

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт открытого и дистанционного образования  
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 03 июля \_\_\_\_\_ 2020 г.

Разработка и оснащение операций технологического процесса  
изготовления детали «Корпус защитного устройства»,  
с визуальной верификацией траекторий обработки

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–15.03.05.2020.086.00.000ПЗ ВКР

Строительный раздел,  
ст. преподаватель  
\_\_\_\_\_ А.А. Дериглазов  
\_\_\_\_\_ 26 июня \_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель работы,  
доцент  
\_\_\_\_\_ В.Г. Некрутов  
\_\_\_\_\_ 26 июня \_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
студент группы ДО-505  
\_\_\_\_\_ Н.А. Гончарова  
\_\_\_\_\_ 26 июня \_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер,  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ О.С. Микерина  
\_\_\_\_\_ 30 июня \_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	8
1.1 Описание узла изделия. Служебное назначение детали .....	8
1.2 Обзор технических решений .....	9
1.3 Сравнение отечественных и зарубежных методов автоматизации технологической подготовки производства.....	9
1.4 Задачи проектирования.....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	17
2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологическо- го процесса.....	17
2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса .....	19
2.2.1 Выбор вида и метода получения заготовки.....	19
2.2.2 Определение основных, вспомогательных и функциональных поверхностей.....	20
2.2.3 Определение последовательности обработки поверхностей дета- ли.....	20
2.2.4 Выбор методов и определение количества переходов для обра- ботки поверхностей деталей.....	22
2.2.5 Формирование операций и выбор оборудования.....	22
2.3 Размерный анализ детали «Корпус защитного устройства».....	24
2.3.1 Преобразование и кодирование чертежа.....	24
2.3.2 Составление таблицы технологического маршрута обработки детали.....	27
2.3.3 Составление уравнений размерных цепей.....	38
2.3.3 Проверка точности разработанного технологического процесса... ..	44
2.4 Расчет режимов резания .....	45
2.5 Нормирование технологических операций .....	48
2.6 Подготовка управляющей программы с последующей верификацией траекторий движения инструмента, с использованием автоматизиро- ванной системы NX CAM.....	49
2.6.1 Обоснование выбора детали для обработки на станке с ЧПУ.....	49
2.6.2 Создание твердотельной модели детали и заготовки.....	50
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	64
3.1 Проектирование фрезерного приспособления.....	64
3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования .....	64
3.1.2 Проектирование схемы приспособления .....	65
3.1.3 Расчет основных элементов приспособления.....	66
3.1.4 Компоновка приспособления.....	70
3.2 Проектирование приспособления для контроля перпендикулярно- сти.....	71



3.2.1	Выбор схемы контроля .....	71
3.2.2	Проектирование схемы приспособления .....	72
3.2.3	Компоновка приспособления.....	72
3.2.4	Расчет приспособления на точность.....	76
3.3	Проектирование резьбонакатной головки.....	76
4	СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	80
4.1	Исходные данные для расчета участка механической обработки.....	80
4.2	Выбор и определение количества оборудования.....	81
4.3	Определение состава и количества работающих.....	83
4.4	Выбор типа и количества транспортных средств .....	85
4.5	Выбор и определение потребного количества мостовых кранов .....	86
4.6	Дополнительное грузоподъемное оборудования.....	87
4.7	Расчет площадей для складирования заготовок и деталей .....	88
4.8	Выбор способа транспортирования стружки .....	89
4.9	Планировка оборудования и определение производственной площади.....	90
4.9	Выбор типов, формы и определение размеров здания.....	91
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	95
5.1	Определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса .....	95
5.2	Расчет устройства молниезащиты .....	97
5.3	Обеспечение безопасности при ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах .....	100
6	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	105
6.1	Ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали.....	105
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	107
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	108


## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы

Технический прогресс в машиностроении характеризуется как улучшением конструкции машин, так и непрерывным совершенствованием технологии их производства.

Основной задачей является изготовление машин заданного качества при наименьших затратах материалов, минимальной себестоимости и высокой производительности. Эта задача может быть решена путём широкого применения прогрессивных технологических процессов, оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации, станков с программным управлением.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка и оснащение токарной операции технологического процесса изготовления детали «Корпус защитного устройства», с визуальной верификацией траекторий обработки.

### Задачи работы:

- разработать технологический процесс механической обработки;
- выполнить размерный анализ детали;
- разработать приспособление для контроля перпендикулярности;
- разработать режущий инструмент;
- разработать управляющую программу для станка с ЧПУ;
- разработать приспособление для фрезерной операции;
- спроектировать участок механической обработки;
- рассчитать ориентировочную себестоимость изготовления детали.

Объект работ – технологический процесс изготовления детали «Корпус защитного устройства».

Предмет работы – создание усовершенствованного технологического процесса изготовления детали «Корпус защитного устройства».

Результаты работы можно использовать на производстве для более эффективного изготовления детали «Корпус защитного устройства».


## 1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

### 1.1 Описание узла изделия. Служебное назначение детали

«Корпус» поз.1 (рисунок 1.1) является основной деталью защитного устройства, которое применяется в системе газоснабжения и предназначено для перекрытия трубопровода в случае повышения давления сверх заданного и прекращения подачи газа в регулятор давления.

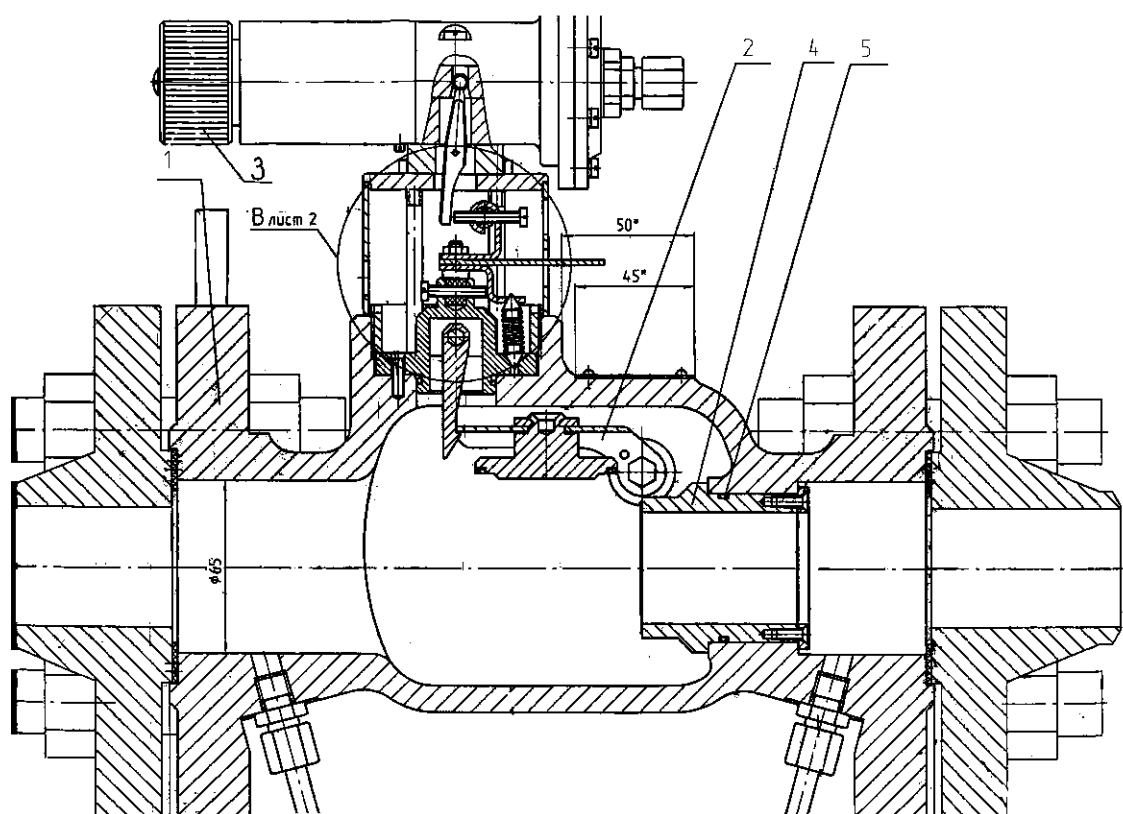


Рисунок 1.1 – Эскиз узла

Корпус предназначен для размещения в нем деталей и сборочных единиц защитного устройства. В отверстии  $\phi 56H9$  устанавливается седло поз.4, которое в свою очередь, при необходимости, закрывается клапаном поз.2. Клапан поз.2 зафиксирован замком. В отверстии M39x2-7H ввинчиваются резьбовые втулки, соединение которых герметизируется с помощью резьбовых колец по отверстию  $\phi 39,5H9$ . В отверстие  $\phi 30H9$  устанавливается корпус замка. В отверстие  $\phi 4H9$  устанавливается штифт, фиксирующий положение корпуса замка относительно оси корпуса поз.1. Резьба M64x2-6H служит для крепления корпуса замка при помощи гайки. Уплотнение корпуса замка производится резиновым кольцом по отверстию  $\phi 30H9$ . Для исключения повреждения резиновых колец при установке корпуса замка и резьбовых втулок в корпусе предусмотрены заходные фаски под углом  $30^\circ$ . Четыре отверстия  $\phi 3H12$  предназначены для крепления таблички на корпусе защитного устройства. Четыре отверстия  $\phi 26$  служат для крепления



ций разрабатываемых изделий. При сокращении объема партии и увеличении числа модификаций в себестоимости каждого изделия возрастет доля затрат, приходящаяся на этапы подготовки его производства (ПП): проектирование, испытания, освоение — причем на изготовление изделия будет затрачиваться незначительная часть всего времени выполнения заказа. Следовательно, основные резервы сокращения времени производственного цикла изделия и затрат на его производство лежат в сфере комплексной подготовки производства (КПП) [1].

Возникающая проблема оптимизации процессов КсПП разрешается путем проведения их автоматизации. По опыту многих предприятий известно, что наиболее эффективной является автоматизация всего производственного цикла изделия, включая маркетинговые исследования, формирование портфеля заказов, конструкторскую, технологическую, экономическую ПП, планирование и оперативное управление производством, хранение, сбыт, а также функционирование всех вспомогательных отделов и служб. Здесь уместно вспомнить о таком понятии, как комплексная автоматизация, которая с большим трудом пробивает себе дорогу на отечественных предприятиях [2].

Основными тенденциями в современном машиностроении являются увеличение рабочих параметров машин и конструкций, снижение их материало- и энергоемкости. При этом существенное значение имеют сроки разработок, их качество и стоимость. Чтобы соответствовать требованиям сегодняшнего дня, процесс автоматизации проектирования необходимо рассматривать в комплексе, как систему взаимосвязанных конструкторских, расчетных и технологических программных инструментов на всех стадиях проекта. Все современные CAD/CAM/CAE системы в зависимости от решаемых ими задач можно разделить на две группы:

- специализированные;
- универсальные.

Специализированные программные комплексы могут использоваться как автономно, так и включаться в состав универсальных систем. По функциональному признаку они классифицируются на [2]:

– программы для графического (CAD) ядра системы (Design Base, положенной в основу функционирования универсальной системы Helix и ряда специализированных систем, производимых и используемых в Японии, Parasolid, Unigraphics, Solid Works, ACIS-ADEM, AutoCAD, Solid Edge);

– системы для функционального моделирования (CAEO, реализующие метод конечных элементов, которые, в свою очередь, также делятся на системы общего применения (NASTRAN, ANSYS, COSMOS/M и др.) и проблемно-ориентированные системы (ADAMS, MARS и др.);







Они могут быть заданы в виде конкретных значений, формул; значения одних параметров могут быть выражены через другие; параметры могут быть глобальными – в этом случае они доступны для всех разрабатываемых деталей. Изменение любого размера приводит к модификации всей конструкции, а не только отдельного элемента, как было в AutoCAD более ранних версий [1].

После того, как эскиз нарисован, приступают к разработке твердотельной модели. «Тело» образуется либо «выдавливанием» эскиза в третье измерение, либо вращением, либо его перемещением вдоль заданной кривой. В дальнейшем базовый элемент конструкции можно с помощью логических (булевых) операций объединить с другими деталями или, наоборот, удалить отдельные части. набросок строится в определенной плоскости, что помогает достраивать модель, изменять внешний вид любой детали. Некоторые конструктивно-технологические элементы (фаски, скругления, отверстия под болты – сквозные и глухие, гладкие, зенкованные, под головку впотай, резьбовые) могут быть внесены непосредственно в твердотельную модель. Каждый выбранный элемент отображается в окне диалога, где наглядно показывается, какие изменения произойдут после его внесения в конструкцию. Построив твердотельную модель, конструктор может определить ее массу, площадь поверхности, инерционные характеристики. AMD предлагает простой механизм получения отдельных видов, разрезов, сечений готовой твердотельной модели. Любое изменение размера в модели отразится в чертеже, и наоборот. Использование глобальных параметров при образмеривании модели позволяет создавать варианты однотипных сборочных узлов. AMD обеспечивает также взаимодействие твердых тел с поверхностями и формирование сборочной конструкции на основе отдельных деталей. Операция сборки похожа на ту, которая применяется на практике: на экране монитора, как на столе, выкладывается необходимое количество деталей, которые необходимо включить в сборочный узел изделия. Каждая деталь при этом характеризуется пространственными степенями свободы. Первая является базовой, к ней подсоединяются все остальные. После того как все детали установлены на свои места, конструктор получает сборочный чертеж всего узла в разных проекциях с необходимыми разрезами и сечениями. Дополнительно можно создать спецификацию на этот сборочный чертеж с автоматическим включением всех деталей сборки. При генерировании рабочих чертежей происходит автоматическое удаление штриховых и невидимых линий. Рабочие чертежи могут быть получены в строгом соответствии с международными промышленными стандартами и ЕСКД. САМ часть в AMD отсутствует [2].

Отечественными представителями простых универсальных систем типа AutoCAD являются параметрическая система автоматизированного проектирова-



фейсом делают возможным применение ADEM как в отделах САПР, так и непосредственно на производстве. Наличие учебной версии системы ADEM for Education, практически почти не отличающейся от самой последней модели для профессионалов, и простого ее описания на русском языке позволяет ее использование в учебном процессе различных учебных заведений.

Плоско-графический редактор ADEM позволяет использовать комплексные объекты, особенность которых заключается в ассоциативности (взаимосвязи) контура, скруглений и штриховки, что повышает эффективность редактирования графики, так как сохраняются все условия сопряжения, а штриховка автоматически отслеживает произошедшие изменения. Нанесение размеров представляет собой образец «разумной» автоматизации, когда найдена «золотая середина» между полностью автоматическим, жестко ограниченным режимом, и полностью «ручным», очень трудоемким и утомительным. В системе реализованы два вида параметризации: «параметризация без программирования» и «параметризация без параметризации». С помощью первого вида параметризации пользователь параметризует свой чертеж, используя уже проставленные размеры. Создав один раз параметрический чертеж, всегда можно получить множество чертежей изделий одного класса. Новый метод «параметризация без параметризации» не требует от пользователя каких-либо действий по созданию модели. Система сама распознает смысл чертежа и перестраивает его в соответствии с новыми значениями размеров. То же самое можно произвести над чертежом, импортированным из любой другой системы. В объемно-графическом редакторе реализовано твердотельное моделирование, имеется возможность использовать все виды аффинных преобразований с моделями. Пользователю предоставлены широкие возможности изменения топологии модели, выполнения над ними всех видов логических (булевых) операций, построения сложных сечений, расчета геометрических характеристик моделей. В редакторе также есть возможность изменять точку зрения на модель, использовать различные цвета и методы закраски, в частности нанесение на поверхность модели текстуры, и многое другое. Ассоциативность контуров, объемно-графических объектов и наличие булевых операций дает пользователю возможность изменять объекты, входящие в объемно-графическую модель, что делает процесс внесения серьезных изменений простым и эффективным.

ADEM NC (CAM часть системы) готовит управляющие программы для 2-х, 2,5-х, 3-х координатной обработки на фрезерных, сверлильно-расточных, токарных, электроэрозионных станков, листопробивных прессов с ЧПУ.

Внутреннее строение ADEM NC обеспечивает создание оптимальной управляющей программы без необходимости программирования под каждую конкрет-





ственного оборудования позволяет создавать эффективные решения для изготовления деталей, которые предоставляют пользователям уникальные значительные преимущества [3].

#### 1.4 Задачи проектирования

- разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус защитного устройства»;
- разработка управляющей программы для станка с ЧПУ;
- проектирование фрезерного приспособления
- проектирование резбонарезной головки
- проектирование приспособления для контроля перпендикулярности
- определение экономического эффекта
- проектирование планировки механического участка изготовления детали «Корпус защитного устройства»;
- изучение и предотвращение опасных факторов на рабочих местах;
- расчет ориентировочной себестоимости изготовления детали.


## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса

#### 2.1.1 Анализ технологичности детали

Проведём анализ технологичности детали, чертёж которой приведён в соответствии с рисунком 2.1.

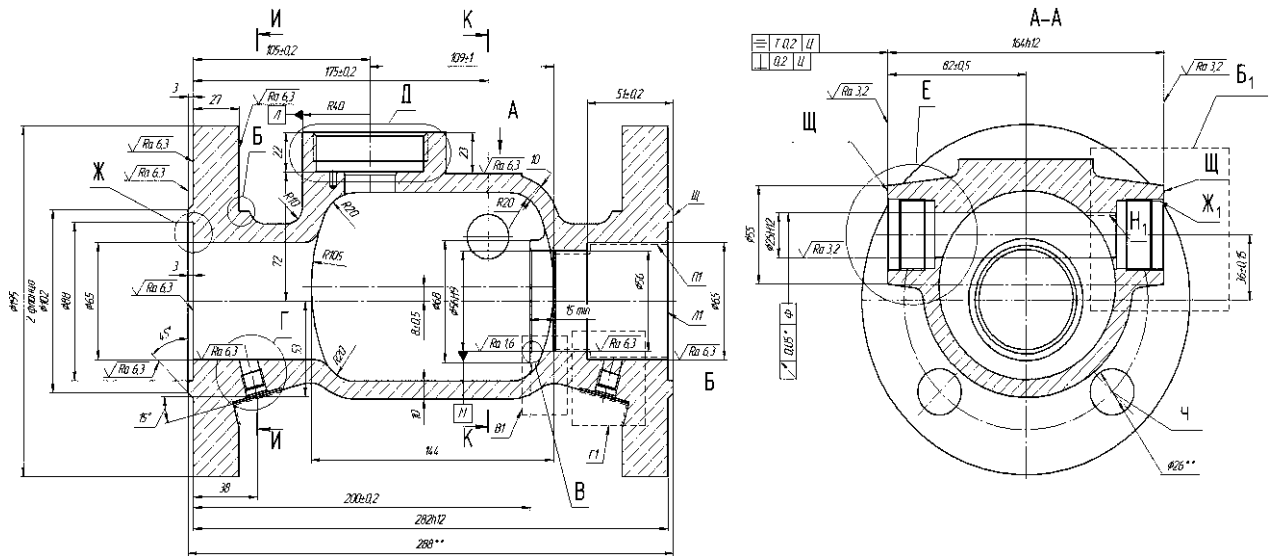


Рисунок 2.1 – Чертёж детали

При конструировании отдельных деталей сборочной единицы необходимо достичь удовлетворения не только эксплуатационных требований, но и требований рационального и экономичного изготовления изделия. Чем меньше трудоемкость и себестоимость изготовления детали, тем более она технологична.

Деталь «Корпус» является ответственной деталью устройства, изготавливается из стали 25ЛК20 ГОСТ 977-88. Эта сталь относится к конструкционной легированной стали. Такая сталь предназначена для изготовления ответственных деталей машин и металлических конструкций в авиа-, авто- и тракторостроении, для осей вагонов, зубчатых колес, сильно нагруженные шпиндели и валы, работающие в подшипниках качения, клапаны, шаровые опоры, храповые колеса и др. деталей.

Химический состав стали.

С – углерод – 0,22-0,3%;

Si – кремний – 0,2-0,52%;

Mn – марганец – 0,45-0,9%;

Cr – хром – 15-16,4%;

S – сера – 0,05%;

P – фосфор – 0,05%.

Механические свойства стали:

$\sigma_B$  – предел прочности при растяжении – 1177 МПа;

$\sigma_T$  – предел текучести – 882 МПа;

$\delta$  – относительное удлинение на образцах – 8%;

$\psi$  – относительное сужение поперечного сечения – 30%.

Режимы термической обработки: температура заковки 870-890<sup>0</sup>С; отпуск 610-630<sup>0</sup>С.

Технологическая конструкция детали должна предусматривать [4]:

– создание деталей наиболее рациональной формы с легкодоступными для обработки поверхностями и достаточной жесткости с целью уменьшения трудоемкости и себестоимости механической обработки деталей;

– наличие на детали удобных базирующих поверхностей;

– наиболее рациональный способ получения заготовок с размерами и формой, по возможности более близкими к форме готовой детали.

Деталь «Корпус» технологична по всем параметрам. Она имеет достаточную жесткость для механической обработки, достаточную площадь и точность базовых поверхностей. Все конструктивные элементы детали соответствуют нормативам.

### 1.1.2 Анализ существующего технологического процесса

Технологический процесс детали «Корпус», существующий на УКВЗ, содержит 80 операций.

005 – фрезерная – фрезерование литников.

010 – токарная. Подготовка базовых поверхностей для последующей обработки.

015 – токарная. Предварительно обрабатываются наружные и внутренние поверхности.

020 – токарная. Обрабатывается второй торец в окончательные размеры.

025 – токарная. Обрабатываются внутренние диаметры.

030 – токарная. Обрабатываются внутренние диаметры с другой стороны.

035 – фрезерная. Фрезеруется окончательно наружная поверхность.

040 – токарная. Растачивается один фланец окончательно.

045 – токарная. Растачивается второй фланец окончательно.

050 – токарная. Растачивается третий фланец окончательно.

055 – фрезерная. Фрезеруется наружная поверхность и сверлятся отверстия, нарезается резьба М12х1,5-7Н.

060 – радиально-сверлильная. Сверлится 8 отверстий  $\phi 26$ .

065 – фрезерная. Фрезеруется радиальная сторона одного из фланцев, сверлится отверстие, нарезается резьба.

070 – слесарная.

075 – маркирование.

080 – контроль.



В результате проведенного критического анализа были выявлены следующие недостатки:

На операциях 015, 020, 025, 040, 055 нерационально выбрано оборудование. Вместо токарно-винторезных предлагается выбрать токарные станки с ЧПУ.

Операции 035 – 055, 065 предлагается объединить в одну операцию и производить на токарно-фрезерном станке с ЧПУ.

Резьбу М64х2 предлагается обрабатывать с помощью резьбонарезной головки. Это позволит сократить машинное время и увеличить точность обработки.

В контрольной операции не внедрено ни одного контрольного приспособления. Предлагается разработать и ввести приспособление для контроля отклонения от симметричности, что позволит производить окончательный контроль важнейших поверхностей более производительным способом.

## 2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса

### 2.2.1 Выбор метода обработки заготовки и способа её изготовления

В качестве заготовки изготавливаемой детали выбираем отливку. Данный способ получения заготовки позволяет выполнить её с достаточной точностью и шероховатостью поверхности [1].

Форма и размеры получаемой отливки наиболее приближены к форме и размерам готовой детали, что позволяет значительно сократить затраты на механическую обработку в соответствии с рисунком 2.2

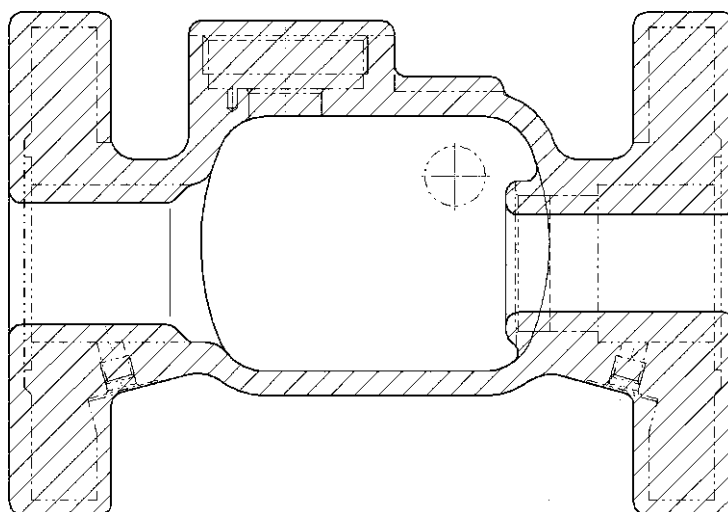


Рисунок 2.2 – Эскиз заготовки

Технические требования:

- 1.Отливка 2 группы ГОСТ 977-88.
- 2.Точность отливки 9Т-0-0-0 ГОСТ 26645-85.
- 3.Формовочные уклоны по ГОСТ 3242-80.



- черновое точение – IT 14, Ra 25;
- получистовое точение – IT 14, Ra 6,3.
- Диаметр 56h9:
  - черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
  - получистовое точение – IT 9, Ra 1,6;
- Диаметр 73, 1,  $\angle 60^\circ$ :
  - получистовое точение – IT 14, Ra 6,3;
- Фрезерование 85 $\pm$ 1; 23; 94
  - получистовое фрезерование IT 14, Ra 6,3;
- Фрезерование  $\phi 55$ ; 82 $\pm$ 0,5;
  - получистовое фрезерование IT 14, Ra 3,2;
- Фрезерование 164h12;
  - получистовое фрезерование IT 12, Ra 3,2;
- Отверстие диаметром 30H9:
  - сверление – IT 14, Rz 20;
  - чистовое растачивание H9; Ra 1,6.
- Отверстие M64x2-6H:
  - сверление – IT 14, Rz 20;
  - чистовое растачивание H9; Ra 3,2;
  - нарезание резьбы – 6H; Ra 3,2.
- Отверстие M39x2-7H:
  - сверление – IT 14, Rz 20;
  - чистовое растачивание H9; Ra 3,2;
  - нарезание резьбы – 7H; Ra 3,2.
- Отверстие диаметром 4H14:
  - сверление – IT 14, Ra 6,3;
- Отверстие диаметром 4H9:
  - сверление – IT 9, Ra 3,2;
- Фрезерование 1<sup>+0,5</sup>;  $\angle 25^\circ \pm 30'$ 
  - получистовое фрезерование IT 14, Ra 6,3;
- Отверстие M10-6H:
  - сверление – IT 12, Ra 6,3;
  - нарезание резьбы – 6H; Ra 3,2.
- Отверстие диаметром 3H12:
  - сверление – IT 12, Ra 6,3;
- Отверстие диаметром 26H14:
  - сверление – IT 14, Ra 6,3;
- Осевые (линейные) размеры согласно [7]:
  - размер 65 $\pm$ 0,2,
  - черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
  - получистовое точение – Ra 6,3;
  - размер 282h12,


- черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
- получистовое точение – h12, Ra 6,3;
- размер 200±0,2,
- черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
- получистовое точение – Ra 6,3;
- размер 51±0,2,
- черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
- получистовое точение – Ra 6,3;
- размер 27h14,
- черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
- получистовое точение – h14, Ra 6,3;
- размер 3js14,
- черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
- получистовое точение – js14, Ra 6,3;
- размер 175±0,2,
- получистовое точение – Ra 6,3;
- размер 164h12,
- черновое точение – IT 14, Ra 12,5;
- получистовое точение – h12, Ra 6,3;
- размер 82±0,5,
- получистовое фрезерование – Ra 3,2;
- размер 85±1,
- получистовое фрезерование – Ra 6,3;

#### 2.2.4 Формирование операций

000 – заготовительная.

005 – токарная-винторезная.

Получистовое точение диаметров 116, 102, 195(два фланца).

Оборудование: токарно-винторезный 16К20.

010 – токарная с ЧПУ.

Получистовое точение диаметров 116, 102, чистовая обработка внутренних диаметров 56, 65, чистовое точение правого торца в размер 282h12, 27, 51±0,2, 3; чистовое точение двух канавок в размер 1.

Оборудование: токарный с ЧПУ NEF-600

015 – токарная с ЧПУ.

Чистовая обработка внутренних диаметров 88, 65, чистовое точение правого торца в размер 3; чистовое точение двух канавок в размер 1.

Оборудование: токарный с ЧПУ NEF-600

020 – токарно-фрезерная с ЧПУ.

Чистовая обработка фланцев и отверстий в них.

Оборудование: : токарно-фрезерный с ЧПУ СТХ beta 1250


025 – Радиально-сверлильная.

Обработка 8 отверстий диаметром 26.

Оборудование: радиально-сверлильный 2М55.

030 – Фрезерная.

Фрезерование наружных поверхностей, сверление отверстий, нарезание резьбы М12х1,5-7Н.

Оборудование: Вертикально-фрезерный FSS-450.

035 – Слесарная.

### 2.3 Размерный анализ разработанного технологического процесса

Технологический процесс должен быть спроектирован так, чтобы обеспечивалось изготовление детали в соответствии с чертежом при минимальных затратах. Поэтому, несмотря на высокую трудоемкость качественного выполнения размерного анализа, труд технолога многократно окупается при внедрении такого технологического процесса в производство.

Размерным анализом технологических процессов изготовления деталей машин называют специальные способы выявления и фиксации связей размерных параметров детали при ее изготовлении, а также методы расчета этих параметров путем решения размерных цепей.

Размерный анализ позволяет уточнить намечаемый вариант технологического процесса и решить следующие задачи:

- установить требуемые размеры заготовки с минимально необходимыми припусками, что обеспечивает сокращение расхода материала;
- спроектировать технологический процесс с минимально необходимым количеством операций и переходов, что снижает трудоемкость изготовления изделий;
- создать процесс, при внедрении которого потребуются минимальная его корректировка или не потребуются совсем;
- спроектировать технологический процесс, гарантирующий изготовление качественных деталей и отсутствие брака при их производстве.

Для выполнения размерного анализа выполняется ряд работ:

- выполнение преобразования и кодирования чертежа детали;
- составление таблицы технологического маршрута обработки детали (назначение обоснованных допусков на выполняемые размеры и технических требований на всех операциях и переходах, установление допустимых величин погрешностей);
- определение минимально необходимых припусков на обработку по каждой операции и каждому переходу;
- построение специальных размерных схем намечаемого варианта технологического процесса;
- выявление и фиксация взаимосвязей всех размерных параметров по мере формоизменения заготовки;


- выявление и составление размерных цепей;
- проверка расчетным методом возможности выполнения чертежных размеров и технологических требований по намеченной технологии;
- проверка и установление рациональных операционных размеров путем решения размерных цепей;
- определение максимальных припусков.

Размерный анализ технологического процесса проводится по методике Матвеева В.В.[7].

Ключевым звеном проведения размерного анализа является построение размерных схем технологического процесса. К этому этапу нужно подходить только тогда, когда определен план обработки, известны (определены) допуски на операционные размеры, известны минимальные припуски. Размерный анализ заканчивают расчетом выявленных размерных цепей и определением операционных размеров для проектных задач, и проверкой технологического процесса на точность для проверочной задачи.

### 2.3.1 Преобразование и кодирование чертежа детали

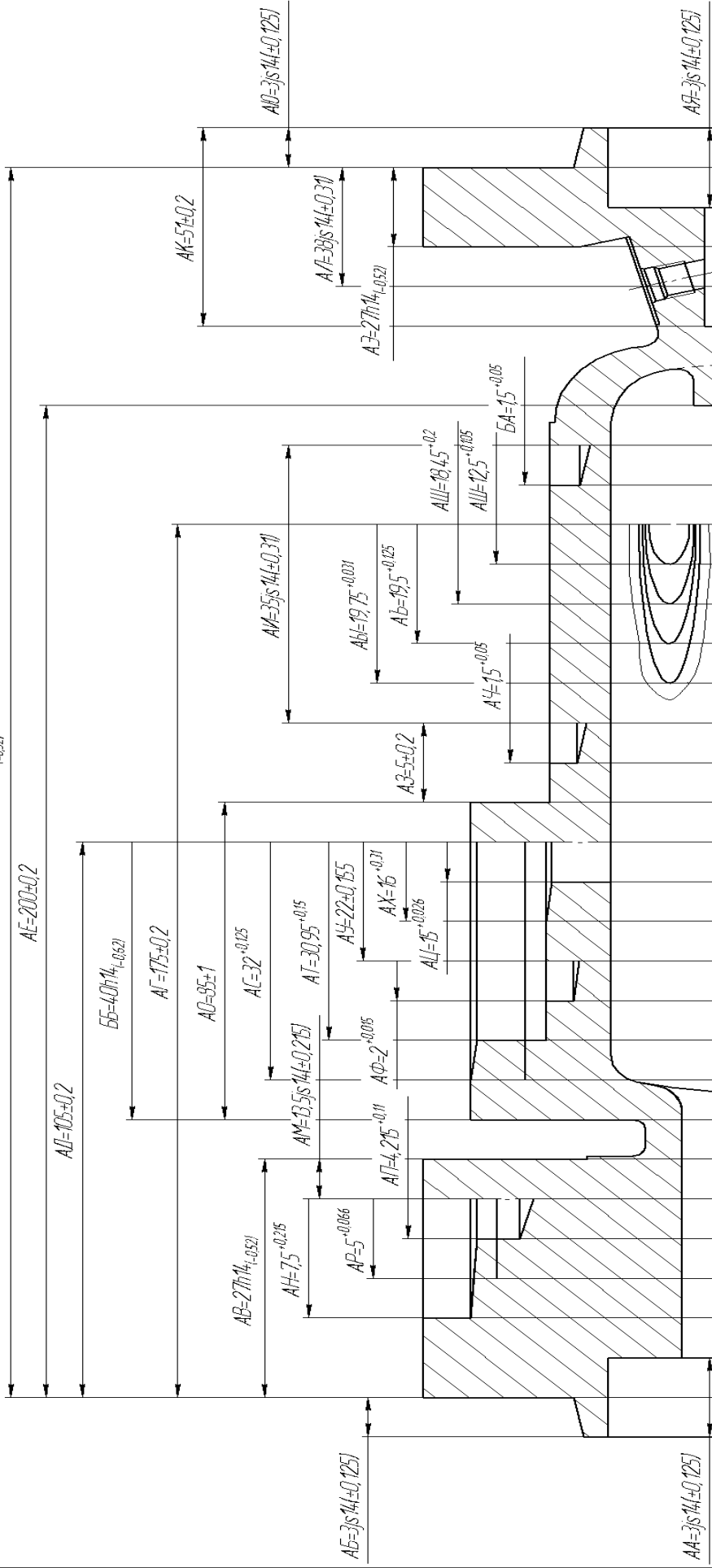
Размерный анализ начинают с преобразования чертежа и его проверки. В каждой из проекций чертежа размеры должны располагаться только горизонтально. Поэтому число проекций должно быть достаточным, чтобы это условие выполнялось.

Проведём преобразование и кодирование чертежа, представив его в двух проекциях: линейной (первой) по оси  $Ox$ , диаметральной (второй) по оси  $Oy$ . Каждому размеру детали присвоим буквенный код, а каждой обрабатываемой поверхности – цифровой код.

Преобразованный чертёж в первой (линейной) проекции по оси  $Ox$  приведён в соответствии с рисунком 2.3.

Преобразованный чертёж во второй (диаметральной) проекции по оси  $Oy$  приведён в соответствии с рисунком 2.4. Технологический маршрут изготовления детали приведен в таблице 2.1.


$AX=282H^{12}_{-0.052}$



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34

$AB=3S^{14}\pm 0.125$

$AA=3S^{14}\pm 0.125$

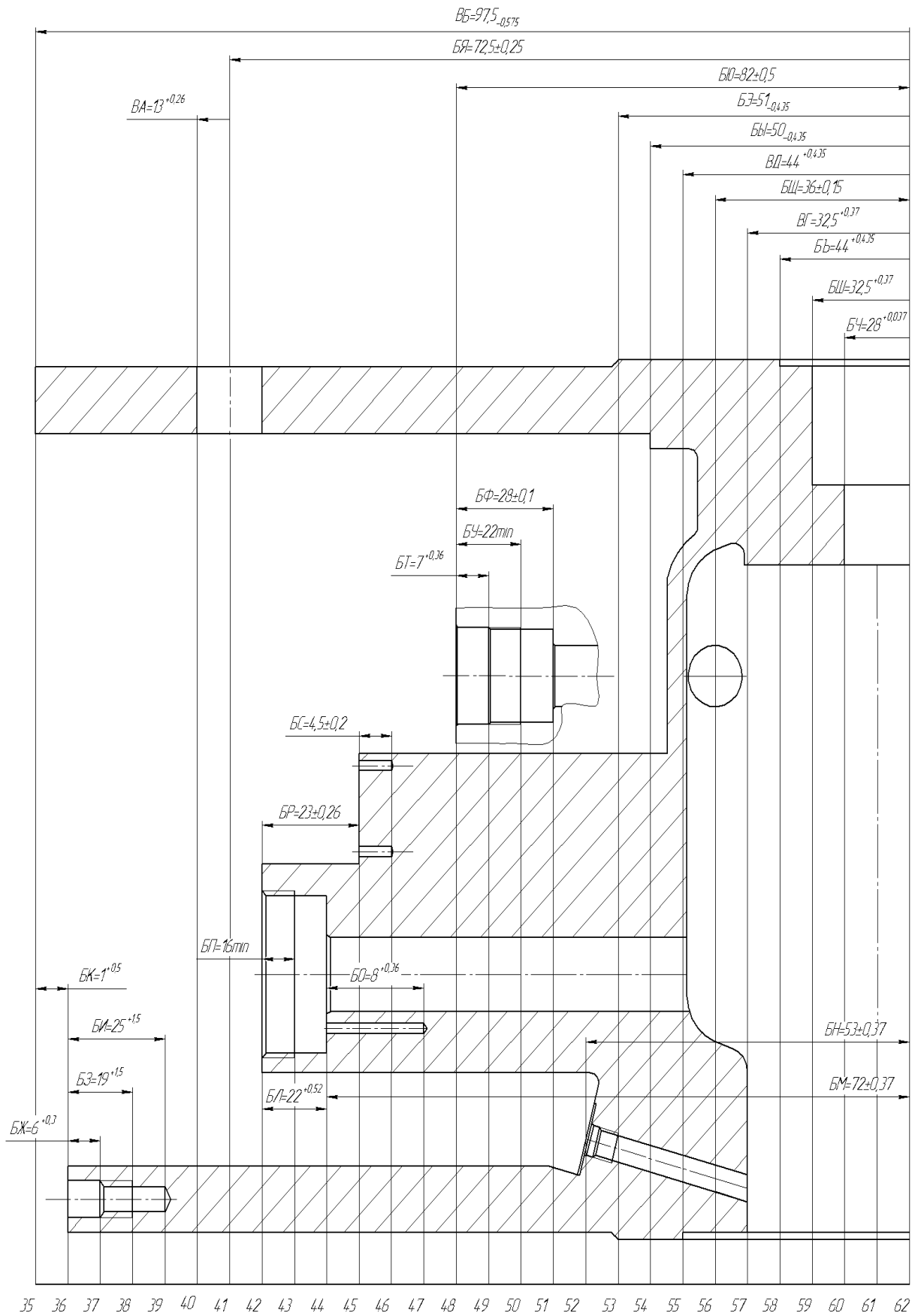


Рисунок 2.4 - Преобразованный чертеж детали «Корпус» во второй проекции



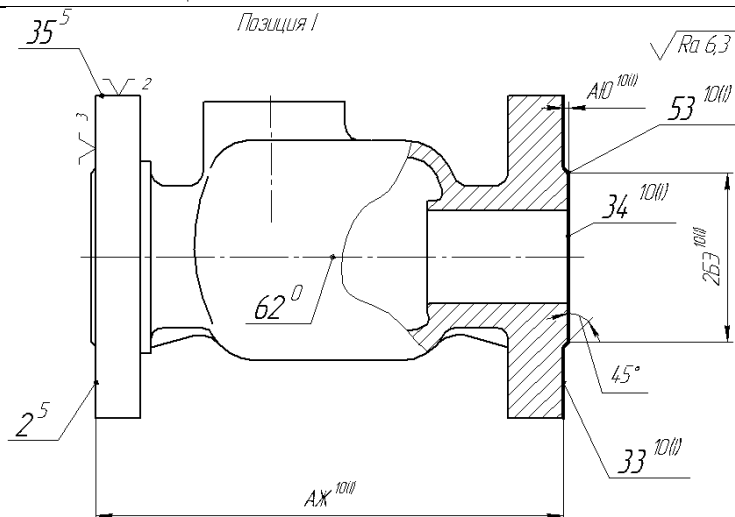
### 2.3.2 Составление технологического маршрута изготовления детали

Таблица 2.1 – Технологический маршрут изготовления детали

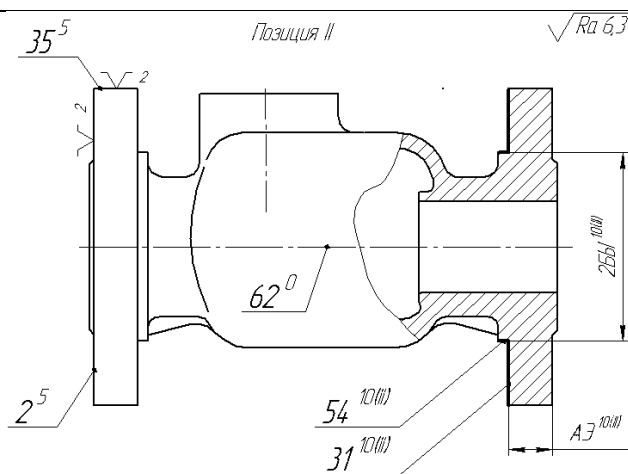
№ опер.	ЭСКИЗЫ	допуски и технические требования
000 Заготовительная		<p> <math>T_{БВ}^0=1,4;</math>  <math>T_{ББ}^0=1,0;</math>  <math>T_{АЕ}^0=2,2;</math>  <math>T_{АО}^0=1,8;</math>  <math>T_{БГ}^0=1,4;</math>  <math>T_{БД}^0=2,0;</math>  <math>T_{БЕ}^0=2,4;</math>  <math>T_{ВВ}^0=1,8;</math>  <math>T_{2БЧ}^0=1,6;</math>  <math>T_{БР}^0=1,2;</math>  <math>T_{2ВГ}^0=1,6;</math>  <math>T_{2ВБ}^0=2,2;</math>  <math>T_{БЮ}^0=1,8;</math>  <math>\odot 60^0, 62^0=0,5;</math>  <math>\odot 57^0, 62^0=0,5;</math>  <math>\odot 35^0, 62^0=0,5;</math>  <math>\perp 9^0, 62^0=0,5.</math> </p>
005 Токарная		<p> <math>T_{АВ}^5=0,52;</math>  <math>T_{АБ}^5=0,25;</math>  <math>T_{ВЖ}^5=0,4;</math>  <math>T_{2ВБ}^5=1,15;</math>  <math>T_{2БЫ}^5=0,87;</math>  <math>T_{2ВЗ}^5=0,87;</math>  <math>\odot 35^5, 61^0=0,5;</math>  <math>\odot 35^5, 62^0=0,5;</math>  <math>\odot 35^5, 58^0=0,5;</math>  <math>\perp 2^5, 35^5=0,05.</math> </p>

Продолжение таблицы 2.1

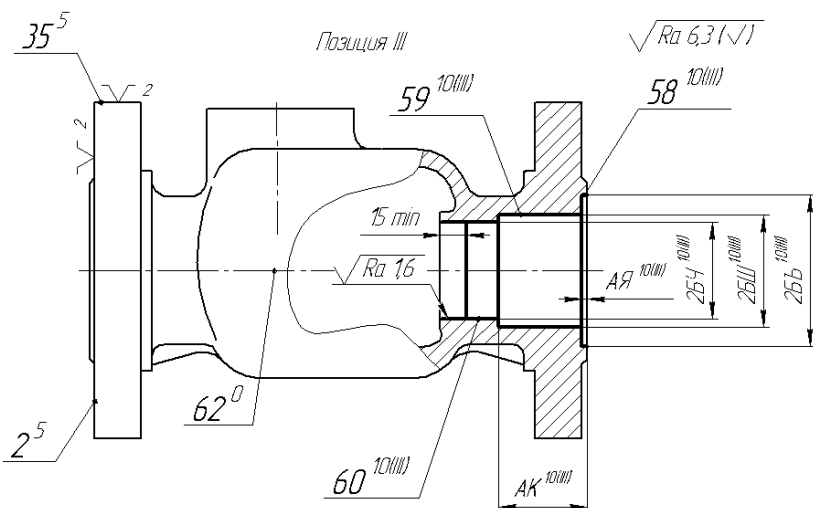
010 Токарная с ПУ



Т2БЭ<sup>10(I)</sup>=0,87;  
 ТАЖ<sup>10(I)</sup>=0,52;  
 ТАЮ<sup>10(I)</sup>=0,25;  
 ©35<sup>5</sup>,53<sup>10(I)</sup>=0,1.



ТАЭ<sup>10(II)</sup>=0,52;  
 Т2БЫ<sup>10(II)</sup>=0,87;  
 ©35<sup>5</sup>,54<sup>10(II)</sup>=0,1.



ТАК<sup>10(III)</sup>=0,4;  
 ТАЯ<sup>10(III)</sup>=0,25;  
 Т2БЪ<sup>10(III)</sup>=0,87;  
 Т2БШ<sup>10(III)</sup>=0,74;  
 Т2БЧ<sup>10(III)</sup>=0,074;  
 ©35<sup>5</sup>,58<sup>10(III)</sup>=0,1  
 ;  
 ©35<sup>5</sup>,59<sup>10(III)</sup>=0,1  
 ;  
 ©35<sup>5</sup>,60<sup>10(III)</sup>=0,1  
 .

















В соответствии с таблицей 2.1 на рисунке 2.5 представлена размерная схема в первой проекции (линейных размеров).

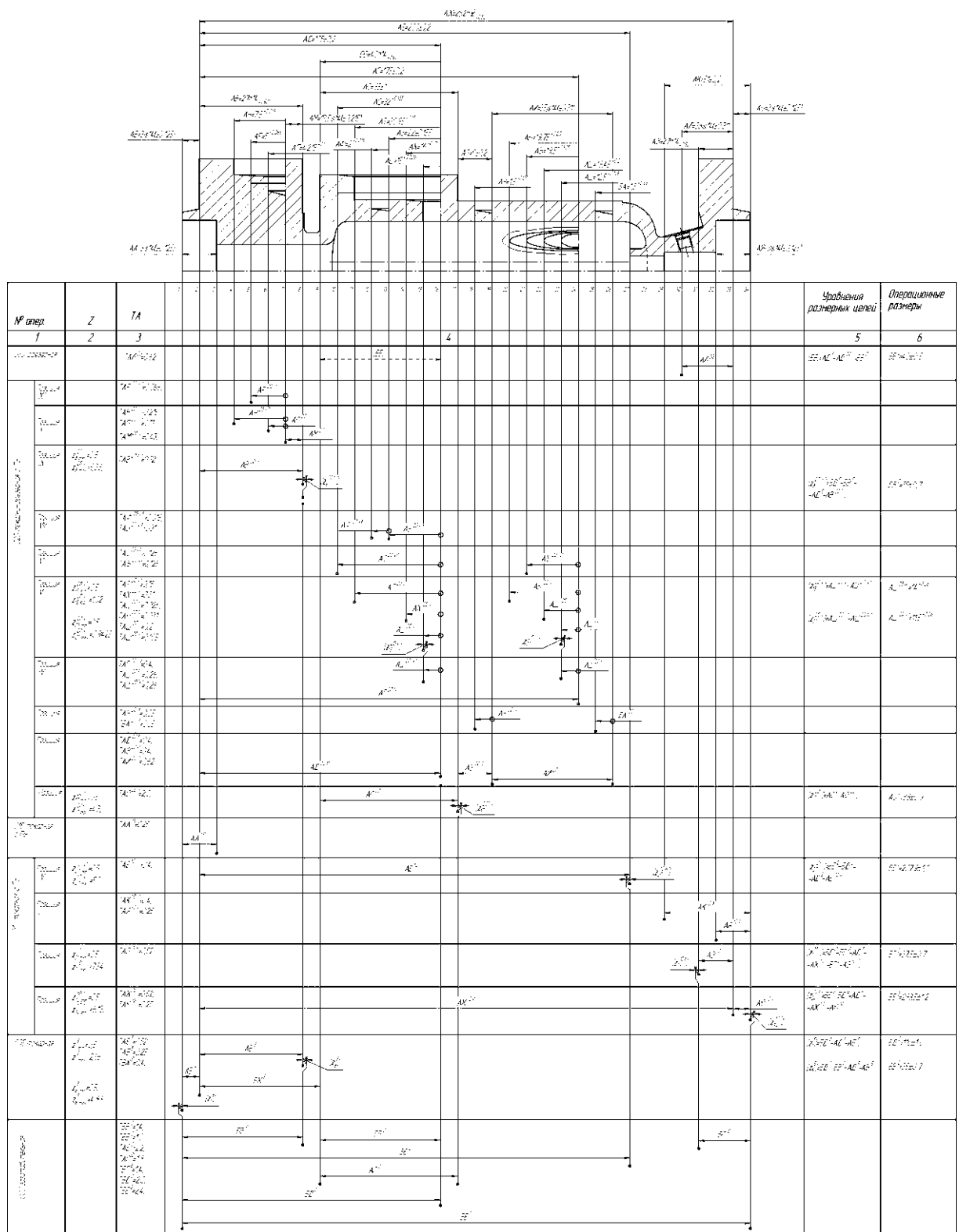


Рисунок 2.5 – Схема первой проекции (линейных) размеров

В соответствие с 2.6 изображена размерная схема в диаметральной проекции

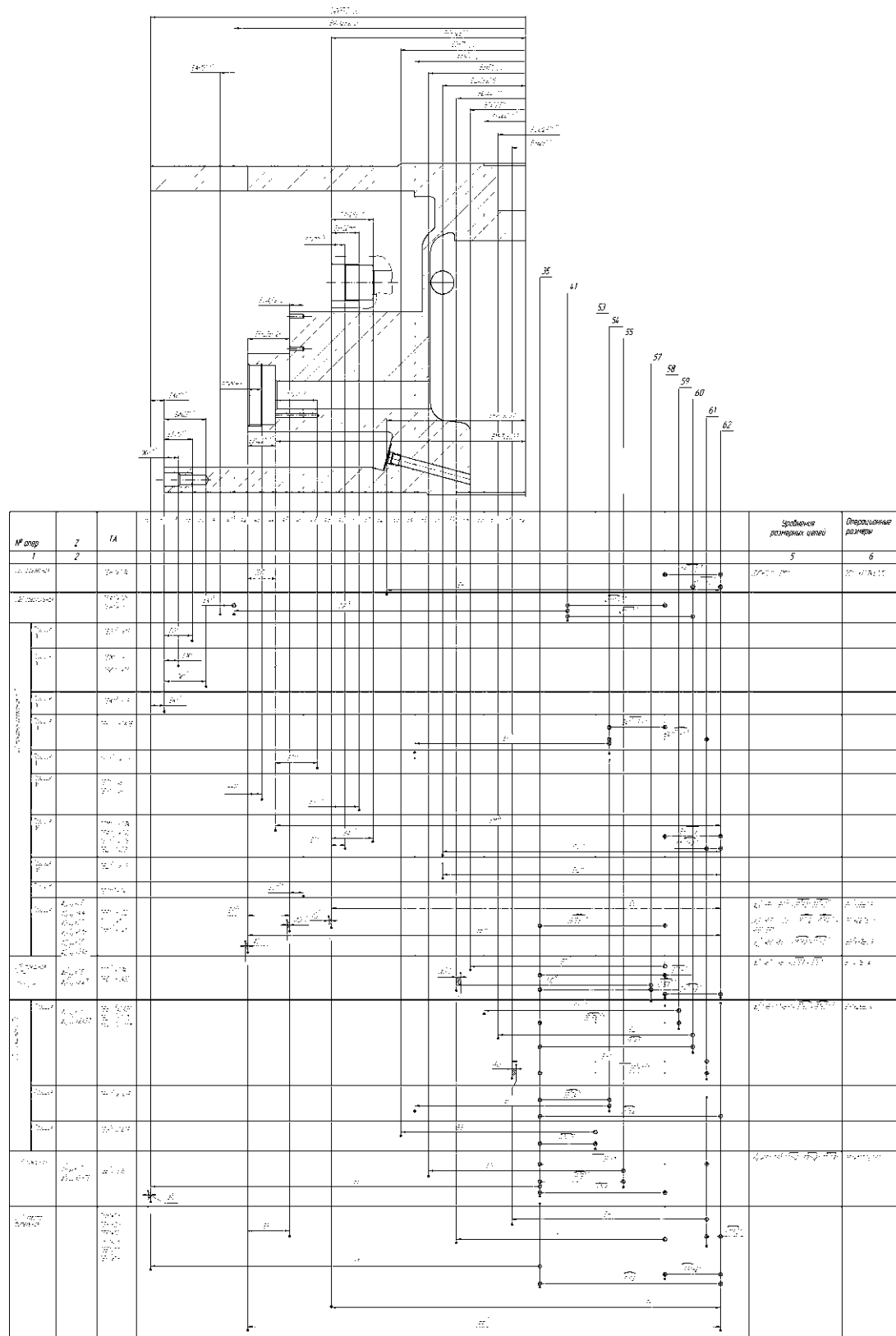


Рисунок 2.6 – Схема второй проекции (диаметральных) размеров



### 2.3.3 Составление уравнений размерных цепей

По схемам (см. рисунки 1,5; 1,6) составим уравнения размерных цепей и определим межоперационные размеры и припуски на обработку. Также произведем проверочный расчет размеров и технических требований, не обеспечиваемых технологией непосредственно.

Производим обход всех размерных контуров и записываем уравнения всех размерных цепей.

Уравнения размерных цепей первой проекции

$$\begin{aligned} [ББ] &= АД^5 - АД^{20(II)} + ББ^0; \\ [z_{8}^5] &= БД^0 - БВ^0 - АД^5 + АВ^5; \\ [z_{15}^{20(V)}] &= АЦ^{20(V)} - АЦ^{20(IV)}; \\ [z_{23}^{20(V)}] &= АШ^{20(V)} - АШ^{20(IV)}; \\ [z_{17}^{20(I)}] &= АО^0 - АО^{20(I)}; \\ [z_{27}^{10(IV)}] &= ВЕ^0 - БД^0 + АД^5 - АЕ^{10(IV)}; \\ [z_{31}^{10(II)}] &= БД^0 - БЕ^0 + АД^5 + АЖ^{10(I)} + БГ^0 - АЭ^{10(II)}; \\ [z_{34}^{10(I)}] &= БЕ^0 - БД^0 + АД^5 + АЖ^{10(I)} - АЮ^{10(I)}; \\ [z_{1}^5] &= БД^0 - АД^5 - АБ^5; \\ [z_{8}^{20(IX)}] &= БД^0 - БВ^0 - АД^5 + АВ^{20(IX)}; \end{aligned}$$

Уравнения размерных цепей второй проекции

$$\begin{aligned} [БЛ] &= ВВ^{20(I)} - БМ^{20(V)}; \\ [z_{48}^{20(I)}] &= БЮ^0 - БЮ^{20(I)} - 35^5 62^0 - 35^5 62^{15(I)}; \\ [z_{45}^{20(I)}] &= БР^{20(I)} - ВВ^{20(I)} - 35^5 62^0 - 35^5 62^{15(I)} + ВВ^0 - БР^0; \\ [z_{42}^{20(I)}] &= ВВ^0 - ВВ^{20(I)} - 35^5 62^0 - 35^5 62^{15(I)}; \\ [z_{57}^{15(I)}] &= ВГ^{15(I)} - ВГ^0 - 35^5 57^0 - 35^5 57^{15(I)}; \\ [z_{60}^{10(III)}] &= БЧ^{10(III)} - БЧ^0 - 35^5 60^0 - 35^5 60^{10(III)}; \\ [z_{35}^5] &= ВБ^0 - ВБ^5 - 35^0 62^0 - 57^0 62^0 - 35^5 57^0; \end{aligned}$$

Проверяем, обеспечивается ли точность замыкающих звеньев – чертежных размеров:

а) по схеме продольных размеров:

1)  $ТББ \geq ТАД^5 + ТАД^{20(II)} + ББ^0 = 0,2 + 0,2 + 1,0 = 1,4 \leq 1,4$  – обеспечивается;

2)  $[АА] = АЖ^{10(I)} + АБ^5 - ВК^{15(I)} = 0,1 + 0,05 + 0,1 = 0,25 \leq 0,25$  – обеспечивается;

б) по схеме радиальных размеров:

1)  $ТБЛ \geq ТВВ^{20(I)} + ТБМ^{20(V)} = 0,26 + 0,26 = 0,52 \leq 0,52$  – обеспечивается.

Производим последовательный расчет размерных цепей.

а) По схеме продольных размеров:

$$[ББ] = АД^5 - АД^{20(II)} + ББ^0;$$

$$ТББ^0 = 1,4; \quad ТАД^5 = 0,2; \quad ТАД^{20(II)} = 0,2; \quad ТББ^0 = 1,0;$$

$$\Delta_0 АД^5 = \frac{0,1 - 0,1}{2} = 0; \quad \Delta_0 АД^{20(II)} = \frac{0,1 - 0,1}{2} = 0; \quad \Delta_0 ББ^0 = \frac{0,5 - 0,5}{2} = 0;$$

$$\Delta_0 \text{ББ} = \frac{0,7 - 0,7}{2} = 0;$$

$$\frac{\omega \text{АА}^5}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1; \frac{\omega \text{АА}^{20(\text{II})}}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1; \frac{\omega \text{ББ}^0}{2} = \frac{1,0}{2} = 0,5; \frac{\omega \text{ББ}}{2} = \frac{1,4}{2} = 0,7;$$

$$\text{ББ}_{\text{НОМ}}^0 = 105 - 105 + 40 = 40;$$

$$\text{ББ}_{\text{МАХ}}^0 = \text{ББ}_{\text{НОМ}}^0 + \Delta_0 \text{ББ}^0 + \frac{\omega \text{ББ}^0}{2} = 40 - 0 + 0,5 = 40,5$$

Принимаем

$$\text{ББ}^0 = 40 \pm 0,5 \text{ м},$$

$$[z_8^5] = \text{БД}^0 - \text{БВ}^0 - \text{АД}^5 + \text{АВ}^5;$$

$$\Delta_0 \text{БД}^0 = 0; \Delta_0 \text{БВ}^0 = 0; \Delta_0 \text{АД}^5 = 0; \Delta_0 \text{АВ}^5 = \frac{0 - 0,52}{2} = -0,26;$$

$$\frac{\omega \text{ББ}^0}{2} = 1,0; \frac{\omega \text{ББ}}{2} = \frac{1,4}{2} = 0,7; \frac{\omega \text{АА}^5}{2} = 0,1; \frac{\omega \text{АА}^5}{2} = \frac{0,52}{2} = 0,26;$$

$$\Delta_0 Z_8^5 = 0 - 0 - 0 + (-0,26) = -0,26;$$

$$\frac{\omega Z_8^5}{2} = 1,0 + 0,7 + 0,1 + 0,26 = 2,06;$$

$$Z_{8\text{ННО}}^5 = 0,5 - (-0,26) + 2,06 = 2,82;$$

$$\text{БВ}_{\text{НОМ}}^0 = \text{БД}^0 + Z_8^{20(\text{IX})} - \text{АД}^5 + \text{АВ}^{20(\text{IX})} = 110 + 2,82 - 105 + 27 = 32,82$$

Принимаем  $\text{БВ}^0 = 35 \pm 0,7 \text{ мм}$

$$[z_{15}^{20(\text{V})}] = \text{АЦ}^{20(\text{V})} - \text{АЦ}^{20(\text{IV})};$$

$$\Delta_0 \text{АЦ}^{20(\text{V})} = \frac{0,26 - 0}{2} = 0,13; \Delta_0 \text{АЦ}^{20(\text{IV})} = \frac{0,26 - 0}{2} = 0,13;$$

$$\frac{\omega \text{АА}^{20(\text{V})}}{2} = \frac{0,26}{2} = 0,13; \frac{\omega \text{АА}^{20(\text{IV})}}{2} = \frac{0,26}{2} = 0,13;$$

$$\Delta_0 Z_{15}^{20(\text{V})} = 0,13 - 0,13 = 0;$$

$$\frac{\omega Z_{15}^{20(\text{V})}}{2} = 0,13 + 0,13 = 0,26;$$

$$Z_{15\text{НН}}^{20(\text{V})} = 0,5 - 0 + 0,26 = 0,76;$$

$$\text{АЦ}_{\text{НОМ}}^{20(\text{IV})} = 15 - 0,76 = 14,24$$

Принимаем  $\text{АЦ}^{20(\text{IV})} = 14^{+0,26} \text{ мм}$

$$[z_{23}^{20(\text{V})}] = \text{АШ}^{20(\text{V})} - \text{АШ}^{20(\text{IV})};$$


$$\Delta_0 A_{\text{Ш}}^{20(V)} = \frac{0,105 - 0}{2} = 0,0525; \quad \Delta_0 A_{\text{Ш}}^{20(IV)} = \frac{0,26 - 0}{2} = 0,13;$$

$$\frac{\omega_{AA}^{20(V)}}{2} = \frac{0,105}{2} = 0,0525; \quad \frac{\omega_{AA}^{20(IV)}}{2} = \frac{0,26}{2} = 0,13;$$

$$\Delta_0 Z_{23}^{20(V)} = 0,0525 - 0,13 = -0,0775;$$

$$\frac{\omega_{Z_{23}}^{20(V)}}{2} = 0,0525 + 0,13 = 0,1825;$$

$$Z_{23H3H}^{20(V)} = 0,5 - (-0,0775) + 0,1825 = 0,76;$$

$$A_{\text{Ш}}^{20(IV)}_{\text{НОМ}} = 12,5 - 0,76 = 11,74$$

Принимаем  $A_{\text{Ш}}^{20(IV)} = 11,5^{+0,26}$  мм

$$[Z_{17}^{20(I)}] = AO^0 - AO^{20(I)};$$

$$TAO^0 = 1,8; \quad TAO^{20(I)} = 2,0;$$

$$\Delta_0 AO^0 = \frac{0,9 - 0,9}{2} = 0; \quad \Delta_0 AO^{20(I)} = \frac{1,0 - 1,0}{2} = 0;$$

$$\frac{\omega_{AA}^0}{2} = \frac{1,8}{2} = 0,9; \quad \frac{\omega_{AA}^{20(I)}}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,0;$$

$$\Delta_0 Z_{17}^{20(I)} = 0;$$

$$\frac{\omega_{Z_{17}}^{20(I)}}{2} = 0,9 + 1,0 = 1,9;$$

$$Z_{17H7H}^{20(I)} = 0,5 - 0 + 1,9 = 2,4;$$

$$AO^0_{\text{НОМ}} = 85 + 2,4 = 87,4$$

Принимаем  $AO^0 = 88 \pm 0,9$  мм

$$[Z_{27}^{10(IV)}] = BE^0 - BD^0 + AD^5 - AE^{10(IV)};$$

$$\Delta_0 BE^0 = 0; \quad \Delta_0 BD^0 = 0; \quad \Delta_0 AD^5 = 0; \quad \Delta_0 AE^{10(IV)} = 0;$$

$$\frac{\omega_{BB}^0}{2} = \frac{2,2}{2} = 1,1; \quad \frac{\omega_{BB}^0}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,0; \quad \frac{\omega_{AA^5}}{2} = 0,1; \quad \frac{\omega_{AA^{10(IV)}}}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2;$$

$$\Delta_0 Z_{27}^{10(IV)} = 0;$$

$$\frac{\omega_{Z_{27}}^{10(IV)}}{2} = 1,1 + 1,0 + 0,1 + 0,2 = 2,4;$$

$$Z_{27H7H}^{10(IV)} = 0,5 - 0 + 2,4 = 2,9;$$

$$BE^0_{\text{НОМ}} = 2,9 + 110 - 105 + 200 = 207,9$$

Принимаем  $BE^0 = 207,9 \pm 1,1$  мм


$$[z^{10(II)}_{31}] = БД^0 - БЕ^0 + АД^5 + АЖ^{10(I)} + БГ^0 - АЭ^{10(II)};$$

$$\Delta_0 БЕ^0 = 0; \Delta_0 БД^0 = 0; \Delta_0 АД^5 = 0; \Delta_0 АЖ^{10(I)} = \frac{0 - 0,52}{2} = -0,26;$$

$$\Delta_0 АЭ^{10(II)} = \frac{0 - 0,52}{2} = -0,26;$$

$$\frac{\omega ВВ^0}{2} = \frac{2,2}{2} = 1,1; \frac{\omega ББ^0}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,0; \frac{\omega АА^5}{2} = 0,1; \frac{\omega АА^{10(I)}}{2} = \frac{0,52}{2} = 0,26;$$

$$\frac{\omega ББ^0}{2} = \frac{1,4}{2} = 0,7; \frac{\omega АА^{10(II)}}{2} = \frac{0,52}{2} = 0,26;$$

$$\Delta_0 Z_{31}^{10(II)} = 0 - (-0,26) + (-0,26) = 0;$$

$$\frac{\omega Z_{31}^{10(II)}}{2} = 1,2 + 1,0 + 0,1 + 0,26 + 0,7 + 0,26 = 3,52;$$

$$Z_{31н1н}^{10(I)} = 0,5 - 0 + 3,52 = 4,02;$$

$$БГ_{ном}^0 = 4,02 + 293,5 - 110 + 105 - 282 + 27 = 37,52$$

Принимаем  $БГ^0 = 37,5 \pm 0,7$  мм

$$[z^{10(I)}_{34}] = БЕ^0 - БД^0 + АД^5 + АЖ^{10(I)} - АЮ^{10(I)};$$

$$\Delta_0 БЕ^0 = 0; \Delta_0 БД^0 = 0; \Delta_0 АД^5 = 0; \Delta_0 АЖ^{10(I)} = \frac{0 - 0,52}{2} = -0,26;$$

$$\Delta_0 АЮ^{10(I)} = 0;$$

$$\frac{\omega ВВ^0}{2} = \frac{2,2}{2} = 1,1; \frac{\omega ББ^0}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,0; \frac{\omega АА^5}{2} = 0,1; \frac{\omega АА^{10(I)}}{2} = \frac{0,52}{2} = 0,26;$$

$$\frac{\omega АА^{10(I)}}{2} = 0,125;$$

$$\Delta_0 Z_{34}^{10(I)} = 0 - 0 + 0 - (-0,26) - 0 = 0,26;$$

$$\frac{\omega Z_{34}^{10(I)}}{2} = 1,2 + 1,0 + 0,1 + 0,26 + 0,125 = 2,685;$$

$$Z_{34н4н}^{10(I)} = 0,5 + 2,685 + 0,26 = 3,445;$$

$$БЕ_{ном}^0 = 3,445 + 110 - 105 + 282 + 3 = 293,445$$

Принимаем  $БЕ^0 = 293,5 \pm 1,2$  мм

$$[z^5_1] = БД^0 - АД^5 - АБ^5$$


$$\Delta_0 \text{БД}^0 = 0; \Delta_0 \text{АД}^5 = 0; \Delta_0 \text{АВ}^5 = \frac{0,125 - 0,125}{2} = 0;$$

$$\frac{\omega \text{ББ}^0}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,0; \frac{\omega \text{АА}^5}{2} = 0,1; \frac{\omega \text{АА}^5}{2} = \frac{0,25}{2} = 0,125;$$

$$\Delta_0 \text{Z}_1^5 = 0;$$

$$\frac{\omega \text{Z}_1^5}{2} = 1,0 + 0,1 + 0,125 = 1,225;$$

$$\text{Z}_{1\text{ннн}}^5 = 0,5 + 1,225 = 1,725;$$

$$\text{БД}_{\text{ном}}^0 = 1,725 + 105 + 3 = 109,725$$

Принимаем  $\text{БД}^0 = 110 \pm 1,0$  мм

$$[\text{Z}^{20(\text{IX})}_8] = \text{БД}^0 - \text{БВ}^0 - \text{АД}^5 + \text{АВ}^{20(\text{IX})};$$

$$\Delta_0 \text{БД}^0 = 0; \Delta_0 \text{БВ}^0 = 0; \Delta_0 \text{АД}^5 = 0; \Delta_0 \text{АВ}^{20(\text{IX})} = \frac{0 - 0,52}{2} = -0,26;$$

$$\frac{\omega \text{ББ}^0}{2} = 1,0; \frac{\omega \text{ББ}^0}{2} = \frac{1,4}{2} = 0,7; \frac{\omega \text{АА}^5}{2} = 0,1; \frac{\omega \text{АА}^{20(\text{IX})}}{2} = \frac{0,52}{2} = 0,26;$$

$$\Delta_0 \text{Z}_8^{20(\text{IX})} = 0 - 0 - 0 + (-0,26) = -0,26;$$

$$\frac{\omega \text{Z}_8^{20(\text{IX})}}{2} = 1,0 + 0,7 + 0,1 + 0,26 = 2,06;$$

$$\text{Z}_{8\text{ннн}}^{20(\text{IX})} = 0,5 - (-0,26) + 2,06 = 2,82;$$

$$\text{БВ}_{\text{ном}}^0 = \text{БД}^0 + \text{Z}_8^{20(\text{IX})} - \text{АД}^5 + \text{АВ}^{20(\text{IX})} = 110 + 2,82 - 105 + 27 = 32,82$$

Принимаем  $\text{БВ}^0 = 35 \pm 0,7$  мм

б). Расчет диаметральных операционных размеров.

$$[\text{БЛ}] = \text{ВВ}^{20(\text{I})} - \text{БМ}^{20(\text{V})};$$

$$\Delta_0 \text{БЛ} = \frac{0,52 - 0}{2} = 0,26; \Delta_0 \text{ВВ}^{20(\text{I})} = \frac{0,13 - 0,13}{2} = 0; \Delta_0 \text{БМ}^{20(\text{V})} = \frac{0,13 - 0,13}{2} = 0;$$

$$\frac{\omega \text{ББ}}{2} = \frac{0,52}{2} = 0,26; \frac{\omega \text{ВВ}^{20(\text{I})}}{2} = \frac{0,26}{2} = 0,13; \frac{\omega \text{ББ}^{20(\text{V})}}{2} = \frac{0,26}{2} = 0,13;$$

$$\text{ВВ}_{\text{ном}}^{20(\text{I})} = 72 + 21,74 = 93,74;$$

Принимаем  $\text{ВВ}^{20(\text{I})} = 93,74 \pm 0,13$  мм

$$[\text{Z}^{20(\text{I})}_{48}] = \text{БЮ}^0 - \text{БЮ}^{20(\text{I})} - 35^5 62^0 - 35^5 62^{15(\text{I})};$$



$$Z_{28\min}^{20(I)} = \text{БЮ}_{\min}^0 - \text{БЮ}_{\max}^{20(I)} - 35^5 62_{\max}^0 - 35^5 62_{\max}^{15(I)}$$

$$\text{БЮ}_{\min}^0 = 0,5 + 82,5 + 0,5 + 0,1 = 83,6 \quad ;$$

Принимаем  $\text{БЮ}^0 = 85 \pm 0,9$  мм

$$[Z_{45}^{20(I)}] = \text{БР}^{20(I)} - \text{ВВ}^{20(I)} - 35^5 62^0 - 35^5 62^{15(I)} + \text{ВВ}^0 - \text{БР}^0;$$

$$\Delta_0 \text{БР}^{20(I)} = \frac{0,26 - 0,26}{2} = 0; \quad \Delta_0 \text{ВВ}^{20(I)} = \frac{0,13 - 0,13}{2} = 0; \quad \Delta_0 \text{ВВ}^0 = \frac{0,9 - 0,9}{2} = 0;$$

$$\Delta_0 \text{БР}^0 = \frac{0,6 - 0,6}{2} = 0; \quad \Delta_0 35^5 62^{15(I)} = \frac{0,1 - 0}{2} = 0,05; \quad \Delta_0 35^5 62^0 = \frac{0,5 - 0}{2} = 0,25;$$

$$\frac{\omega \text{БВ}^{20(I)}}{2} = 0,26; \quad \frac{\omega \text{ВВ}^{20(I)}}{2} = \frac{0,26}{2} = 0,13; \quad \frac{\omega \text{ВВ}^0}{2} = 0,9; \quad \frac{\omega \text{БВ}^0}{2} = \frac{1,2}{2} = 0,6;$$

$$\frac{\omega 35^5 62^{15(I)}}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05; \quad \frac{\omega 35^5 62^0}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25;$$

$$\Delta_0 Z_{45}^{20(I)} = 0 - 0 - 0,05 - 0,25 - 0 - 0 = -0,3;$$

$$\frac{\omega Z_{45}^{20(I)}}{2} = 0,26 + 0,13 + 0,9 + 0,6 + 0,05 + 0,25 = 2,19;$$

$$Z_{45\text{н}5\text{н}}^{20(I)} = 0,5 - (-0,3) + 2,19 = 2,99;$$

$$\text{БР}_{\text{ном}}^0 = 23 - 93,74 - 0,1 - 0,5 + 97 - 2,99 = 22,67$$

Принимаем  $\text{БР}^0 = 22,5 \pm 0,6$  мм

$$[Z_{42}^{20(I)}] = \text{ВВ}^0 - \text{ВВ}^{20(I)} - 35^5 62^0 - 35^5 62^{15(I)};$$

$$\Delta_0 \text{ВВ}^{20(I)} = 0; \quad \Delta_0 \text{ВВ}^0 = 0; \quad \Delta_0 35^5 62^{15(I)} = 0,05; \quad \Delta_0 35^5 62^0 = 0,25;$$

$$\frac{\omega \text{ВВ}^{20(I)}}{2} = 0,13; \quad \frac{\omega \text{ВВ}^0}{2} = 0,9; \quad \frac{\omega 35^5 62^{15(I)}}{2} = 0,05; \quad \frac{\omega 35^5 62^0}{2} = 0,25;$$

$$\Delta_0 Z_{42}^{20(I)} = 0 - 0,25 - 0,05 - 0 = -0,3;$$

$$\frac{\omega Z_{42}^{20(I)}}{2} = 0,9 + 0,25 + 0,05 + 0,13 = 1,33;$$

$$Z_{42\text{н}2\text{н}}^{20(I)} = 0,5 - (-0,3) + 1,33 = 2,13;$$

$$\text{ВВ}_{\text{ном}}^0 = 2,13 + 0,5 + 0,1 + 93,74 = 96,47$$

Принимаем  $\text{ВВ}^0 = 97 \pm 0,9$  мм

$$[Z_{57}^{15(I)}] = \text{ВГ}^{15(I)} - \text{ВГ}^0 - 35^5 57^0 - 35^5 57^{15(I)};$$

$$Z_{57\min}^{15(I)} = \text{ВГ}_{\min}^{15(I)} - \text{ВГ}_{\max}^0 - 35^5 57_{\max}^{15(I)} - 35^5 57_{\max}^0$$

$$\text{ВГ}_{\min}^0 = 32,5 - 0,5 - 0,1 - 0,5 = 31,4$$

Принимаем  $\text{ВГ}^0 = 31 \pm 0,4$  мм


$$[z_{60}^{10(III)}] = БЧ^{10(III)} - БЧ^0 - 35^5 60^0 - 35^5 60^{10(III)};$$

$$Z_{60min}^{10(III)} = БЧ_{min}^{10(III)} - БЧ_{max}^0 - 35^5 60_{max}^{15(III)} - 35^5 60_{max}^0$$

$$БЧ_{min}^0 = 28 - 0,5 - 0,1 - 0,5 = 26,9$$

Принимаем  $БЧ^0 = 26 \pm 0,4$  мм

$$[z_{35}^5] = ВБ^0 - ВБ^5 - 35^0 62^0 - 57^0 62^0 - 35^5 57^0;$$

$$Z_{35min}^5 = ВБ_{min}^0 - ВБ_{max}^5 - 35^0 62_{max}^0 - 35^5 57_{max}^0 - 57^0 62_{max}^0$$

$$ВБ_{min}^0 = 0,5 + 97,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 99,5$$

Принимаем  $ВБ^0 = 100,5 \pm 0,55$  мм

### 2.3.4 Проверка точности разработанного технологического процесса

В соответствие с рисунком 2.7 показана заготовка с просчитанными размерами.

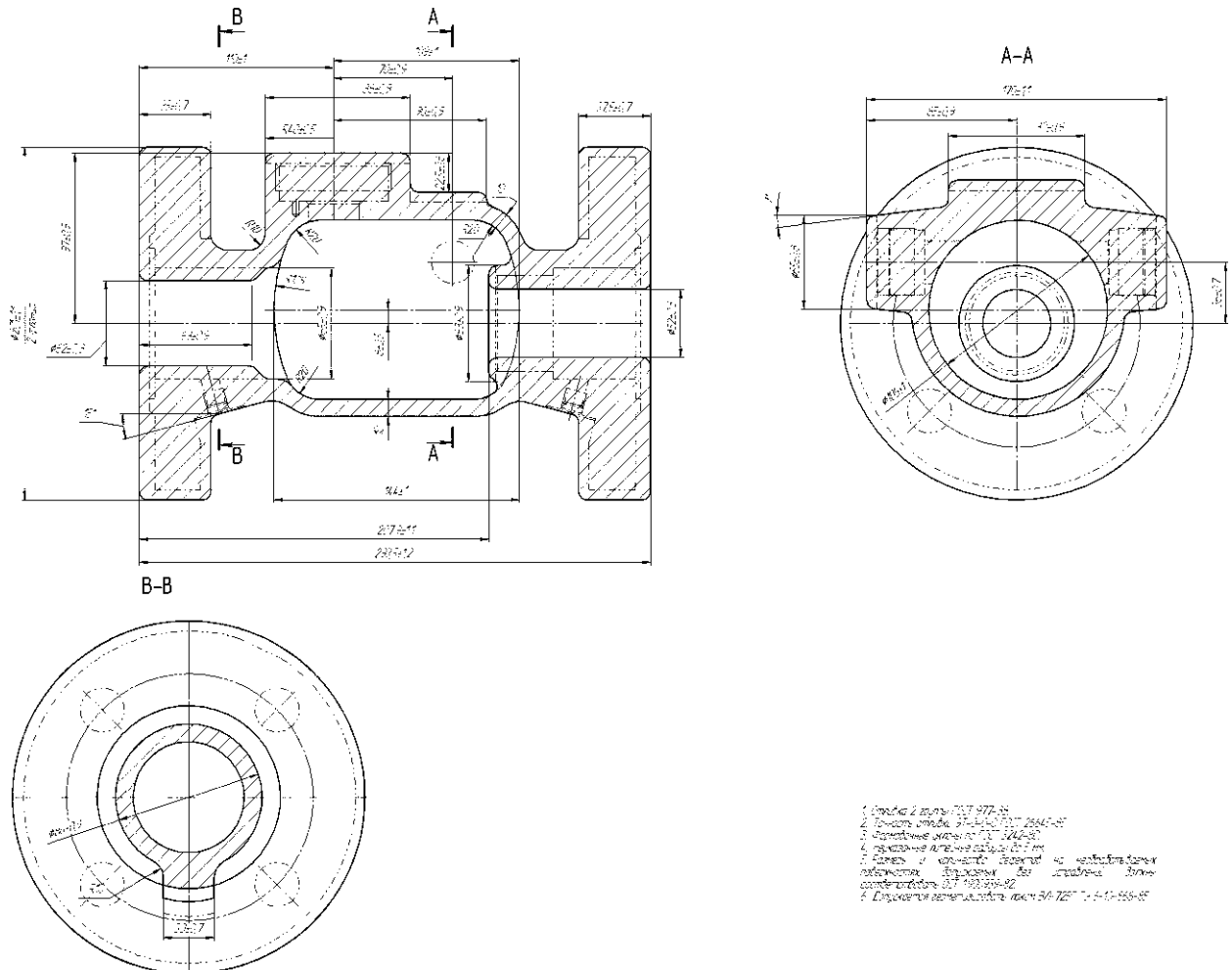


Рисунок 2.7 – Чертеж заготовки

Определим и сравним коэффициенты использования материала в базовом и разрабатываемом вариантах технологического процесса.

Базовый вариант:

$$\text{КИМ} = M_{\text{д}} / M_{\text{з}} = 16,7 / 28 = 0,59$$

Разрабатываемый вариант:

$$\text{КИМ1} = M_{\text{д}} / M_{\text{з1}} = 16,7 / 25 = 0,67$$

Таким образом, в разрабатываемом варианте технологического процесса удалось повысить коэффициент использования материала на 8%. Этого удалось достигнуть за счет приближения формы заготовки к форме детали, а также за счет использования методики размерного анализа заготовки. Эта методика позволяет определить операционные размеры для разрабатываемого технологического процесса, а также окончательные размеры заготовки. Она учитывает индивидуальные особенности каждой конкретной детали и позволяет спроектировать технологический процесс, который при внедрении его в производство не потребует какой-либо корректировки.

#### 1.4 Расчёт режимов резания

Рассчитаем аналитически режимы резания для сверления отверстия диаметром 26Н14, операция 025 радиально-сверлильная [2].

Материал детали сталь 25ЛК20 ГОСТ 977-88,  $[\sigma_{\text{в}}] = 1177$  МПа.

По рекомендациям принимаем  $S_0 = 0,1$  мм/об.

Стойкость инструмента принимаем  $T = 60$  мин.

Рассчитаем скорость резания  $V$ , м/мин и минутную подачу  $S_{\text{м}}$ , м/мин, по формулам

$$V = \frac{C_v \cdot D^{Z_v} \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = \frac{9,8 \cdot 26^{0,4} \cdot 1,16}{60^{0,2} \cdot 13^0 \cdot 0,1^{0,5}} = 44,9, \quad (2.1)$$

$$K_v = K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{uv}} \cdot K_{\text{tv}} = 1,16 \cdot 1 \cdot 1 = 1,16$$

$C_v = 9,8$ ;  $Z_v = 0,4$ ;  $X_v = 0$ ;  $Y_v = 0,5$ ;  $m = 0,2$  – коэффициенты и показатели степени в формуле скорости резания;

$t = 13$  – глубина резания.

Определим число оборотов в минуту  $n$ , в об/мин:


$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 44,9}{3,14 \cdot 26} = 551 \quad (2.2)$$

Определим минутную подачу, в мм/мин:

$$S_m = S_o \cdot n = 0,05 \cdot 551 = 55,1$$

Определим крутящий момент  $M$ , в кГ \* м, и осевую силу  $P_o$  и суммарное усилие  $\Sigma P_o$ , в кГ, при сверлении

$$M = C_m \cdot D^{Z_m} \cdot S^{Y_m} \cdot K_m = 0,0345 \cdot 26^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,614 = 5,96 \quad (2.3)$$

где  $K_m = \left(\frac{\sigma_{вп}}{75}\right)^{0,75} = \left(\frac{117,7}{75}\right)^{0,75} = 1,614$

$$C_m = 0,0345; z_m = 2,0; y_m = 0,8; C_p = 68;$$

$z_p = 1,0; y_p = 0,7$  – коэффициенты и показатели степени в формулах крутящего момента и осевого усилия при сверлении [ 2].

Определим мощность  $N$ , в кВт, потребную для сверления

$$N = \frac{M \cdot n}{975} = \frac{5,96 \cdot 551}{975} = 3,368 \quad (2.4)$$

По рекомендациям [2] принимаем  $S_o = 0,1$  мм/об.

Стойкость инструмента принимаем  $T = 60$  мин. [1].

Принимаем  $n=500$  об/мин

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = 40,82 \text{ м/мин} \quad (2.5)$$

Режимы резания назначаем по рекомендациям .

Режимы резания на всех остальных операциях принимаем по рекомендациям и сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Режимы резания

Поверхность	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин.
Операция 005						
Ø201	80	2	1	0,25	200	126,2
Ø201	80	1	1	0,25	200	126,2
Ø195	46,5	2	1	0,25	200	122,46
Ø195	46,5	1	1	0,25	200	122,46
Ø102	23	2	1	0,25	200	64,1
Ø102	23	1	1	0,25	200	64,1

Продолжение таблицы 2.2

Ø195	42,5	3	1	0,25	200	122,46
Ø195	42,5	1	1	0,25	200	122,46
Операция 010						
Ø195	73	2	1	0,25	200	122,46
Ø195	73	1	1	0,25	200	122,46
Ø195	42,5	3	1	0,25	200	122,46
Ø195	42,5	1	1	0,25	200	122,46
Ø88	112	5,5	1	0,2	400	110,5
Ø88	112	1	1	0,2	400	110,5
Ø68	9	3,9	1	0,2	500	106
Ø68	9	1	1	0,2	500	106
Ø79	4	1	1	0,05	250	58
Операция 015						
Ø88	112	1,5	1	0,2	400	110,5
Ø79	4	1	1	0,05	250	58
Операция 020						
V=50	590	5	1	100мм/мин		40
Ø2	4	1	5	0,05	1000	2,28
Ø3	8	1,5	5	0,05	1000	9,4
Ø24	25	12	3	0,05	250	18,84
Ø61,9	120	19,5	1	0,2	500	99,85
Ø41,4	120	19,5	1	0,2	500	65
Ø41,4	120	19,5	1	0,2	500	65
Ø64	18	2	6	2	200	40,2
Ø39	24	2	6	2	200	24,5
Ø4	10	2	2	0,05	1000	12,5
Ø4	14	2	1	0,05	1000	12,5
Ø10	170	4	2	40мм/мин	500	16
Ø40	56	1	1	40мм/мин	400	50
Ø15	30	7,5	1	0,05	500	23,6
M10	25	1	1	1	50	1,57
Операция 025						
Ø26	37	13	4	0,1	500	40,82
Ø26	37	13	4	0,1	500	40,82
Операция 030						
Ø30	30	1	1	40мм/мин	500	47,1
Ø3,15	6	1,575	1	0,05	500	5
Ø10,5	22	5,215	1	0,05	500	17
Ø13,8	8	6,9	1	0,05	500	21,6
Ø12	15	1,5	1	1,5	50	1,88


## 2.5 Нормирование технологического процесса

Определим нормы времени на операции 025 в соответствии рисунком 2.8.

Исходные данные:

Деталь: «Корпус»

Операция – Сверление.

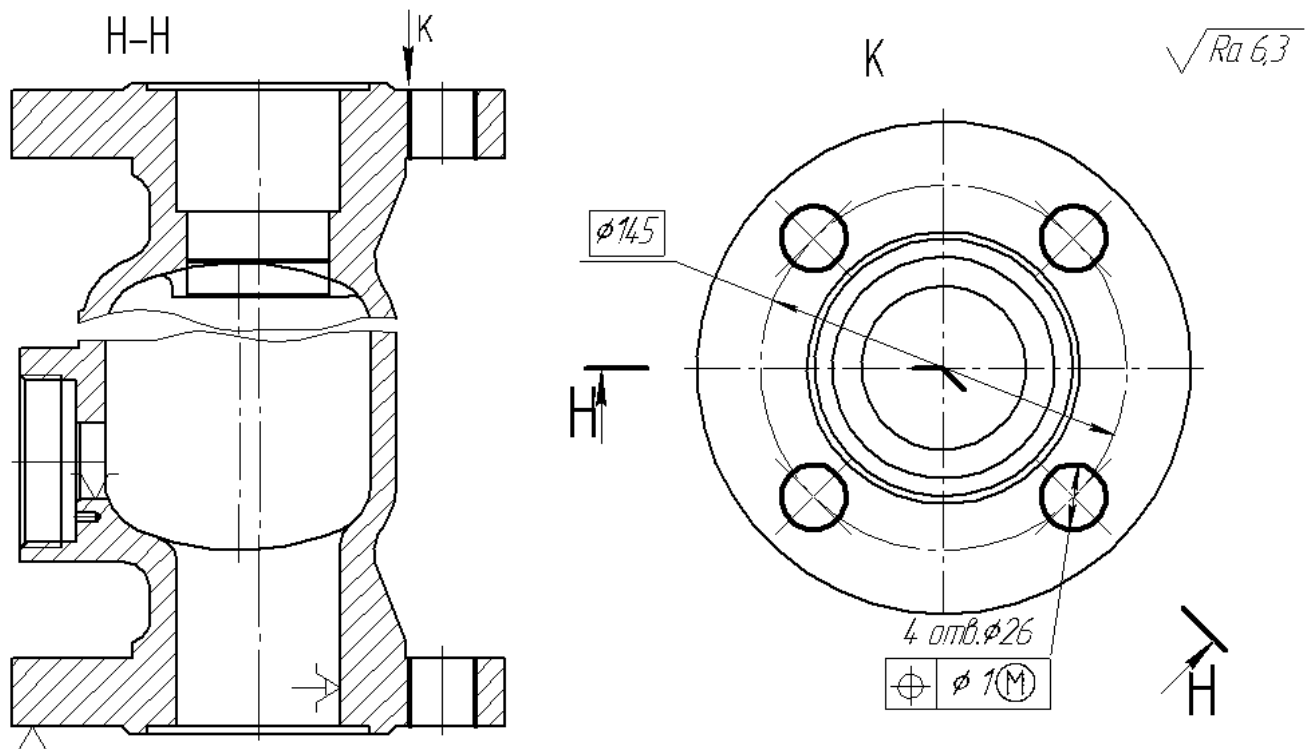


Рисунок 2.8 – Операционный эскиз

Станок – радиально-сверлильный 2Н55

Род и размер заготовки – отливка, сталь 25ЛК20 ГОСТ 977-88;  $\sigma_B = 117,7 \text{ кГ/мм}^2$ ; габаритные размеры:  $\phi 201 * 293,5$ ; вес 25 кг.

Инструмент – сверло 2301-0089 ГОСТ 10903-77.

Условия выполнения операции: операция выполняется в один переход; заготовка устанавливается в самоцентрирующийся патрон.

Определение основного времени.

Основное время  $t_0$  определим по формуле [6]

$$t_0 = (l+l_1)/n \cdot s, \quad (2.6)$$

где  $l$  – длина обрабатываемого участка;

$l_1$  – величина врезания и перебега инструмента;

$$t_0 = (37 + 13) / (0,1 \cdot 500) = 1,0 \text{ мин.}$$

Определение вспомогательного времени:

- установить деталь весом 25 кг в сверлильное приспособление,  $t_{уст} = 0,3$  мин.,
- установить число оборотов шпинделя  $t_{в1} = 0,06$  мин.,
- установить величину подачи  $t_{в2} = 0,04$  мин.,
- время на проход  $t_{в3} = 0,15$  мин.,

Вспомогательное время определим по формуле

$$T_{в} = t_{в1} + t_{в2} + t_{в3} + t_{уст} = 0,3 + 0,06 + 0,04 + 0,15 = 0,46 \quad (2.7)$$

Определение подготовительно-заключительного времени.

Для установки детали в сверлильное приспособление  $T_{пз}$  равно 20 минутам.

2.6 Подготовка управляющей программы с последующей верификацией траекторий движения инструмента, с использованием автоматизированной системы NX CAM

Управляющая программа (УП) — это записанная на программноноситель в закодированном цифровом виде маршрутная операционная технология на конкретную деталь с указанием траекторий движения инструмента.

Изготовление УП (менее, трудоемкое и более дешевое, чем изготовление кулачков шаблонов, копиров и чертежей) сводится к написанию маршрутно-операционной технологии, расчетам траекторий перемещения инструментов и записи на программноноситель; большую часть этой работы можно автоматизировать.

Также управляющая программа содержит информацию о технологических параметрах процесса обработки (о скоростях и величинах перемещения режущего инструмента и т. д.) и технологические команды, реализуемые исполнительными механизмами станка, которые обеспечивают необходимые условия обработки. Эта информация также записывается на программноноситель в кодах конкретного УЧПУ [3].

### 2.6.1 Создание твердотельных моделей

Разработка управляющей программы начинают с построения математической модели обрабатываемой детали. При этом модель может быть непосредственно создана в САМ-системе или импортирована из других систем.

Построение геометрической модели начинают с выбора рабочего вида, для чего система предлагает соответствующее диалоговое окно. 3D модель детали после 010 операции, изображена в соответствии с рисунком 2.9.






Актуальным становится контроль столкновений инструмента, детали, узлов станка, отслеживание текущего состояния заготовки (ЗвПО) между операциями.

Задание систем координат и геометрии.

Привяжем систему координат станка к правому торцу детали.

Дважды щелкнем по объекту MSC\_SPINDLE для открытия диалогового окна задания СКС (Системы координат станка). Обычно плоскостью токарной обработки является плоскость ZX, к обозначению осей СКС добавляется символ M – machine), причем ZM совпадает с осью вращения детали, а XM направлена вверх. для большинства станков.

В то же время для ввода координат используется РСК, причем ее плоскость XY должна совпадать с плоскостью ZX СКС.

Правильное соответствие осей РСК (Рабочей системы координат) и СКС показано в графической области и в диалоговом окне, в соответствии с рисунком 2.10. Расположение СКС и РСК относительно детали изображено на рисунке 2.11.

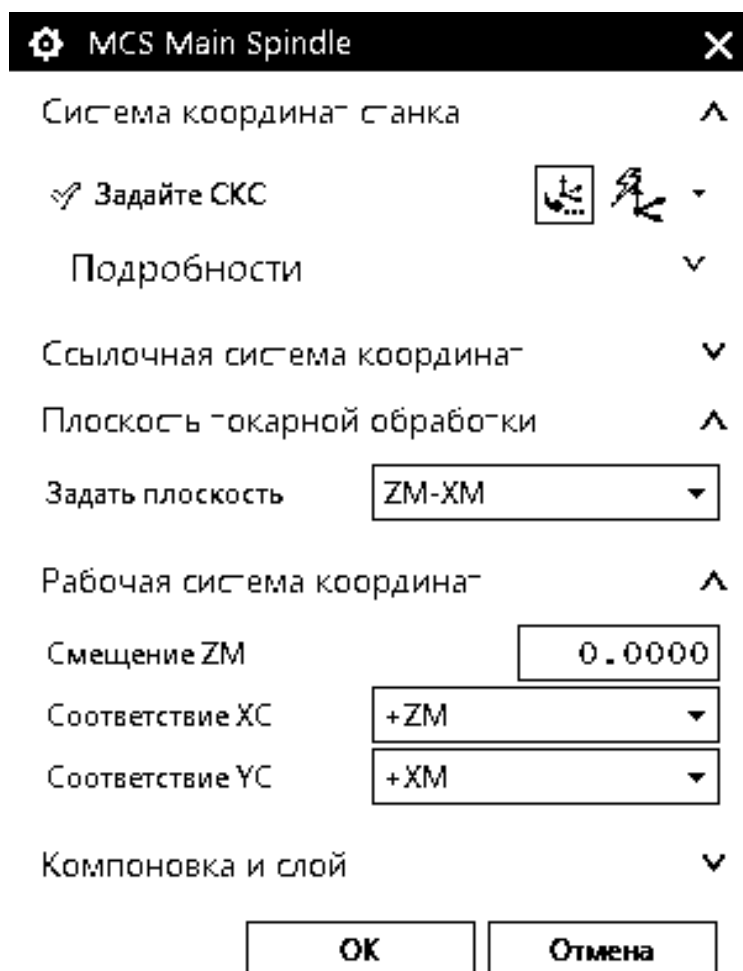


Рисунок 2.11 – Диалоговое окно задания СКС для токарной обработки



Рисунок 2.12 – Расположение СКС и РСК относительно детали

Добавим в рабочую область 3D модель заготовки, наложив необходимые сопряжения, для получения нужного совмещения размеров детали и заготовки, результат сопряжения изображен на рисунке 2.13

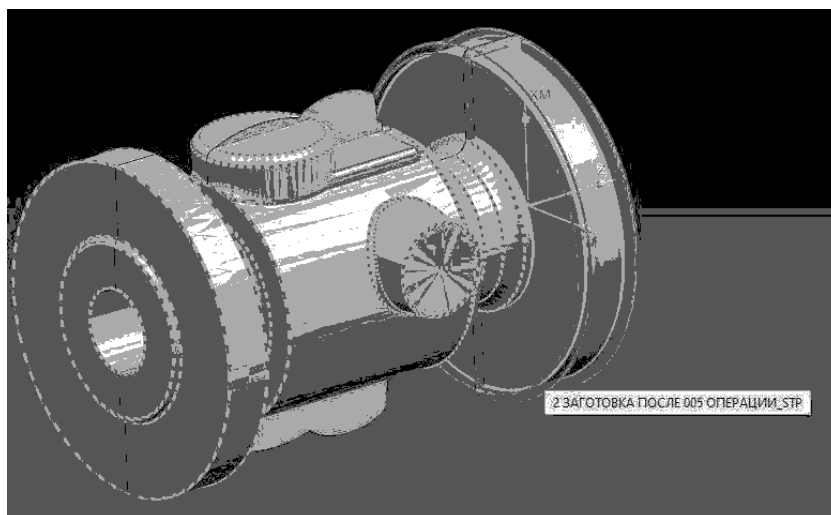


Рисунок 2.13 – Совмещение размеров заготовки и детали

Далее задаем деталь и заготовку в геометрической группе WORKPIECE. После этого выключим отображение компонентов в навигаторе сборки и выберите геометрическую группу TURNING\_WORKPIECE.







Рисунок 2.15 – Команды токарных операций

Создайте операцию Торцевание (FACING), используя инструмент OD\_80\_L, геометрию – CONTAINMENT, метод – LATHE\_FINISH, программную группу 1234.

Появится диалоговое окно в соответствии с рисунком 2.16, параметры настройки траектории развернуты в правой части рисунка. Родительская геометрия отражена в верхней части окна. Стратегия по умолчанию – зиг по прямой, угол 270 отсчитывается от оси ZM против часовой стрелки, то есть это радиальные проходы к оси детали, шаг оставим по умолчанию.

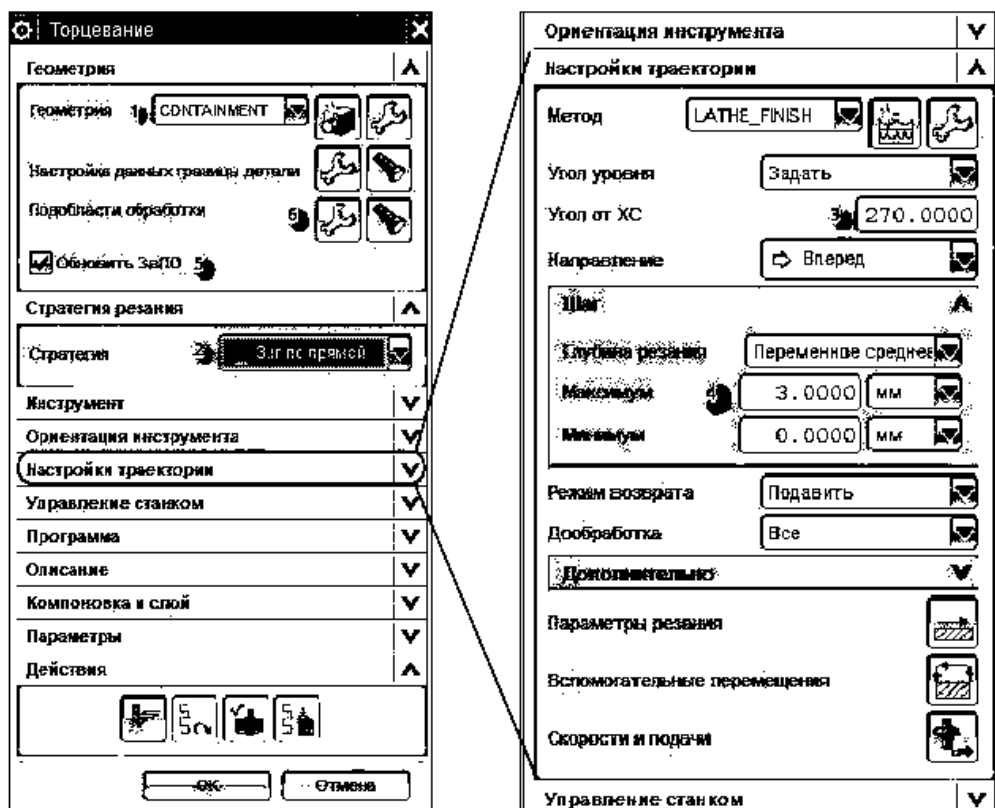


Рисунок 2.16 – Диалоговое окно команды торцевани

Параметр Обновить ЗвПО позволяет учитывать состояние заготовки после предыдущих операций.

Вводим новое осевое ограничение.

Выполним команду Подобласти обработки, появится диалоговое окно, аналогичное объекту CONTAINMENT, задаем новое осевое ограничение как на рисунке 2.17. Нажимаем ОК, Генерировать и снова ОК.

Результат операции показан на рисунке 2.18. При этом система закрашивает оставшийся материал желтым цветом, а снимаемый материал – зеленым цветом.

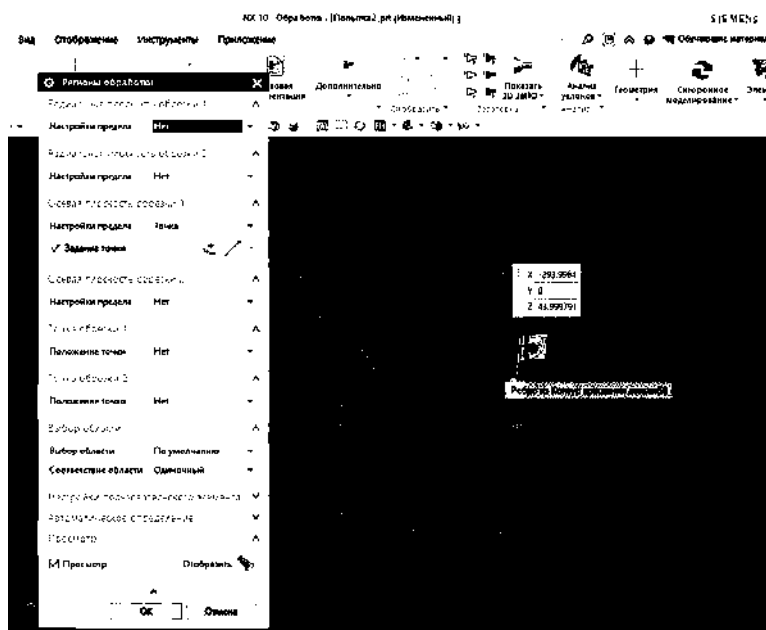


Рисунок 2.17 – Задание области обработки как нового осевого ограничения

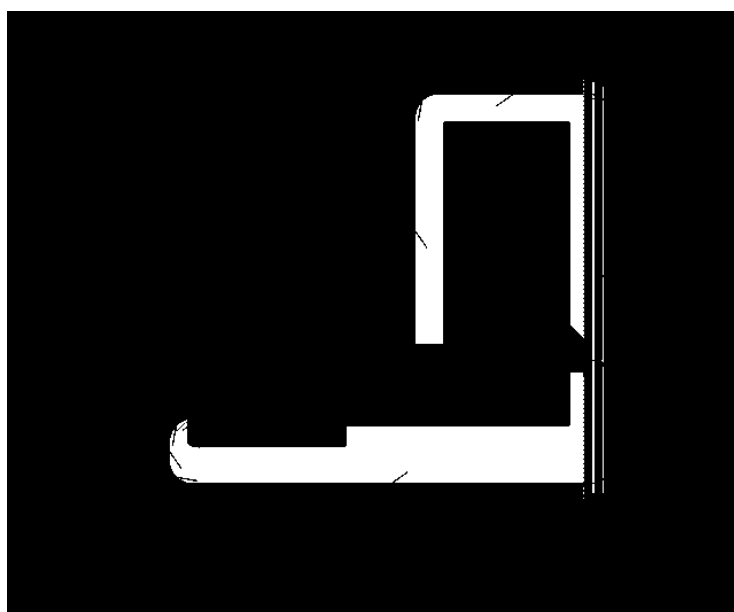


Рисунок 2.18 – Результат операции торцевания нагляден на виде 2D

Далее создадим еще одну операцию, для примера и выполним верификацию операций.

Создадим операцию Черновая наружная обработка (ROUGH\_TURN\_OD), используя инструмент OD\_55\_L, геометрию – CONTAINMENT, метод LATHE\_ROUGH, программную группу 1234.

Появится диалоговое окно в соответствии с рисунком 2.19, параметры настройки траектории развернуты в правой части рисунка. Стратегия по умолчанию – зиг по прямой, угол 180, то есть это осевые проходы справа налево.

Область обработки рассчитывается с учетом начальной точки и геометрии инструмента.

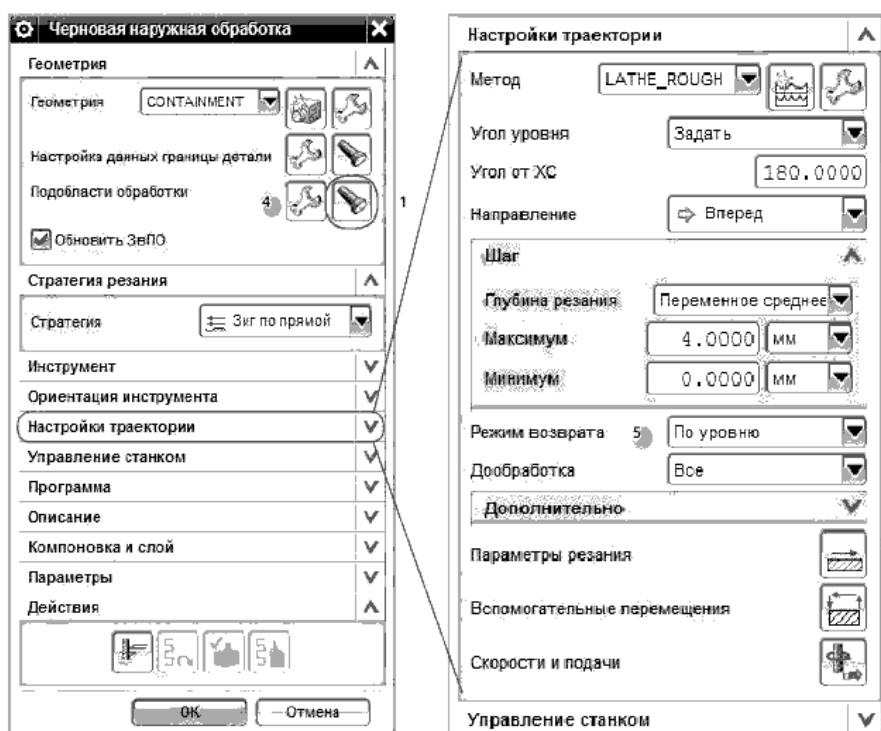


Рисунок 2.19 – Диалоговое окно операции Черновая наружная обработка

Выполните команду Подобласти обработки и задайте радиальное и осевое ограничение как на рисунке 2.20. Расчетная область обработки отображается в графической области как на рисунке 2.21.

Для верификации токарных траекторий удобно использовать режим 2D. Для этого в диалоговом окне визуализации на вкладке Воспроизведение надо активировать параметр Удаление материала в 2D.

Можно использовать и режим 3D Динамика при желании. Текущее состояние заготовки в 3D после любой операции можно увидеть, выполнив команду Показать в 3D из контекстного меню операции. Командой Сохранить как можно сохранить это состояние как твердое тело.

Пример проведения верификации траектории изображен на рисунке 2.22.



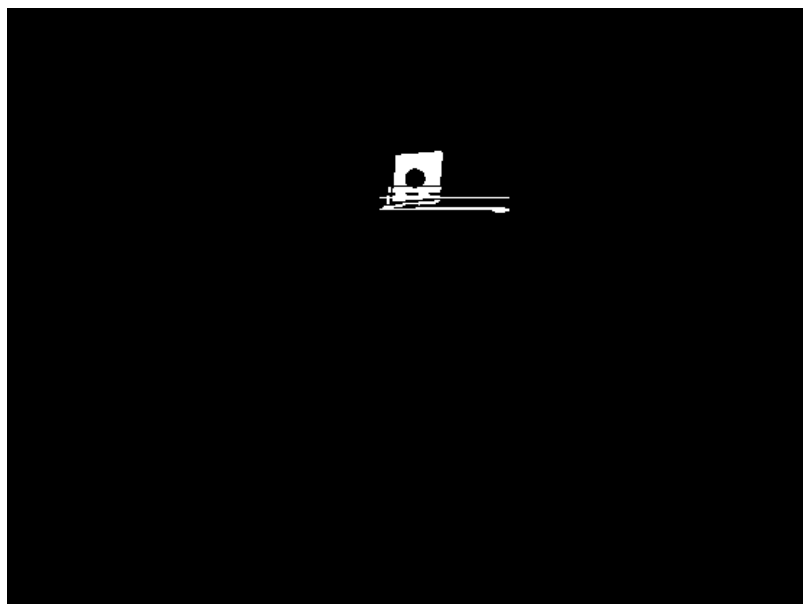


Рисунок 2.22 – Параметр Удаление материала в 2D во время верификации токарной операции

### Припуски.

Припуски задаются в Параметрах резания, причем отдельно различаются диаметральные и торцевые поверхности, для которых можно задать дополнительные припуски, в соответствии с рисунком 2.23.

Есть отдельные параметры, определяющие, какие поверхности считать торцевыми и диаметральными. По умолчанию задано  $\pm 3$  градуса от вертикали и горизонтали соответственно. На вкладке Припуск различают припуски для черновых проходов, для контурного прохода и припуск на заготовку. Для каждого из них задаются постоянный припуск и припуски на торцевые и диаметральные поверхности. Припуски операции, заданные здесь, добавляются к припускам, заданным в параметрах границы.

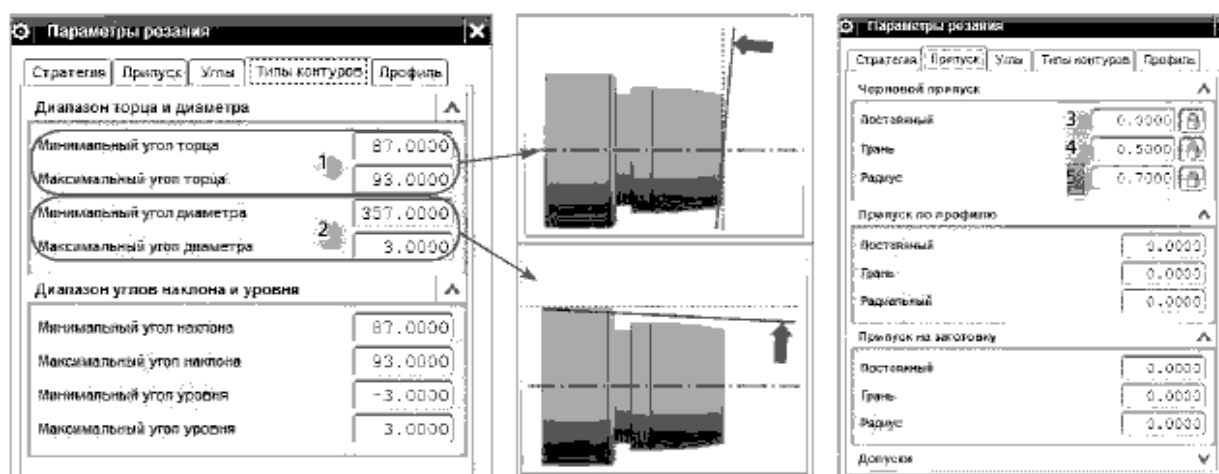


Рисунок 2.23 –Задание диаметральных и торцевых независимых припусков



Скорости и подачи.

Подход к заданию скоростей и подач в целом аналогичен фрезерованию, однако токарная обработка накладывает некоторую специфику.

Помимо явного задания частоты вращения шпинделя, можно задавать и скорость резания, режим SMM – Surface Meters per Minute (сейчас MBM). При этом можно задать ограничение на частоту вращения – Макс. ЧВШ. Общее значение подачи по умолчанию измеряется в мм/об, как принято в токарной обработке. Разная подача может быть задана для разного типа движений, в группе Подачи – Дополнительно. Кроме того, можно независимо задавать подачи для разных движений резания, система различает подачи на черновой обработке, подачи дообработки, подачи на контуре, на погружении и др. Отдельно можно задать параметры ускорения/замедления для черновых движений и погружений, что улучшает динамику работы станка. Диалоговое окно задания скоростей резания и подачи изображено на рисунке 2.24.

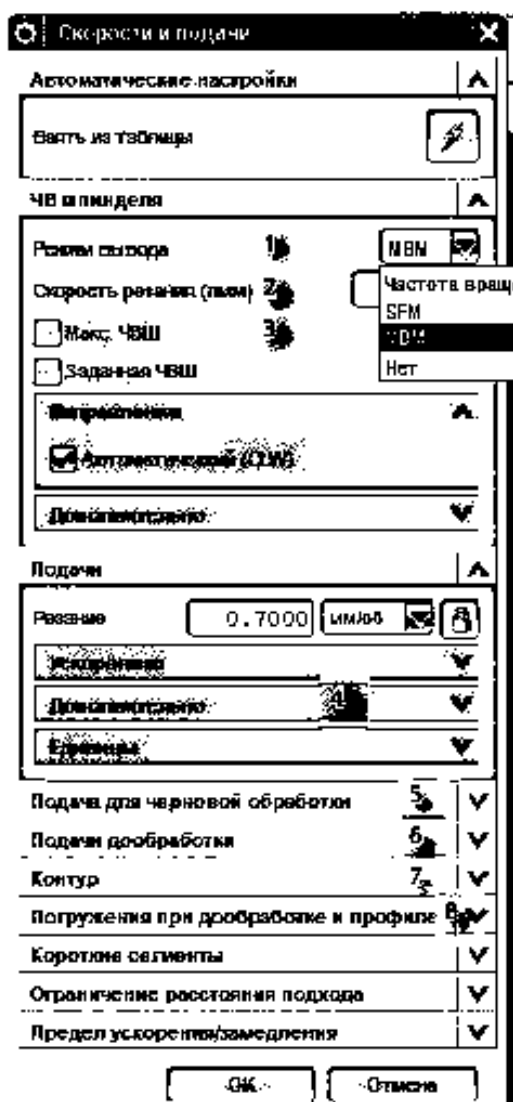


Рисунок 2.24 – Диалоговое окно задания скоростей резания и подач

## Создание инструмента

Для дальнейшей обработки нам нужен новый инструмент. При создании нового инструмента появляется диалоговое окно, как на рисунке 2.25

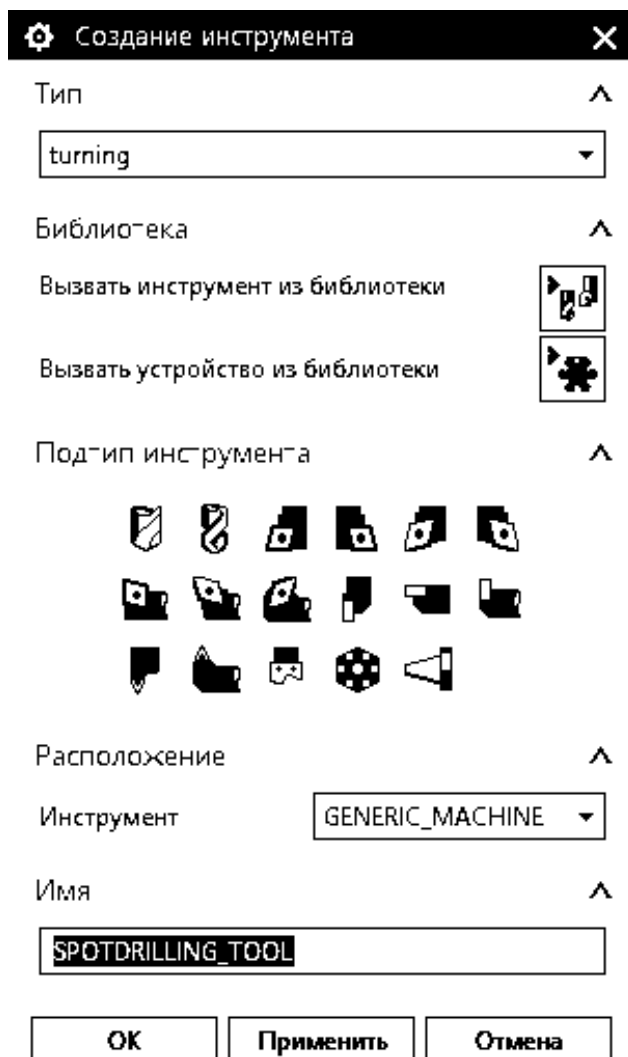


Рисунок 2.25 – Диалоговое окно создания токарного инструмента

Выполняем команду создания нового инструмента. Появляется новое диалоговое окно. Окно имеет 4 вкладки:

Инструмент – где задается форма и размеры пластины, как на рисунке 2.26;

Держатель – где задается тип и размеры держателя, а также имеется параметр Использовать держатель инструмента (для программирования обработки он не обязателен, но нужен для контроля столкновений, например), как на рисунке 2.27;

Трассировка – где можно выбрать точку трассировки (координаты которой выводятся в УП);

Дополнительные настройки.

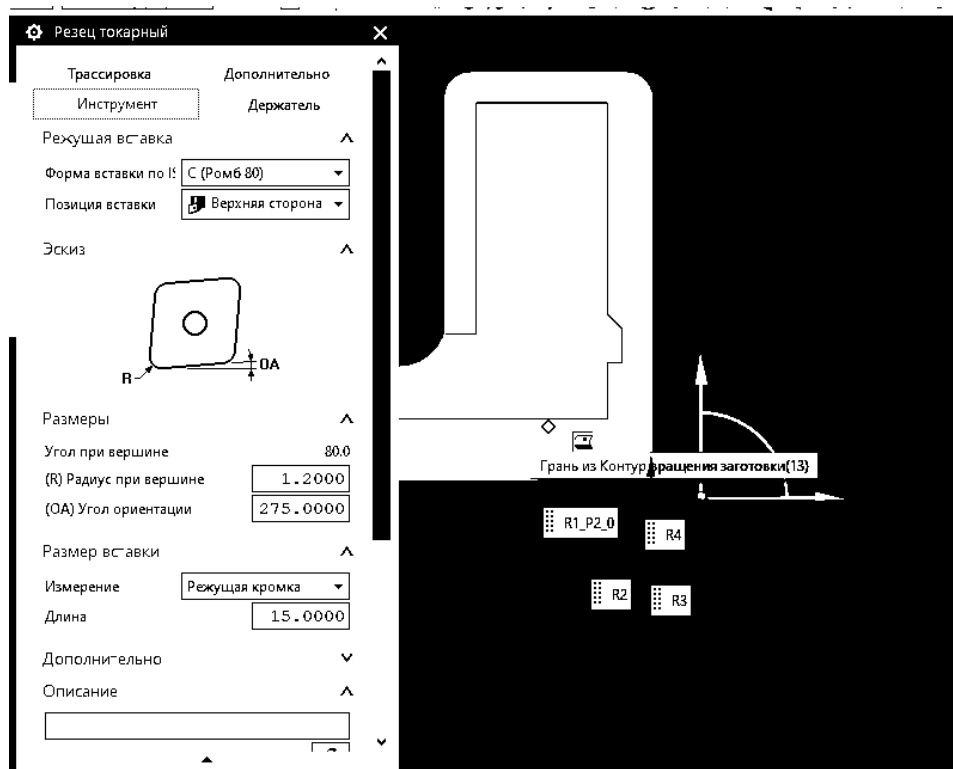


Рисунок 2.26 – Вкладка диалогового окна для задания геометрии режущей пластины

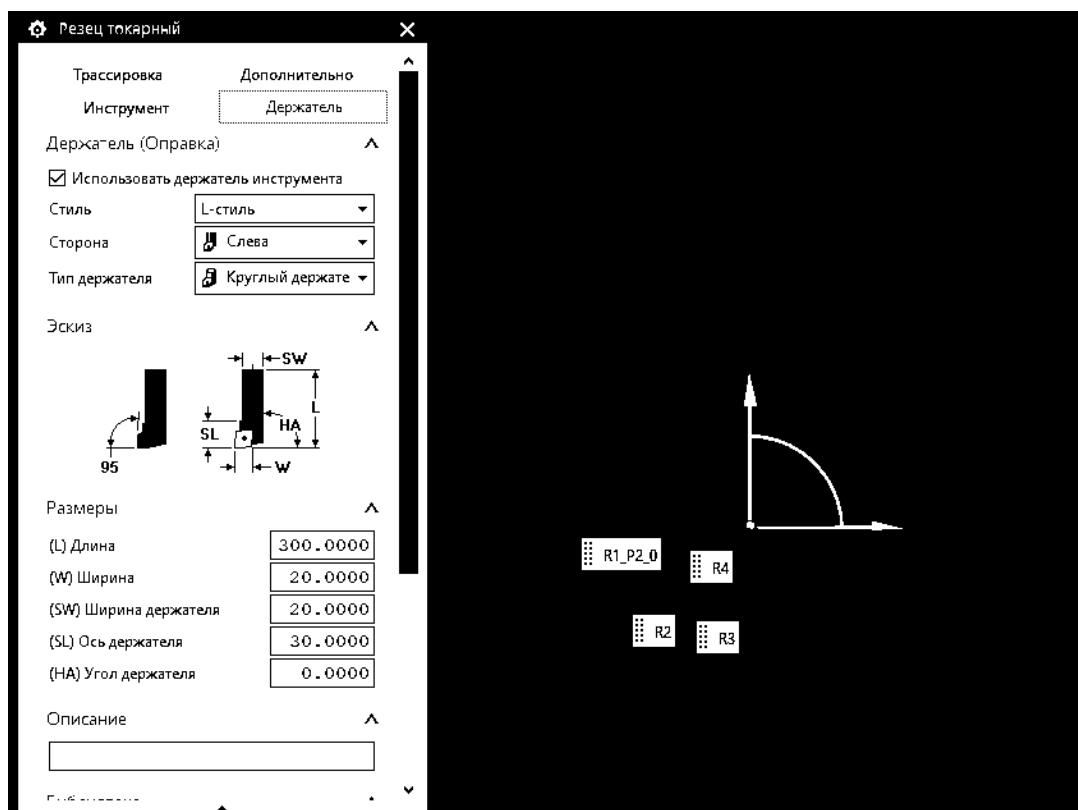


Рисунок 2.27 – Вкладка диалогового окна для задания геометрии держателя

Постпроцессирование.

Чтобы получить управляющую программу (УП), траектория инструмента должна быть обработана постпроцессором.

Именно постпроцессор учитывает особенности кинематики и формат кадра конкретного станка или системы ЧПУ подключенной к станку.

Выбираем операцию FACING в Навигаторе операций и выполняем команду Постпроцессировать – Появится диалоговое окно постпроцессирования, как на рисунке 2.28 – Затем выбираем один из доступных постпроцессоров, соответствующий типу обработки и системе станка.

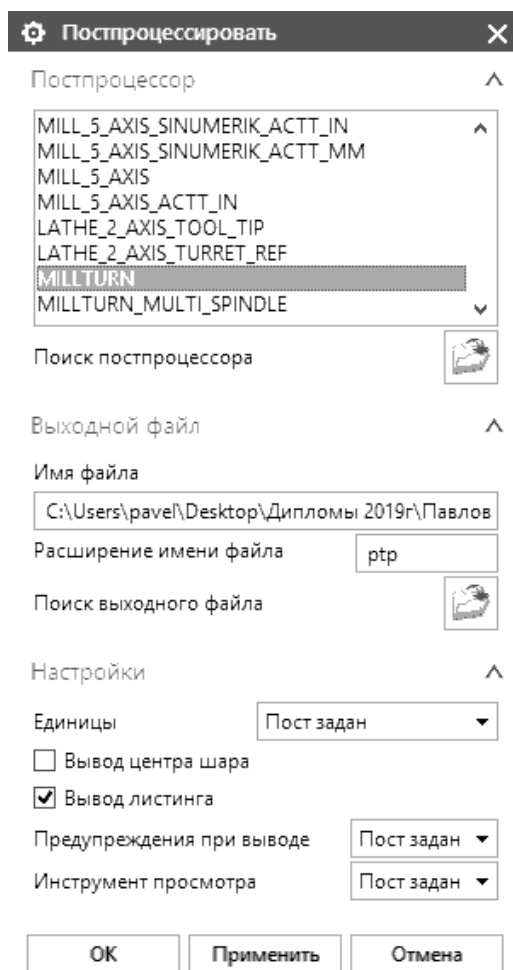
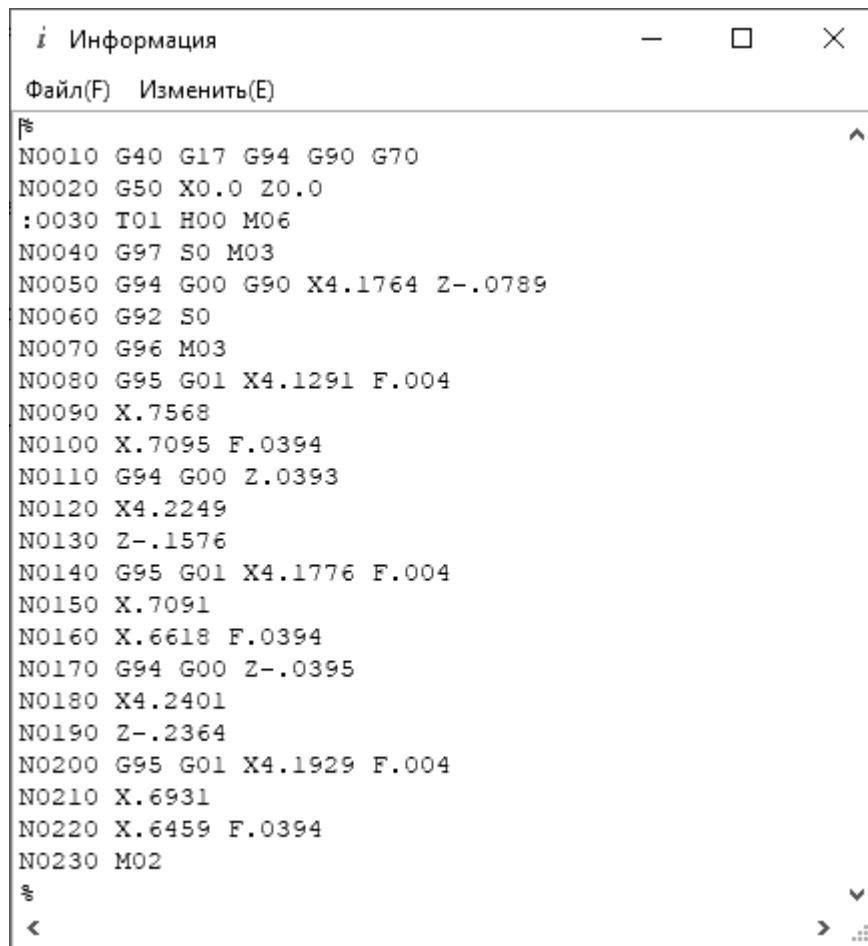


Рисунок 2.28 – Диалоговое окно постпроцессирования операций

Результат будет записан в текстовый файл с расширением, принятым для конкретной системы ЧПУ (для Sinumerik это mpf). Кроме того, если включен режим Вывод листинга, текст УП выводится и в информационное окно. Операция, выведенная на постпроцессор, получит статус «Закончена», который отображается в навигаторе операций.

Управляющая программа в текстовом виде показана на рисунке 2.29.



```
Информация
Файл(F)  Изменить(E)
№
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T01 H00 M06
N0040 G97 S0 M03
N0050 G94 G00 G90 X4.1764 Z-.0789
N0060 G92 S0
N0070 G96 M03
N0080 G95 G01 X4.1291 F.004
N0090 X.7568
N0100 X.7095 F.0394
N0110 G94 G00 Z.0393
N0120 X4.2249
N0130 Z-.1576
N0140 G95 G01 X4.1776 F.004
N0150 X.7091
N0160 X.6618 F.0394
N0170 G94 G00 Z-.0395
N0180 X4.2401
N0190 Z-.2364
N0200 G95 G01 X4.1929 F.004
N0210 X.6931
N0220 X.6459 F.0394
N0230 M02
№
< >
```

Рисунок 2.29 – Текст управляющей программы (УП) как результат постпроцессирования

Остальные операции проектируются по тому же принципу, но со своими технологическими особенностями задания траекторий обработки, режимов резания и инструмента.

#### Вывод по разделу два

В результате проведённой работы разработан технологический процесс детали «Корпус защитного устройства» с внесением усовершенствований в базовый технологический процесс, применяемый на производстве. При этом изучены и внедрены прогрессивные направления технологических методов и средств технологического оснащения, произведён размерный анализ, вследствие которого рассчитаны наиболее оптимальные размеры заготовки и режимы резания. Выполнен расчет режимов резания, произведено нормирование технологических операций. Разработана управляющая программа для токарной операции, с последующей верификацией.



$\Delta d=0,01\text{мм}$ - допуск установочного элемента.

$$E=(0,74 + 0,01)/2= 0,3205 \text{ мм}$$

### 3.1.2 Проектирование схемы приспособления

Рассмотрим схему фрезерного приспособления в соответствии с рисунком 3.2.

Приспособление предназначено для обработки в детали «Корпус» плоской наружной поверхности и резьбового отверстия [10].

Приспособление состоит из корпуса поз.1, пневматического цилиндра двухстороннего действия поз.2, базы поз.6, установочного пальца поз.5.

После базирования заготовки на базовой поверхности поз.6, на шток поз.4 устанавливают центрирующую втулку поз.7, быстросъемную шайбу поз.8, через штуцер в пневмопривод подают воздух и заготовка поджимается гайкой поз.9.

Раскрепление и съём детали производится в обратной последовательности.

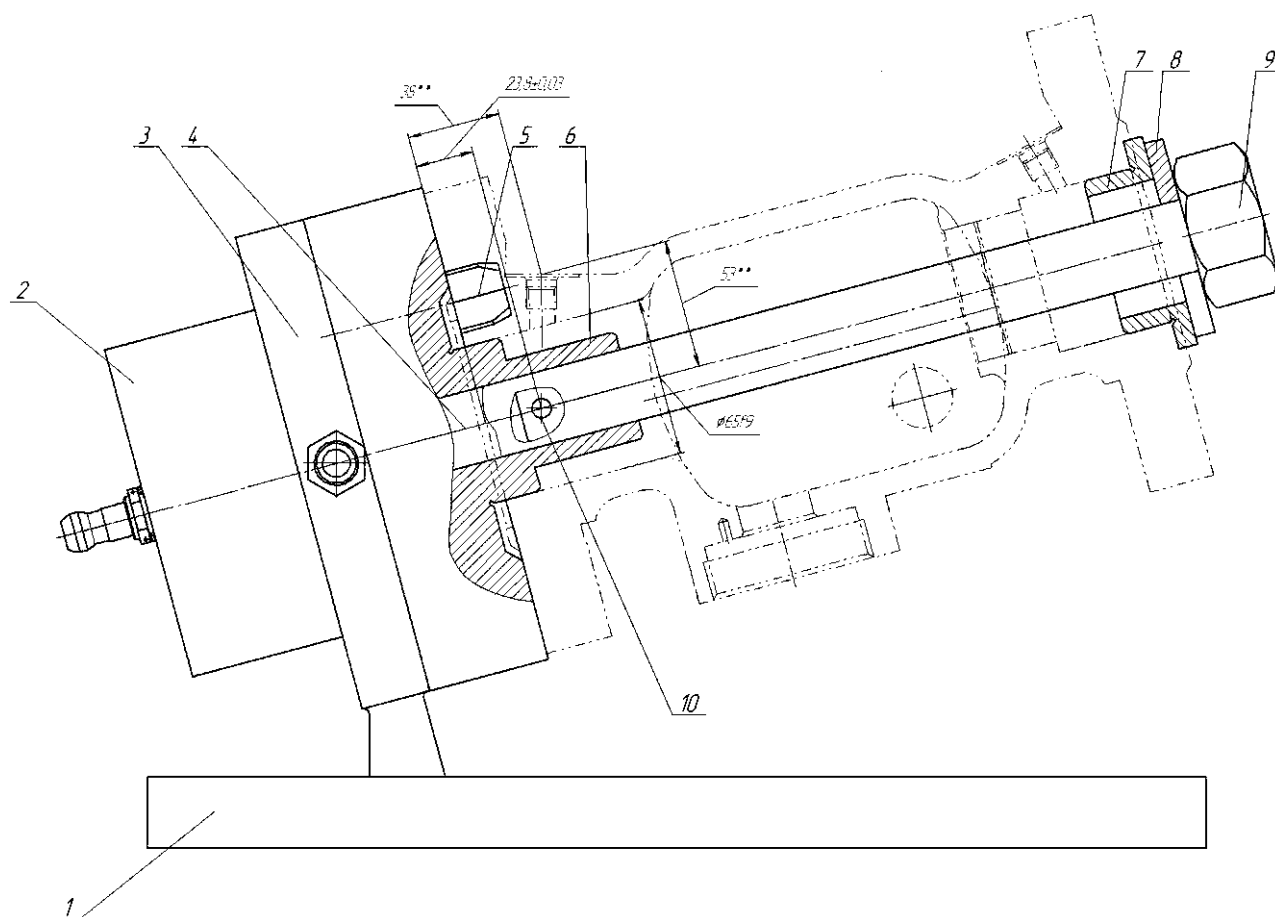


Рисунок 3.2 – Схема приспособления: 1 – плита приспособления; 2 – пневмопривод; 3 – корпус; 4 – шток; 5 – установочный палец; 6 – база; 7 – центрирующая втулка; 8 – быстросъемная шайба; 9 – гайка; 10 – отверстие для обкатки и выставки инструмента.







$$\text{где } P_y = \frac{M_{\text{кр}}}{d_{\text{фр}}} = \frac{873,7 \text{ кгм}}{32 \text{ мм}} = 27,3 \text{ кг} = 273 \text{ Н}$$

$$\Delta P_y = 0,08 \cdot 273 = 21,84 \text{ Н} = 2,18 \text{ кг.}$$

Такого же порядка радиальная составляющая может возникнуть из-за неравномерного затупления кромок фрезы. Таким образом общая неуравновешенная составляющая в данном случае равна

$$\Delta P_o = 2 \cdot \Delta P_y = 2 \cdot 21,8 = 43,6 \text{ Н} = 4,36 \text{ кг}$$

Условие равновесия, при котором будет предупреждаться качательное движение заготовки, запишется в виде

$$K \cdot \Delta P_o \cdot \frac{D}{2} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot \left[ \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} + \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^2 - d_4^2} \right] \quad (3.6)$$

Принимаем зажимное устройство с пневмоприводом, значение коэффициента запаса которого

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,4$$

Коэффициент трения  $f=0,16$ ; Размеры  $D$ ;  $d_1$ ;  $d_2$ ;  $d_3$ ;  $d_4$

$$Q = \frac{K \cdot \Delta P_y \cdot D}{f \cdot \left[ \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} + \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^2 - d_4^2} \right]} = \frac{3 \cdot 3,4 \cdot 4,36 \cdot 0,32}{2 \cdot 0,16 \cdot \left[ \frac{0,12^3 - 0,06^3}{0,12^2 - 0,06^2} + \frac{0,05^3 - 0,03^3}{0,05^2 - 0,03^2} \right]} = 405,2 \text{ кг.}$$

Определим ориентировочно диаметр пневмоцилиндра по формуле [10]

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot P \cdot \eta \quad (3.7)$$

Принимая  $d_{\text{шт}}=30 \text{ мм}=3 \text{ см}$  – диаметр штока;

$P = 4 \text{ кг/см}^2$  – рабочее давление в сети;

$\eta = 0,9$  – КПД привода;





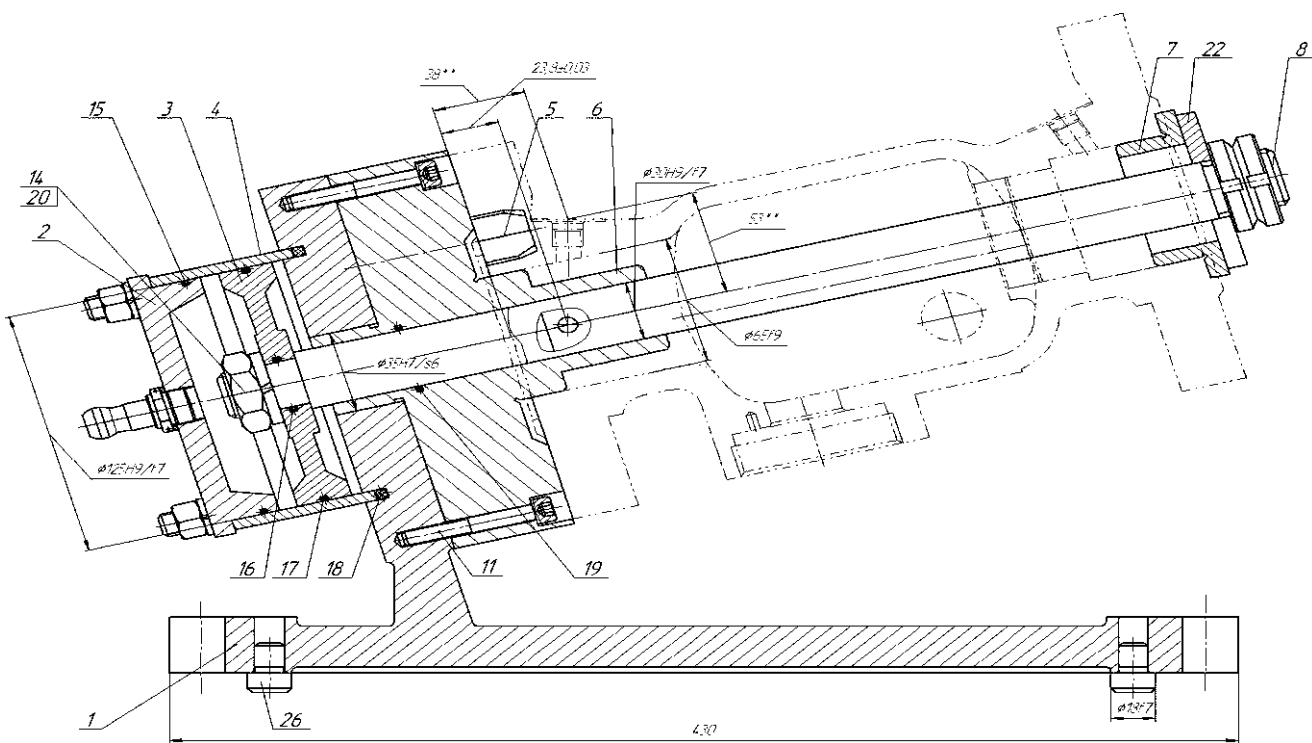



Рисунок 3.5 – Компонировка приспособления

### 3.2 Проектирование приспособления для контроля перпендикулярности

#### 3.2.1 Выбор схемы контроля.

Исходя из чертежа детали в соответствии с рисунком 3.6, основными базовыми поверхностями для измерения отклонения от симметричности 0,2 мм является отверстие детали  $\phi 56H9$ . Устанавливая деталь в приспособлении на отверстие детали  $\phi 56H9$ , она лишается четырех степеней свободы, а именно – вращения вокруг осей X, Y и перемещения вдоль осей X, Y.

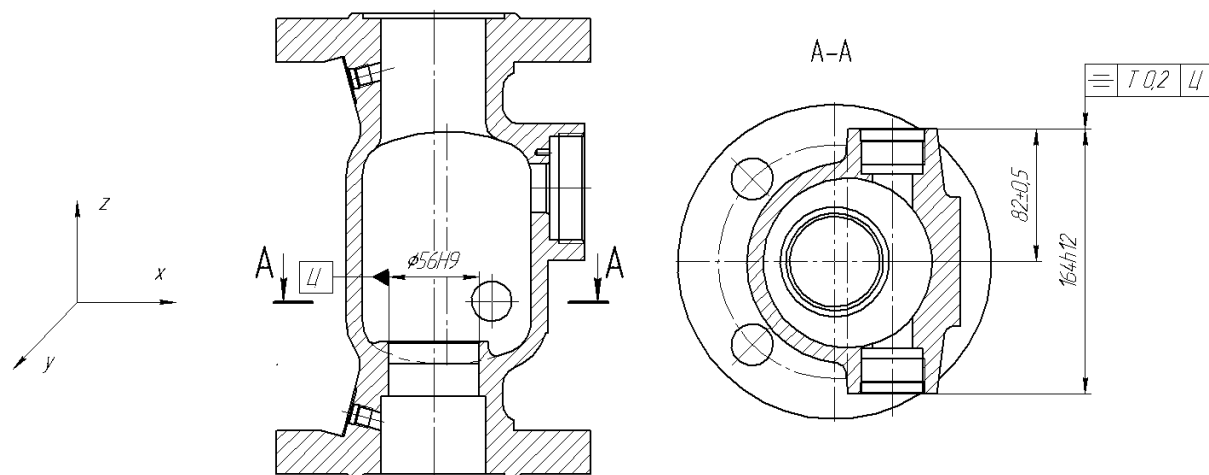


Рисунок 3.6 – Схема замера



Назначением электроконтактных датчиков является преобразование линейных отклонений, воспринятых от проверяемых деталей, в электрические импульсы, управляющие световыми сигналами контрольных приспособлений или исполнительными устройствами приспособлений для контроля деталей в процессе их обработки и контрольно-сортировочными автоматами.

Электроконтактные датчики не позволяют установить числовые значения проверяемых элементов, – они лишь осуществляют сортировку на группы, количество которых на единицу превышает число контактов датчика.

Выпуск подобных датчиков резко увеличит возможности практического применения электроконтактных методов контроля за счет большего удобства в наладке и настройке, повышения надежности процесса измерения и облегчения эксплуатации контрольных приспособлений.

Так как в обычных производственных условиях наиболее часто встречается необходимость рассортировки проверенных деталей на три группы – годные, брак по переходу за верхний предел допуска и брак по переходу за нижний предел допуска, то наиболее употребительными являются двухконтактные датчики.

В зависимости от передаточного отношения между измерительным стержнем и контактом различают датчики безрычажные (с передаточным отношением 1:1) и рычажные с увеличивающим рычагом.

В безрычажных датчиках вся величина погрешности, вызываемая работой контактов и их регулированием, входит в погрешность измерения, что снижает их точность.

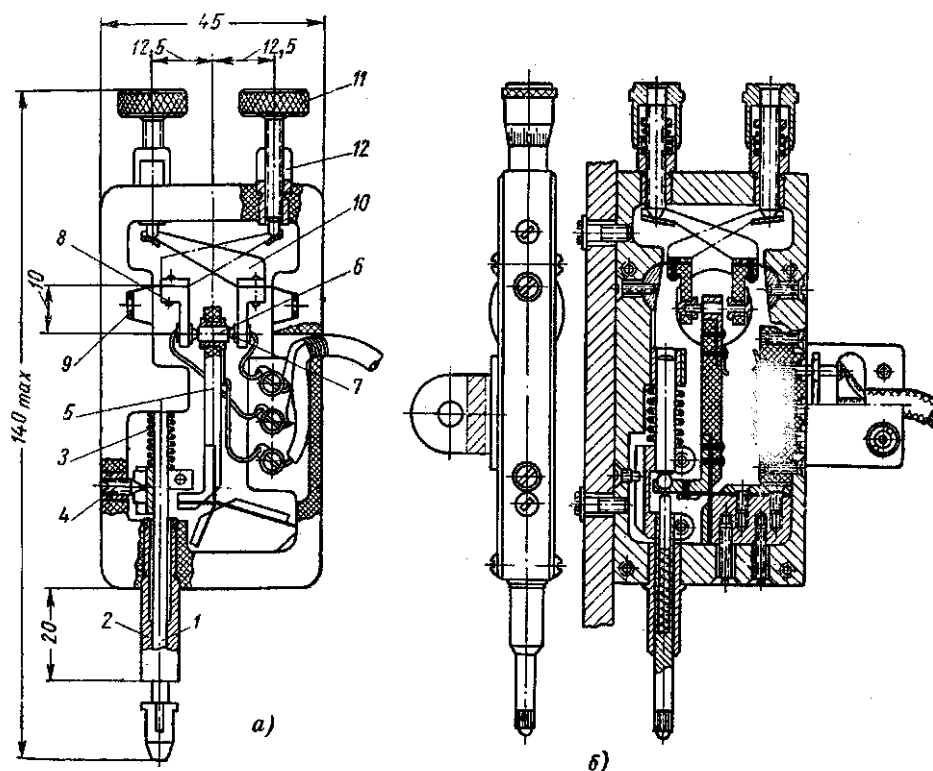


Рисунок 3.8 – Электроконтактные датчики

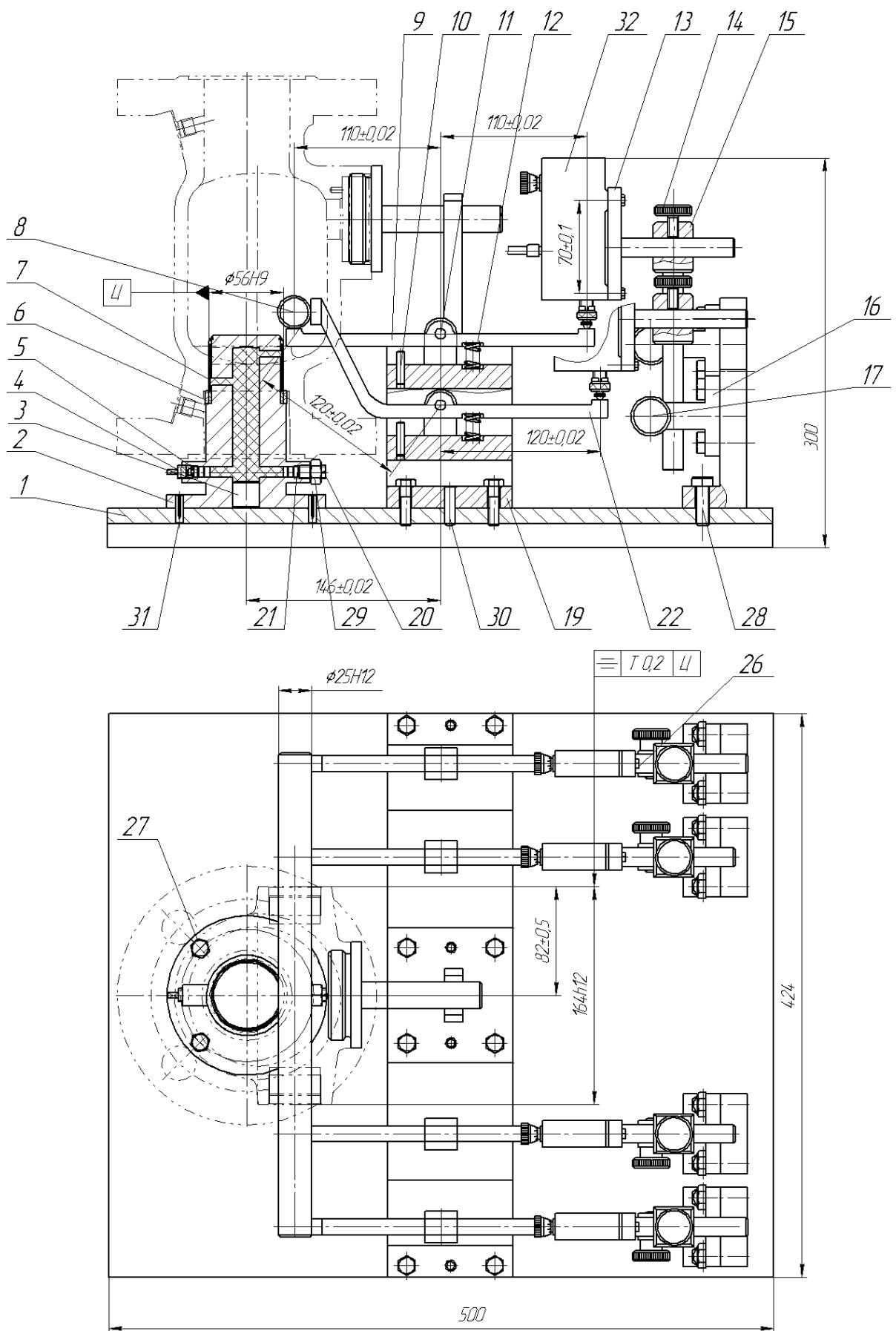


Рисунок 3.9 – Компонировка приспособления







лом подъема винтовой линии нарезаемой резьбы. Гребенки поз.3 в соответствии с рисунком 3.12 расположены в радиальных пазах корпуса поз.6 резьбонарезной головки, торец которого закрыт крышкой поз.1. Гребенки поз.3 могут перемещаться по конической части крестовины поз.2, в результате чего изменяется расстояние от оси головки до рабочей части гребенки. Крестовина поз.4 связана с тягой поз.5 и перемещается внутри корпуса поз.6 (вдоль оси) с сердечником поз.13 под действием пружины поз.15 или от рычага поз.11 с шаровой рукояткой поз.8. Тяга поз.5 связана с крестовиной резьбовым соединением, а с сердечником поз.13 - проточкой, в которую входит стопор поз.7. Корпус поз.6 имеет паз, по которому перемещается рычаг поз.11. Наладку резьбонарезной гребенки на размер производят по рабочему резьбовому калибру, по эталонной детали или по кольцу, внутренний диаметр которого равен наружному диаметру резьбы. Наладку на размер резьбонарезных гребенок производят при снятых крышке поз.1 и стопорном винте поз.20. В освободившееся отверстие в шлицы регулировочного винта поз.4 вставляют торцовый ключ, которым поворачивают по резьбе тягу поз.5 внутри крестовины поз.2. Последняя удерживается от вращения стопорным винтом поз.19, который входит в осевой паз. Вращая тягу поз.5, можно выдвигать или убирать внутрь корпуса поз.6 коническую часть крестовины поз.2. При этом гребенки поз.3 или выдвигаются, увеличивая наружный диаметр резьбы, или сдвигаются к оси головки, уменьшая диаметр резьбы.

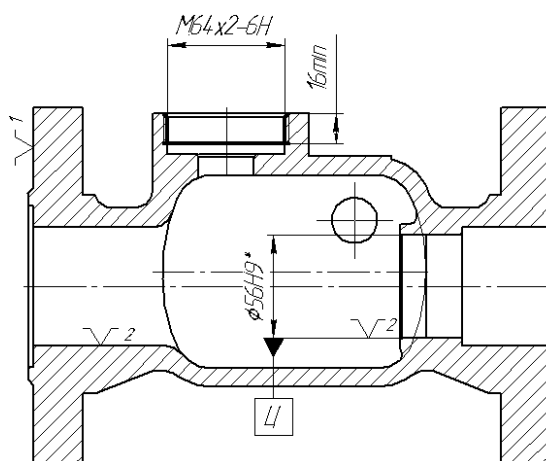


Рисунок 3.10 – Операционный эскиз

Автоматическое отключение головки при окончании нарезания резьбы производится кольцом поз.17, которое упирается в торец детали. Кольцо поз.17 устанавливают на нужный размер, перемещая на стержнях поз.16 относительно ролика поз.12, и фиксируют в нужном положении винтами поз.21 в корпусе поз.14. Ролик поз.9 выполнен подвижно вдоль корпуса поз.6, а от проворота удерживается шпонкой-роликом поз.11. При окончании нарезания резьбы кольцо поз.17 упирается в торец детали и ролик поз.12 останавливается. Корпус поз.6 продолжает перемещаться и фигурный паз корпуса поз.14 поворачивает рычаг поз.9 и выводит его из прямого участка на фигурный участок паза в корпусе поз.6, направлен-

ный в сторону хвостовика. При этом пружина поз.15 смещает сердечник поз.13 вместе с клином крестовины поз.2 в сторону хвостовика, сводит гребенки к оси головки и выводит их из резьбы, что позволяет быстро отвести головку в исходное положение.

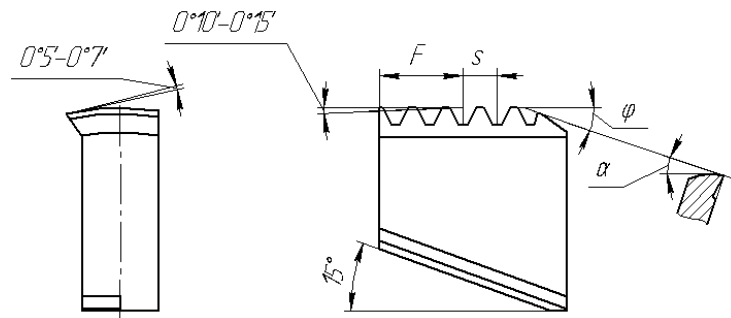


Рисунок 3.11 – Последовательность перемещений гребенок

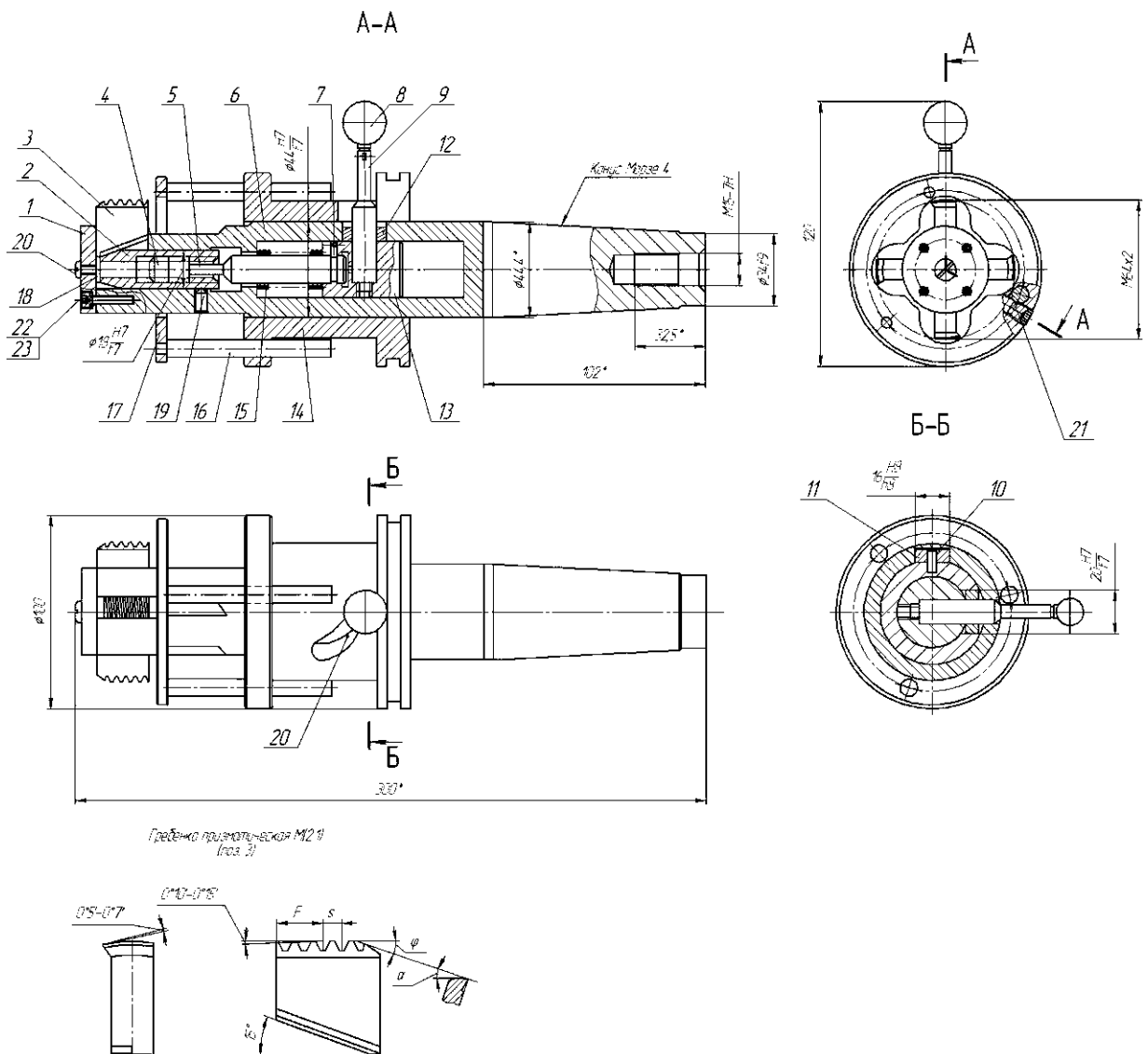


Рисунок 3.12 – Резьбонарезная головка





где  $T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время на ведущей операции,  
 $T_{пз} = 28,78$ .

Расчётная величина партии корректируется таким образом, чтобы она была не менее подсменного выпуска деталей и кратна годовому выпуску.

Норма штучно-калькуляционного времени  $T_{шк}$  на операцию определяется по формуле [11]

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_d}; \quad (4.3)$$

Для 010 операции:

$$T_{шк} = 15,1 + \frac{28,78}{22,8} = 16,36 \text{ мин.}$$

Расчёт норм штучно-калькуляционного времени для остальных операций представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

№ опер.	Наименование операции	Модель станка	Нормы времени (мин)			$n_d$ , шт..	$T_{шк}$ , мин.
			$T_o$	$T_b$	$T_{ш}$		
005	Токарная	16K20	7,68	1,6	10,28	22,8	11,1
010	Токарная с ЧПУ	NEF-600	11,68	2,0	15,1		16,36
015	Токарная с ЧПУ	NEF-600	1,71	1,0	3,09		3,33
020	комплексная	CTX beta 1250	21,4	10,2	35,78		38,74
025	Сверлильная	2H55	5,92	1,8	8,62		9,3
030	Сверлильная	2H55	0,045	1,8	2,28		2,46
035	Фрезерная	FSS-450	4,44	2,4	7,77		8,45
040	Слесарная	верстак	10,05	3,0	14,58		15,78

#### 4.2 Выбор и определение количества оборудования

Определение потребного количества оборудования и коэффициента его загрузки.

Исходя, из трудоёмкости обработки годового приведённого выпуска по каждой операции рассчитывается потребное количество станков. Расчётное количество станков  $S_{расч.}$  на каждой операции определяется по формуле [11]

$$S_{расч} = \frac{T_{шк} \cdot N_{пр}}{\Phi_d \cdot 60} \quad (4.4)$$


Полученной значение  $S'_{расч}$  округляем до ближайшего целого числа, при этом получаем принятое число станков  $S_p$  для данной операции. Коэффициент загрузки оборудования  $K_z$  на данной операции и средний коэффициент загрузки оборудования определяется по формулам [11]

$$K_z = \frac{S_{расч}}{S_p}; \quad (4.5)$$

В качестве примера рассчитаем количество оборудования и коэффициент многостаночности для операции 010

$$S_{расч\ 010} = \frac{16,36 \cdot 11810}{4015 \cdot 60} = 0,8;$$

$$K_{z\ 010} = \frac{0,8}{2} = 0,4$$

Результаты расчётов по операциям сведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Расчет количества потребного оборудования и многостаночности

№ опер	Модель станка	Nпр, шт.	Kмн	Tшк, мин	Sрасч, шт.	Sпр, шт.	Kз
005	16K20	11810	1	11,1	0,21	1	0,21
010	NEF-600		1	16,36	0,8	1	0,4
015	NEF-600		1	3,33	0,179	1	0,179
020	CTX beta 1250		0,65	38,74	2,14	2	0,71
025	2H55		1	9,3	0,403	1	0,403
030	2H55		1	2,46	0,131	1	0,131
035	FSS-450		1	8,45	0,16	1	0,16
040	Верстак				15,78	0,417	1
Итого						11	-

$$K_{з.ср} = \frac{\sum S_{расч}}{\sum S_{пр}}; \quad (4.6)$$

$$\frac{0,21 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + 0,179 \cdot 1 + 0,71 \cdot 3 + 0,403 \cdot 1 + 0,131 \cdot 1 + 0,16 \cdot 1 + 0,417 \cdot 1}{1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 3 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1} = \frac{2,706}{11} = 0,246.$$




График загрузки оборудования показан в соответствии с рисунком 4.1

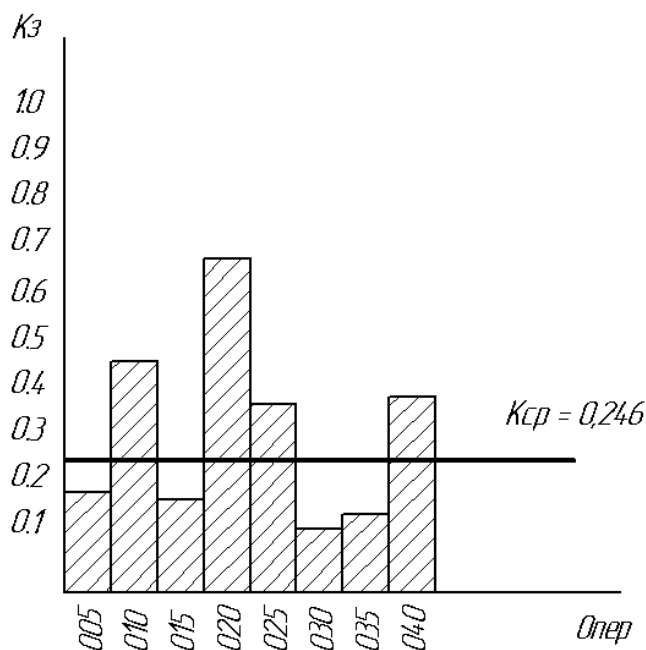


Рисунок 4.1 – График загрузки оборудования

#### 4.3 Определение состава и количества рабочих

Расчет численности производственных рабочих  $R_n$  производится по каждой профессии и разряду (по операциям), исходя из трудоемкости работ за год.

Расчет численности производственных рабочих по формуле [11]

$$R_{n.расч} = \frac{T_{шк} \cdot N_{пр}}{\Phi_{др} \cdot 60 \cdot K_m} \quad (4.7)$$

где  $\Phi_{др}$  – действительный годовой фонд времени производственного рабочего,  
 $\Phi_{др} = 1860$  ч.

$K_m$  – коэффициент многостаночного обслуживания.

Расчетное значение коэффициента многостаночного обслуживания определяется по формуле [11]

$$K_m = \frac{T_{ма} + T_{вн}}{T_{вн} + T_{вн} + T_n} \quad (4.8)$$

где  $T_{ма}$  – машинное автоматическое время;

$T_{вн}$  – вспомогательное время, не перекрываемое машинным временем;

$T_n$  – время на переход от одного станка к другому.



ги, механики, специалисты по вычислительной технике и системам управления и т.д.

По нормам, для массового типа производства при количестве основных станков до 50 штук для механических цехов число ИТР составляет 20-21% от числа производственных рабочих [11]

$$R_{\text{итр}} = 0,2 \cdot R_{\text{ст}} = 0,2 \cdot 15 = 3 \text{ чел}$$

Принимаем  $R_{\text{итр}} = 3$  чел.

Категория служащих включает работников цеховой бухгалтерии, учетчиков, табельщиков, распределителей работ, копировщиков, секретарей и др. Создание АСУ для бухгалтерского учета позволяет централизовать эту работу в масштабе завода, а в цехах иметь лиц, ведущих лишь первоначальную бухгалтерскую документацию. По нормам, для массового типа производства при количестве производственных рабочих в цехе до 75 человек для механических цехов число служащих составляет 1,2-1,4% от числа производственных рабочих [11]

$$R_{\text{сл}} = 0,012 \cdot R_{\text{ст}} = 0,012 \cdot 16 = 0,192 \text{ чел}$$

Принимаем  $R_{\text{сл}} = 1$  чел.

Общее число человек, работающих на участке, составляет сумму

$$R_{\text{ст}} + R_{\text{н}} + R_{\text{р.т.}} + R_{\text{всп.}} + R_{\text{итр}} + R_{\text{сл}} = 15 + 3 + 3 + 1 = 22 \text{ чел.}$$

#### 4.4 Выбор типов и определение количества транспортных средств

Межоперационное транспортирование деталей в данном случае вес обрабатываемой детали 16 кг и при наибольшем размере 293мм, деталь - «Корпус» может осуществляться электротележками.

Изготовленные на механическом участке детали предварительно укладываются в межоперационную тару, а затем на складе готовой продукции участка в контейнеры весом 400 кг. Контейнеры транспортируются краном на склад сборочного цеха или на склад завода. Потребное количество электротележек определяется по формуле [11]

$$T = \frac{Q \cdot i}{g \cdot 60 \cdot \Phi_{\text{н}} \cdot m \cdot K_1} \left( \frac{1}{v_{\text{сп}}} + t_3 + t_p \right), \quad (4.9)$$

где  $Q = 17000$  – годовой грузопоток деталей (заготовок);

$q = 0,6$  – заполнение электротележки за один рейс;

$I = 2$  – количество транспортных операций за один рейс (туда и обратно);


$\Phi_s = 2070$  – номинальный годовой фонд времени работы электротележки в одну смену;

$K_1 = 0,85$  – коэффициент, учитывающий простой электротележки;

$l_{cp} = 50$  м – средний пробег электротележки за один рейс туда и обратно;

$V_{cp} = 5$  м/мин – средняя скорость электротележки;

$m = 2$  – количество рабочих смен в сутки;

$t_r, t_3 = 5$  мин. – время одной загрузки и одной разгрузки тележки.

$$T = \frac{17000 \cdot 20}{20 \cdot 60 \cdot 2070 \cdot 2 \cdot 0,85} \left( \frac{70}{5} + 5 + 5 \right) = 1,93$$

Принимаем  $T = 2$ .

#### 4.5 Выбор и определение потребного количества мостовых кранов

Потребность количества кранов определяют по формуле [11]

$$K = \frac{D \cdot i}{\Phi \cdot m} \cdot \frac{\left( \frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_a + t_p \right)}{\Phi_i \cdot K_i} \quad (4.10)$$

где  $D$  – количество перевезенных грузов (контейнеров с деталями) определяется по формуле [11]

$$D = \frac{N \cdot G_i}{G_k} \quad (4.11)$$

где  $G_j = 16,7$  кг – вес одной детали;

$G_k = 500$  кг – вес контейнера с деталями;

$m = 2$  – количество рабочих смен в сутки;

$\Phi = 240$  – количество рабочих дней в году;

$i$  – количество крановых операций на один перевезенный груз;

$l_{cp} = 40$  м – средняя длина пути на одну крановую операцию;

$V_{cp} = 8$  м/мин – средняя скорость движения крана;

$t_3, t_p = 5$  мин. время на одну загрузку и одну разгрузку;

$\Phi_i = 480$  мин. номинальный фонд работы крана;

$K_i = 0,85$  – коэффициент, учитывающий простой крана.

$$D = \frac{17000 \cdot 16,7}{500} = 567,8$$


$$K = \frac{567,8 \cdot 2}{240 \cdot 2} \cdot \frac{\left(\frac{80}{8} + 5 + 5\right)}{480 \cdot 0,85} = 0,12$$

Принимаем  $K = 1$

Коэффициент загрузки крана  $K_{зкр}$  по времени определяется по формуле [11]

$$K_{зкр} = \frac{K}{K_{п}} \quad (4.12)$$

$$K_{зкр} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

Выбираем кран однобалочный с трубчатым мостом и кабиной показан в соответствии с рисунком 4.2

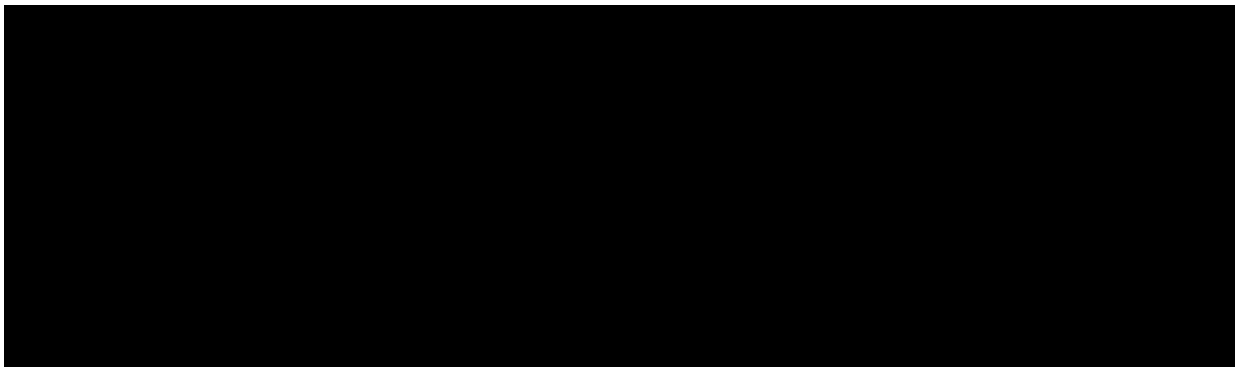


Рисунок 4.2– Кран однобалочный с трубчатым мостом

#### 4.6 Дополнительное грузоподъемное оборудование

В качестве дополнительного подъемного оборудование выбираем по ГОСТ 19811-90 кран консольный тип ККР-3 (ККМ-7) кран консольный поворотный на колонне свободно стоящий механическим поворотом консоли.

Кран свободно стоящий монтируется к полу анкерными болтами на предварительно подготовленный фундамент.

Схема консольного крана показан в соответствии с рисунком 4.3.

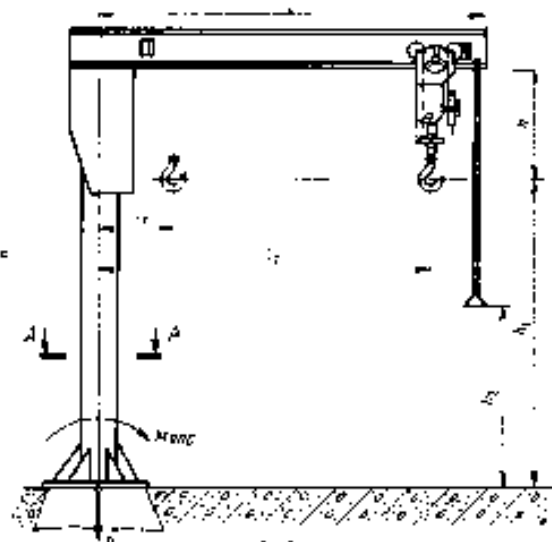



Рисунок 4.3 – Кран консольный тип ККР-3

#### 4.7 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей

При большом объеме выпуска изделий целесообразно, чтобы склады металла находились при соответствующих цехах - потребителях. Цеховой склад заготовок предназначен для обеспечения бесперебойного снабжения станков и поточных линий материалами и заготовками.

Площадь цехового склада материалов и заготовок определяются по формуле [11]

$$F_{сз} = Q \cdot t / (260 \cdot q \cdot K_{и}) \quad (4.13)$$

где  $Q$  – масса заготовок годового объема выпуска,  $Q = 200$  т;

$q$  – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр,  $q = 0,7$  т ;

$t$  – среднее количество рабочих дней, в течении которых заготовки хранятся на складе до поступления на обработку,  $t = 4$  дней;

$K_{и}$  – коэффициент использования площади,  $K_{и} = 0,3$ .

$$F_{сз} = 200 \cdot 4 / (260 \cdot 0,7 \cdot 0,3) = 14,6 \text{ м}^2$$

Принимаем  $F_{сз} = 15 \text{ м}^2$ .

Местом накопления и хранения окончательно обработанных деталей, ожидающих поступления на сборку, является промежуточный склад.

Потребную площадь для промежуточного склада рассчитывают по формуле [11]

$$F_{сд} = Q \cdot t_1 / (260 \cdot q_1 \cdot K_{и}), \text{ м}^2, \quad (4.14)$$

где  $Q$  – масса деталей годового объема выпуска,  $Q=100$  т;


$q_1$  – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр,  $q_1 = 0,6$  т ;  
 $t_1$  – число рабочих дней запаса,  $t_1 = 10$  суток;  
 $K_i$  – коэффициент использования площади,  $K_i = 0,25$ .

$$F_{сд} = 100 \cdot 0 / 260 \cdot 0,6 \cdot 0,25 = 25,6 \text{ м}^2$$

Принимаем  $F_{сд} = 26 \text{ м}^2$ .

#### 4.8 Выбор способа транспортирования стружки

В результате механической обработки металлов резанием образуется значительное количество стружки, которое можно определить как разность масс заготовки и детали из расчета годового объема выпуска. При укрупненных расчетах массу стружки можно принимать равной 10... 15% массы готовых деталей. Для облегчения транспортирования длина стружки должна быть не более 200 мм, а диаметр спирального витка - не более 25.. 30 мм.

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки, образованного на  $1 \text{ м}^2$  цеха. Существует три системы уборки стружки от станков: М - механизированная с использованием ручного труда, средств малой механизации; К - комбинированная, когда предусматривают линейные конвейеры вдоль станочных линий со специальной тарой в конце конвейера; А - автоматизированная с применением средств непрерывного транспорта.

Площадь участка определяется по формуле [11]

$$F = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_3 \cdot q_3, \quad (4.15)$$

где  $n_1, n_2, n_3$  – количество станков соответственно мелких, средних и крупных,  
 $n_1 = 1$  шт.,  $n_2 = 4$  шт.,  $n_3 = 5$  шт.

$q_1, q_2, q_3$  – удельная площадь, приходящая соответственно на один мелкий, средний и крупный станок,

$$q_1 = 10 \text{ м}^2, q_2 = 25 \text{ м}^2, q_3 = 30 \text{ м}^2$$

$$F = 1 \cdot 10 + 4 \cdot 25 + 5 \cdot 30 = 260 \text{ м}^2$$

Площадь вентиляции  $F_v$

$$F_v = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ м}^2.$$

Общая площадь

$$F_{об} = F + F_v = 275 \text{ м}^2.$$

Масса отходов

$$1381 - 906 = 475 \text{ т}.$$

Количество стружки на 1 м цеха по формуле

$$Q = (M_з - M_д) \cdot N_{пр} / F \cdot 1000 \quad (4.16)$$

$$Q = (25 - 16,7) \cdot 17000 / 275 \cdot 1000 = 0,5.$$

Так как  $Q=0,6$  принимаем комбинированную систему транспортирования стружки (система К от 0,2 до 0,55), предусматриваются линейные конвейеры вдоль станочных линий со специальной тарой в конце конвейера.

Линейные конвейеры размещают в каналах глубиной 600–700 мм и шириной 400–500 мм.

Принимаем глубину линейного конвейера равной 700 мм, а ширину – 500 мм.

В качестве транспортера стружки выбираем шнековый транспортер показан в соответствии с рисунком 4.4.

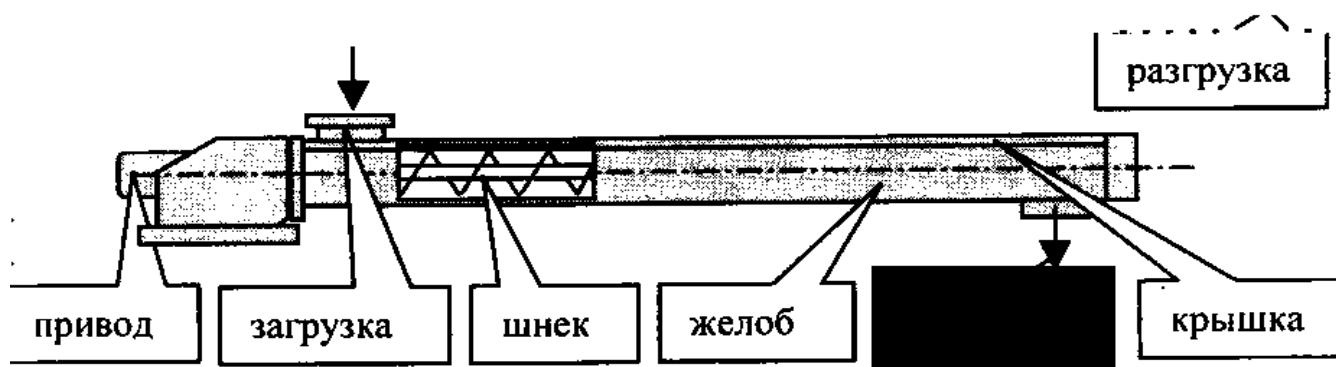


Рисунок 4.4 – Схема шнекового транспортера

#### 4.9 Планировка оборудования

Планировку оборудования выполняют 1:100 для малых и средних цехов. При планировке оборудования учитывают все факторы, которые оказывают влияние на работающих. Основные из них следующие: доступ к рабочим местам, близость комнат курения и туалетов, хорошее освещение, достаточный обмен воздуха.

Планировка участка, выполненная в соответствии с рисунком 4.5.



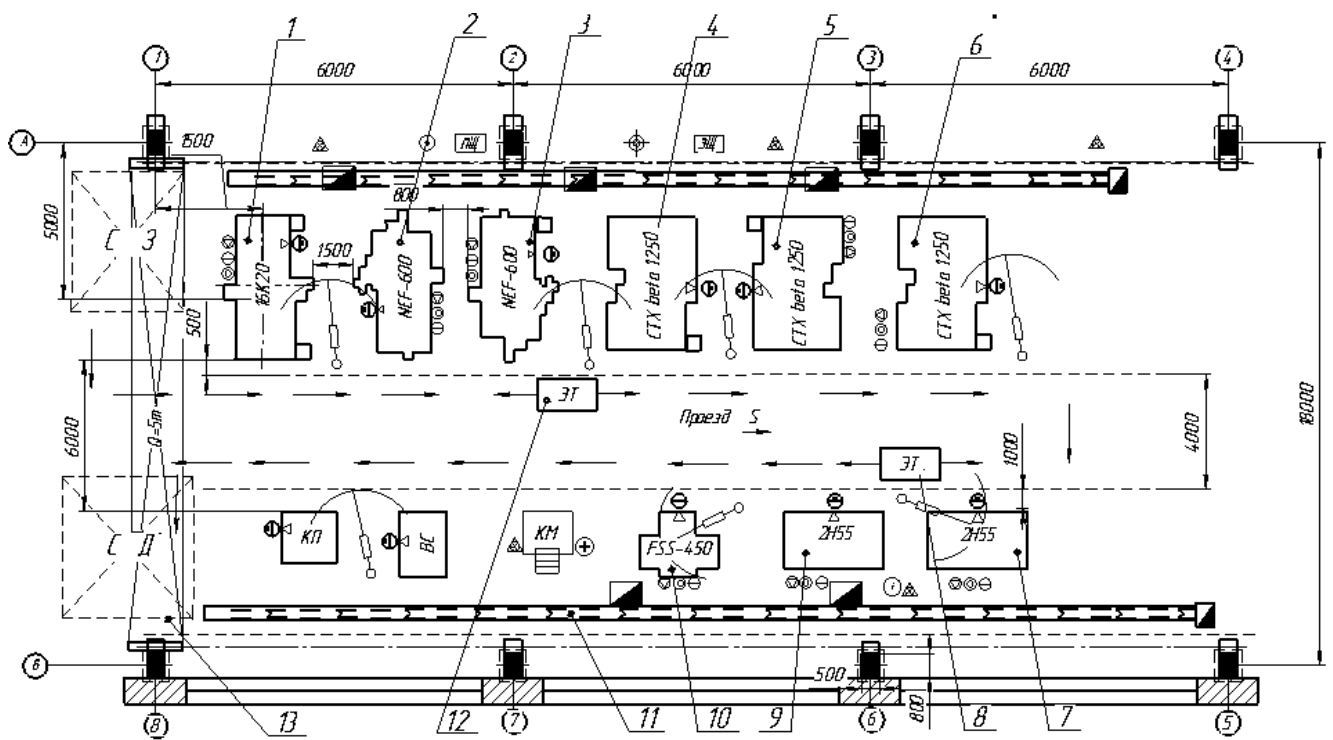


Рисунок 4.5 – Планировка механического участка

После расстановки оборудования получили фактическую площадь: ширина участка  $L = 20$  м, длина участка  $L_n = 30$  м.

Фактическая площадь определяется по формуле [11]

$$F = L \cdot n$$

$$F = 2 \cdot 30 = 600 \text{ м}^2.$$

Расчетная площадь равна  $F_{\text{расч}} = 600 \text{ м}^2$ ,

Расхождение расчетной площади от фактической в процентном отношении определяем по формуле

$$\delta = (F - F_{\text{расч}}) / F \cdot 100\%,$$

$$\delta = (390 - 600) / 390 \cdot 100\% = 53,1 \text{ \%}.$$

#### 4.10 Выбор типов, формы и определение размеров здания

Механосборочное производство обычно размещают в зданиях, имеющих один или несколько параллельных пролетов. Основными строительными параметрами такого здания являются :

- ширина пролета  $L$  – расстояние между продольными осями колонн
- шаг колонн  $t$  – расстояние между их поперечными осями
- высота пролета  $H$  – расстояние от уровня пола до нижней части несущей конструкций.

Выбор основных параметров здания определяются технологическим процессом и рациональным размещением производства.

Сетку колонн ( $L_{xt}$ ) и высоту  $H$  выбирают из унифицированного ряда величин.

Исходя из максимальной высоты  $h_1 = 3,32$  м оборудования, минимального расстояния  $h_2 = 1$  м между оборудованием и перемещаемым грузом, а также высоты транспортируемых грузов  $h_3 = 1$  м, крана  $h_4 = 1$  м, определяют высоту до головки подкранового рельса  $H_k$  по формуле:

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

$$H_k = 3,32 + 1 + 1 + 1 = 6,32 \text{ м.}$$

Принимаем  $H_k = 6,9$  м. Тогда высота цеха  $H = 9,6$  м.

Поперечный разрез здания у самого высокого станка изображен в соответствии с рисунком 4.6.

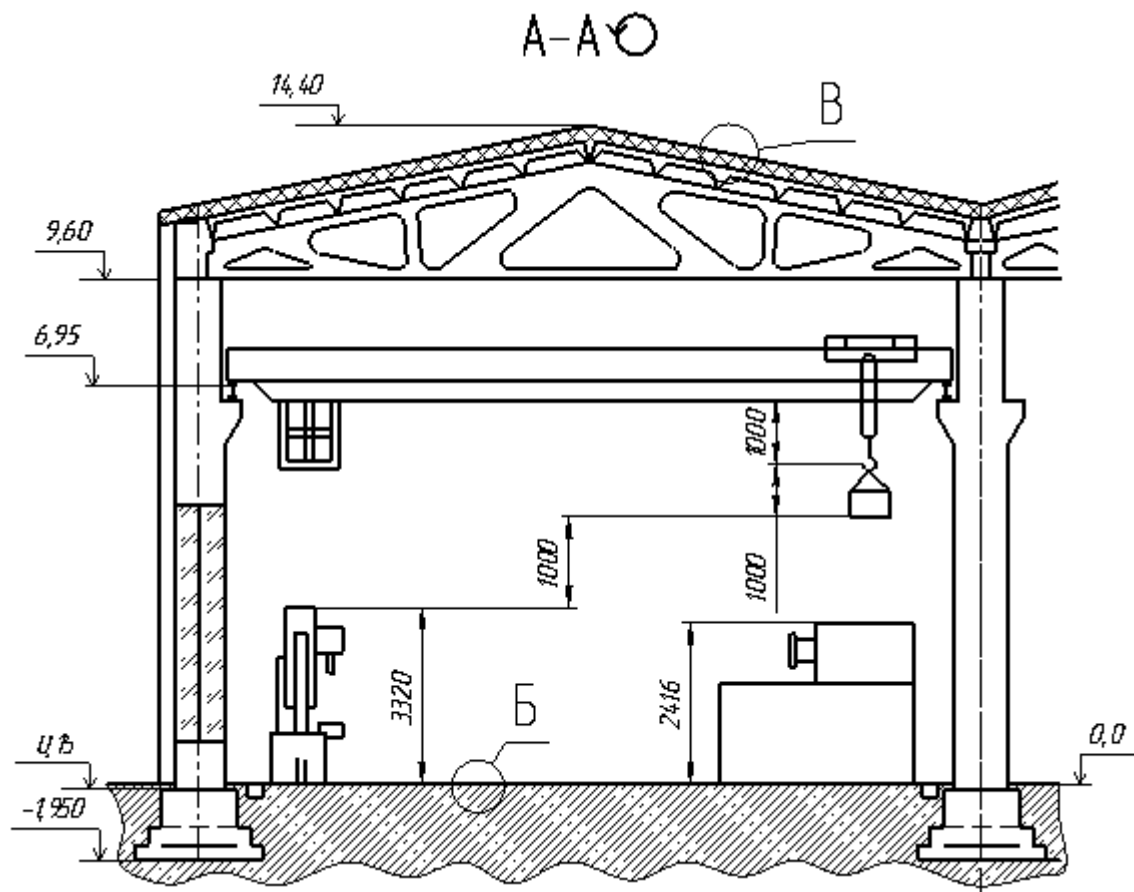


Рисунок 4.6 – Поперечный разрез здания

Колонны одноэтажных промышленных зданий преимущественно делают железобетонными прямоугольного сечения. При высоте пролетов 8,4... 10,8 м, оборудованных мостовыми кранами с грузоподъемностью 10 и 20 т, ставят колонны





## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса

Результаты оценки условий труда на проектируемом участке механической обработки детали «Стакан» (на примере многостаночного обслуживания 4-х станков с ЧПУ 16Б16 Ф3) по степени отклонения параметров производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов с определением классов условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса приведены в таблицах 5.1, 5.2.

Таблица 5.1 – Санитарно-гигиенические факторы

Показатель	Период года	Единица измерения	Значение	Оценка факторов условий труда, баллы	
				Факторная	Общая
Температура воздуха на рабочем месте	Теплый	°С	22	2	2
	Холодный		18	2	
Относительная влажность воздуха	–	%	65	2	2
Скорость движения воздуха, м/с	Теплый		0,2	2	2
	Холодный		0,3		
Токсичные вещества	–	кратность превышения ПДК	0,5	1	1
Промышленная пыль	–	кратность превышения ПДК	1,0	2	2
Вибрация	–	кратность превышения ПДУ	1,05	2	2
Шум, уровень звука	–	дБА	83	2	2
Освещенность	–	кратность превышения нормы	0,8	2	2
Суммарная общая оценка факторов условий труда, баллы					15




где  $U_T$  – интегральный показатель категории тяжести в баллах;

$X_{MAX}$  – элемент условий труда на рабочем месте, имеющий наибольший балл;

$\sum_{i=1}^n X_i$  – сумма количественной оценки в баллах значимых элементов условий труда без  $X_{MAX}$ ;

$n$  – количество элементов условий труда;

10 – число, введенное для удобства расчетов.

Используя данные таблиц 7.5, 7.6 по формуле (7.8) определим интегральная оценка тяжести труда

$$U_T = \left[ 3 + \frac{(15+11)}{12-1} \cdot \frac{6-3}{6} \right] \cdot 10 = 41,818,$$

что соответствует третьей категории тяжести труда [39].

## 5.2 Расчет устройства молниезащиты

Основные компоненты этой системы: приемник молний, проводник тока, заземлитель. Первым под удар молнии попадает приемник, который в вертикальной положении устанавливают на крыше – на ее самой высокой точке. Поэтому молниеприемник должен был сделан из материала, способного противостоять высоким тепловым и динамическим нагрузкам. Как правило, его делают из полосовой и круглой стали сечением не меньше 60 кв.мм. и длиной минимум 20 см.

Для изготовления проводника тока используют стальную круглую проволоку, диаметр которой должен быть не меньше 5 мм. Токоотвод соединяется с молниеприемником с помощью сварки, запаивания или болтовых креплений. Однако в любом случае важно, чтобы площадь соединения почти в два раза превышала площадь сечения деталей. Проводник тока обычно укладывают вдоль выступов, по краям фронтонов, закрепляя специальными скобами или хомутами. Если крыша сделана из материала, который легко загорается, то в целях предупреждения возникновения пожара между токоотводом и крышей должно быть расстояние не менее 15 см.

Последний компонент – заземлитель. Его назначение – перенаправление тока в землю, следовательно, для его изготовления надо использовать материал с низким электрическим сопротивлением. Крайне важно, чтобы место, где находится заземлитель, было огорожено – причем радиус ограждения должен быть минимум 4 метра. Кроме того, это должно быть достаточно далеко от входа в дом и дорожек, которыми пользуются люди.

Чтобы выполнить расчет молниезащиты, для начала надо знать высоту приемника молний (считается расстояние от земли до верхушки). Его действие распространяется на территорию, радиус которой в полтора раза больше высоты громоот-

вода. Если эта площадь достаточно велика, то такое устройство молниезащиты зданий и сооружений вполне обоснованно.

Электрическое сопротивление заземляющего устройства должно быть не выше 10 Ом. Важно также правильно рассчитать глубину залегания в фунте заземлителя. Для сухой почвы используют два двух- или трехметровых стержня, соединенных перемычкой, к середине которой приварен токоотвод. Эту конструкцию вертикально вбивают в землю на глубину в пол метра. При высоком уровне подпочвенных вод в качестве заземлителя используют металлические уголки, которые закапывают в грунт в горизонтальном положении на глубину минимум 0,8 метра.

Все расчеты производятся согласно Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (утв. приказом Минэнерго РФ от 30 июня 2003 г. №280).

При строительстве и реконструкции для каждого класса объектов требуется определить необходимые уровни надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ).

Для специальных объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ устанавливается в пределах 0,9 – 0,999.

Уровень защиты от ПУМ возьмем первый. Ему соответствует надежность защиты от ПУМ, равная 0,99.

Для снижения опасности шаговых напряжений применяют углубленные и расщепленные заземлители в виде лучей и колец.

При устройстве молниезащиты зданий и сооружений любой категории учитывают возможность экранирования их зонами защиты молниеотводов других близко расположенных зданий и сооружений. При этом максимально используют естественные молниеотводы (вытяжные трубы, водонапорные башни, дымовые трубы, линии электропередачи и другие возвышающиеся сооружения).

Молниеотвод защищает здание и сооружение от прямых ударов. Он состоит из молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии, токоотвода (спуска), соединяющего молниеприемник с заземлителем, заземлителя, через который ток молнии стекает в землю. Вертикальную конструкцию (столб или мачту) или часть сооружения, предназначенную для закрепления молниеприемника и токоотвода, называют опорой молниеотвода.

Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии, поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения.

Зона защиты типа А обладает степенью надежности 99,5 % и выше, а зона защиты типа Б – 95 % и выше.

По типу молниеприемников молниеотводы делят на стержневые, тросовые и в виде сетки, по числу и общей зоне защиты – на одиночные, двойные и многократные. Кроме того, различают молниеотводы отдельно стоящие, изолированные и не изолированные от защищаемого здания.

Стержневые молниеотводы представляют собой вертикальные стержни или мачты, тросовые – горизонтальные стальные канаты или провода, закрепленные на




двух опорах, по каждой из которых прокладывают токоотвод к отдельному заземлителю.

При устройстве молниезащиты учитывают особенности защищаемого здания. Выбираем зону защиты типа А.

Одиночный стержневой молниеотвод. Зона его защиты при высоте  $h \leq 150$  м. представляет собой конус, вершина которого находится на высоте  $h_0 < h$ , основание образует круг радиусом  $R_0$ . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защитного уровня сооружения  $h_x$  представляет собой круг радиусом  $R_x$ . Эти величины составят для зоны типа А:

$$h_0 = 0,85 \cdot h; \quad R_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h; \quad R_x = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot \left( h - \frac{h_x}{0,85} \right) \quad (5.2)$$

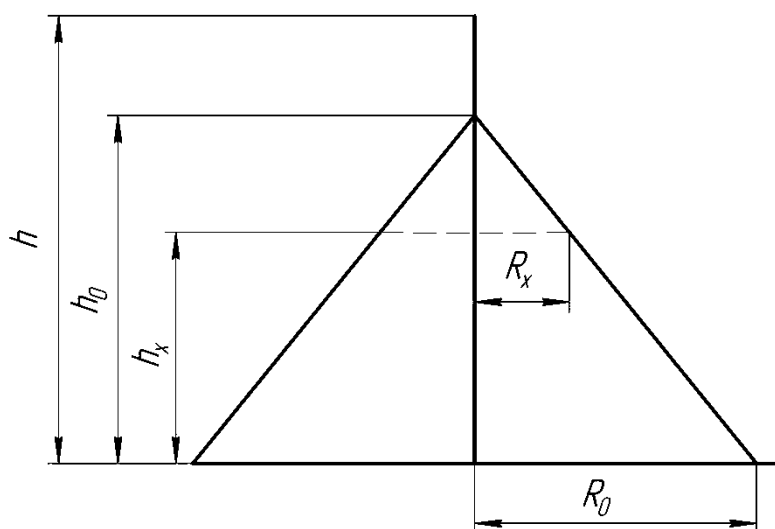


Рисунок 5.1 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 150 м.

Основным условием защищенности одного сооружения или группы сооружений высотой  $h_{xc}$  надежностью, соответствующей зоне типа А, является неравенство для всех  $R_{xc} > 0$  попарно взятых молниеотводов. Величину  $R_{xc}$  для типа А зоны защиты рассчитывают по формулам для двойного стержневого молниеотвода при  $n \leq 150$  м.

Плотность ударов молнии в землю определяется  $N_g = 3,35$

Параметры первого импульса тока молний:

$$I = 00 \text{ кА}, T_1 = 10 \text{ мкс}, T_2 = 350 \text{ мкс}, Q = 100 \text{ Кл}, \frac{W}{R} = 10 \text{ МДж/Ом.}$$

Параметры последовательного импульса тока молний:

$$I = 50 \text{ кА}, T_1 = 0,25 \text{ мкс}, T_2 = 100 \text{ мкс}, a = 200 \text{ кА/мкс.}$$

Параметры длительного тока молнии в промежутке между импульсами:

$$Q_{\text{дл}} = 200 \text{ Кл}, T = 0,5 \text{ с}$$

Форма импульсов тока определяется следующей формулой:

$$i(t) = \frac{\left[ I \cdot \left( \frac{t}{\tau_1} \right)^{10} \cdot e \cdot \left( \frac{-t}{\tau_2} \right) \right]}{h} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{t}{\tau_1} \right)^{10} \right], \quad (5.2)$$

где  $I$  – максимум тока;

$h$  – коэффициент, корректирующий значение максимума тока;

$t$  – время;

$\tau_1$  – постоянная времени для фронта;

$\tau_2$  – постоянная времени для спада.

Параметры для расчета формы импульса тока молнии:

1. Для первого импульса

$I = 200 \text{ кА}; h = 0,93; \tau_1 = 19,0 \text{ мкс}; \tau_2 = 485 \text{ мкс}.$

$i(t) = -0,5 \text{ Кл/с}.$

2. Для последующего импульса

$I = 50 \text{ кА}; h = 0,993; \tau_1 = 0,454 \text{ мкс}; \tau_2 = 143 \text{ мкс}.$

$i(t) = -0,18 \text{ Кл/с}.$

3. Длительный импульс может быть принят прямоугольным со средним током  $I$  и длительностью  $T$ . Средний ток приблизительно равен:

$$I_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{дл}}}{T}, \quad (5.3)$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{200}{0,5} = 400 \text{ Кл/с}.$$

### 5.3 Обеспечение безопасности при ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах

Основными причинами пожаров на пожаро-взрывоопасных объектах являются: неосторожное обращение с огнем, нарушение правил пожарной безопасности, умышленный поджог, курение, неисправное электрооборудование, неумелое обращение с электроприборами, самовоспламенение или самовозгорание веществ и материалов.

Неосторожное обращение с огнем является причиной каждого третьего пожара: непотушенные спички, окурки, отогревание огнем факелов и паяльных ламп водопроводных труб, небрежность при хранении горящих углей, золы. Пожар





– незамедлительно сообщать в пожарную охрану о возникших пожарах, неисправностях имеющихся систем и средств противопожарной защиты, об изменении состояния дорог и проездов.

Согласно Правилам пожарной безопасности на каждом предприятии приказом (инструкцией) должен быть установлен соответствующий их пожарной опасности противопожарный режим в том числе:

- определены и оборудованы места для курения;
- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- установлен порядок уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды;
- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня.

Руководители предприятий, на которых применяются, перерабатываются и хранятся опасные (взрывоопасные) сильнодействующие ядовитые вещества, обязаны сообщать подразделениям пожарной охраны данные о них, необходимые для обеспечения безопасности личного состава, привлекаемого для тушения пожара и проведения первоочередных аварийно-спасательных работ на этих предприятиях.

Территория предприятий в пределах противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и открытыми складами, должна своевременно очищаться от горючих отходов, мусора, тары, опавших листьев, сухой травы и т.п.

Горючие отходы, мусор и т.п. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями, штабелями леса, пиломатериалов, других материалов и оборудования не разрешается использовать под складирование материалов, оборудования и тары, для стоянки транспорта и строительства (установки) зданий и сооружений.

Дороги, проезды, подъезды и проходы к зданиям, сооружениям, открытым складам и водоисточникам, используемые для пожаротушения, подступы к стационарным пожарным лестницам и пожарному инвентарю должны быть всегда свободными, содержаться в исправном состоянии, а зимой быть очищенными от снега и льда.

Для всех производственных и складских помещений должны быть определены категории взрывопожарной и пожарной опасности, а также класс зоны по Правилам устройства электроустановок, которые надлежит обозначать на дверях помещений.

Около оборудования, имеющего повышенную пожарную опасность, следует вывешивать стандартные знаки (аншлаги, таблички) безопасности.

Одно из условий обеспечения пожаро-взрывобезопасности любого производственного процесса – ликвидация возможных источников воспламенения.

Проведение мероприятий по противопожарной профилактике необходимо для уменьшения числа пожаров.


Она обеспечивается [13]:

- правильным выбором степени огнестойкости объекта;
- ограничением распространения огня в случае возникновения очага пожара;
- применением систем противодымной защиты;
- безопасной эвакуацией людей;
- применением средств пожарной сигнализации и пожаротушения; организацией пожарной охраны.

Выводы по разделу пять

По выданному заданию были определены показатели тяжести и напряженности трудового процесса, произведен расчет устройства молниезащиты, рассмотрены условия обеспечения безопасности при ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах.




Себестоимость за единицу продукции 2210990: 500 = 4160,6 руб

Выводы по разделу шесть

В экономической части проведен ориентировочный расчет себестоимости механической обработки детали.




## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе разработан усовершенствованный вариант технологического процесса механической обработки детали «Корпус защитного устройства», с использованием комплексной обработки с ЧПУ, с учетом анализа современных отечественных и зарубежных технологий и решений. Выбрана заготовка получается методом штамповка на КГШП.

Технологический процесс разработан с учётом принципов постоянства баз и совмещения измерительной и технологической баз. Разработанное приспособление для обработки детали на фрезерной операции, позволяет сократить время на зажим и позиционирование детали. Спроектирован режущий инструмент – резьбонарезная головка. Спроектировано контрольное приспособление для контроля перпендикулярности, которое позволяет контролировать размер детали после обработки, тем самым, снижая возможность брака и уменьшая время на контроль размера.

В строительном разделе выполнена планировка оборудования. Оборудование на участке расположено по ходу технологического процесса.

Рассмотрены безопасные условия работы на участке изготовления изделия.

Выполнен размерный анализ технологического процесса. Благодаря чему припуски на механическую обработку минимально необходимые, что ведёт к экономии металла, времени обработки, снижению себестоимости. Рассчитана ориентировочная себестоимость изделия.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.


## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Шипова, Г.М. Моделирование и создание чертежей в Auto CAD/ В.Г. Хрящев, Г.М. Шипова – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 224 с.
- 2 Красильникова, Г.А., Автоматизация инженерно-графических работ/ С.Н. Тарелкин. В.В. Самсонов – СПб.: Питер, 2000. – 256 с.
- 3 Ведмидь, П.А Программирование обработки в NX САМ / Учебное пособие / П.А. Ведмидь., А.В. Сулинов – М.: ДМК Пресс, 2014. – 304.
- 4 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Издание официальное, 1989. – 30с.
- 5 Матвеев, В.В. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
- 6 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
- 7 Техническое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие, 2-е изд., перер. /И.М. Морозов, И.И. Гузеев, С.А. Фадюшин. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. — 65 с.
- 8 Справочник технолога машиностроителя: справочник: в 2 Т./ под ред. В.М. Кован. – М.: Машиностроение, 1956. – 584с.
- 9 Матвеев, В.В. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении./ В.В. Матвеев, Ф.И. Бойков, О.Н. Свиридов. – Челябинск.: инженерное издательство, 1998. – 100с.
- 10 Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник/ А.К. Горошкин. – 4-ое. изд. – М.: Государственное научно–техническое издательство машиностроительной литературы, 1999. – 380с.
- 11 Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов/ В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 226с.
- 12 Зависляк, Н.И. Современные приспособления к металлорежущим станкам: учебное пособие/ Н.И. Зависляк. – М.: Машиностроение, 1993. – 176с.
- 13 Смирнов, А.Т. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для вузов/ А.Т. Смирнов. – М.: Высшая школа, 2009. – 375с.
- 11 Сычев, Ю.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебно – методический комплекс/ Ю.Н. Сычев. – М.: ЕАОИ, 2008. – 311с.
- 14 Фатхутдинов, Р.А. / Организация производства: учебник. / Р.А. Фатхутдинов. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 672 с., - (Серия «Высшее образование»).