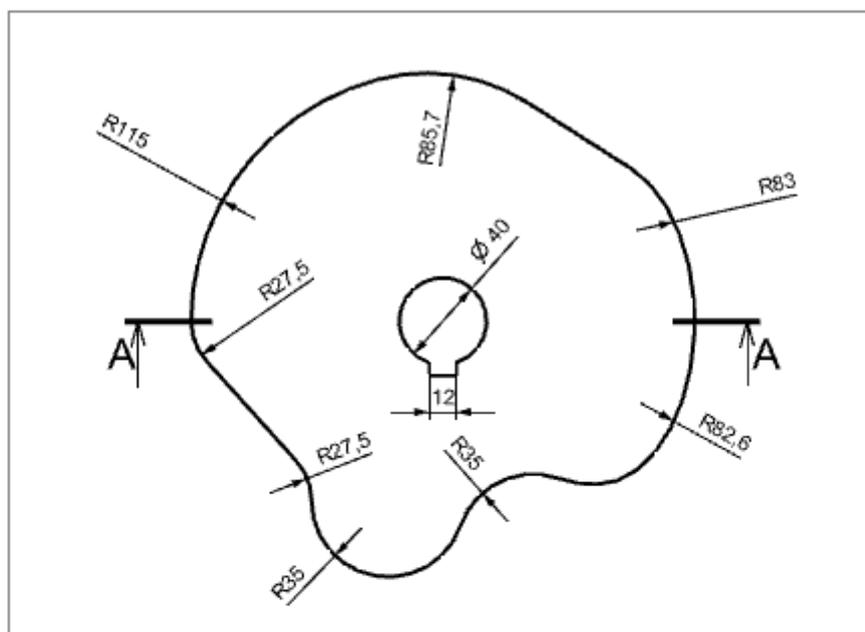


Рисунок 138 – Задание вертикального размера

Для удаления границы вида необходимо перейти в меню **Настройки->Черчение->Вид**. Снимаем галочку «Отобразить границы». На данный момент чертеж выглядит следующим образом (Рисунок 139).



				<b>Лабораторная работа №3</b>				
<b>Изм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>	<h1>Кулачок</h1>	<b>Лит.</b>	<b>Масса</b>	<b>Масштаб</b>
Разраб.		Иванов И.И.						
Пров.								
Т. контр.						<b>Лист</b>	<b>Листов</b>	<b>1</b>
Н. контр.								
Утв.								

Копировал

Формат

A3

Рисунок 141 - Заполненная основная надпись чертежа

Построение чертежа завершено. (Рисунок 142)

Рисунок 142 – Чертеж кулачка

## 9.4 Лабораторная работа №4 «Изображения, виды, разрезы»

Цель работы: приобретение навыков 3D моделирования в Siemens NX 8.0.

Содержание задания:

1. Ознакомиться с вариантом задания;
2. По заданному изображению детали построить 3D модель в Siemens NX 8.0;
3. На основе 3D модели построить ассоциативный чертеж (три стандартных вида);
4. Заменить один из наиболее информативных видов разрезом;
5. Оформить чертеж (построить осевые и центровые линии, проставить размеры и т.д.).

В качестве примера рассмотрим построение детали – стойка (Рисунок 143).

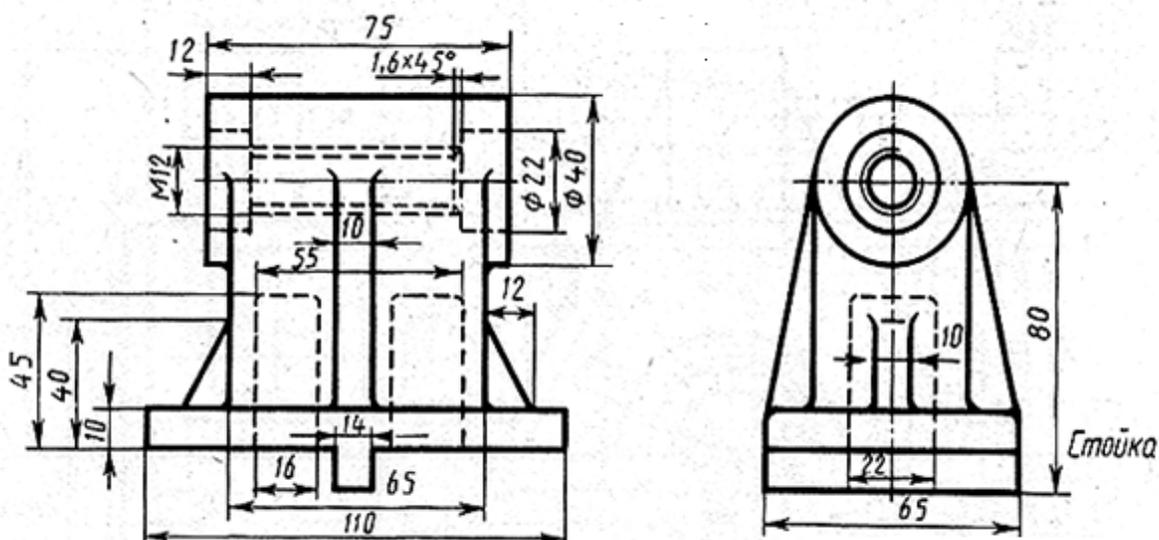


Рисунок 143 – Деталь -стойка

Перед построением 3D модели необходимо продумать, в какой последовательности будут выполняться операции по ее построению, чтобы избежать лишних затрат времени и сил.

Создаем новый файл: **Файл** -> **Новый**, выбираем панель Модель, указываем имя файла и папку сохранения. По умолчанию сохраняем все без изменения и нажимаем ОК (Рисунок 144).

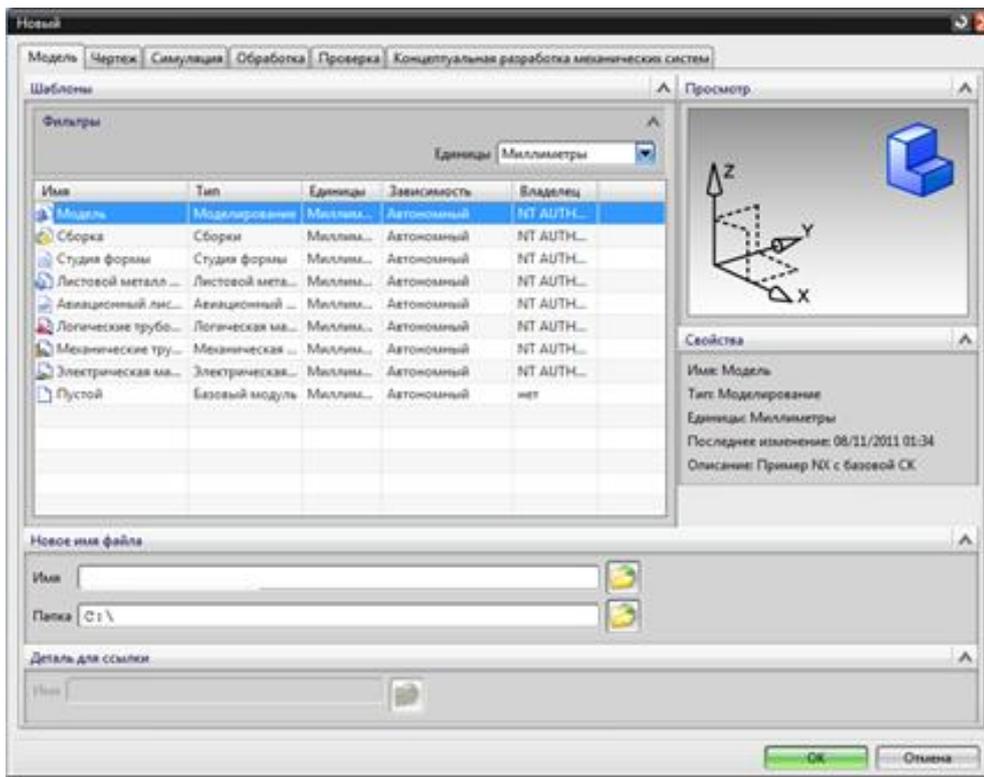


Рисунок 144 – Меню Новый

Для перехода в модуль моделирования: **Начало -> Моделирование** (Рисунок 145).

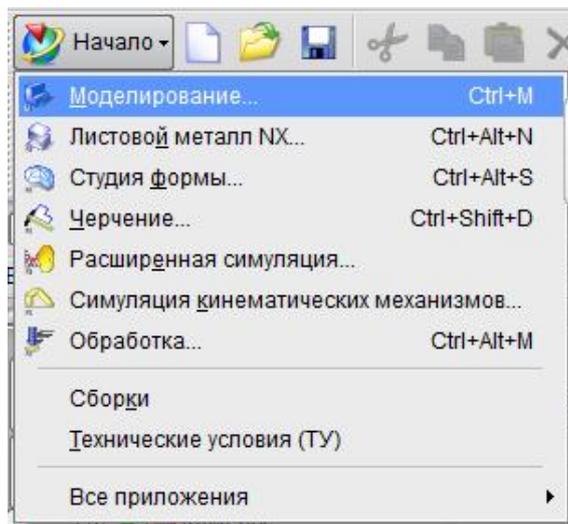


Рисунок 145 – Меню Начало

Перейдите в режим редактирования эскиза, выбрав команду *Вставить -> Эскиз* . В меню *Создание эскиза* нажмите ОК (Рисунок 146).

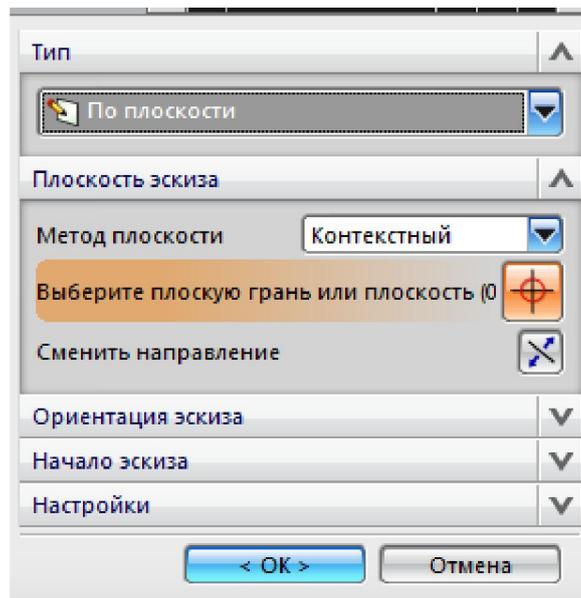


Рисунок 146 - Меню Создание эскиза

Далее в меню *Прямой эскиз* нажимаем кнопку *Открыть в среде задач эскиза* .

**Внимание**

Убедитесь, что иконка *Создать контекстные ограничения*  активна , а иконка *Постоянное автообразмеривание*  деактивирована .

В панели инструментов выбираем **Профиль**  и начинаем рисовать эскиз руководствуясь чертежом (Рисунок 147).

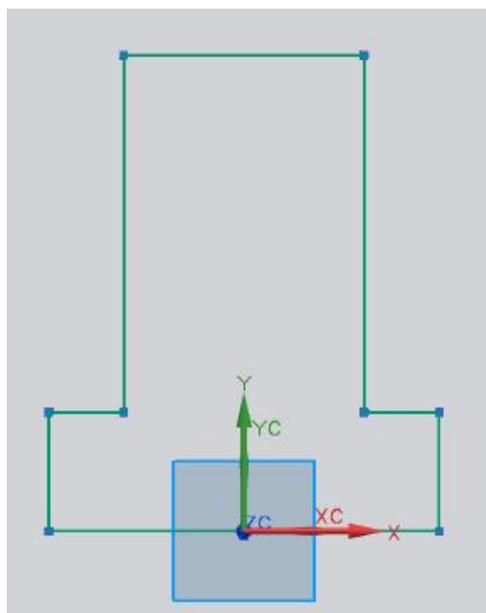


Рисунок 147 - Построение с помощью команды Профиль



Произведем образмерование фигуры при помощи команды **Контекстный размер** (Рисунок 148).

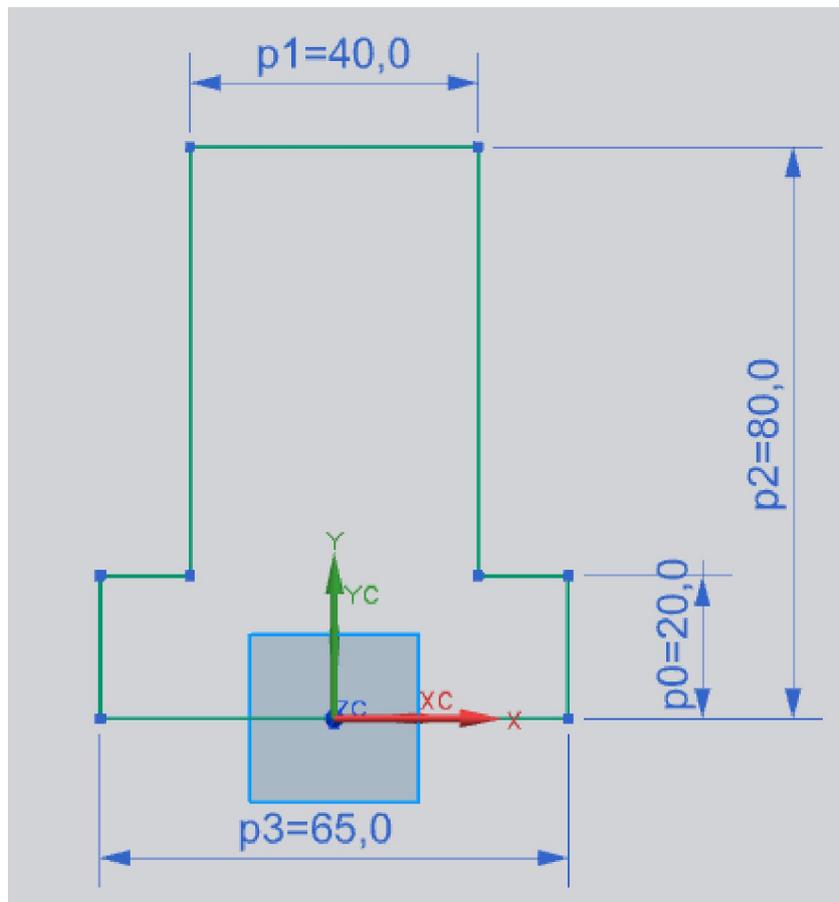


Рисунок 148 - Образмерование фигуры

При помощи команды **Ограничения** наложим ограничения коллинеарность и равная длина на фигуру (Рисунок 149 и Рисунок 150).

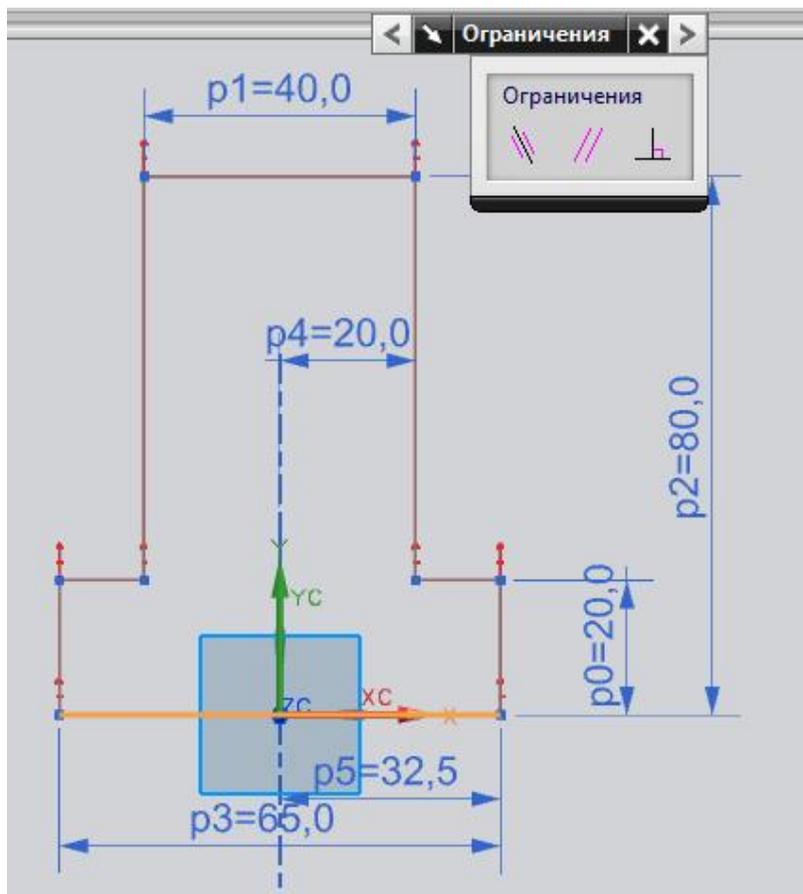


Рисунок 149 - Задание ограничения коллинеарности на линию фигуры и ось ХС

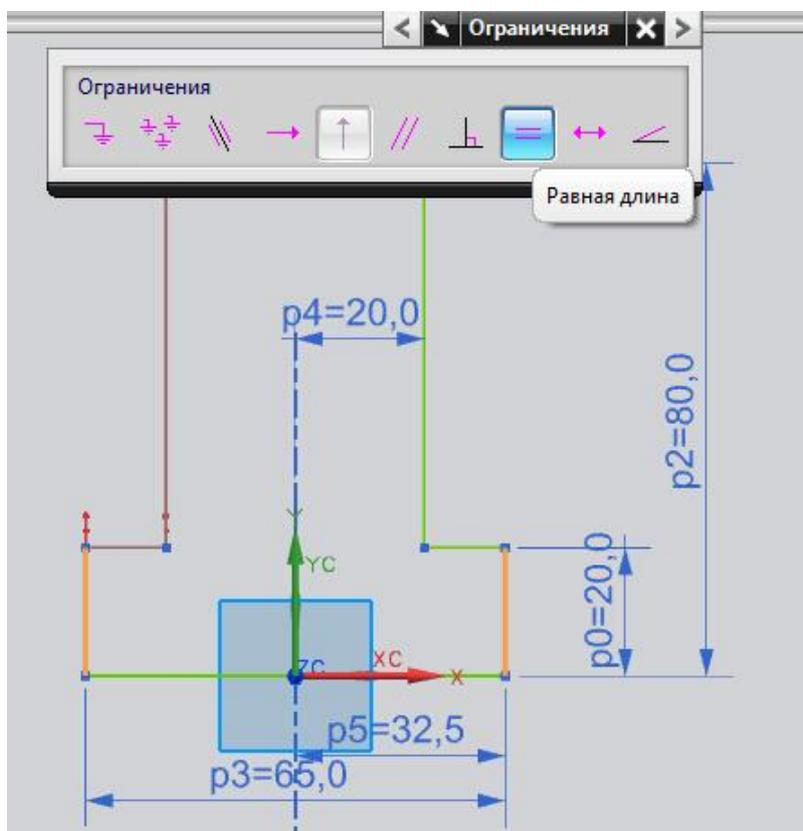


Рисунок 150 – Задание ограничения равная длина на противоположные линии

С помощью команды Окружность, построим окружность центр, которой будет лежать на линии фигуры (Рисунок 152). Для этого активируем привязку «Точка на кривой»  (Рисунок 151).

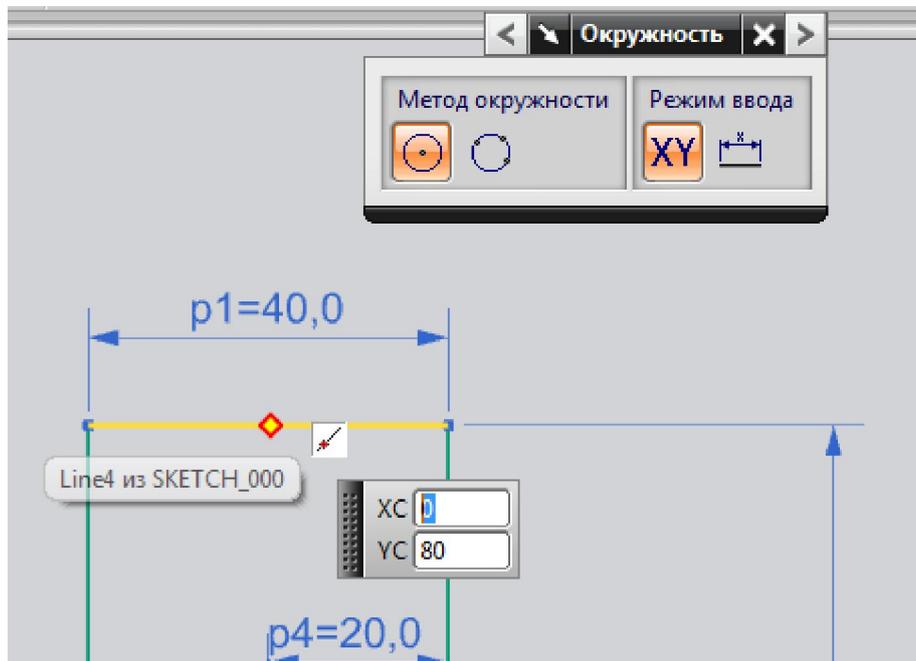


Рисунок 151 – Построение окружности с использованием привязки «Точка на кривой».

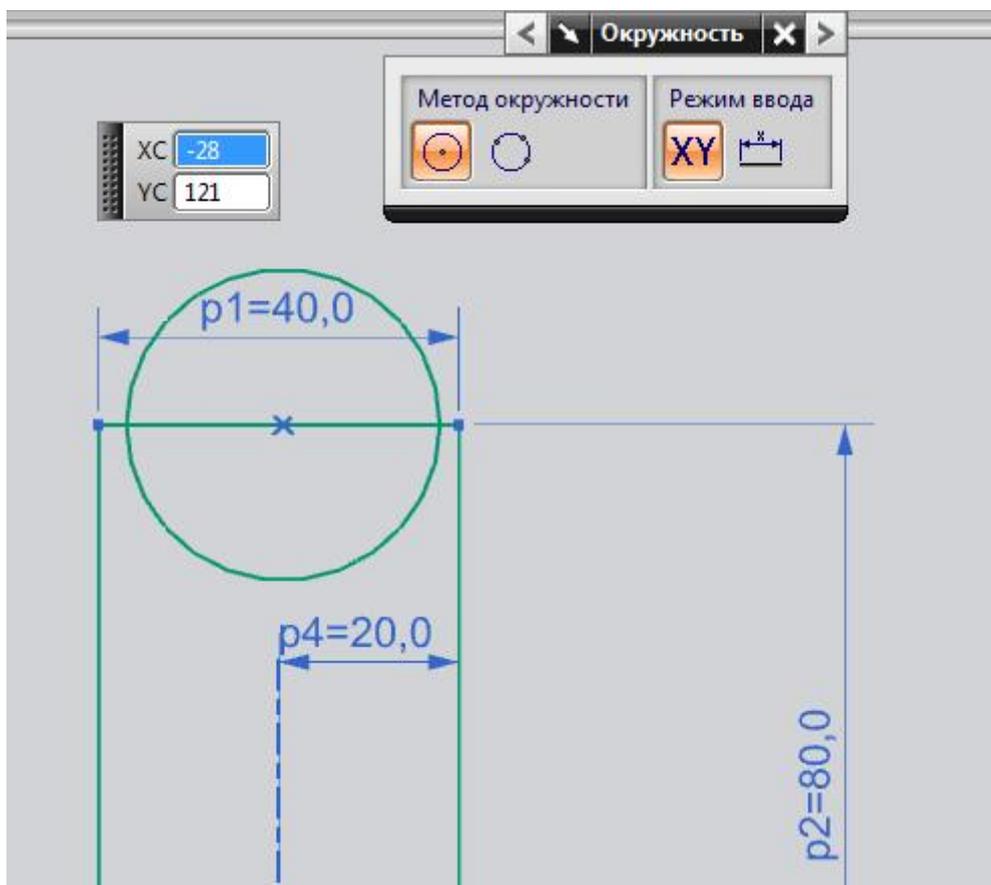


Рисунок 152 - Окружность построена

При помощи команды **Ограничения** наложим ограничения касательности на окружность.

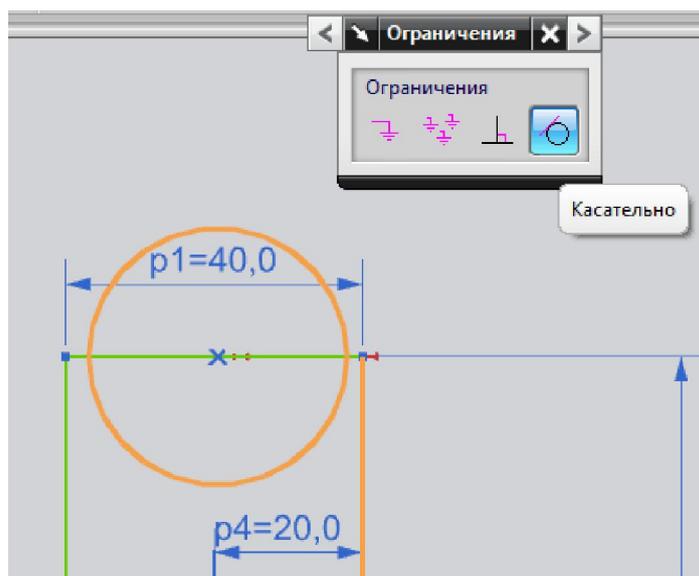


Рисунок 153 - Задание касательности

Построим линию параллельную оси ХС. Для этого воспользуемся командой **Линия**

 и привязкой .

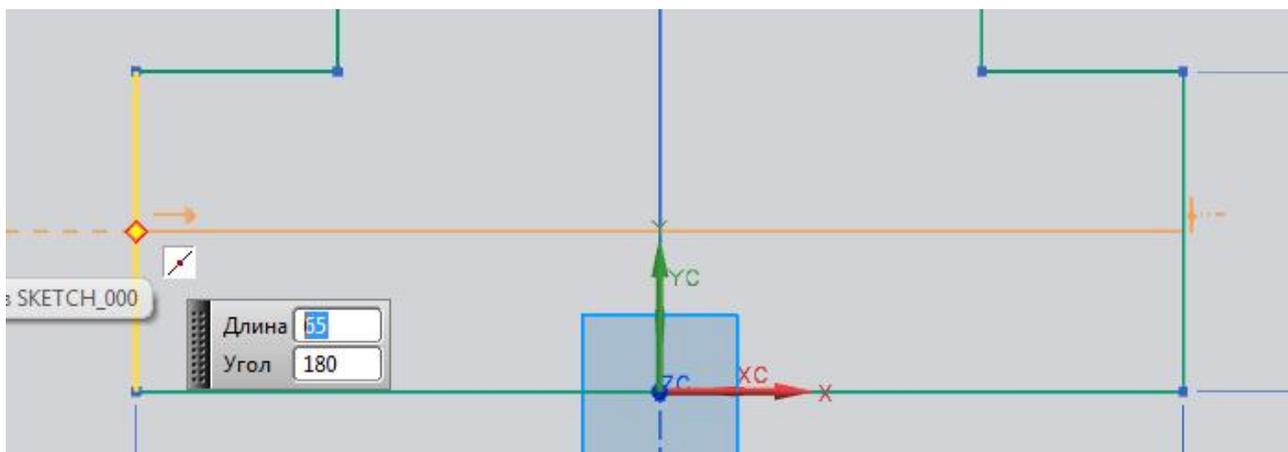


Рисунок 154 - Построение линии

Построим две наклонные линии к окружности (Рисунок 155) и линию параллельно оси ХС.

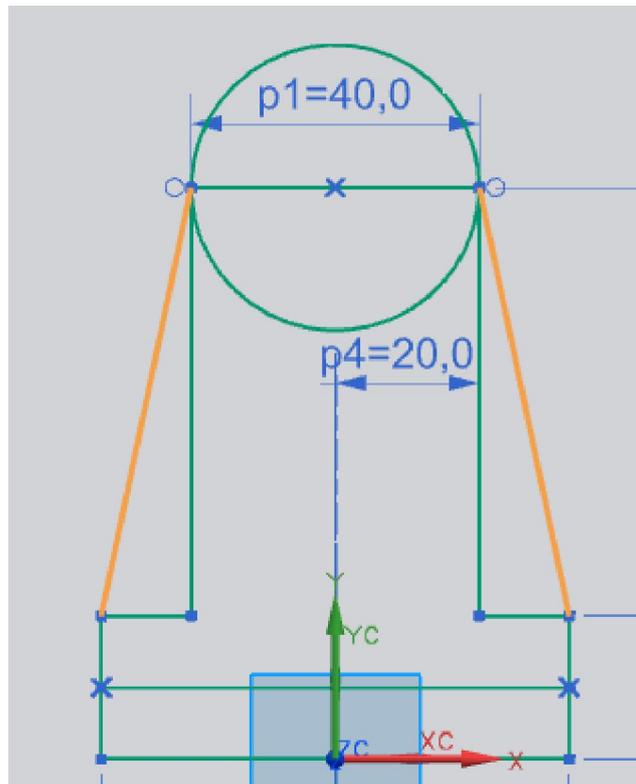


Рисунок 155 - Наклонные линии к окружности

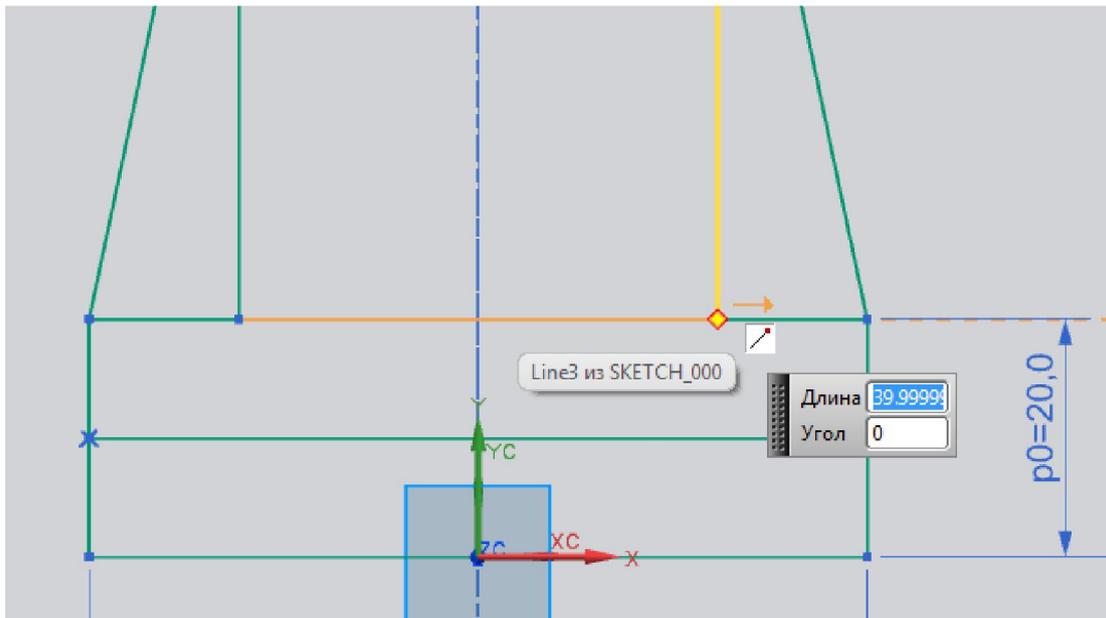


Рисунок 156 – Линия параллельная оси Xc

Чтобы выйти из эскиза нажмите на иконку Закончить эскиз  (Рисунок 157)

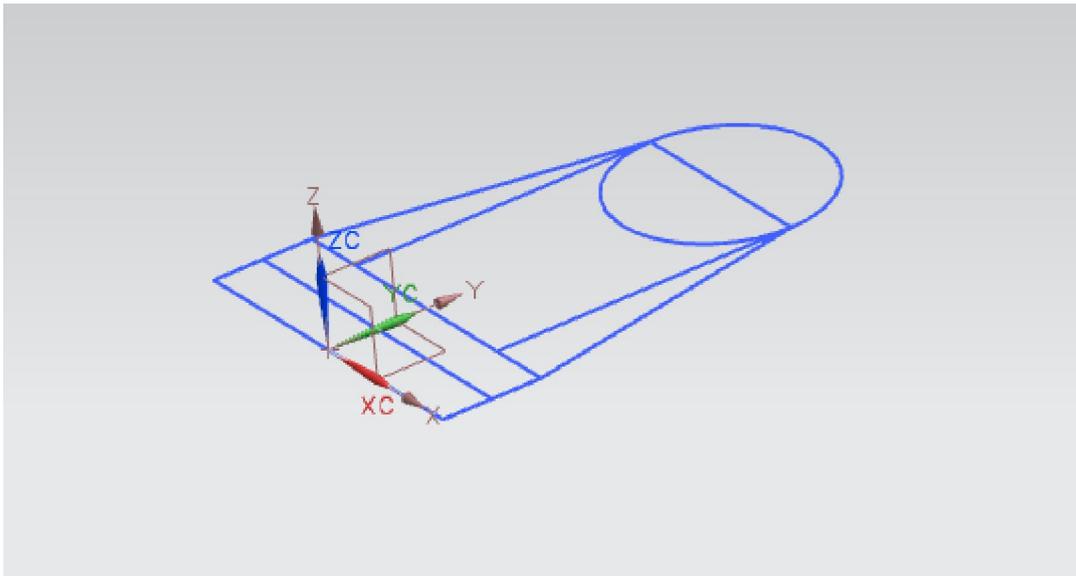


Рисунок 157 – Эскиз в трехмерном пространстве

Воспользуемся командой **Вытягивание** для получения 3D модели, в качестве фильтра выбираем **Связанные кривые**  и активируем команду **Остановка по пересечению**  (Рисунок 158 и Рисунок 159).

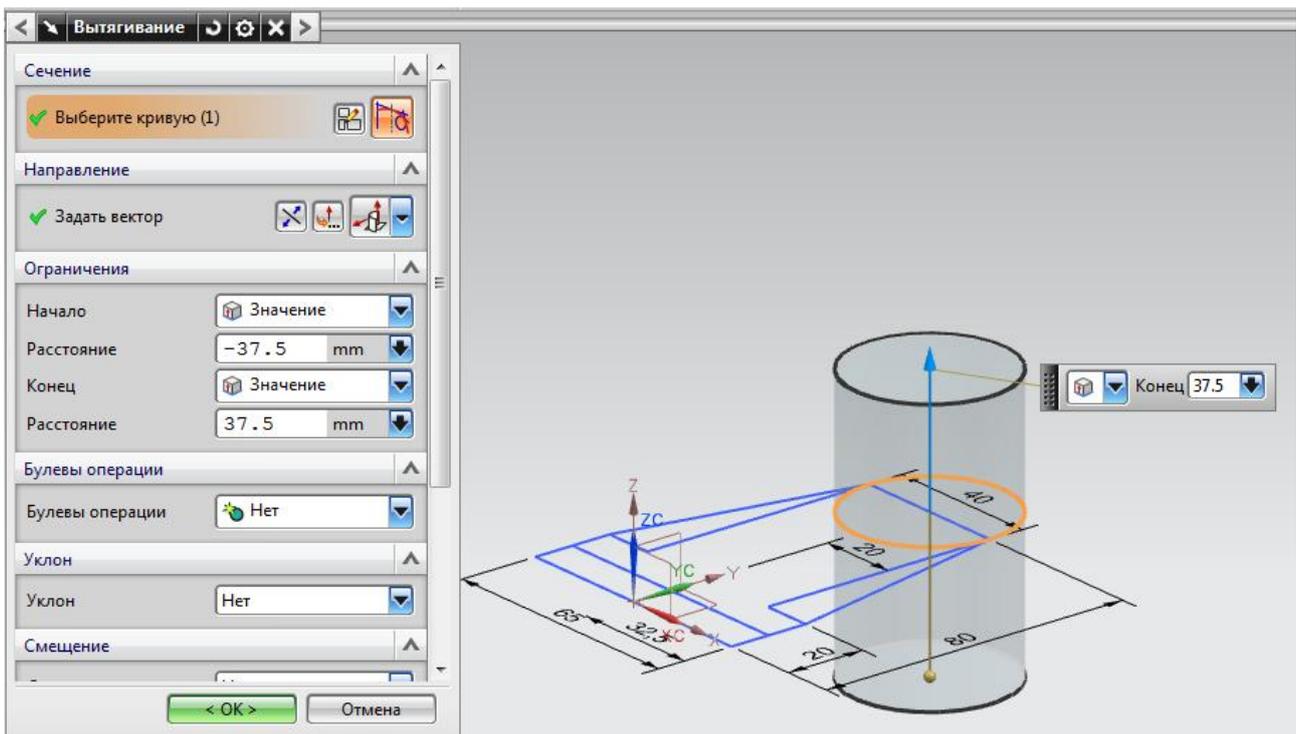


Рисунок 158 – Вытягивание окружности на расстояние 75

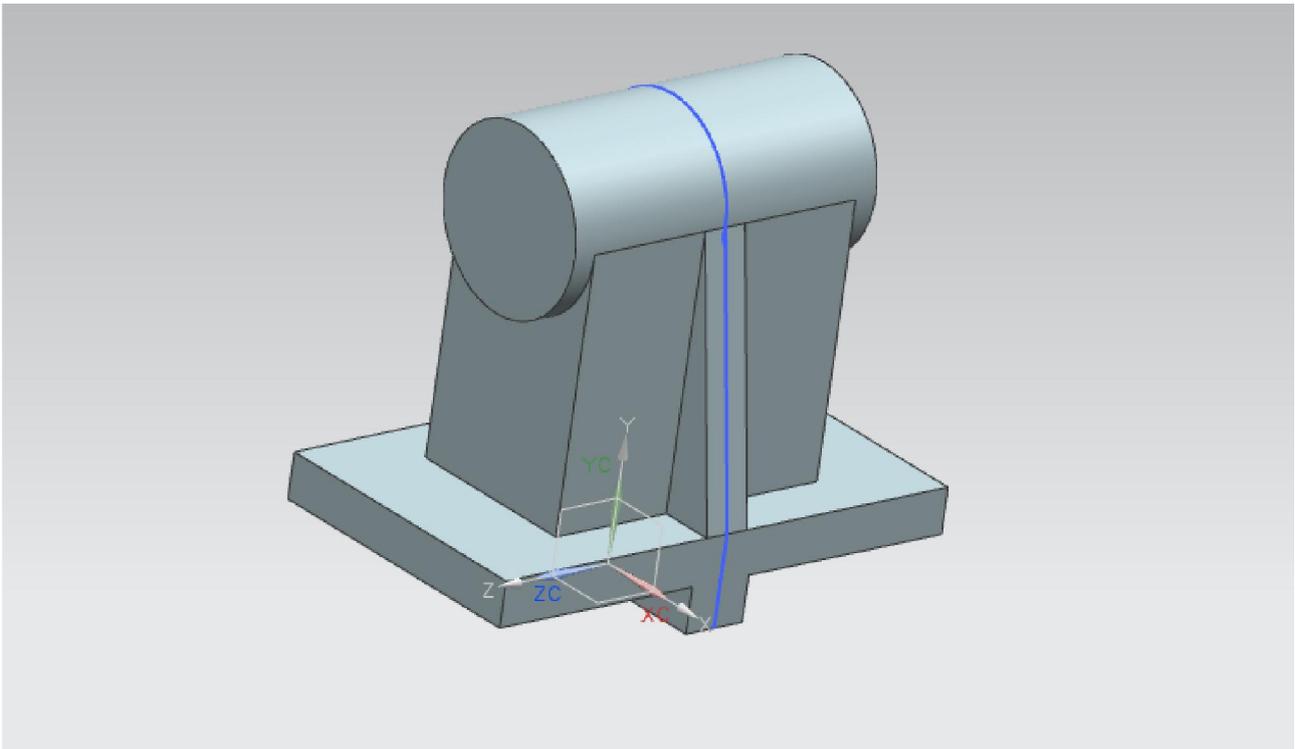


Рисунок 159 – Вытягивание элементов эскиза

Построим два уклона. Для этого воспользуемся командой **Координатная плоскость**

 , тип – Средняя линия, выбираем две противоположные грани (Рисунок 160).

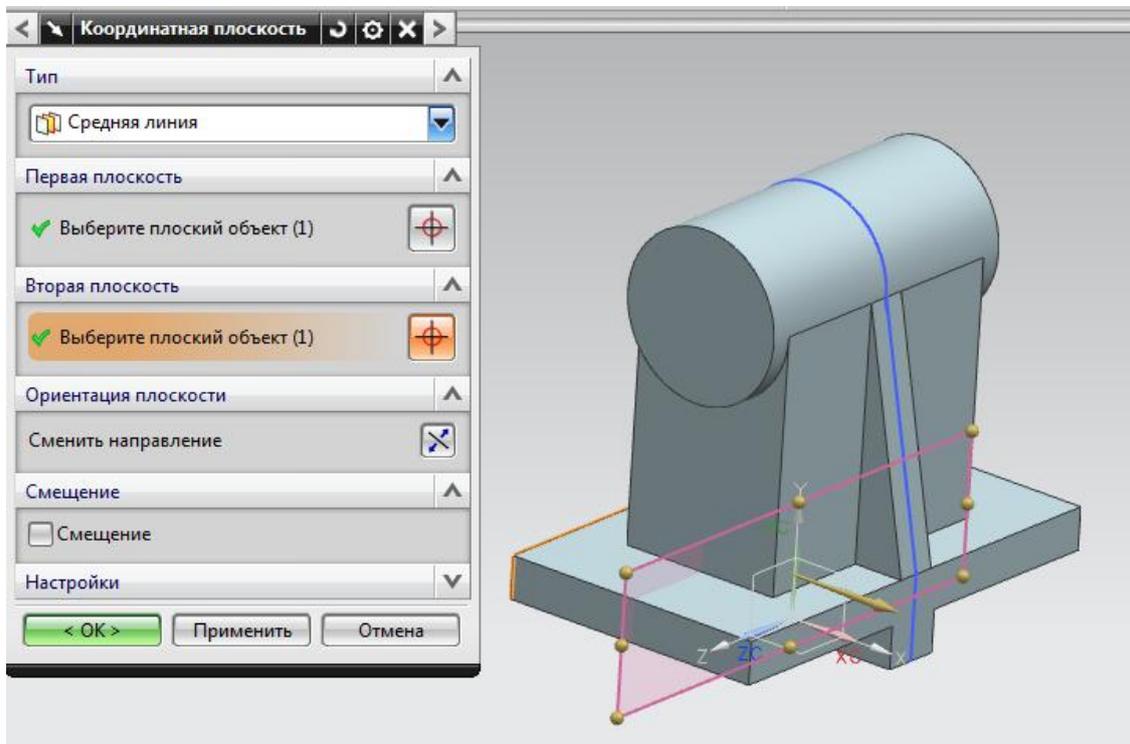


Рисунок 160 - Построение координатной плоскости

Создаем на этой плоскости эскиз и строим два уступа, как показано на рисунке 161.

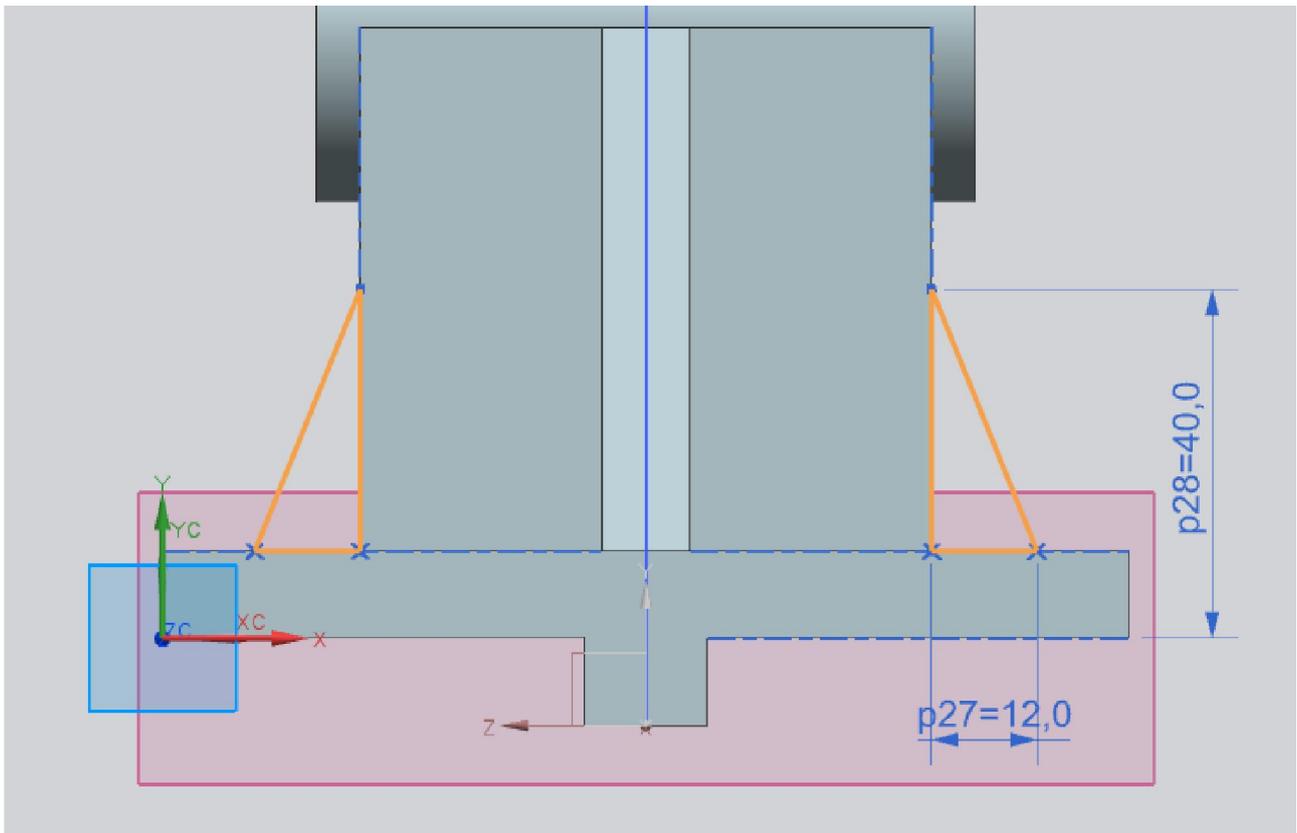


Рисунок 161 - Эскиз уступов

Воспользуемся командой **Вытягивание** (Рисунок 162).

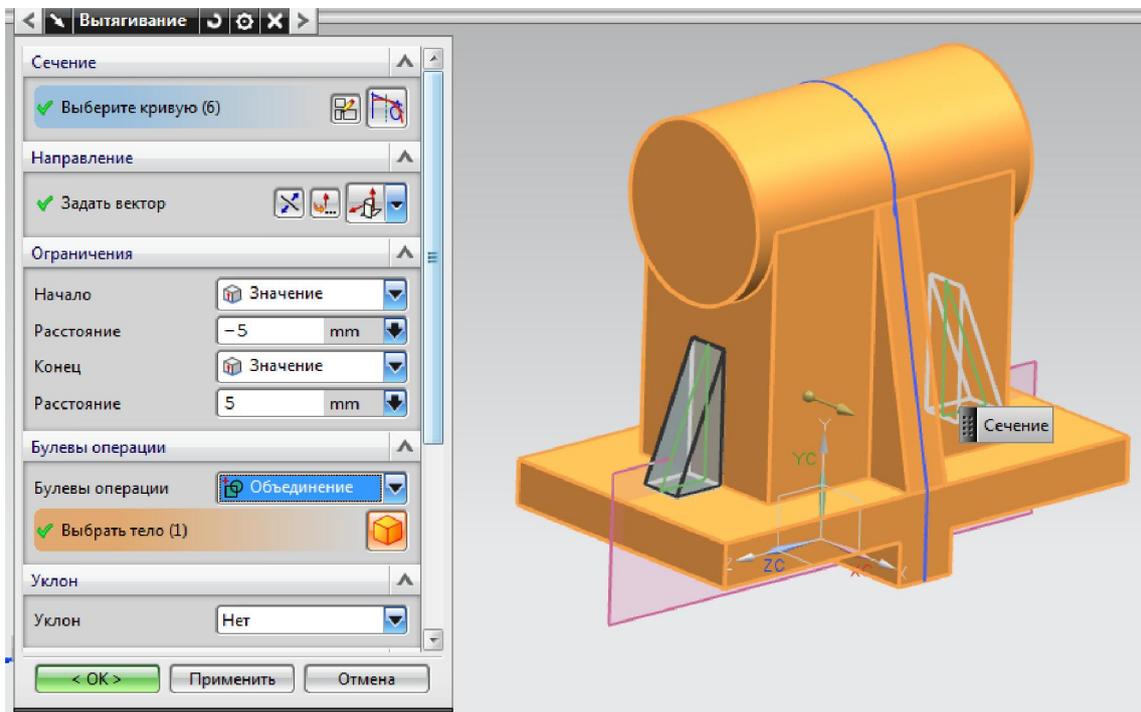


Рисунок 162 - Создание уступов

Для создания отверстий воспользуемся командой **Отверстие** и активируем привязку «Центр дуги», тип – простое отверстие, форма – упрощенное, диаметр – 22, глубина 12, угол при вершине 0 (Рисунок 163).

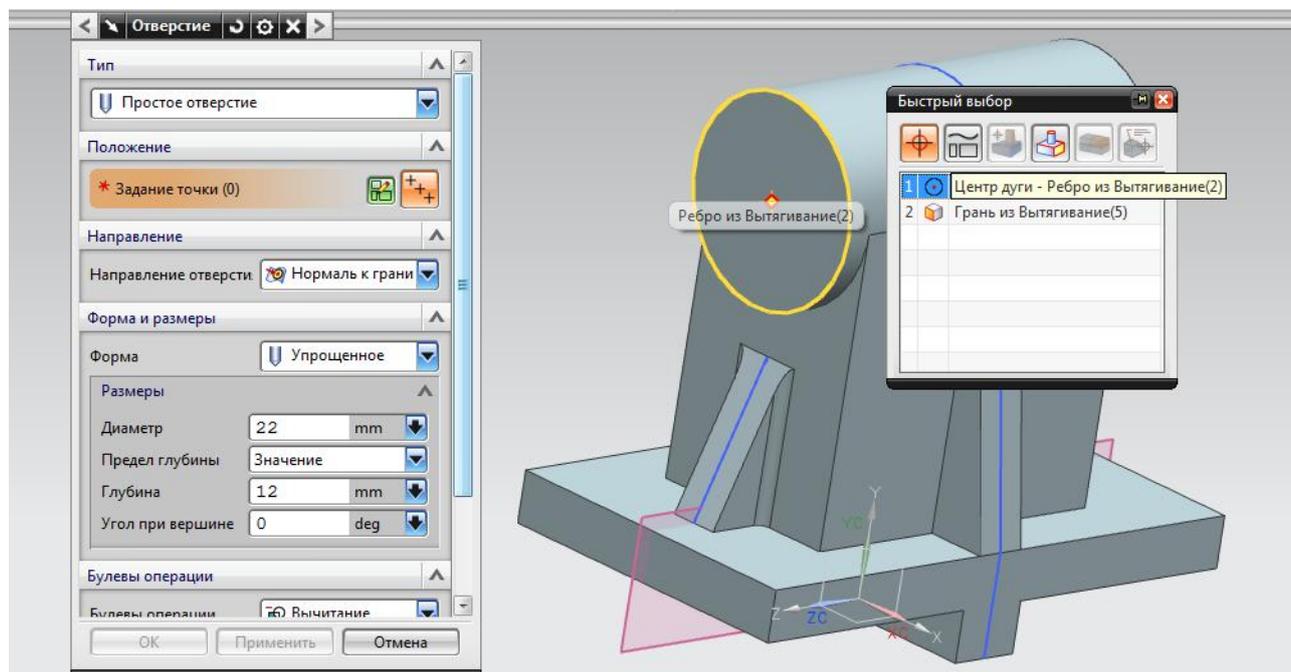


Рисунок 163 - Создание отверстий

Для создания резьбового отверстия выбираем тип – резьбовое отверстие, размер – M12\*1,75, радиальное врезание – 0,75, глубина резьбы – 60, глубина – 60, угол при вершине – 118 (Рисунок 164).

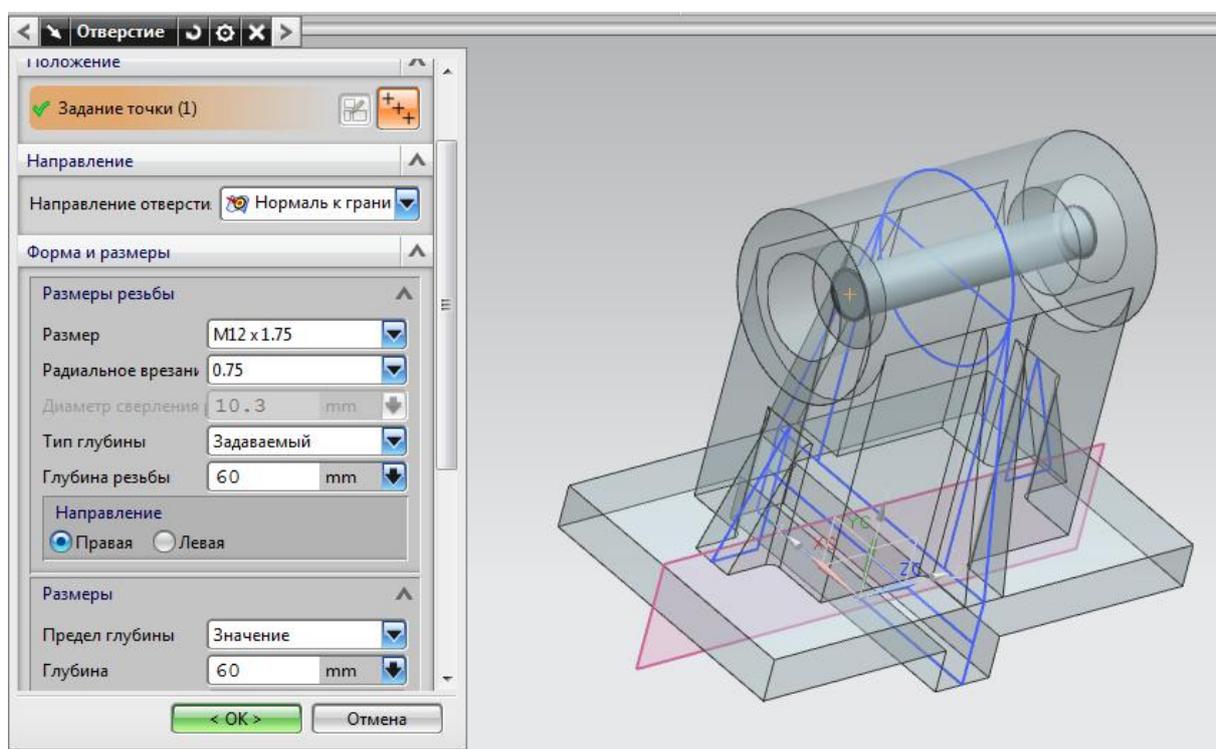


Рисунок 164 - Построение резьбового отверстия

Для построения фаски воспользуемся командой **Фаска**, выбираем ребра резьбового отверстия, сечение – симметрично, расстояние 1.6.

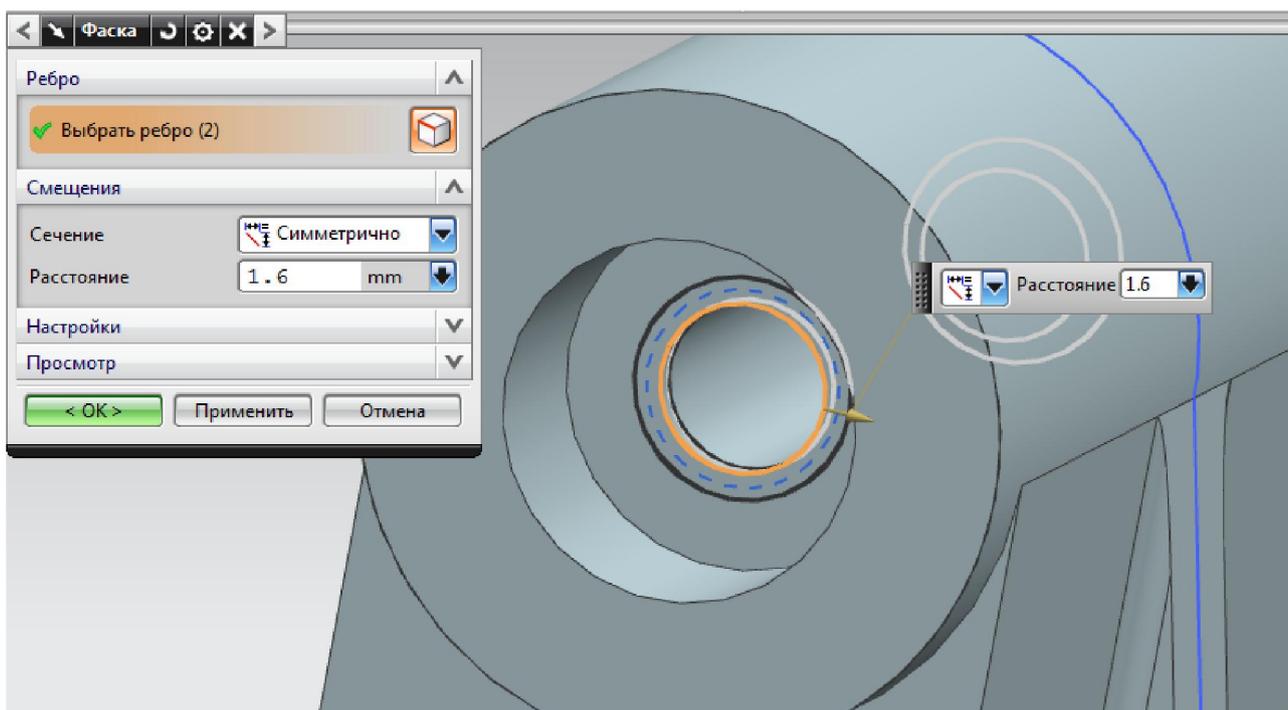


Рисунок 165 - Построение фаски

Выбираем нижнюю часть 3D модели и стоим на ней эскиз впадин, согласно рисунку 166.

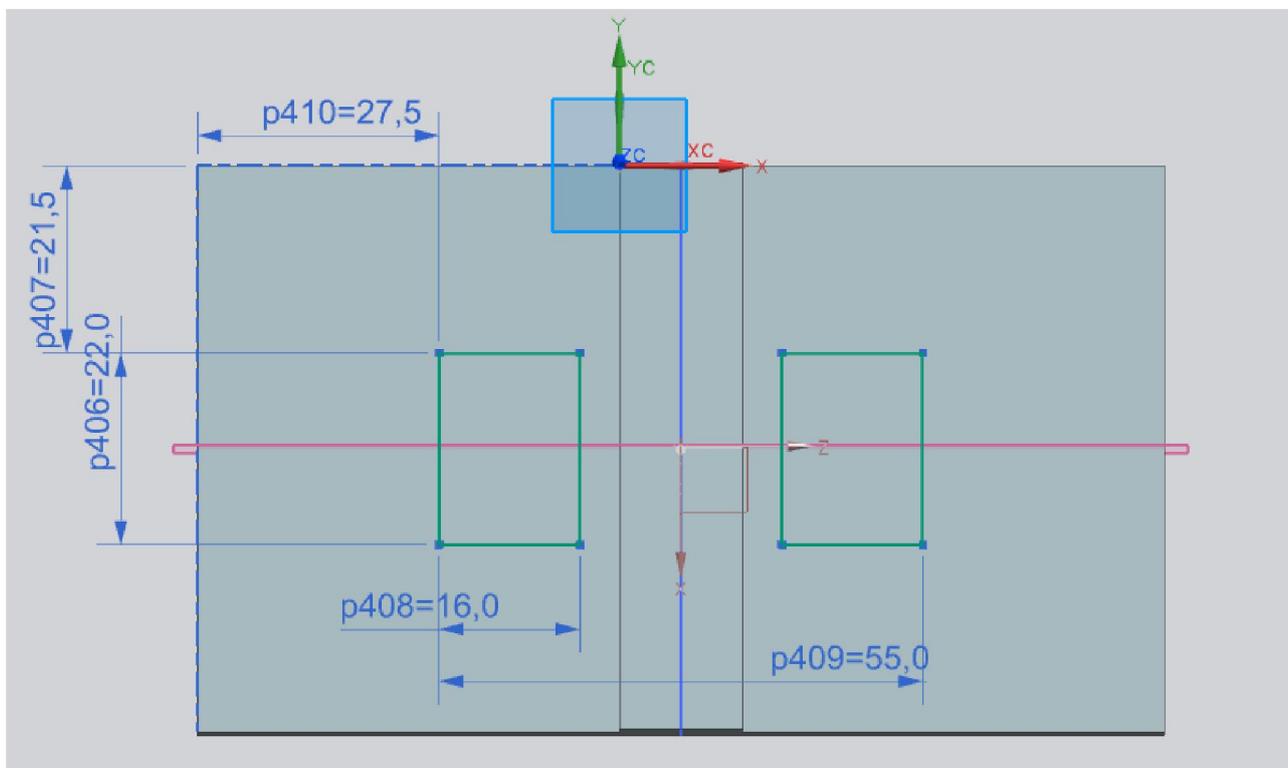


Рисунок 166 - Эскиз впадин

Воспользуемся командой **Вытягивание**, выбираем эскиз, булевы операции - вычитание расстояния 45 (Рисунок 167).

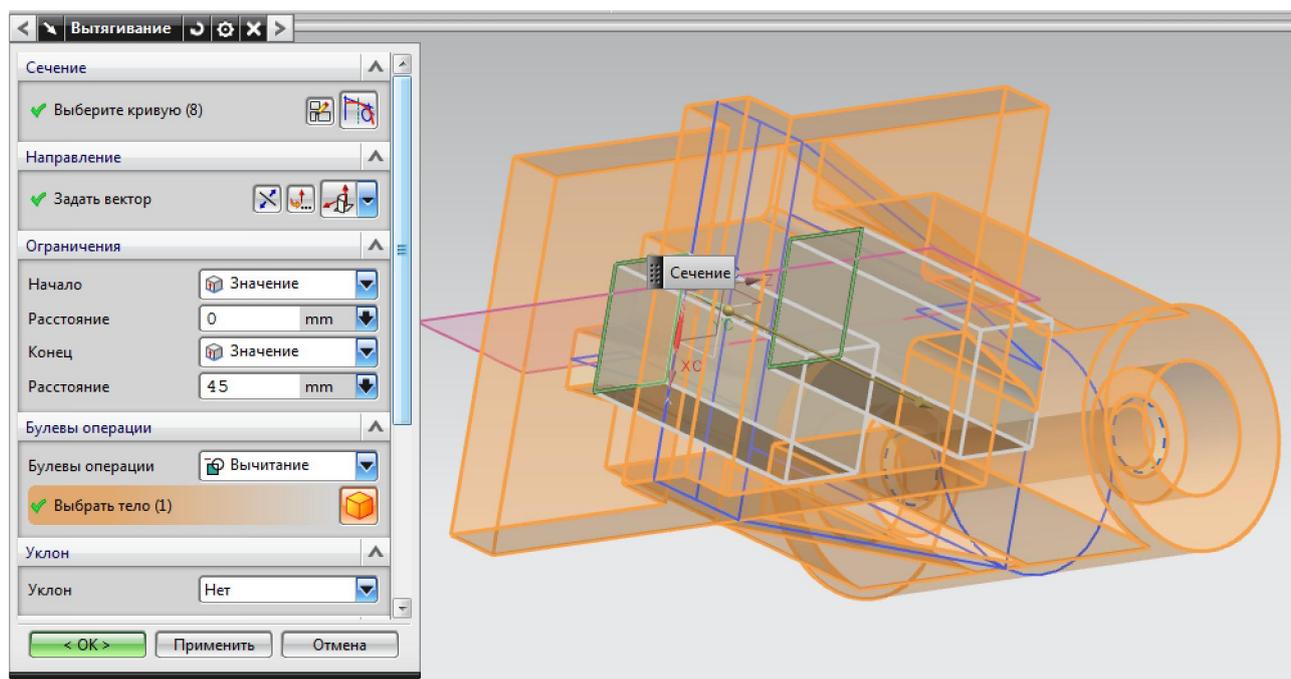


Рисунок 167 - Построение впадин

Для скругления уступов воспользуемся командой **Скругление поверхностей**, выбираем грань и указываем радиус 2 (Рисунок 168).

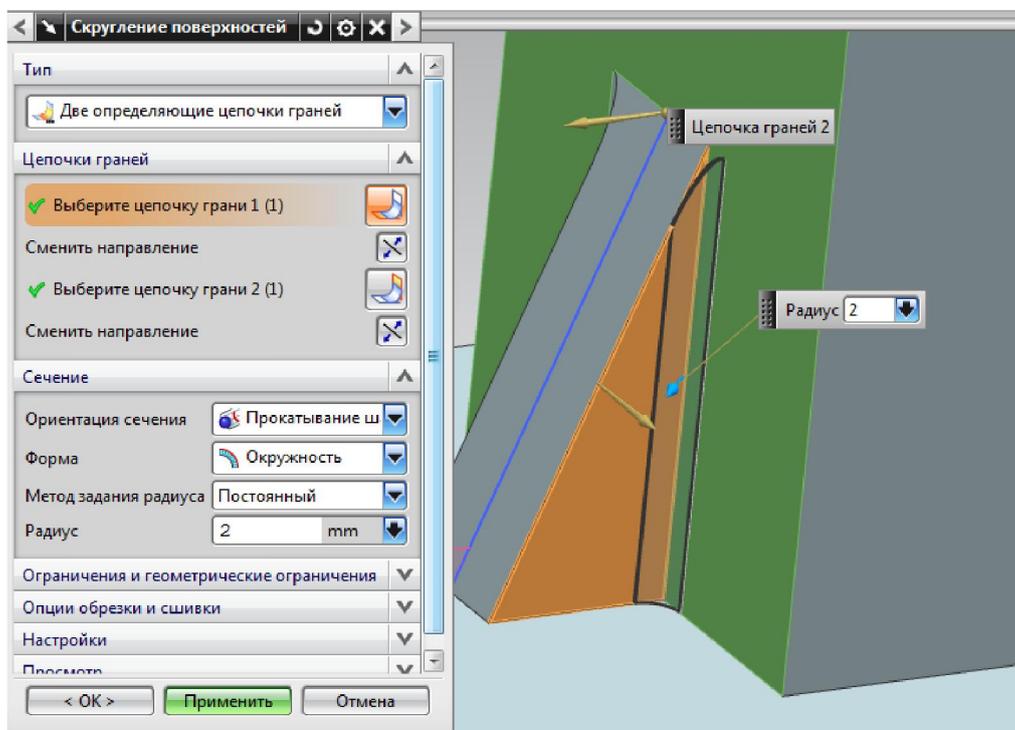


Рисунок 168 - Скругление уступов

Скрываем эскизы и координатную плоскость в дереве построения при помощи команды **Скрыть**. Построение завершено (Рисунок 169).

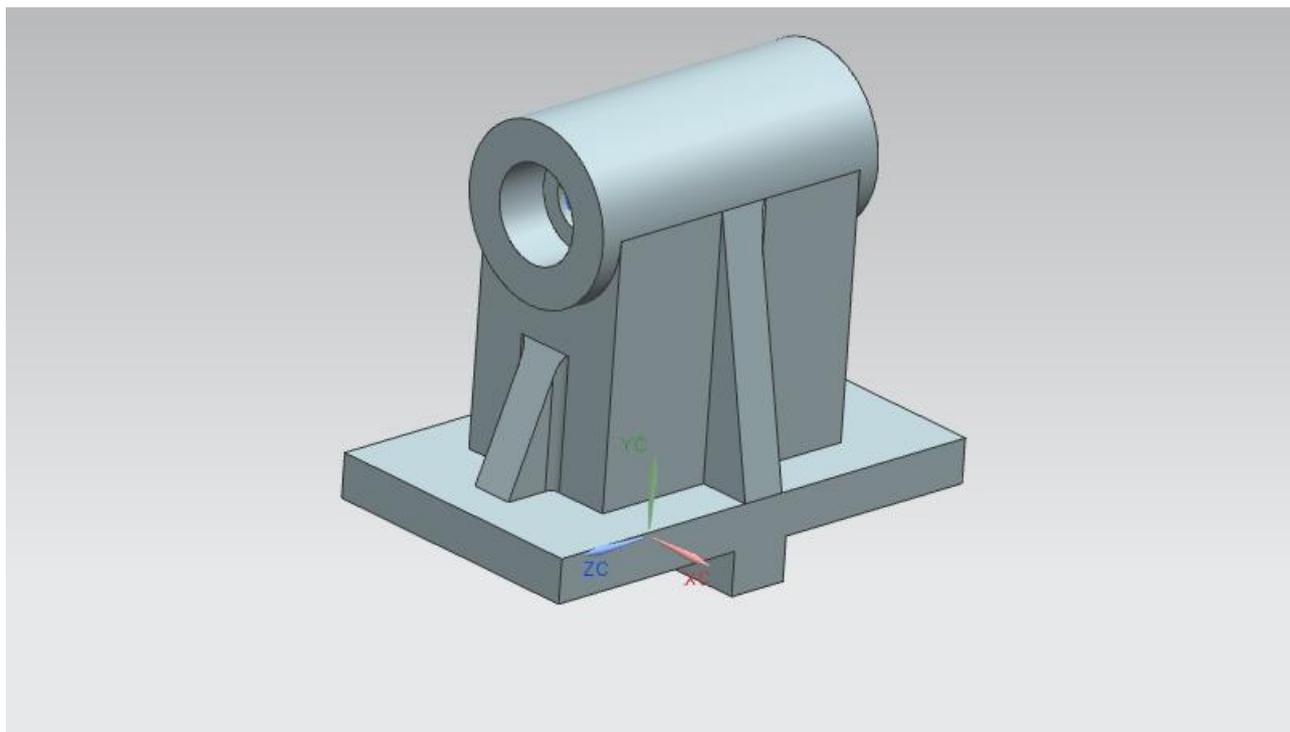


Рисунок 169 – 3D модель стойки

## 9.5 Лабораторная работа №5 «Построение цилиндрического прямозубого зубчатого колеса с эвольвентным боковым профилем»

Цель работы: приобретение навыков построения цилиндрического прямозубого зубчатого колеса с эвольвентным боковым профилем.

Профиль зубчатого колеса представляется либо дугой, либо эвольвента строится приближенно по точкам. Существует также таблицы, по которым происходит построение эвольвенты.

Для понимания этого способа обратимся к математическому описанию эвольвенты окружности.

Для параметрически заданной кривой уравнение эвольвенты может быть представлено с помощью уравнений:

$$X=(d\_main/2)(\cos(t)+t\sin(t))$$

$$Y=(d\_main/2)(\sin(t)-t\cos(t))$$

Где  $t$  – угол, а  $d\_main$  – диаметр основной окружности (эволюты).

Моделируемое зубчатое колесо имеет  $z$  зубьев с модулем  $m$ . Для построения зубчатого колеса нам понадобится диаметр делительной окружности  $d$ , диаметр окружности впадин  $df$ , а также диаметр окружности вершин  $da$ .

Приведенные далее формулы в комментариях не нуждаются:

$$d=m*z$$

$$da=d+2*m$$

$$df=d-2.5*m$$

$$d\_main=d*\cos(20)$$

Порядок построения зубчатого колеса будет следующим:

- 1) Создадим основные управляющие переменные и зависимости.
- 2) Построим основные диаметры зубчатого колеса, ограничивающие зубчатый венец.
- 3) Построим профиль зуба, как кривую по закону в соответствии с приведенной выше параметрической формой эвольвенты.
- 4) Отложим ширину зуба и построим его ось симметрии.
- 5) Отразим эвольвенту относительно построенной оси симметрии зуба.
- 6) Построим все  $z$  зубьев зубчатого колеса.

Создаем новый файл: **Файл** -> **Новый**, выбираем панель Модель, указываем имя файла и папку сохранения. По умолчанию сохраняем все без изменения и нажимаем ОК (Рисунок 170).

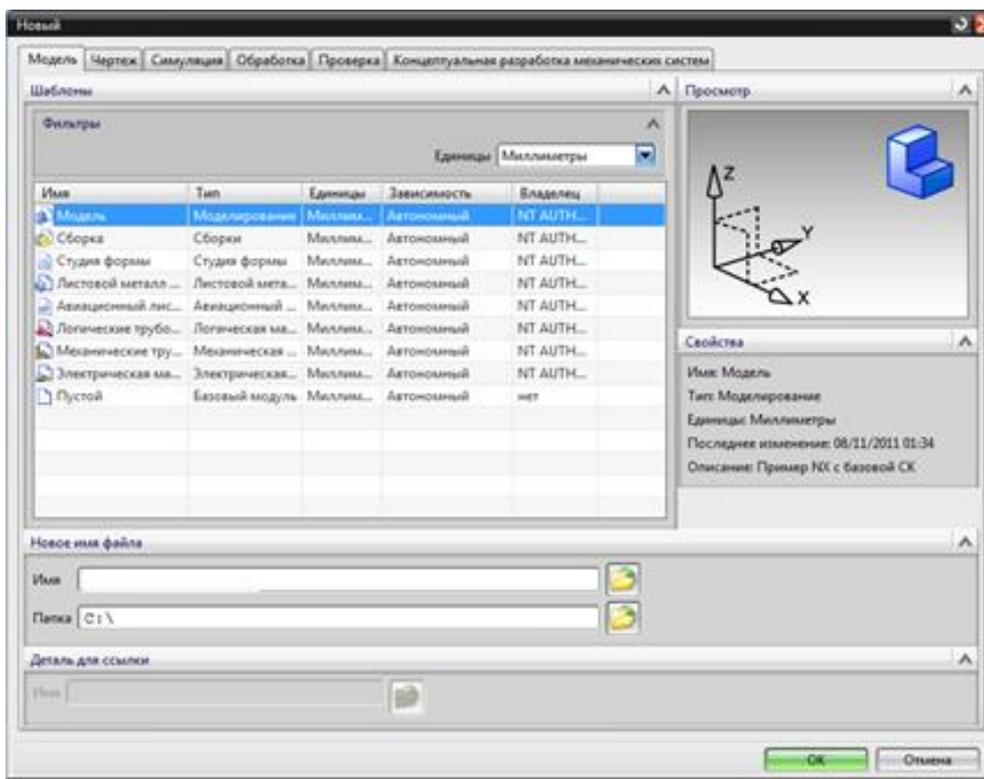


Рисунок 170 – Меню Новый

Для перехода в модуль моделирования: **Начало -> Моделирование** (Рисунок 145).

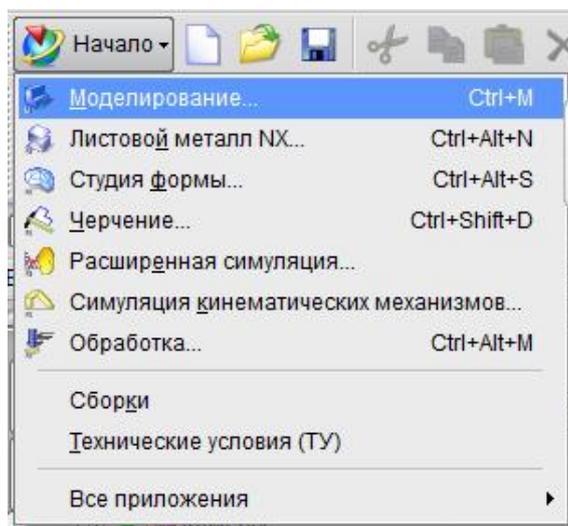


Рисунок 171 – Меню Начало

Зададим основные переменные в зависимости. Для этого предназначен редактор выражений, который вызывается из меню командой **Инструменты – Выражение** (Ctrl+E) (Рисунок 172).

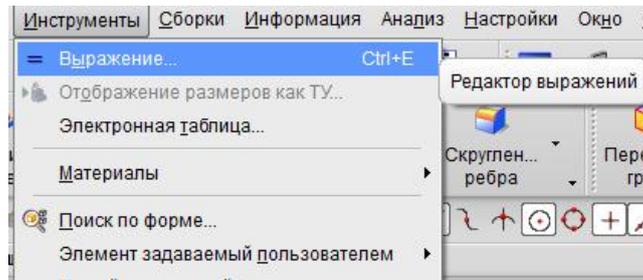
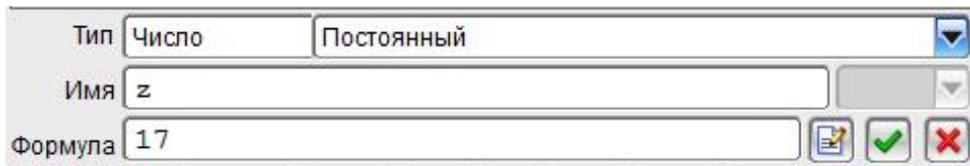


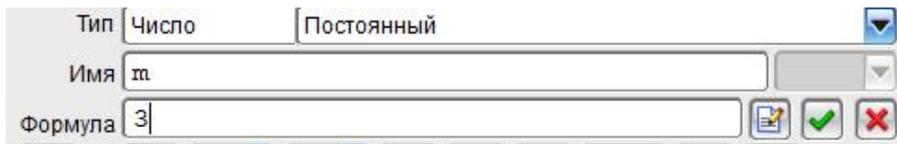
Рисунок 172 - Меню Выражения

Последовательно добавим переменные, определяющие параметры зубчатого колеса:

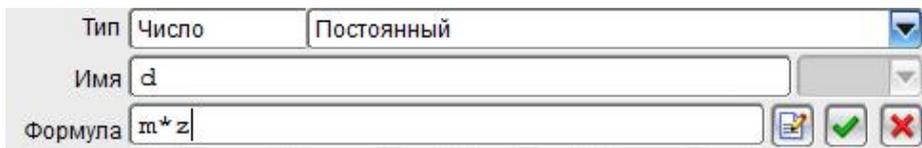
Число зубьев **z**



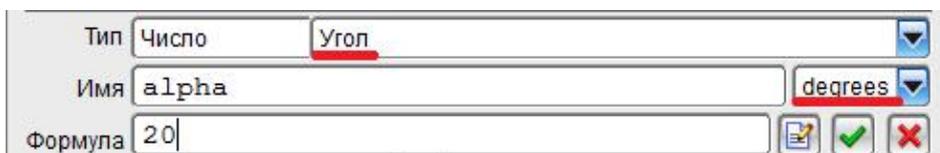
Модуль **m**



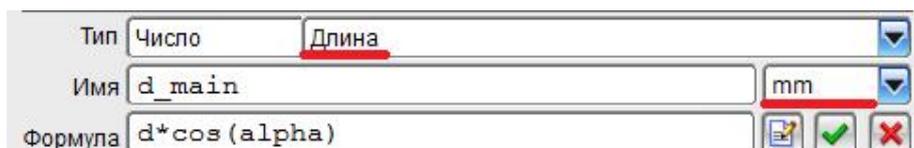
Делительный диаметр **d**



Угол исходного профиля **alpha** в градусах (degrees)



Диаметр основной окружности **d\_main**



При вводе переменных не забываем о единицах измерения, иначе на каком-то этапе NX просто не даст сделать производное выражение из-за их несоответствия.

Аналогичным образом введем формулы для **da** и **df**.

Теперь введем зависимости, определяющие боковую линию зуба – эвольвенту. Для построения кривой мы будем пользоваться командой NX **Кривая по закону** (Law Curve).

Последовательно введем параметры **t**, **xt**, **yt**, **zt**.

m	3	3		Число
t	0	0	мм	Число
xt	$(d\_main/2)*(\cos(360*t)+t*2*pi()*\sin(360*t))$	23.962...		Число
yt	$(d\_main/2)*(\sin(360*t)-t*2*pi()*\cos(360*t))$	0		Число
z	17	17		Число
zt	0	0	мм	Число

В результате всех манипуляций должна была получиться следующая картина (Рисунок 173).

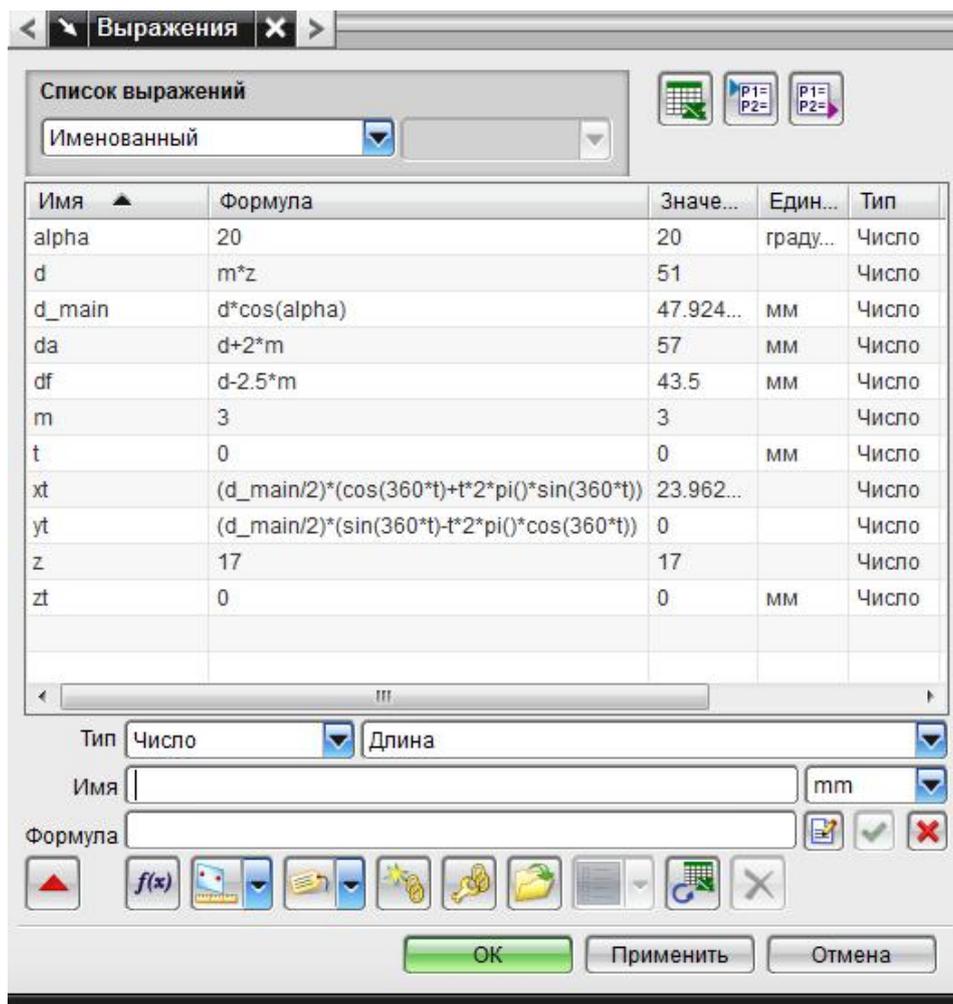
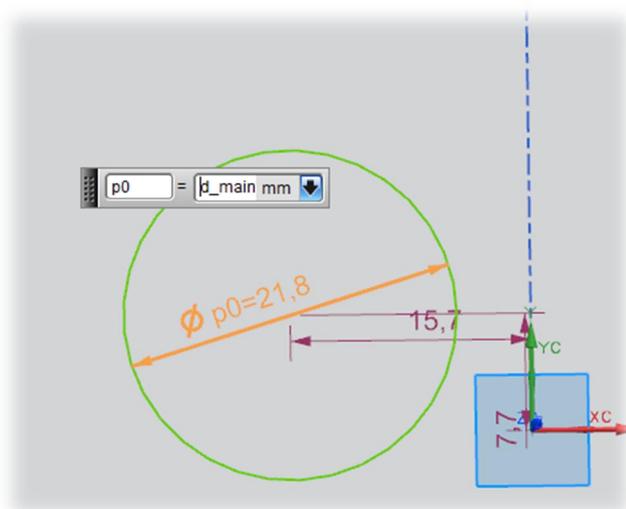


Рисунок 173 - Параметры зубчатого колеса

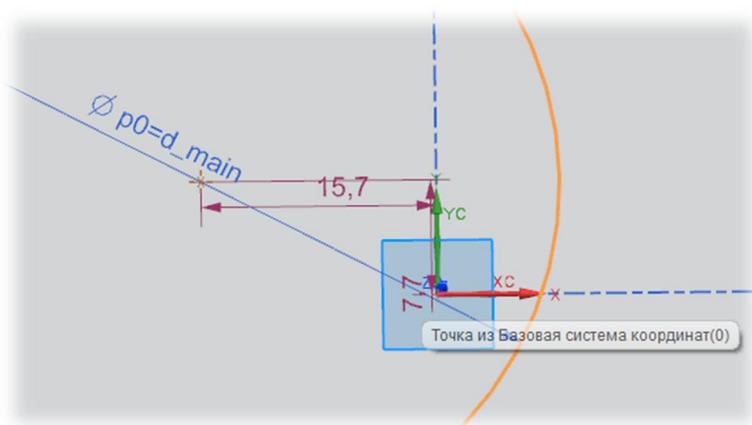
Начнем с построения в эскизе окружностей с диаметрами  $d_{main}$ ,  $d$ ,  $da$ ,  $df$ .

Построим первую окружность командой эскиза **Окружность** . В качестве значения диаметра укажем переменную  $d_{main}$  со значением диаметра основной окружности.

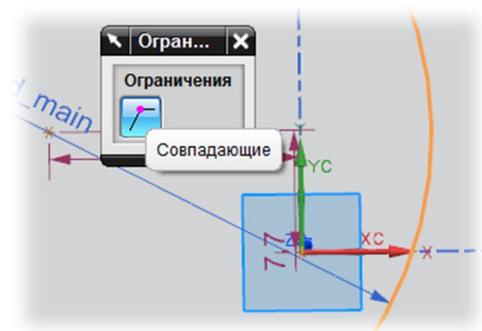
Примечание: при использовании NX 8.0 система автоматически наносит размеры на элементы эскиза, при использовании младших версии эти размеры необходимо проставлять вручную.



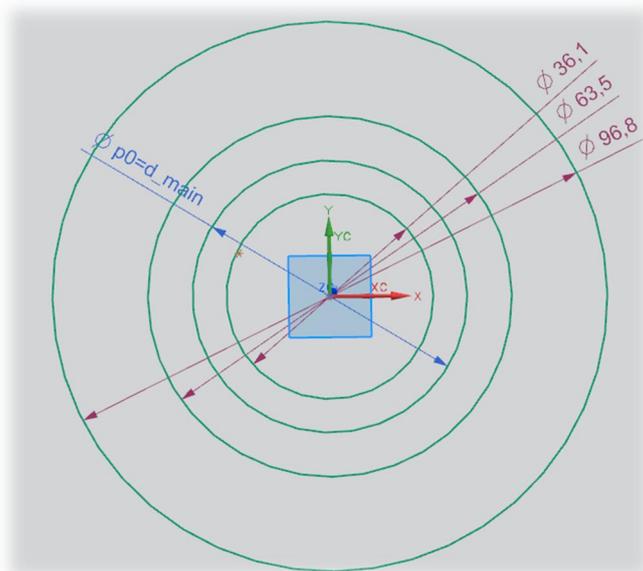
Привяжем основную окружность в начало координат. Для этого с помощью команды **Ограничения**  укажем центр окружности и точку начала координат.



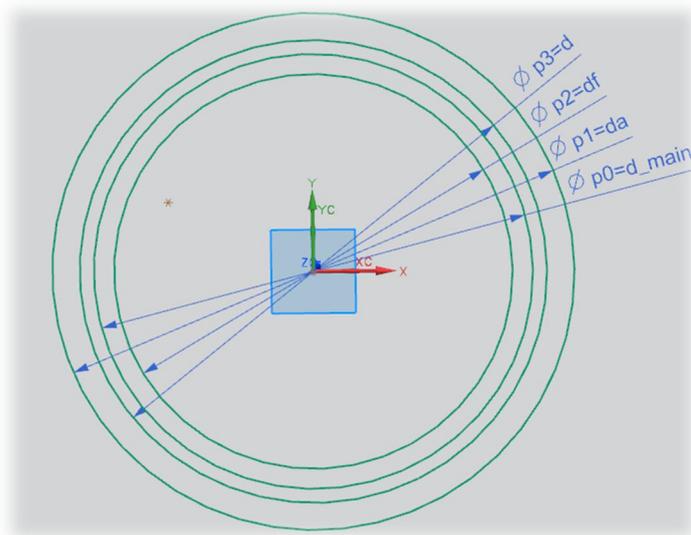
По двум выбранным точкам NX предлагает ограничение **Совпадающие**, что позволяет нам совместить центр окружности и начало координат.



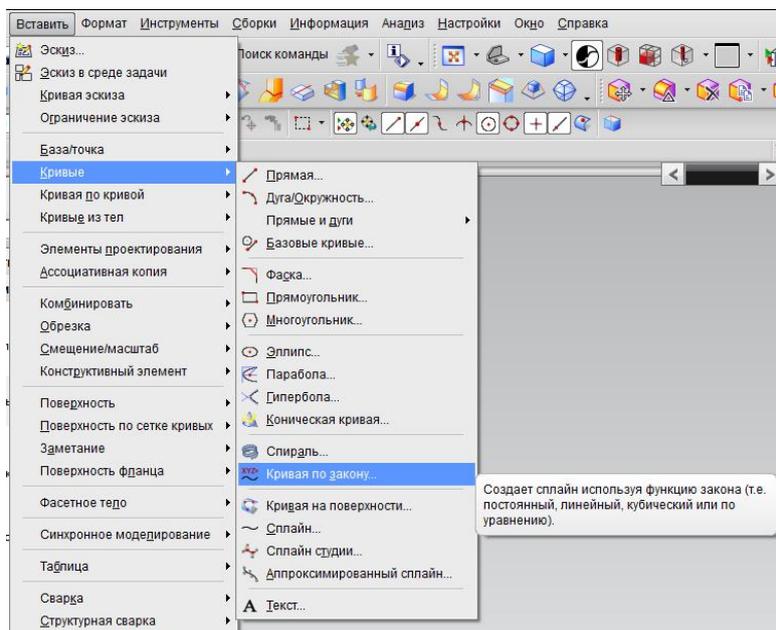
Продолжаем создавать окружности, только в качестве их центра выбираем центр только что созданной окружности.



Присвоим диаметрам окружностей соответствующие значения переменных.

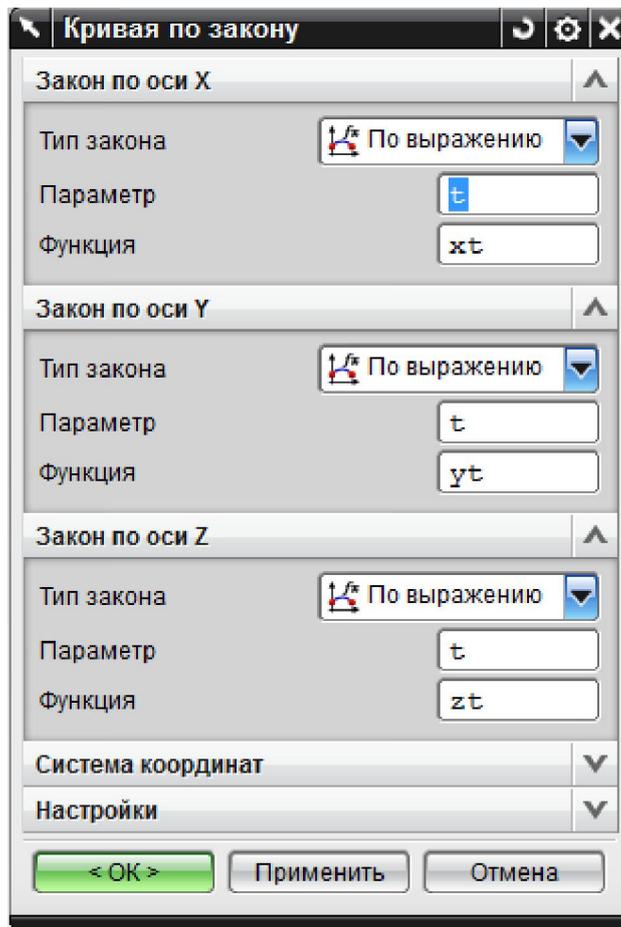


Завершим создание эскиза и перейдем непосредственно к созданию эвольвенты. Для этого выполним команду **Вставить – Кривые – Кривая по закону ...**

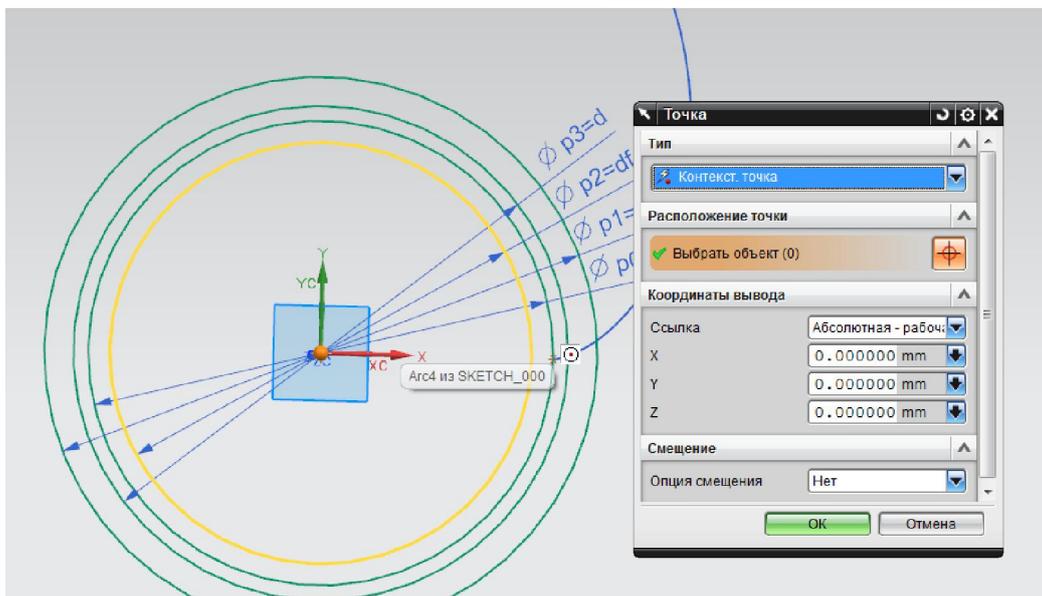


В качестве функции закона выбираем **По выражению**.

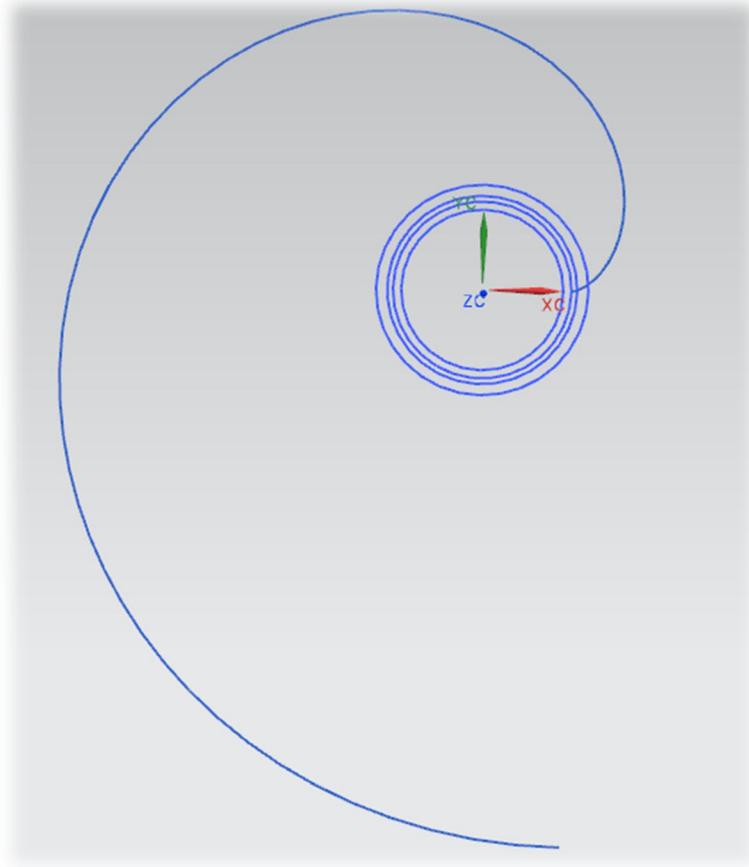
После этого указываем переменные ( $t$ ,  $x_t$ ,  $y_t$ ,  $z_t$ ), на основании которых производится построение кривой.



Выбираем пункт **Задать ориентацию – Манипулятор** и с его помощью укажем точку, относительно которой будет производиться построение кривой по закону.



Вот что получилось в конце всех манипуляций. В соответствии со значениями параметра  $t=0..1$  система построила кривую по закону в пространстве. Поскольку параметр  $z=0$ , кривая располагается в плоскости.

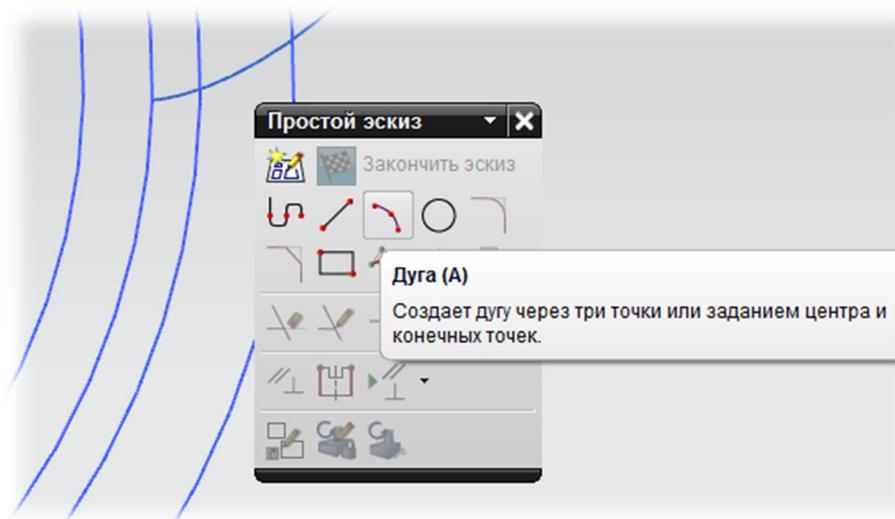


Теперь пришло время получить один законченный зуб. У нас уже имеется линия, ограничивающая впадины и вершины зуба, имеется его боковая поверхность.

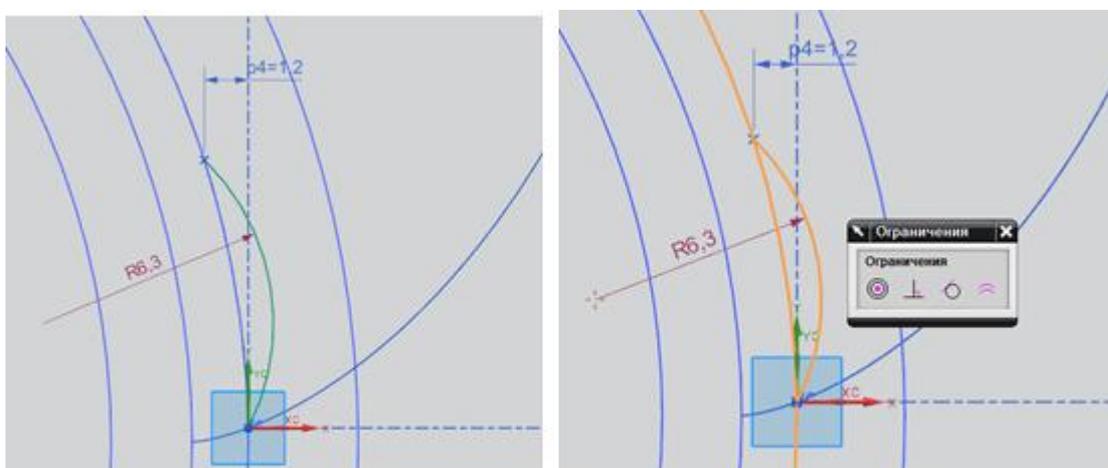
Толщина зуба вычисляется по формуле.

$$s = m \cdot \pi() / 2 = 4.71238898 \text{ мм} \quad \text{Число}$$

Добавим это выражение в редактор выражений. Придадим нашему зубу толщину. Для этого по делительному диаметру построим дугу командой **Дуга**.

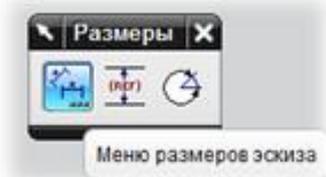


Привяжем эту дугу к делительной окружности средствами эскиза.



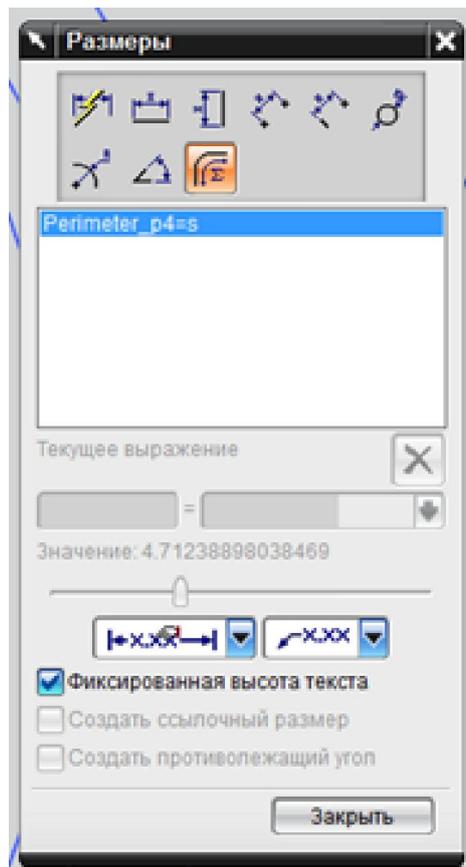
Длина созданной дуги равняется толщине зуба. Для этого назначим значению параметра дуги переменную  $s$ .

Выберем команду **Вставить – Ограничение эскиза – Размер – Контекстный** или **Вставить – Ограничение эскиза – Размер – Периметр**

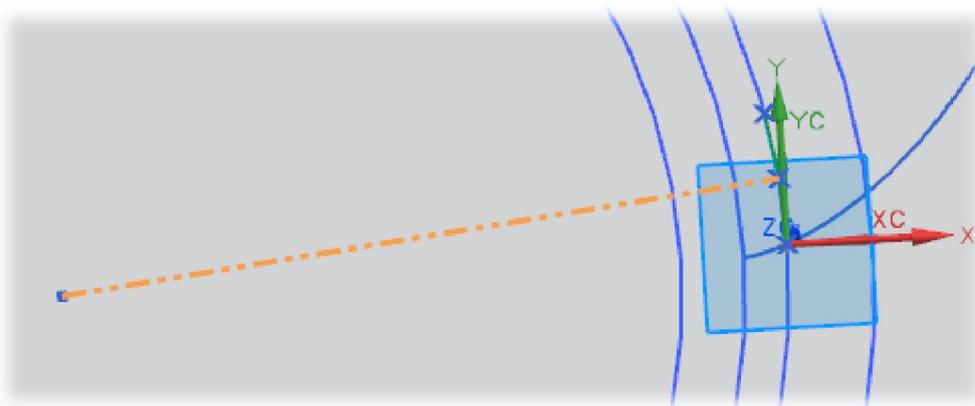


Если был выбран контекстный размер, то нам необходимо войти в меню размеров эскиза .

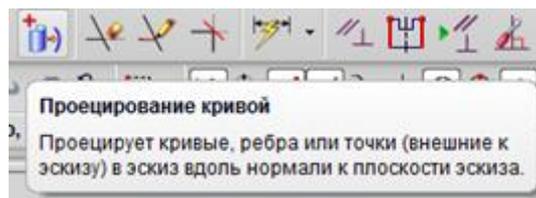
Выберем команду **Периметр** и построенную дугу. В качестве значения периметра укажем переменную  $s$ .



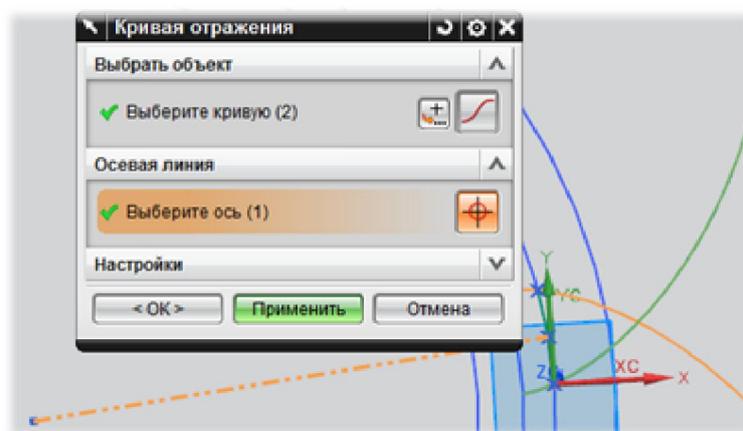
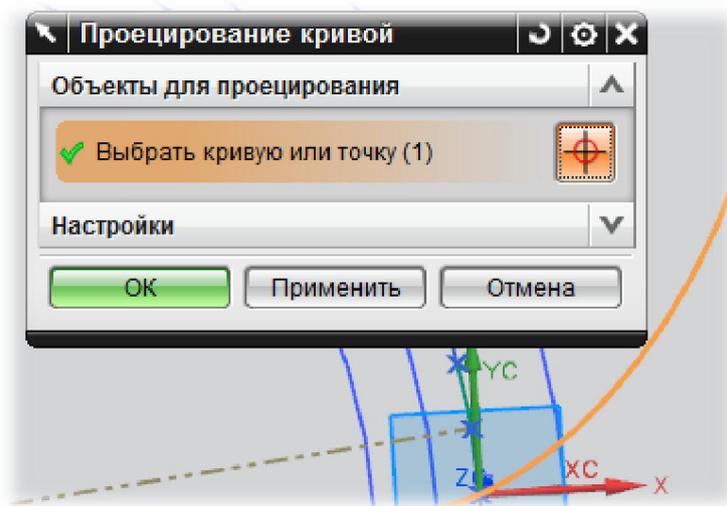
Построим линию симметрии зуба как отрезок между центром окружности и серединой дуги.



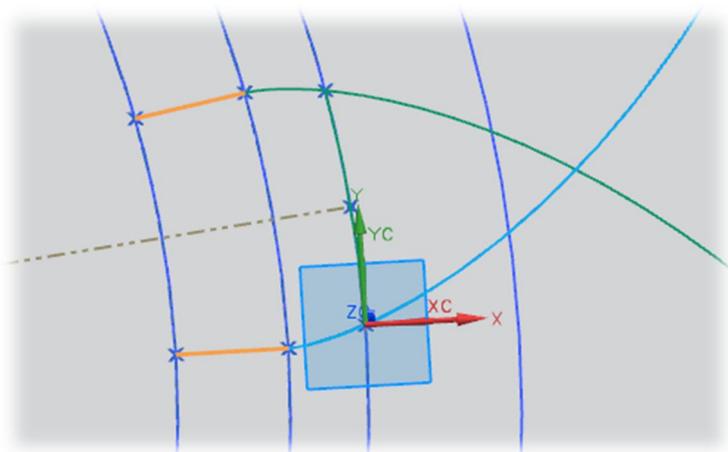
Спроецируем нашу кривую. Для этого воспользуемся функцией **Проецирование кривой**.



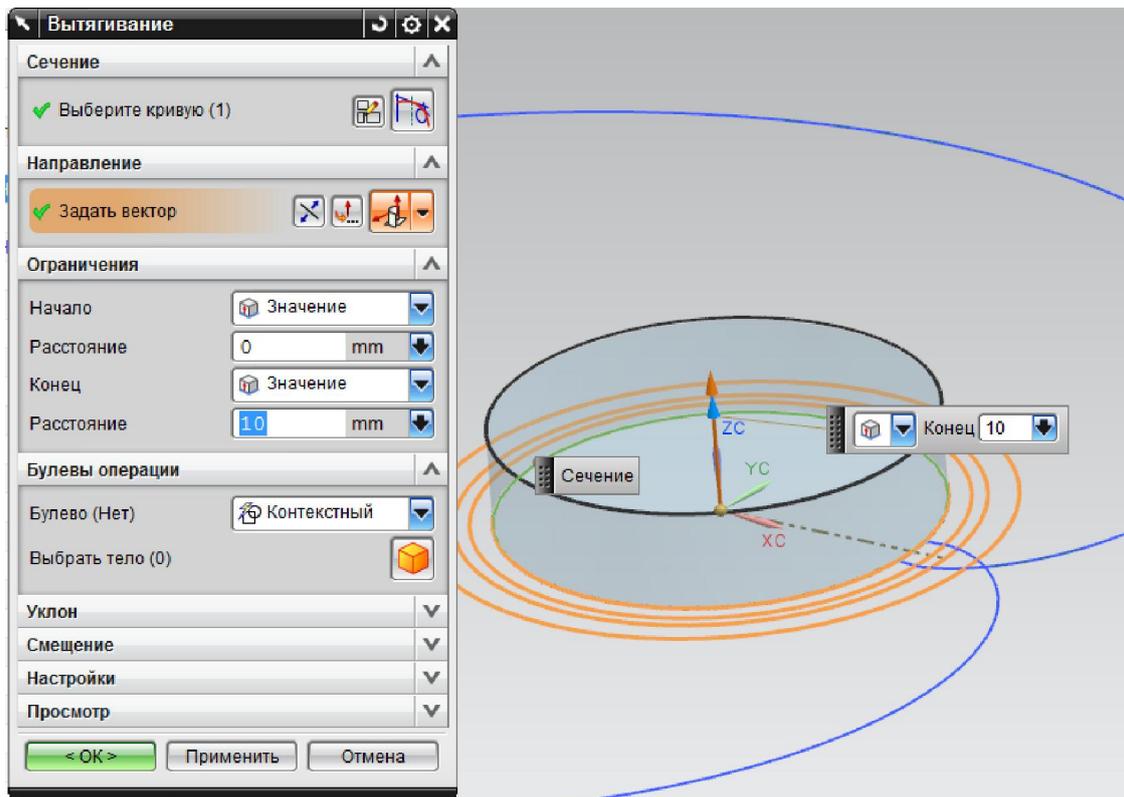
Построим недостающую часть профиля командой **Вставить – Кривая по кривой – Кривая отражения**.



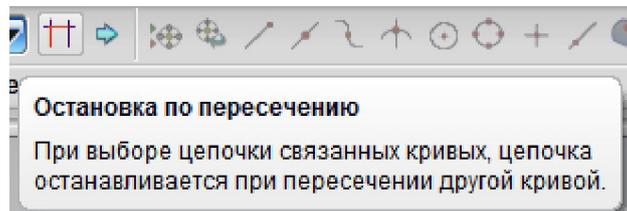
Строим недостающие части профиля, как линии, касательно к эвольвентной поверхности зуба.



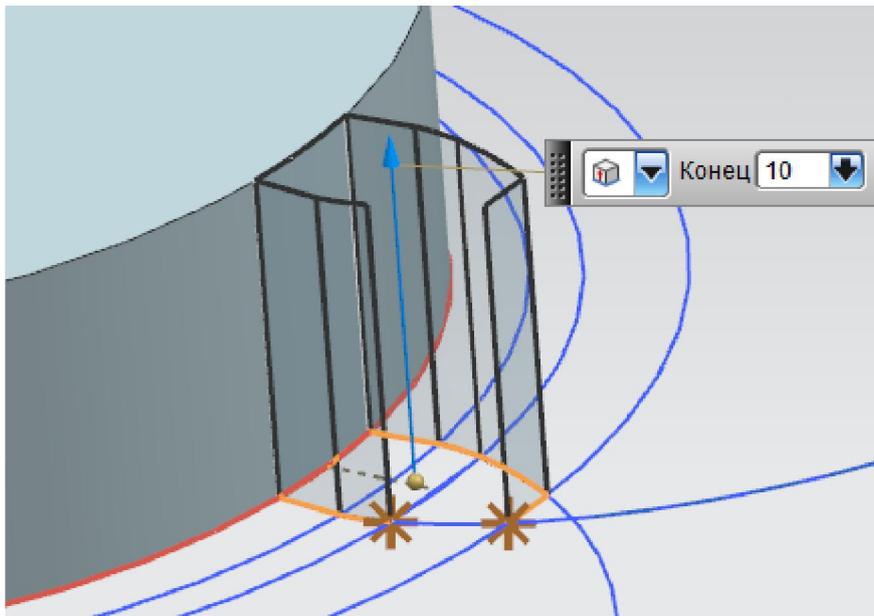
Пришло время построить твердое тело нашего зубчатого колеса. Для этого воспользуемся командой **Вытягивание**. Отдельно будем вытягивать тело зубчатого колеса и зуб отдельно друг от друга.



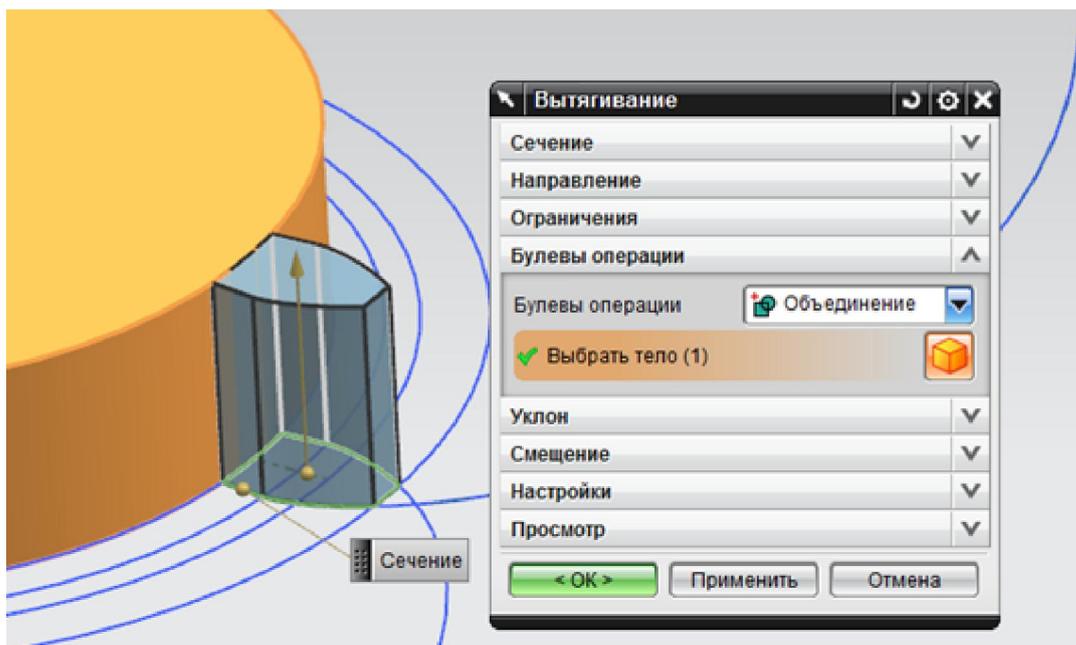
Поскольку контур зубчатого колеса имеет самопересечения, удобно при выборе контура для вытягивания применять остановку по пересечению.



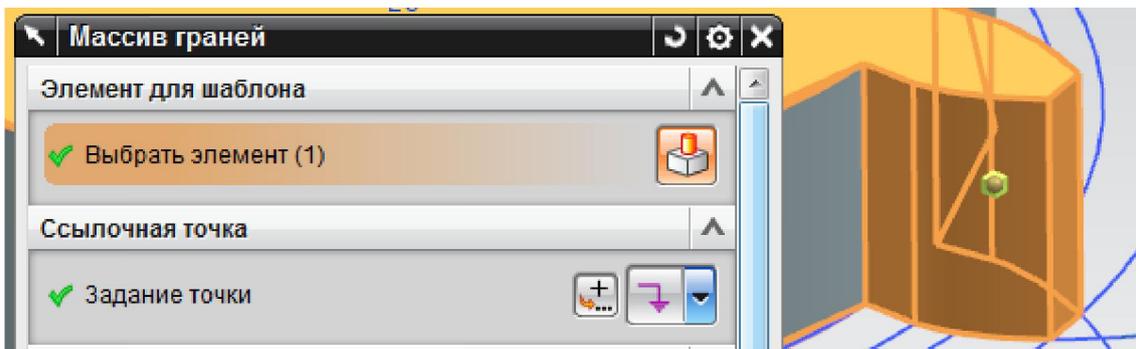
Следующий рисунок это иллюстрирует. При выборе кривой система предлагает сегменты между точками пересечения. Как только контур замыкается – NX предлагает вытянуть твердое тело.



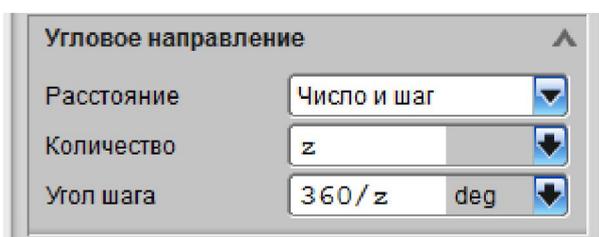
Как только выбор будет закончен, необходимо указать булеву операцию суммирования, для того чтобы зуб стал частью твердого тела зубчатого колеса.



Для построения z зубьев воспользуемся командой **Вставить – Ассоциативная копия – Массив граней**.

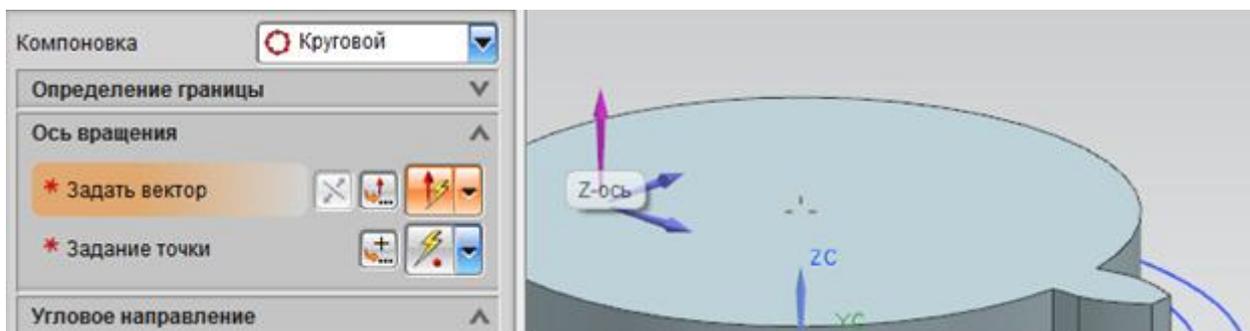


В качестве числа зубьев указываем переменную  $z$  – количество зубьев зубчатого колеса, а в качестве угла между элементами –  $360/z$ .

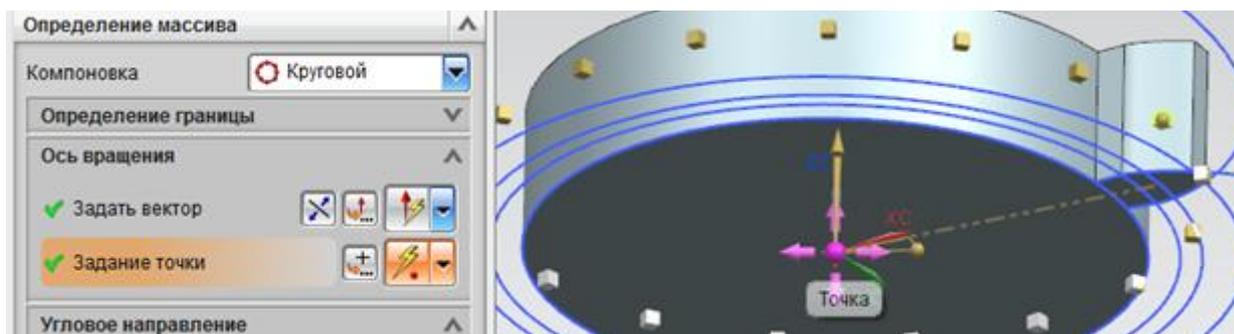


Указываем способ задания центра кругового массива и ось, относительно которой происходит вращение элементов.

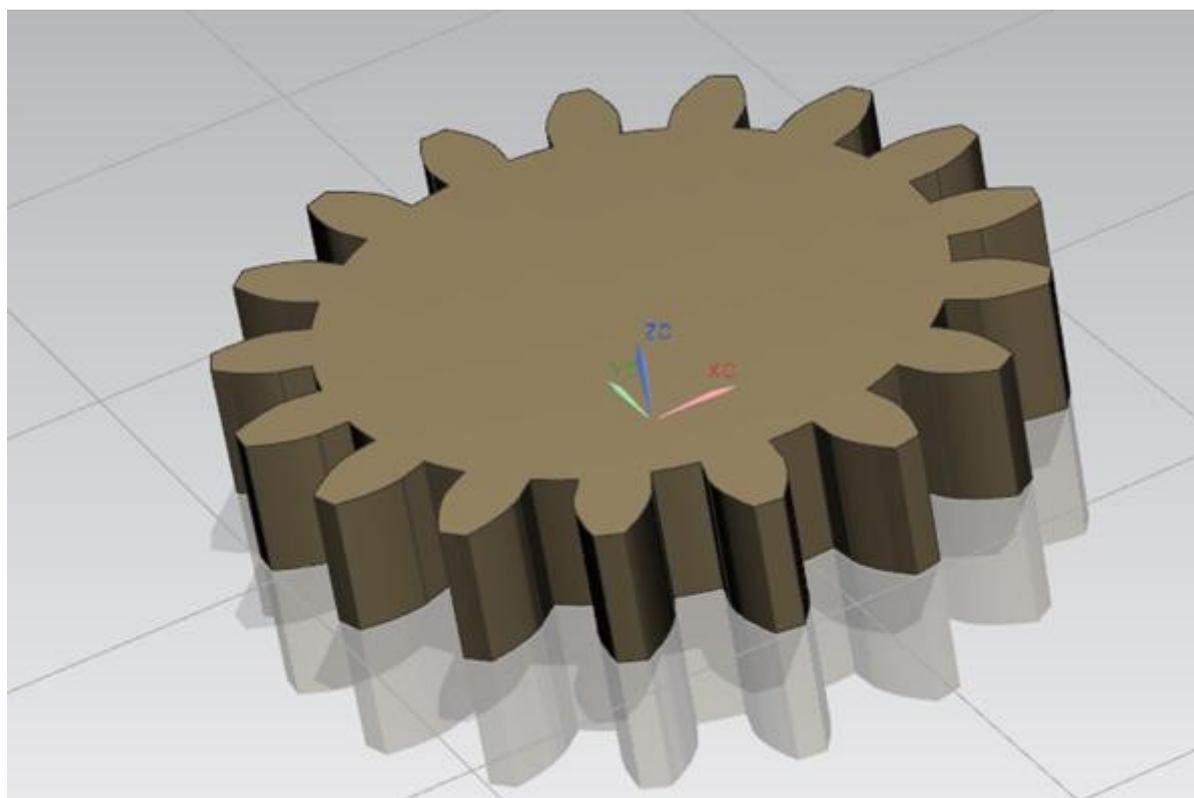
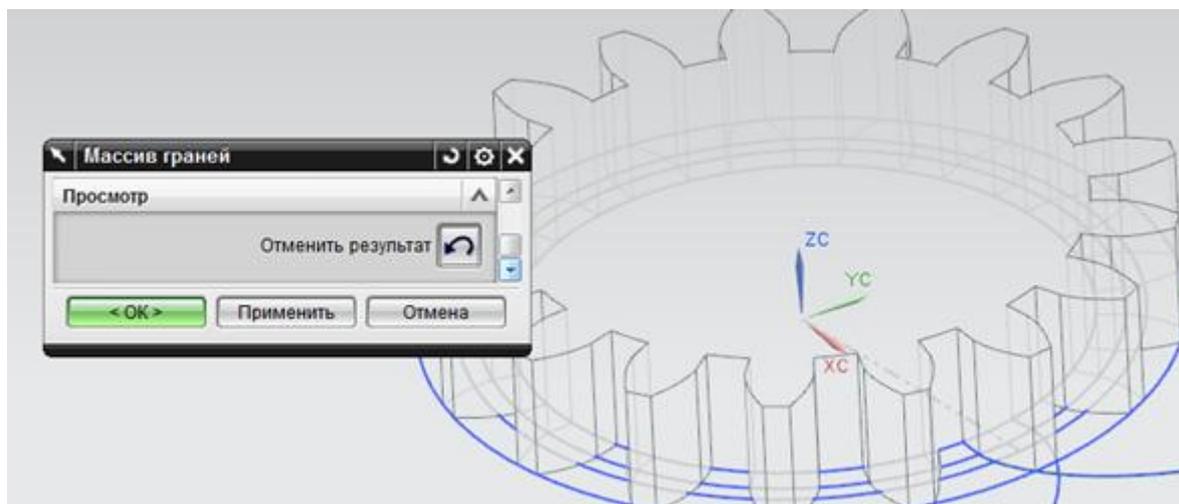
В качестве вектора выбираем нормаль торца зубчатого колеса.



В качестве центра вращения выбираем центр кругового ребра торца зубчатого колеса.



NX показывает предварительный просмотр создаваемых элементов. Если нас все устраивает – выбираем **ОК**.



## ЛИТЕРАТУРА

1. NX documentation [Электронный ресурс] : электронная библиотека справочника NX. – Версия 8.0. – Электрон. дан. и прогр. – Siemens, 2011. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM)