

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Политехнический институт  
Факультет «Машиностроения»  
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В.И. Гузеев

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения  
изготовления детали «Корпус топливного насоса»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 150305.2020.013.000 ПЗ ВКР

Нормоконтроль, ст. преподаватель

\_\_\_\_\_ Выбойшик А.В.

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Батуев В.В.

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор проекта

Студент группы П – 451

\_\_\_\_\_ Нестерюк Е.В.

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Нестерюк Е.В. Пояснительная  
записка к выпускной  
квалификационной работе. –  
Челябинск: ЮУрГУ, П – 452, 116 с.,  
71 ил., 13 табл., библиогр. список – 7  
наим.

В общей части пояснительной записки произведен анализ узла, в котором работает деталь. Изучены и проанализированы технические требования, предъявляемые к детали. И сформированы цель и задачи проектирования.

В технологической части произведен анализ конструкторско-технологической подготовки производства. Составлен проектный вариант технологического процесса, который включает в себя выбор оптимального способа получения отливки, выбор основного оборудования, формирование маршрутно-операционной технологии проектного варианта технологического процесса и расчет режимов резания и норм времени.

В конструкторской части спроектировано фрезерное приспособление и осевой режущий инструмент – сверло-цековка. Также выбран мерительный инструмент для операций контроля и выбран стандартный режущий инструмент.

Проведена автоматизация технологического процесса. В ходе которой разработана структурная схема гибкого производственного участка

В заключительной части рассмотрены и предложены мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

ЮУрГУ.150305.2020.575.00.ПЗ										
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
	<i>Разраб.</i>	Кармазин Е.В.								
	<i>Провер.</i>	Шаламов В.Г.								
	<i>Н.Контр.</i>	Столярова Т.В.								
	<i>Утверд.</i>	Гизеев В.И.								
Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе										
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"><i>Лит.</i></td> <td style="width: 10%;"><i>Лист</i></td> <td style="width: 10%;"><i>Листов</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">116</td> </tr> </table>					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		2	116
<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>								
	2	116								
ЮУрГУ Кафедра ТАМ										

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	11
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	12
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия .....	12
1.2 Служебное назначение детали «Корпус» и технические требования, предъявляемые к детали .....	13
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для отрасли тракторостроения .....	15
1.4 Формирование целей и задач проектирования. ....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	18
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства .....	18
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса .....	18
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента.....	32
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса. ....	39
2.1.4 Выводы по разделу.....	43
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус турбины» .....	44
2.2.1 Аналитические обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки .....	44
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	44
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	48
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса .....	50

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

2.2.5	Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса .....	56
2.2.6	Выводы по разделу .....	62
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	64
3.1.1	Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки .....	64
3.1.2	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента .....	69
3.2	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента .....	86
3.3	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля .....	91
3.3.1	Выбор модели координатно-измерительной машины .....	91
3.3.2	Выбор средств оснащения .....	94
3.3.3	Выбор схемы установки детали .....	96
3.3.4	Выбор схемы математического базирования детали в СКМ .....	97
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	98
4.1	Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали .....	98
4.1.1	Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций .....	98
4.1.2	Возможность встраивания основного оборудования в ГПС .....	98
4.1.3	Концентрация переходов на операциях механической обработки .....	99
4.1.4	Габаритные размеры детали .....	99
4.1.5	Наличие поверхностей для захвата .....	99
4.1.6	Выводы по разделу .....	100
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка .....	100
4.2.1	Определение характеристик стеллажа-накопителя .....	101

3.4.3	Расчет числа позиций загрузки и разгрузки .....	102
4.2.2	Расчет числа позиций контроля .....	102
4.2.3	Проектирование предварительной компоновки ГПУ .....	104
4.3	Выбор вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования ГПС .....	109
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе.....	112
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы.....	113
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	114
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА.....	115
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.....	115
3.5	Мероприятия по электробезопасности.....	117
6.2	Мероприятия по пожарной безопасности .....	121
	ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	124
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	125

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Разработка технологического процесса обработки детали для условий современного конкурентоспособного производства.

Целью дипломного проекта является анализ конструкторской и технологической документации с предприятия с целью последующего усовершенствования технологического процесса или написания нового варианта.

Задачи курсового проектирования:

1. Закрепление теоретических материала за период обучения в университете путем практической работы;

2. Изучение и анализ действующего технологического процесса изготовления детали «Корпус топливного насоса», анализ вариантов ее базирования при обработке, проведение проверочного размерного анализа действующего технологического процесса, изучение на практике возможностей и области применения режущего инструмента, изучение конструкций станочных приспособлений, используемых при обработке заданной детали;

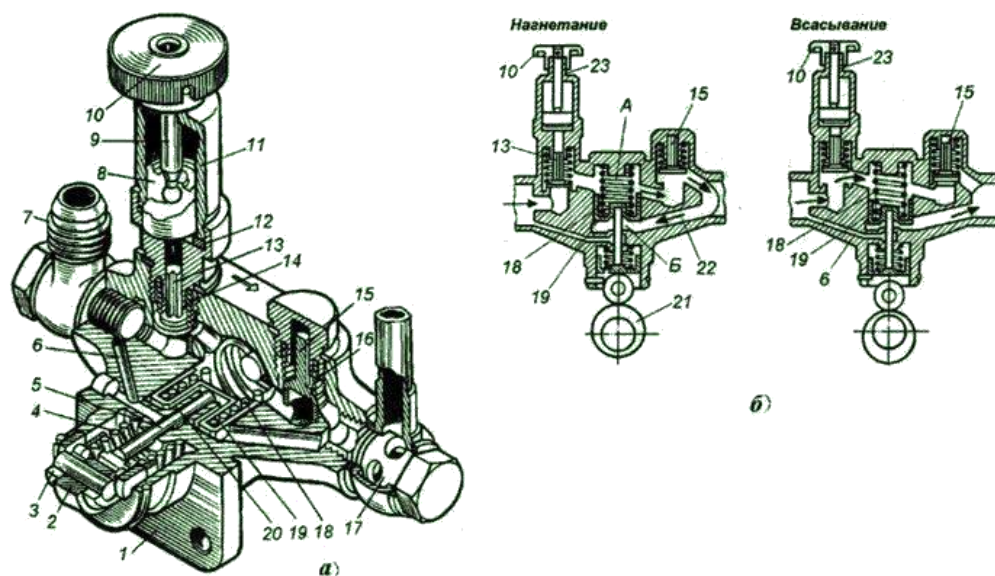
Объект работы – технологическая документация по детали «Корпус топливного насоса». Результаты работы рекомендуется использовать для работы на этом предприятии или при модификации или изменении структуры данного предприятия.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

# 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Топливоподкачивающий насос низкого давления (рисунок 1) служит для подачи топлива из топливного бака к насосу высокого давления (ТНВД). Он приводится в действие от эксцентрика кулачкового вала давления.



**Рис. 1.** Топливоподкачивающий насос (а) низкого давления дизеля марки «ЯМЗ» и его работа (б): 1 – корпус; 2 – ролик; 3 – толкатель; 4, 14, 16, 18 – пружины; 5 и 9 – штоки; 6 – дренажный канал; 7 – впускной штуцер; 8 и 19 – поршни; 10 – рукоятка; 11 – цилиндр; 12 – прокладка; 13 – впускной клапан; 15 – выпускной клапан; 17 – выпускной штуцер; 20 – направляющая втулка штока; 21 – эксцентрик кулачкового вала ТНВД; 22 – перепускной канал; 23 – резьбовой хвостовик; А, Б – полости

Рисунок 1 - Топливоподкачивающий насос низкого давления

Насос имеет поршень 19, который приводится в движение через роликовый толкатель 3, состоящий из ролика 2, штока 5 и пружины 4, прижимающей толкатель к эксцентрику 21

При движении поршня 19 вниз над ним образуется разрежение, под действием которого открывается впускной клапан 13, и топливо заполняет надпоршневое пространство (полость А). Выпускной клапан 15 при этом закрыт, прижатый пружиной 16 к своему седлу.

При движении поршня вверх давление топлива над ним возрастает, выпускной клапан при этом закрывается, а выпускной открывается, и топливо поступает к выпускному штуцеру 17, а также по перепускному каналу 22 в полость Б под поршнем.

При следующем ходе (движение поршня вниз) топливо вытесняется к выпускному штуцеру и далее к фильтру тонкой очистки.

Так как полость Б через канал 22 постоянно связана с последующей магистралью низкого давления, то при малых расходах топлива поршень 19, поджимаемый топливом из полости Б, совершает неполные ходы, а шток 5 при этом тщательно работает вхолостую.

В результате в перепускном канале 22 и последующей магистрали достигается постоянное давление, которое обеспечивается пружиной 18.

## 1.2 Служебное назначение детали «Корпус топливного насоса» и технические требования, предъявляемые к детали

Деталь «Корпус топливного насоса» (Рисунок 2) относится к деталям типа корпус класс стойки и предназначена для размещения и фиксации подвижных деталей механизма, для защиты их от воздействия неблагоприятных факторов внешней среды, а также для крепления механизмов в составе машины.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13



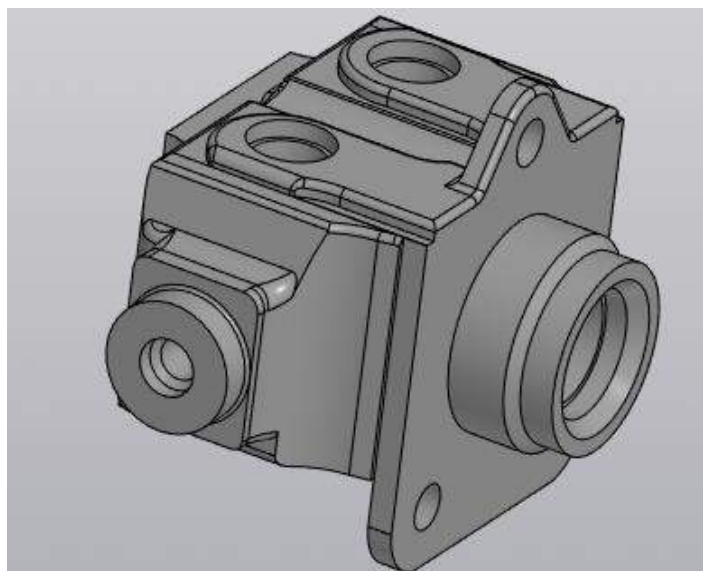


Рисунок 2 – Деталь «Корпус топливного насоса»

Детали «Корпус топливного насоса» изготавливается из СЧ20 ГОСТ1417-45. Деталь сложной геометрической формы с фасонными поверхностями ,большим количеством отверстий различного диаметра. В соответствии с классификации деталей машиностроительного производства, представленная деталь относится к классу корпусные детали. С габаритными максимальными размерами 90мм, 60мм, 70,3мм.

Наиболее ответственные размеры (наружных и внутренних поверхностей), сопрягаемых элементов являются: 24Н10, 24Н8, 32b12. 24Н10 должен быть изготовлен с верхним отклонением не более +0,084мкм от номинального диаметра 24мм, достигается данный диаметр путем растачивания. Верхнее отклонение на размере 24Н8 мм равно +0,033мкм, которое достигается путем протягивания. Диаметр 32b12 должен быть изготовлен с отклонением верхним не более -0,17 мкм и нижним не более -0,42 мкм от номинального диаметра 32 мм достигается чистовым точением. Так как это установочные поверхность, детали находятся в соприкосновении, но по отношению друг к другу неподвижны, к ним используется шероховатость Ra 10. Менее ответственные отверстия изготовлены по 14 качеству точности. Все технические требования обоснованы, полностью

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

соответствуют служебному назначению детали и должны выполняться в процессе механической обработки.

При изготовлении детали «корпус» предъявляются технические требования:

1) Не указанные литейные уклоны не более 3 мм, литейный радиусы не более 3 мм (необходимы для облегчения удаления модели из форм).

2) Допуск овальности конусообразности поверхности Т не более 0,01 мм (характеризует отклонение от геометрически правильной формы).

3) На поверхности И, М, П, Р, И, С. Допускаемые риски шириной не более 0.2 мм глубиной не более 0.1 мм (допущение установленным конструктором).

4) Покрытие лакокрасочное на наружных обработанных плоскостях система 38 ГОСТ6572-91 и по 50-ДБТ (защита от коррозии).

5) Размеры для справок (это размер, который не выполняется по данному чертежу, и указываются в качестве дополнительной информации для удобства).

### 1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для отрасли тракторостроения

В настоящее время отечественные и зарубежные передовые технологии ни в чем не уступают друг другу, так как машиностроение в XXI является материальной базой для реализации научно-технического прогресса всех передовых стран мира. От уровня развития машиностроения и от степени совершенства машин в значительной степени зависит производительность общественного труда и благосостояния народа, поэтому развитие инновационной сферы машиностроения так важно для всех стран. Новые технологии и решения, активно применяющихся в отечественном и зарубежном производстве, следующие: электроэрозионная обработка, ультразвуковая обработка, электрохимическая обработка, лазерная обработка, обработка токами высокой частоты, метод индукционного нагрева материалов, нанотехнологии

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

(наноструктурированные материалы различного назначения; тонкие пленки, приповерхностные слои, гетероструктуры; фуллерены, фуллериты, нанотрубки на их основе; технология нанесения нано-покрытий на металлорежущие инструменты с целью повышения их характеристик), технология финишной обработки поверхностей заготовок с применением высокоточных прецизионных станков, замена СОЖ на устройство охлаждения ионизированным воздухом и др. Рассмотрим более подробно как обстоят дела в отечественном машиностроении. В последнее время в России ежегодно разрабатывается около 300 проектных технологических процессов обработки для деталей различных классов. Из числа созданных за последние пять лет около 12% не имеет аналогов в мире и столько же соответствует лучшим зарубежным образцам. Более четверти общего числа созданных за последние пять лет новых технологических процессов машиностроения приходится на станкостроение и инструментальное производство. Кроме того, создано значительное число новых технологий в области конструкционных материалов, заготовительного производства, сварки, модификации поверхностей, а также специальных видов технологий. Основной целью развития машиностроительной отрасли России в ближайшее время является обеспечение растущего спроса на её высококачественную продукцию на внутреннем и мировом рынках на основе ускоренного инновационного обновления отрасли, повышения её экономической эффективности, экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения, конкурентоспособности продукции.

#### 1.4 Формирование целей и задач проектирования.

Целью курсового проектирования является разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус топливного насоса».

Задачами курсового проектирования являются:

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						16
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- описать служебное назначение детали «Корпус топливного насоса» и технические требования, предъявляемые к детали;
- проанализировать существующую конструкторско-технологическую подготовку действующего производства;
- спроектировать технологический процесс изготовления детали «Корпус топливного насоса» в условиях серийного конкурентоспособного производства отвечающим современным требованиям производства;
- подобрать оборудование, режущий инструмент и технологическую оснастку, для нового технологического процесса.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Технологический процесс оформлен в соответствии с ГОСТ 3.1117-81 «ЕСТД. Титульный лист. Правила оформления», ГОСТ 3.1118-82 «ЕСТД. Форма и правила оформления маршрутных карт», ГОСТ 3.1105-84 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения», ГОСТ 3.1404-86 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием» и ГОСТ 3.1502-85 «ЕСТД. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технический контроль».

- отсутствует наименование материала детали его твердость и масса;
- на картах эскизов, шероховатости указаны в соответствии с устаревшим ГОСТ 2789-53, который претерпел изменения 01.01.2005 г. В данной работе будет использоваться ГОСТ 2789-73.

Других несоответствий с действующим государственным стандартом и стандартом предприятия нет.

Данный технологический процесс состоит из 14 операций:

005 Токарная операция

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 3 изображен операционный эскиз точения.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

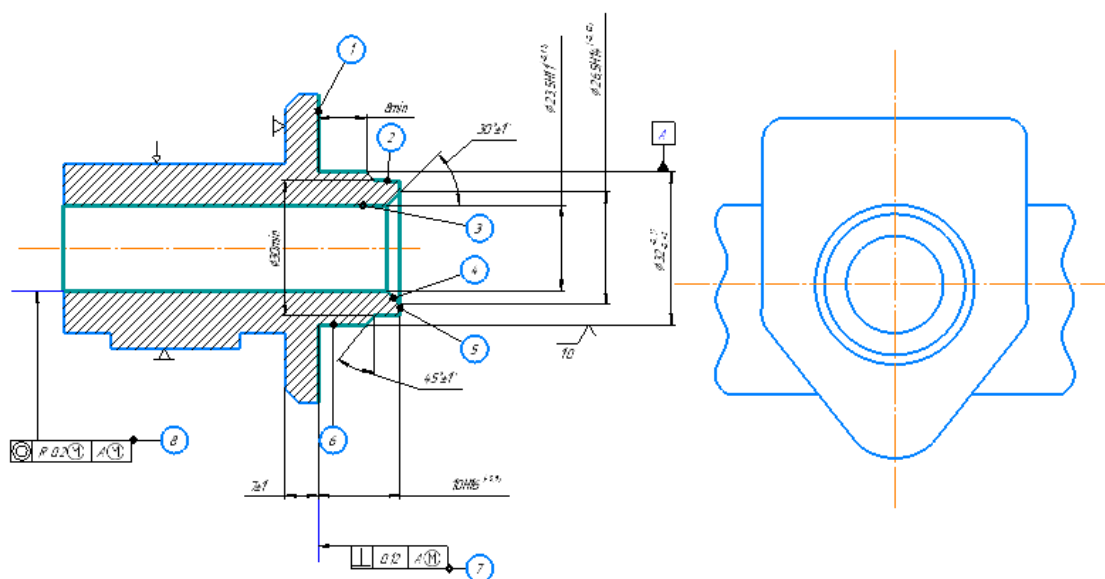


Рисунок 3 – Операционный эскиз (операция 005токарная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: токарно-револьверный 1А475

Станочное приспособление :

- токарный патрон;
- резцедержатель;
- втулка.

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 22$ мм;
- резец ВК8 16x16x30;
- резец ВК8 30x27x152;
- зенкер  $\varnothing 23$ N2мм;
- резец ВК8 16x15x80;
- резец ВК8 20x12x102;
- резец ВК8 30x20x130.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

19

Измерительный инструмент:

- ШЦ-1-125-0.1-1;
- скоба 33h13;
- скоба 32b12;
- пробка 23,5НШ ГОСТ14810-69.

010 Токарная операция

(Обработать поверхности согласные)

На рисунке 4 изображен операционный эскиз точения.

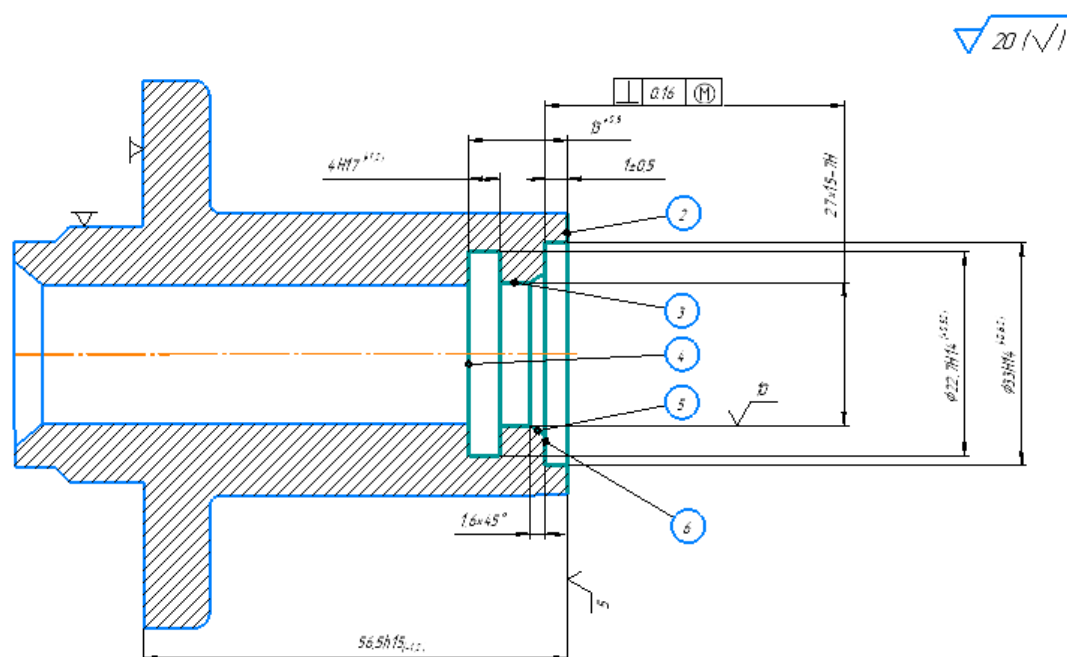


Рисунок 4 – Операционный эскиз (операция 010 токарная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: токарно-револьверный 1П365

Станочное приспособление :

- токарный патрон;
- резцедержатель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

20

Режущий инструмент:

- резец ВК8 32x20x170;
- зенкова 92x31.5;
- метчик М27x1.5-7Н.

Измерительный инструмент :

- шаблон 12Н17;
- шаблон 4Н17;
- пробка М27x1.5-7Н.

### 015 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 5 изображен операционный эскиз сверления.

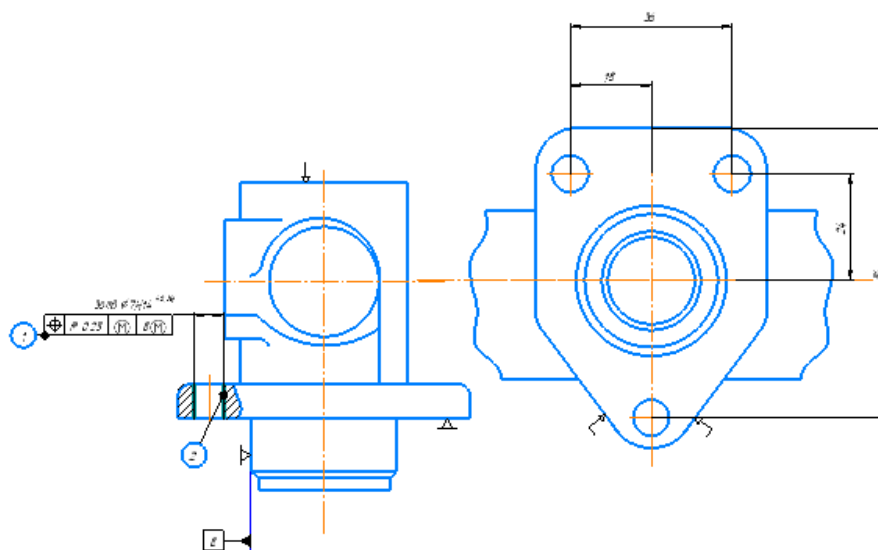


Рисунок 5 – Операционный эскиз сверления (операция 015 сверлильная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: радиально сверлильный.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21



Станочное приспособление :

- кондуктор;
- патрон ГОСТ 4077-77;
- втулка ГОСТ 13598-85.

Режущий инструмент:

- сверло 7,2.

Измерительный инструмент : Пробка 7h14 ГОСТ14810-69,

020 Фрезерная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 6 изображен операционный эскиз фрезерования.

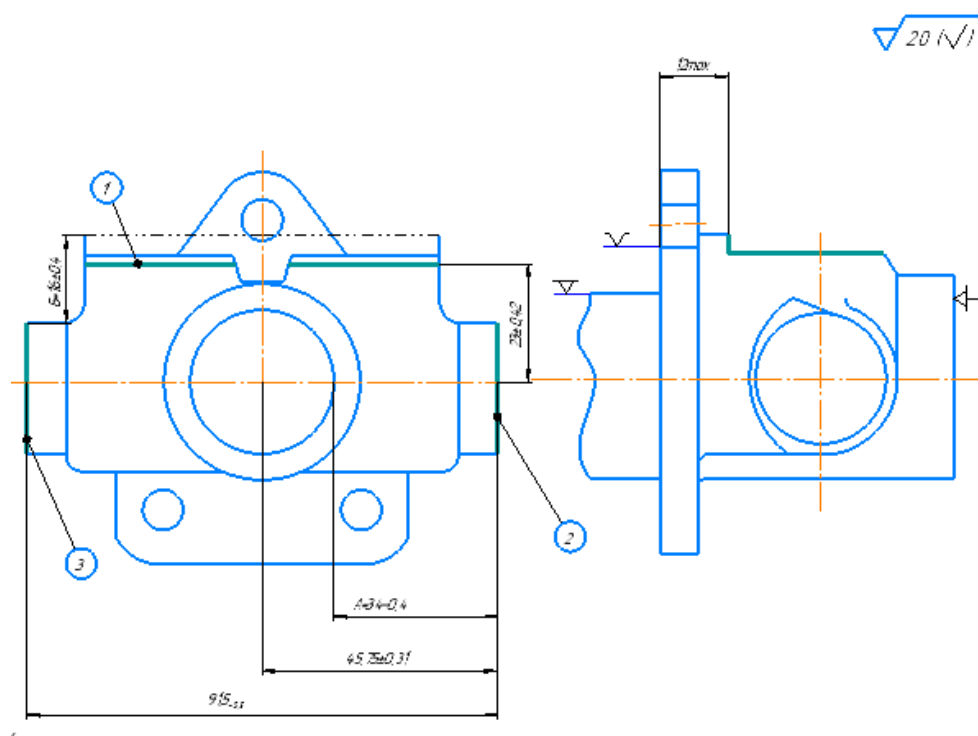


Рисунок 6 – Операционный эскиз фрезерования (операция 020 фрезерная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: горизонтально-фрезерный FW315-У.

Станочное приспособление: приспособление фрезерное.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Режущий инструмент:

- ножи 18К8;
- фреза 200(правая);
- фреза 200(левая).

Измерительный инструмент :

- ШЦ-1-125-0.1-1;
- пластина 9,8.

025 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 7 изображен операционный эскиз сверления.

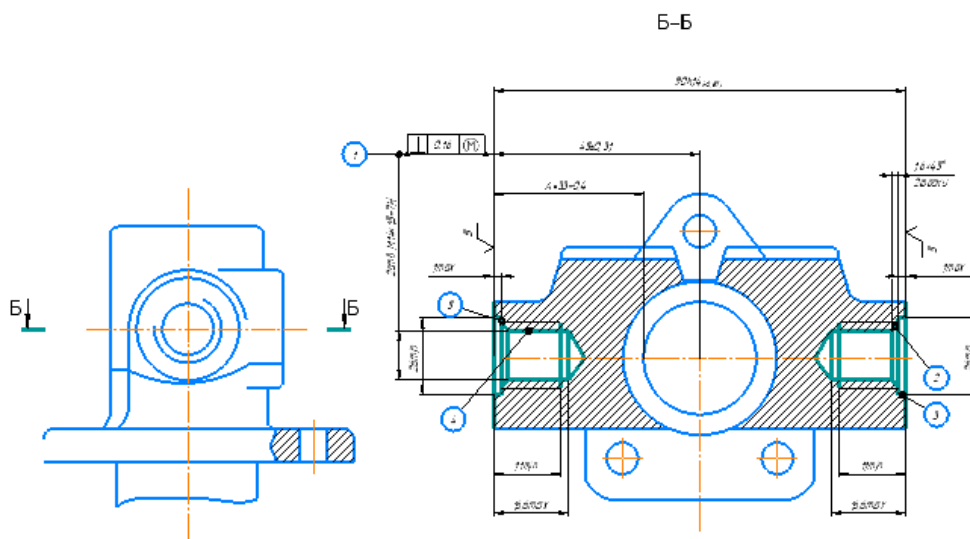


Рисунок 7 – Операционный эскиз (операция 025 сверлильная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: агрегатно-Сверлильный ХА8912.

Станочное приспособление: плита кондукторная, Втулка.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

23

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 12.5$  мм ГОСТ10903-77;
- зенковка 16x90;
- метчик М14x15-7Н.

Измерительный инструмент:

- Пробка 12.43+0.22 ГОСТ14810-69;
- ШЦ-1-125-0.1-1;
- пробка М14x15-7Н;
- щупы-70;
- набор 2набор,к.л точности 1 ТУГ-034-0221197-011-91.

030 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 8 изображен операционный эскиз сверления.

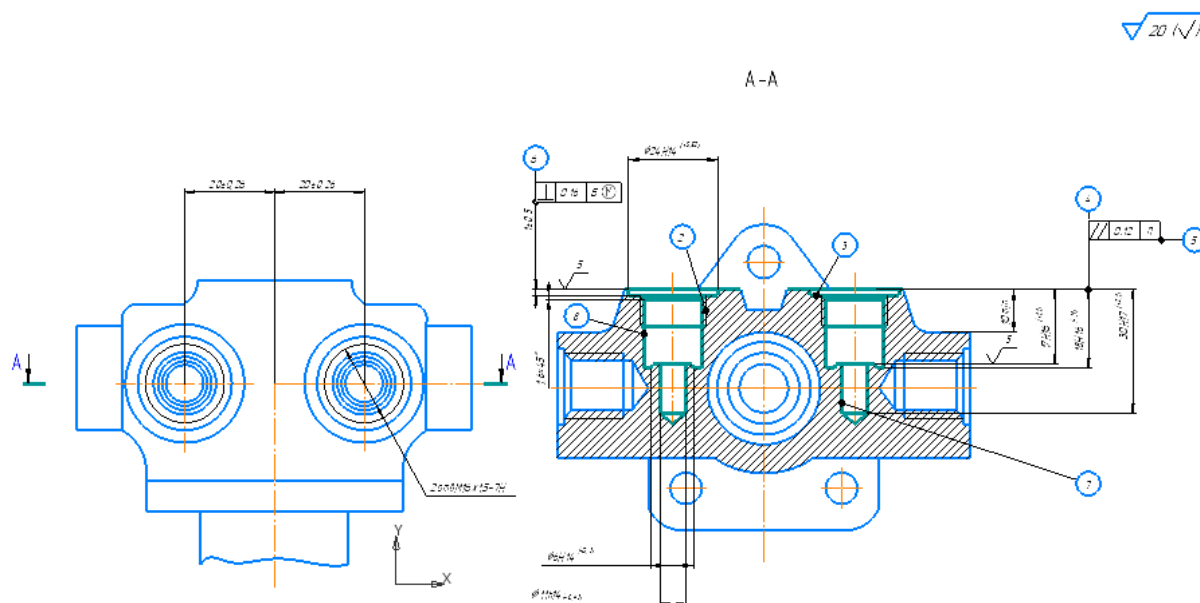


Рисунок 8 – Операционный эскиз (операция 030 сверлильная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: агрегатно-сверлильный ХА8912.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Станочное приспособление :плита кондукторная.

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 6.2$  мм;
- метчик М16х15-7Н.

Измерительный инструмент:

- пробка 6Н12 ГОСТ14810-69;
- ШЦ-1-125-0.1-1, пластина;
- пробка 13Н14 ГОСТ14810-69;
- пробка 14.5Н11 ГОСТ14810-69;
- щупы-70;
- набор 2набор, к.л точности 1 ТУГ-034-0221197-011-91;
- пробка М16х15-7Н.

035 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 9 изображен операционный эскиз сверления.

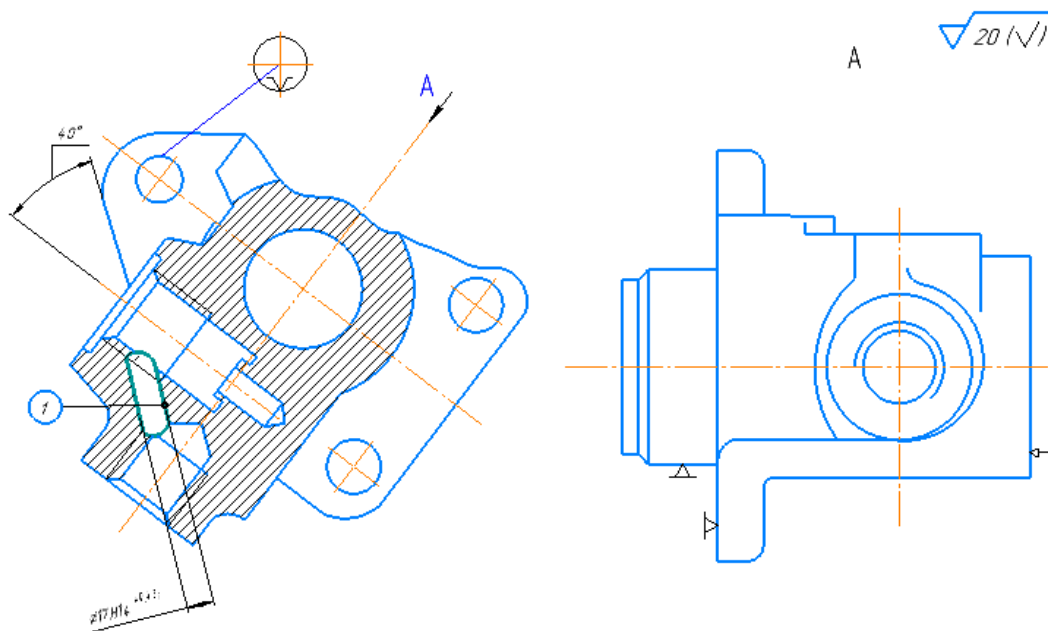


Рисунок 9 – Операционный эскиз (операция 035 сверлильная)

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: агрегатно-Сверлильный 2Н118.

Станочное приспособление :

- патрон ГОСТ14077-83;
- втулка Патрон ГОСТ14077-83;
- кондуктор.

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 7.1$  мм;
- метчик М16х15-7Н;

Измерительный инструмент:

- пробка 7Н14 ГОСТ14810-69.

040 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 10 изображен операционный эскиз сверления.

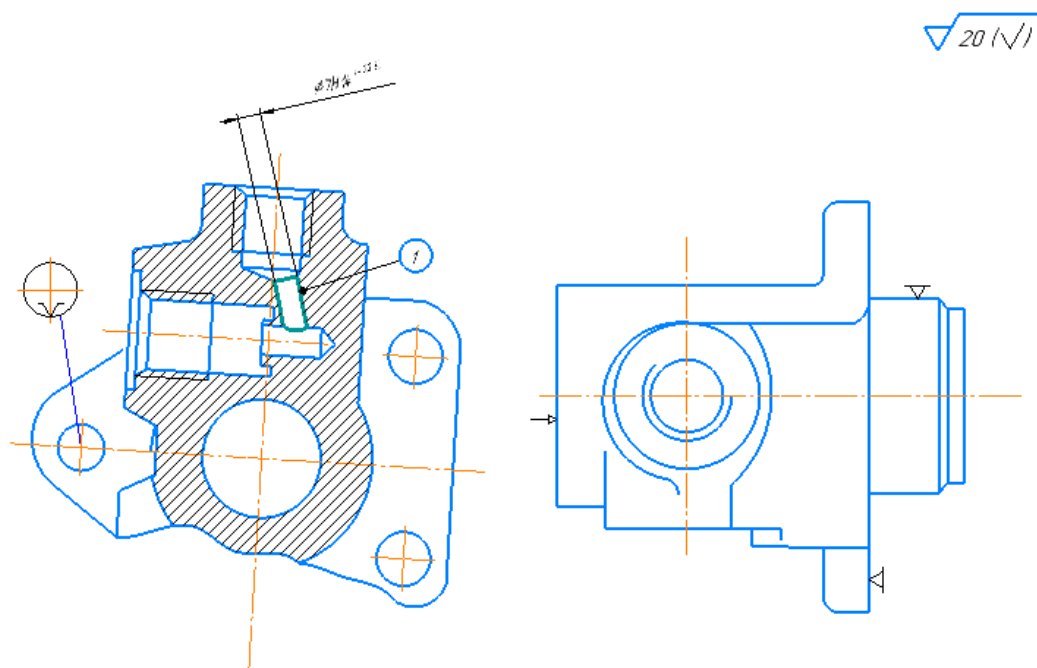


Рисунок 10 – Операционный эскиз (операция 040 сверлильная)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

26

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: агрегатно-сверлильный 2Н125.

Станочное приспособление:

- патрон ГОСТ14077-83;
- втулка Патрон ГОСТ14077-83;
- кондуктор.

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 7.1\text{мм}$ ;
- метчик М16х15-7Н.

Измерительный инструмент:

- пробка 7Н14 ГОСТ14810-69.

045 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 11 изображен операционный эскиз сверления.

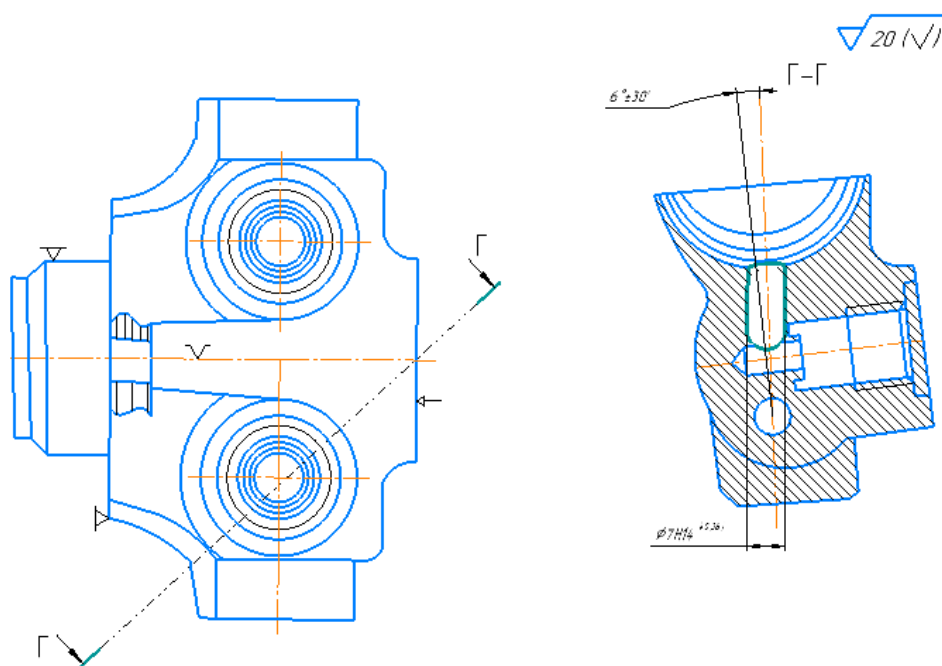


Рисунок 11 – Операционный эскиз (операция 045 сверлильная)

Оборудование: агрегатно-сверлильный 2Н157.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Переходы: обработать поверхности согласно эскизу .

Станочное приспособление :

- патрон ГОСТ14077-83;
- втулка Патрон ГОСТ14077-83;
- кондуктор.

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 7.1$  мм;
- метчик М16х15-7Н.

Измерительный инструмент:

- пробка 7Н14 ГОСТ14810-69.

050 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 12 изображен операционный эскиз сверления.

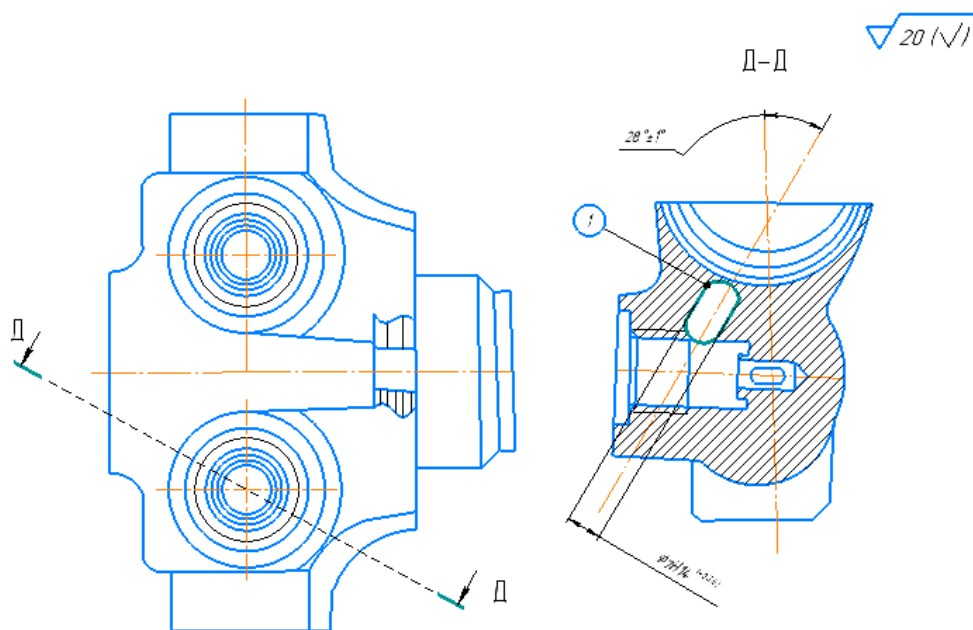


Рисунок 12 – Операционный эскиз (операция 050 сверлильная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: агрегатно-сверлильный 2Н125.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Станочное приспособление:

- кондуктор;
- патрон ГОСТ14077-83;
- втулка Патрон ГОСТ14077-83 Кондуктор.

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 7.1$  мм;
- метчик М16х15-7Н.

Измерительный инструмент:

- Пробка 7Н14 ГОСТ14810-69.

055 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 13 изображен операционный эскиз сверления.

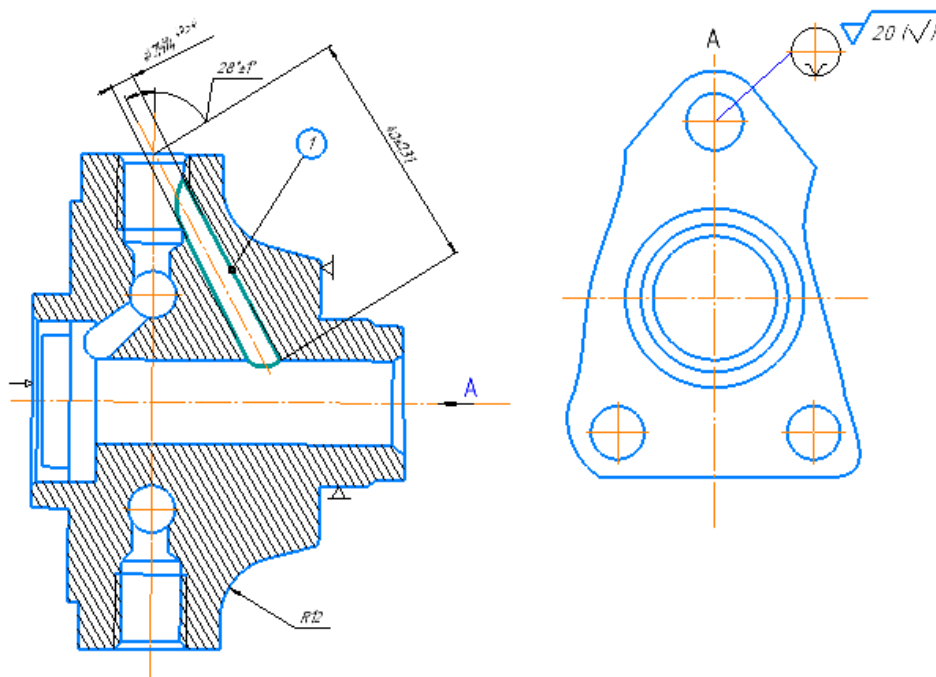


Рисунок 13 – Операционный эскиз (операция 050 сверлильная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: агрегатно-сверлильный 2Н125.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29



Станочное приспособление:

- кондуктор;
- патрон ГОСТ14077-83;
- втулка Патрон ГОСТ14077-83 Кондуктор.

Режущий инструмент:

- сверло  $\varnothing 7.1$  мм;
- метчик М16х15-7Н.

Измерительный инструмент:

- пробка 7Н14 ГОСТ14810-69.

060 Горизонтально-протяжная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 14 изображен операционный эскиз точения.

20 (✓)

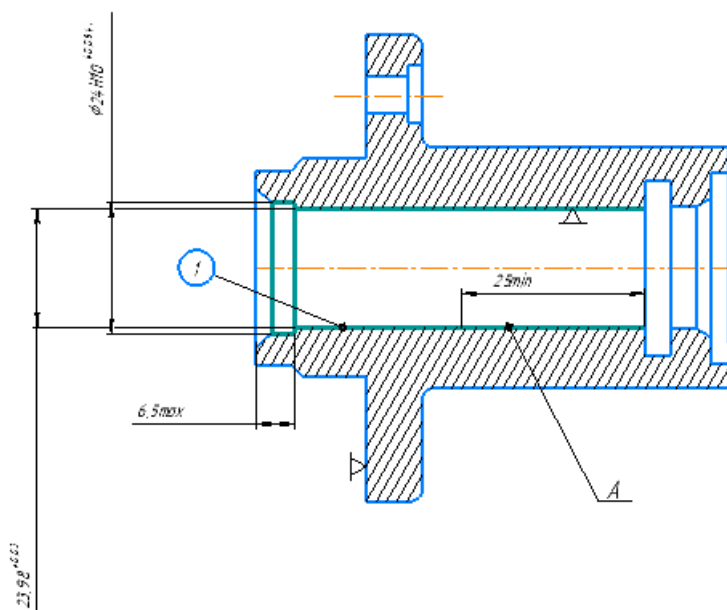


Рисунок 14 – Операционный эскиз (операция 060 протяжная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: горизонтально-протяжной 7А510.

Приспособление: патрон ГОСТ14077-71

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Режущий инструмент: протяжка 24Н.

Измерительный инструмент: нутромер R15-57-1.

072 Сверлильная

(Обработать поверхности согласно эскизу)

На рисунке 15 изображен операционный эскиз точения.

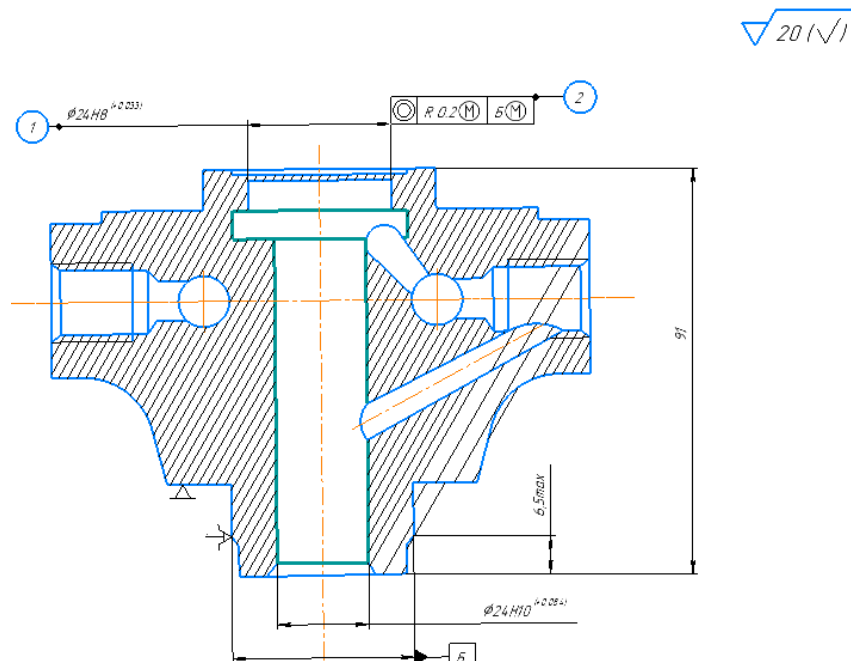


Рисунок 15 – Операционный эскиз (операция 072 токарная)

Комплект баз: установочная база и направляющая база.

Оборудование: вертикально-сверлильный 2Н135.

Приспособление

- патрон П  $\varnothing 135$  ГОСТ2675-80;
- прихват ГОСТ 4735-69.

Режущий инструмент:

- Притир алмазный  $\varnothing 24Н8$ .

Измерительный инструмент:

- Калибр  $\varnothing 24.00$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

31

## 2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Операции черновой обработки поверхностей производятся на станке 1А475 (рисунок 16) и 1М365 (рисунок 17). На полуавтомате можно выполнять обтачивание, растачивание цилиндрических, конусных и торцовых поверхностей, сверление, зенкерование и развертывание отверстий одним или несколькими инструментами.

Обработка заготовки, установленной в патроне или в приспособление, после чего осуществляется обработка сразу несколькими инструментами по программе.

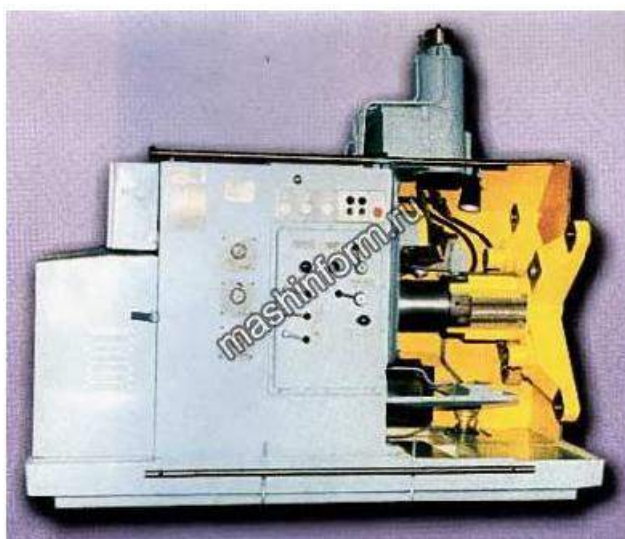


Рисунок 16 – 1А475 Станок токарный револьверный полуавтомат

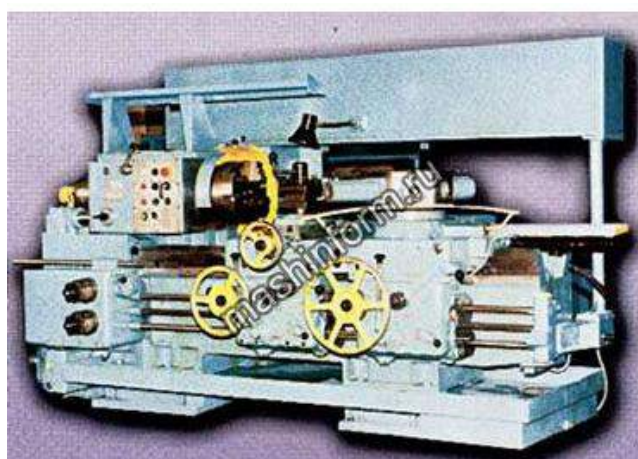


Рисунок 17 – 1М365 Станок токарный револьверный

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

Сверление и нарезание резьбы производится на горизонтально-сверлильном станке 2К52 (рисунок 18).

Станки универсальные горизонтально-сверлильные 2К52, с условным диаметром сверления 35 мм, используются на предприятиях с единичным и мелкосерийным выпуском продукции и предназначены для выполнения следующих операций: сверления» рассверливания» зенкования, зенкерования, развертывания и подрезки торцов ножами.



Рисунок 18 – Станок горизонтально-сверлильный 2К52

Для фрезерной операции обработки посадочной поверхности выбран станок горизонтально фрезерный модели FW315-у (рисунок 19).

Возможна обработка деталей из стали и чугуна в автоматических циклах горизонтально закрепленными фрезами и дисковыми фрезами, закрепленными на оправке.

На фрезерном станке данной серии предусмотрена установка вертикальных фрезерных головок, что позволяет расширить сферу применения. Серии FW оборудована поворотным столом, что позволяет расширить функциональность оборудования.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

Станки хорошо зарекомендовали себя в мелкосерийном и крупносерийном производствах.

Возможность настройки станка па различные полуавтоматические и автоматические циклы позволяет организовать многостаночное обслуживание.



Рисунок 19 – Станок горизонтально фрезерный FW315-у

Сверление и нарезание резьбы производится на агрегатно-сверлильных станках ХФ8912 (рисунок 20), станок 2Н125 (рисунок 21).

Станки универсальные агрегатно-сверлильные ХФ8912 и 2Н125, с условным диаметром сверления 27 мм, используются на предприятиях с единичным и мелкосерийным выпуском продукции и предназначены для выполнения следующих операций: сверления» рассверливания» зенкования, зенкерования, развертывания и подрезки торцов ножами.



Рисунок 20 – Станок агрегатно-сверлильный ХА8912



Рисунок 21 – 2H125 станок вертикально-сверлильный универсальный  
одношпиндельный.

Для операции протягивания используется станок горизонтально-протяжной 7A510 (рисунок 22).

Горизонтально-протяжной станок 7A510 предназначен для обработки методом протягивания предварительно обработанных или черновых сквозных отверстий

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

различной геометрической формы и размеров деталей из черных и цветных металлов и сплавов. При помощи специальных приспособлений можно обрабатывать наружные поверхности.

Наиболее эффективно использование станка — в массовом и крупносерийном производстве. Простота переналадки станка позволяет применять его в мелкосерийном и единичном производстве.

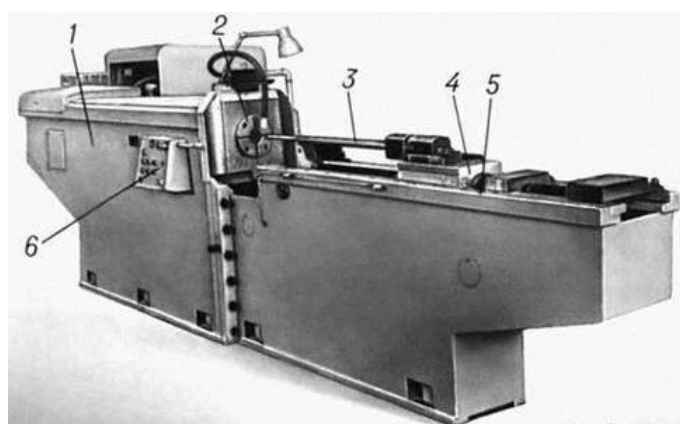


Рисунок 22 –Станок горизонтально-протяжной

Сверление и нарезание резьбы производится на вертикально-сверлильном станке 2Н135 (рисунок 23).

Станки универсальные вертикально-сверлильные 2Н135, с условным диаметром сверления 35 мм, используются на предприятиях с единичным и мелкосерийным выпуском продукции и предназначены для выполнения следующих операций: сверления» рассверливания» зенкования, зенкерования, развертывания и подрезки торцов ножами.



Рисунок 23 – 2H135 станок вертикально-сверлильный универсальный одношпиндельный.

Для выполнения операции сверления 55 используется приспособление, изображенное на рисунке 24.

Состоит из литого корпуса, на который крепятся базирующие детали.

Установим деталь в станочное приспособление по цилиндрической поверхности с упором в торец, обеспечив тем самым требуемое положение относительно режущего инструмента. Для сохранения достигнутого положения произведем закрепления закрепление заготовки зажав ее. Зажим осуществляется при помощи тяги 2 с установленной на ней шайба прижимная 1. Тяга 2 перемещается в месте с поршнем перемещаться по действием сжатого воздуха в штуцер В. В результате этого мы добились сохранения требуемого положения достигнутого при базировании. Расжатие детали происходит обратным путем, то есть сжатый воздух подается в штуцер Б, при этом остаточный воздух выходит через штуцер В. После этого происходит съем детали и установка следующей заготовки. Сверление отверстия осуществляется в кондукторной плите установленной на СП. Направление сверла осуществляется при помощи

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37



кондукторной втулки. Таким образом достигается точность и месторасположение отверстия, заданная конструктором по чертежу детали.

Чертеж станочного приспособления представлен на рисунке 27

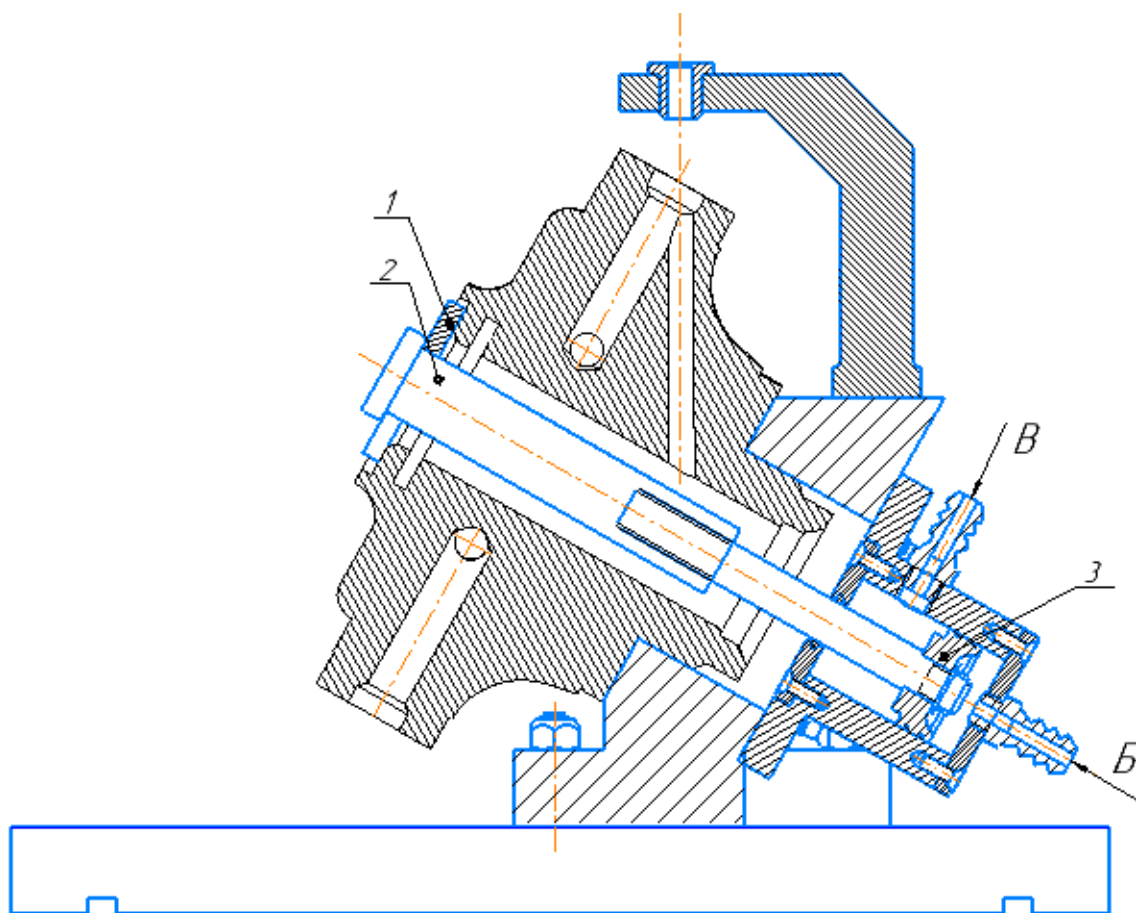


Рисунок 24 – Приспособление фрезерное Главный вид: 1 – Шайба прижимная ,  
2 – Тяга, 3 – Поршень , В – Выходное отверстие, Б – Входное отверстие

Таким образом, схема базирования отнимает 5 степеней свободы и не имеет неопределённости.

Схема базирования осуществляется по базовой поверхности и пальцу, требования на операции показаны на рисунке 25.

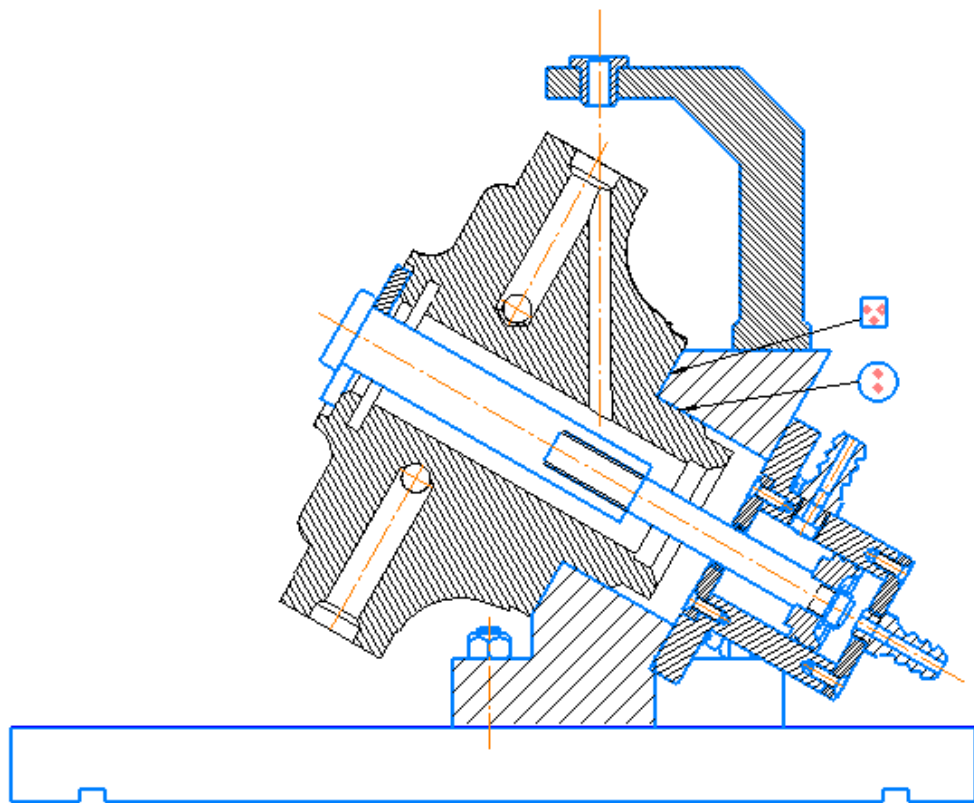


Рисунок 25 – Приспособление фрезерное

### 2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.

Размерный анализ технологического процесса (рисунок 26) проводится с целью проверки обеспечения заданной точности детали при использовании действующего технологического процесса.

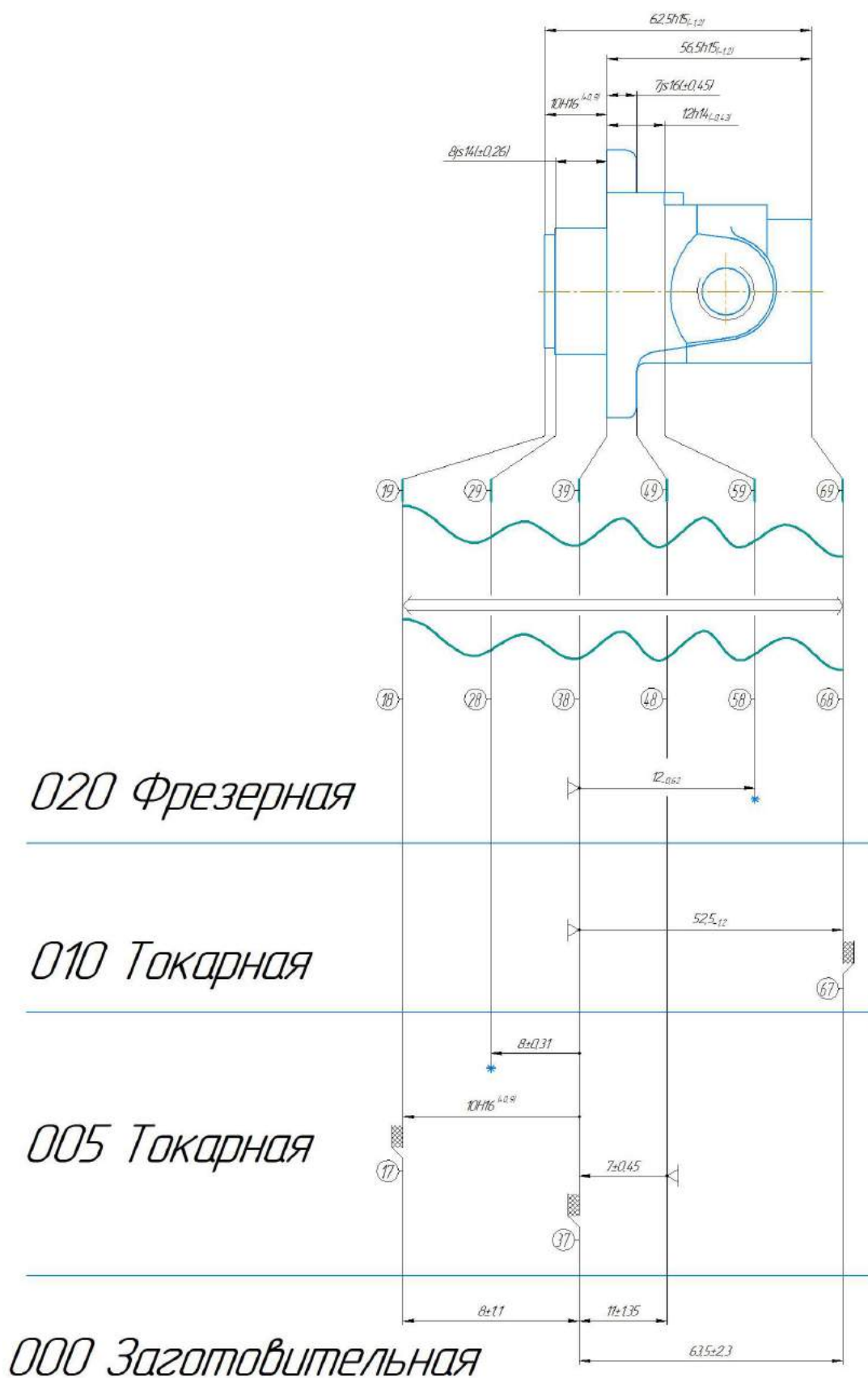


Рисунок 26 – Размерная цепь.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Расчет замыкающего звена [18...68]

1. Проверка выполнения конструкторских размеров

1.1 Составляем уравнение номиналов замыкающих звеньев

$$[18...68]=+(68...38)+(38...18)=52,5+10=62,5 \text{ мм}$$

1.2 Определить верхние и нижние отклонение [18...68]

$$В.О. [18...68]=В.О.(68...38)+В.О.(38...18)=0+0,9=0,9 \text{ мм}$$

$$Н.О. [18...68]=Н.О.(68...38)+Н.О.(38...18)=1,2+0=1,2 \text{ мм}$$

1.3 Записать рассчитанное звено с верхними и нижними отклонениями

$$[18 \dots 68] = 66_{+1,2}^{-0,9}$$

1.4 Определить допуски замыкающего звена

$$T[18...68]=0,9+1,2=2,1 \text{ мм}$$

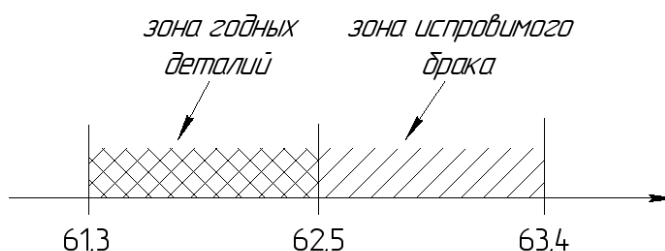
1.5 Определить допуски замыкающего звена

$$T[18...68]=1,2+0,9=2,1 \text{ мм}$$

1.6 Сравнить размеры допусков с табличными и определить возможен ли брак

$$T[18...68]= 2,1\text{мм} > T[18...68]= 2,1\text{мм} \Rightarrow \text{брак возможен}$$

1.7 Изобразим отрезок прямой линей и укажем на нем номиналы



$$62,5-61,3=1,2 \Rightarrow \text{зона годных деталей}$$

$$63,4-62,5=0,9 \Rightarrow \text{зона годных деталей}$$

Запас по прочности отсутствует

2. Припуск на механическую обработку

$$[68...67]=+(67...37)-(37...48)+(18...38)-(38...68)$$

$$[68...67]=63,5-11+7-52,5=7 \text{ мм}$$

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$z_{\text{ном}} = z_{\text{мин}} + \frac{I}{2} - \Delta_0 A_i = 1 + 9,4/2 - 0,6 = 5,1 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{мин}} = R_z + D_\phi = 500 + 500 = 1 \text{ мм}$$

$$T_{ai} = 4,6 + 2,7 + 0,9 + 1,2 = 9,4 \text{ мм}$$

$$\Delta_0 A_i = ((0) + (0)) - \left( 0 + \left( \frac{0 + (-1,2)}{2} \right) \right) = 0 - (-0,6) = 0,6$$

7 > 5,1 =>припуск завышен

$$[18...17] = +(17...37) + (37...48) - (48...38) - (38...18)$$

$$[18...17] = 8 + 11 - 7 - 10 = 2 \text{ мм}$$

$$z_{\text{ном}} = z_{\text{мин}} + \frac{I}{2} - \Delta_0 A_i = 1 + 6,7/2 - 0,45 = 4,8 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{мин}} = R_z + D_\phi = 500 + 500 = 1 \text{ мм}$$

$$T_{ai} = 2,2 + 2,7 + 0,9 + 0,9 = 6,7 \text{ мм}$$

$$\Delta_0 A_i = ((0) + (0)) - \left( 0 + \left( \frac{0,9 + (0)}{2} \right) \right) = 0,45 \text{ мм}$$

2 > 4,8 =>припуск занижен

$$[38...37] = +(37...47) + (48...38)$$

$$[38...37] = 11 - 7 = 4 \text{ мм}$$

$$z_{\text{ном}} = z_{\text{мин}} + \frac{I}{2} - \Delta_0 A_i = 1 + 1,8/2 - 0 = 2,8 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{мин}} = R_z + D_\phi = 500 + 500 = 1 \text{ мм}$$

$$T_{ai} = 2,7 + 0,9 = 3,6 \text{ мм}$$

$$\Delta_0 A_i = ((0) + (0)) = 0 \text{ мм}$$

4 мм > 2,8 мм =>припуск завышен

Припуски на обработку не совпадают с расчетными, что ведёт перерасходу материала.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

#### 2.1.4 Выводы по разделу

В качестве получения заготовки в заводском технологическом процессе выбран способ литья в песчано-глинистые формы, что нетехнологично по ряду существующих недостатков:

- достаточно грубая шероховатость внутреннего криволинейного канала, которая доводится в процессе обработки до требуемых параметров;
- большой объем отходов при производстве.
- большой объем вспомогательных материалов.
- изготовление стержня не требует специального дорогостоящего оборудования;
- низкая стойкость литья
- высокая производительность
- литьё в песчано-глинистые формы характеризуется оптимальной производительностью.

На предприятии используется как стандартный режущий инструмент, так и специально разработанный для ряда операций. Разработка и производство специального РИ потребует привлечения соответствующих специалистов, что нетехнологично. Но этого не избежать ввиду сложности формы детали и труднодоступности некоторых элементов.

Для установки заготовки на операциях используются как стандартные приспособления при станке, так и специально разработанные. Проектирование специальных приспособлений необходимо ввиду сложности базирования детали и для обеспечения заданных параметров.

Закрепление на всех операциях ручное, что приводит к лишним затратам сил рабочих. Это неэффективно при серийном производстве.

Размерный анализ показал наличие заниженных и завышенных припусков, что также приводит как к низкому коэффициенту использования материала, так и к высокой составляющей брака.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

## 2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус топливного насоса»

### 2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Материал детали СЧ20 - серый чугун. В качестве метода получения отливки выбираем литьё в песчаного-глинистой формы. Такой способ получения заготовки позволяет получить отливку, с минимальными затратами (низкая стоимость литья, высокая производительность) выбор данного способа получения заготовки обусловлен небольшим количеством выпускаемой продукции. Данный способ является наиболее часто применяемый при получения заготовок данного типа.

### 2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Основная обработка – растачивание отверстий под поршни, клапаны и на сопрягаемых поверхностях. Для данной корпусной детали возможен один метод обработки:

- обработка на горизонтально расточном станке или станках фрезерной группы с базированием по посадочной поверхности (поверхности крепления к картеру);

Введение обработки на горизонтально расточном станке, позволяет также сформировать технические базовые поверхности. Таким образом, изготовление детали будет производиться в две операции: операции подготовки баз и обработки отверстий.

При базировании при данном методе, не требуется ужесточение допусков на наружную цилиндрическую поверхность.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

По этому на операции 005 токарная формируется наружная цилиндрическая поверхность  $\varnothing 34H12$  она будет являться базой для дальнейшей обработки.

Деталь имеет смещённый центр масс. При обработке на высоких оборотах это может быть причиной появления вибраций, что негативно скажется на точности и чистоте обработки детали. Но стоит иметь ввиду, что материал детали достаточно трудно обрабатывается, из за чего скорость резания будет достаточно невысокой.

Таким образом, ведение обработки на токарном станке более рационально и технологично по сравнению с обработкой на горизонтально расточном станке.

Наиболее подходящим вариантом для данной детали будет токарно-фрезерный центр. Это повысит производительность и снизит номенклатуру используемого оборудования. Данным требованиям отвечает станок DMG STX310 ecoline. (рисунок 28). Характеристики станка приведены в таблице 1.



Рисунок 28 – Токарный станок DMG STX310 ecoline

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45



Таблица 1 – Технические характеристики станка DMG CTX310 ecoline

Технические характеристики	DMG CTX310
Максимальный диаметр обработки, мм	200
Скорость шпинделя мин <sup>-1</sup>	5000
Мощность шпинделя кВт	11
Диаметр отверстия шпинделя мм	65
Емкость инструментального магазина	V12
Быстрая подача, м/мин	X:30/ Z:40 (W:32)
Габариты: длина/ширина/высота, мм	3745/2467/2260

Обработка посадочной поверхности будет производиться вертикально фрезерном станке. Данный станок должен обладать возможностью установки трех кулачкового гидравлического патрона. На операции будет использоваться несколько инструментов, поэтому ещё одним требованием к станку будет наличие инструментального магазина и скорость смены режущего инструмента. Наиболее подходящим вариантом для осуществления этой операции является вертикально фрезерный обрабатывающий центр DMG DMU50 ecoline (рисунок 29). Основные технические характеристики станка приведены в таблице 2.



Рисунок 29 – Фрезерный обрабатывающий центр DMG DMU50 ecoline

Таблица 2 – основные технические характеристики станка DMG DMU50 ecoline

Технические характеристики		Ед.изм	DMG DMU50 ecoline
Система координат			
Перемещения	X	мм	500
	Y	мм	450
	Z	мм	400
Ускоренный ход	X	м/мин	24
	Y	м/мин	24
	Z	м/мин	24
Стол			
Размер стола		мм	630 x 500
Нагрузка на стол		кг	200
Шпиндель			
Мах. скорость шпинделя		град/мин	12000
Автоматическая смена инструмента			
Хвостовик инструмента			HSK63
Время смены инструмента		сек	2.0
Количество инструмента в магазине			32

Станок обладает высокооборотистым шпинделем. Высокая скорость резания благоприятно сказывается на производительность при сверлении и нарезании резьбы в тонких отверстиях.

### 2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная	
005 Токарная с ЧПУ	DMG CTX310 ecolin
010 Фрезерная с ЧПУ	DMG DMU50 ecolin
011 Моечная	
015 Контрольная	

#### Операция 005 Токарная с ЧПУ

Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

Установ А – базирование по черновой поверхности. На операции производится сверление отверстий, растачивание, подрезка торца обработка наружных диаметров. Подготовка чистовой базы.

Операционный эскиз операции представлен на рисунке 30.

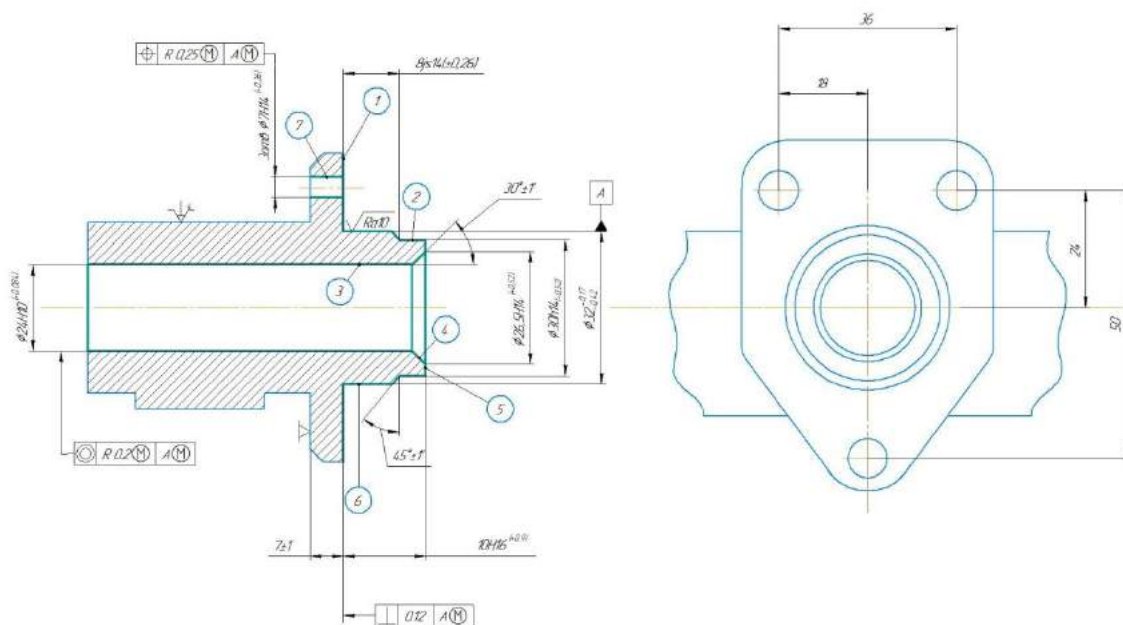


Рисунок 30 – Операционный эскиз операции 005

#### Операция 010 Фрезерная с ЧПУ

Базирование производится по чистовым поверхностям, выполненным на токарной операции. Комплект баз: двойная направляющая, двойная опорная

На операции производится фрезерование посадочной поверхности, с последующим сверлением на ней отверстий и нарезание резьбы.

Операционный эскиз представлен на рисунке 31.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

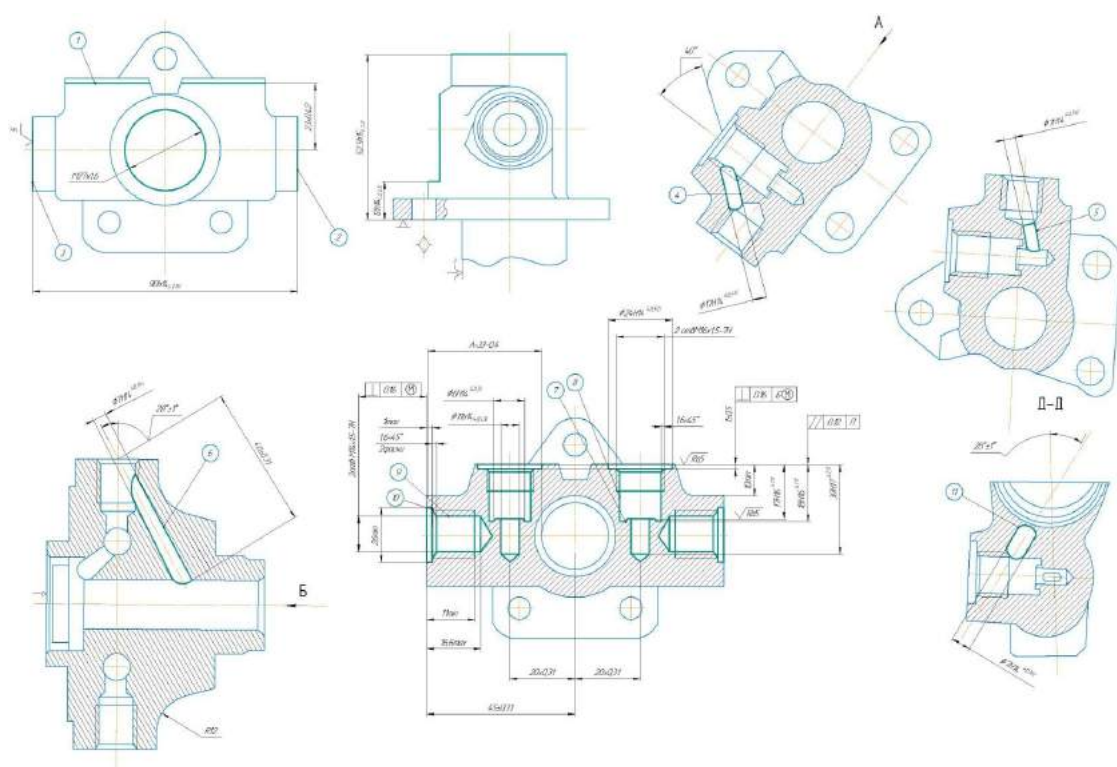


Рисунок 31 – Операционный эскиз операции 010

#### 2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

В размерном анализе действующего технологического процесса решается обратная (проверочная) задача в обеспечения точности выполнения конструкторских размеров и сравнении фактических припусков на обработку с минимально необходимыми. Данный анализ был выполнен в пункте 2.1.3.

При проектировании нового технологического процесса решается прямая (проектная) задача, которая заключается в определении допусков на составляющие звенья, входящие в уравнение замыкающего звена, определении окончательных и промежуточных операционных размеров и минимально необходимых припусков на операции механической обработки.

На рисунке 32 изображена размерная схема проектного варианта технологического процесса механической обработки для линейных размеров.

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

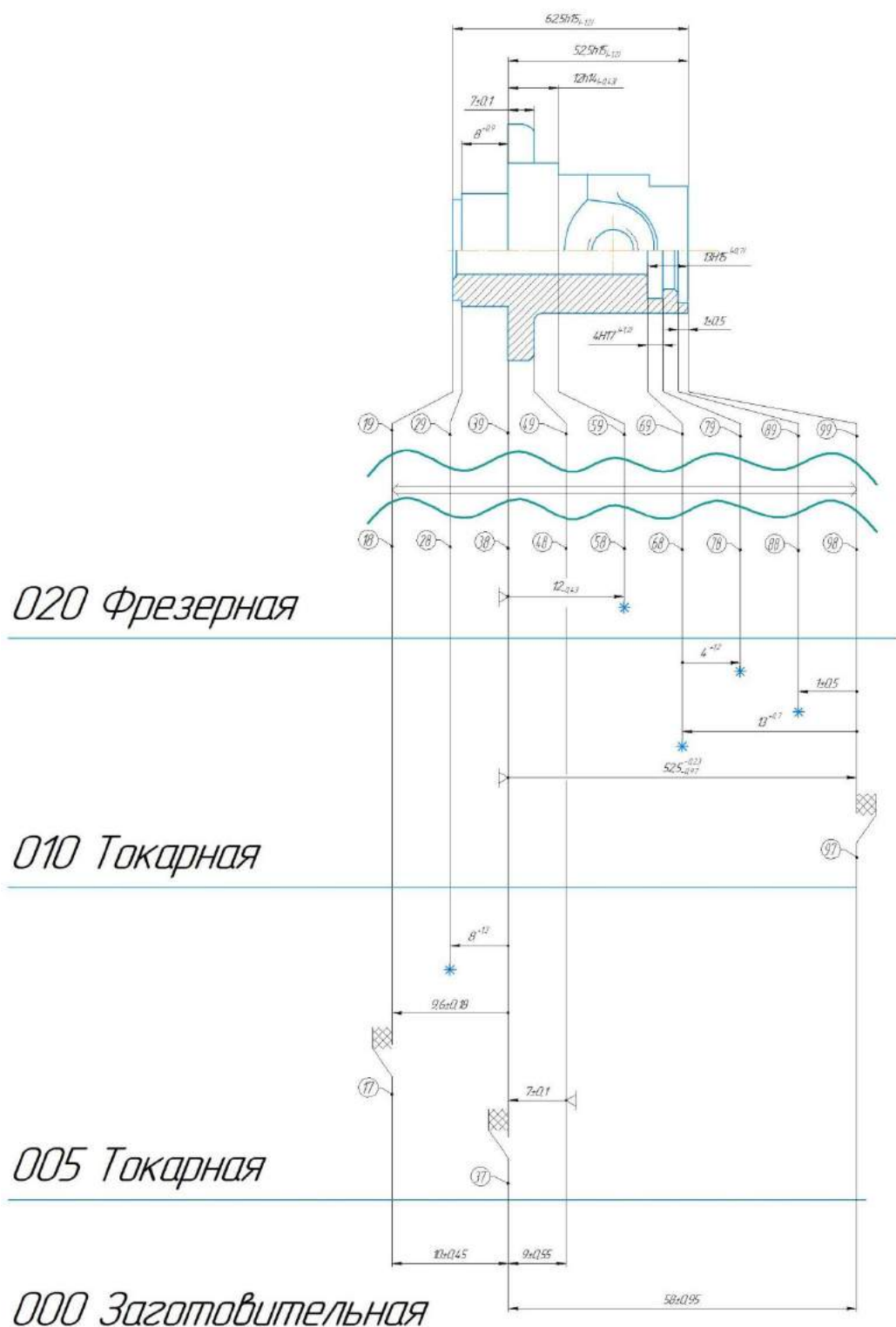


Рисунок 32 – размерная схема проектного технологического процесса

Из размерной схемы видно, что спроектированный технологический процесс содержит замыкающие звенья. Это значит, что не все окончательные операционные размеры соответствуют конструкторским, и следовательно в таком

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

случае, расчёт размерной цепи, начинается с определения допусков на составляющие звенья входящие в уравнение замыкающего звена.

Запишем уравнение замыкающего звена (7):

$$[18...98]=+(98...38) + (38...18) \quad (7)$$

В данном уравнении известны номиналы составляющих звеньев, а допуски и предельные отклонения подлежат определению. Для их определения воспользуемся методом равных допусков. Известно что допуск замыкающего звена равен сумме составляющих звеньев, с одной стороны, а с другой равен произведению числа единиц допуска  $k$ , на значение единицы допуска  $i$  (8):

$$TA_i = k \sum_{j=1}^{m-1} i_j \quad (8)$$

Из формулы (11) выразим число единиц допуска формула (9):

$$k = \frac{TA_i}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j} \quad (9)$$

Зная интервалы размеров составляющих звеньев по таблице 4.2 [9] определим значения единицы допуска  $i$  для каждого составляющего звена. Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4-подбора единиц допуска

N	Обозначение составляющего звена	Интервалы размеров, мм	Значение единицы допуска
1	(98..38)	Св. 50 до 80	1,86
2	(38..18)	Св. 6 до 10	0,9

Подставляя значения  $i$  в формулу (12), получим:

$$k = \frac{1200}{1,86 + 0,9} = 435$$

Значения  $k$  характеризует точность, с которой следует получать все составляющие звенья размерной цепи. По таблице 4.1 [9], определяем номер

кавалитета точности. Число единиц допуска для 14 квалитета – 400, а для 15 квалитета – 640. Выбираем, что все составляющие звенья будут выполняться по 14 квалитету, это обеспечит гарантированный запас по точности.

По приложению 1.1 ГОСТ25346-89 определим допуски на составляющие звенья, получим  $(98..38)=0,74$  мм;  $(38..18)=0,36$  мм.

Таким образом, фактический допуск замыкающего звена будет составлять 1,1 мм, а конструкторский допуск по чертежу составляет 1,2 мм. Запас по точности в 0,1 мм обеспечен.

Для обеспечения одинакового запаса по точности с двух сторон преобразуем размер  $(38..98)$ , получим:

$$52,5_{-1,2} \rightarrow 51,9 \pm 0,6 \rightarrow 51,9 \pm 0,37 \rightarrow 52,5_{-0,97}^{-0,23}$$

Определим размер заготовки  $(37...48)$ .

Для его определения составим уравнение (10), в котором припуск  $[37...38]$  будет являться замыкающим звеном.

$$[37...38] = - (38...48) + (48...37) \quad (10)$$

В данном уравнении известен номинал и предельные отклонения составляющего звена  $(38...48) = 7 \pm 0,1$ , а для искомого операционного размера  $(48...37) = ? \pm 0,55$ , известен только допуск и предельные отклонения.

Номинальное значение припуска  $[37...38]$  можно определить по формуле (11):

$$A_i = A_{i \min} + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (11)$$

где  $TA_i$  – допуск замыкающего звена, мм;

$\Delta_0 A_i$  – координата середины поля допуска замыкающего звена, мм.

$A_{i \min}$  – минимально необходимый припуск на обработку, мм.

Минимально необходимый припуск рассчитывается по формуле (12):

$$A_{i \min} = Rz + Df, \quad (12)$$

где  $Rz$  – шероховатость поверхности с предыдущей операции, мм.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						53
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



$Df$  – величина дефектного слоя с предыдущей операции, мм;

Для заготовительной операции (литьё):  $Df = 0,6$  мм,  $Rz = 0,5$  мм. Тогда

$$A_{i \min} = 0,6 + 0,5 = 1,1 \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена определяется по формуле (13):

$$TA_i = \sum T_i \quad (13)$$

$$TA_i = 0,55 + 0,2 = 0,75 \text{ мм.}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле (14):

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 A_{i \text{ув.}} - \sum \Delta_0 A_{i \text{ум.}} \quad (14)$$

где  $\Delta_0 A_{i \text{ув.}}$  – координата середины поля допуска  $i$  увеличивающего звена, мм;

$\Delta_0 A_{i \text{ум.}}$  – координата середины поля допуска  $i$  уменьшающего звена, мм.

Координату середины поля допуска  $i$  первого увеличивающего звена, определяется по формуле (15):

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ув.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ув.}}}{2} \quad (15)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{0,1 + (-0,1)}{2} = 0 \text{ мм.}$$

Координату середины поля допуска  $i$  второго увеличивающего звена, определяется по формуле (16):

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{\text{В. о. } A_{i \text{ув.}} + \text{Н. о. } A_{i \text{ув.}}}{2} \quad (16)$$

$$\Delta_0 A_{i \text{ув.}} = \frac{0,55 + (-0,55)}{2} = 0 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (14), получим:

$$\Delta_0 A_i = 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$$

Подставляя рассчитанные значения в формулу (11), получим:

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$A_i = 1,1 + \frac{0,75}{2} - 0 = 1,475 \text{ мм.}$$

Подставляя в уравнение (10) посчитанные значения, получим выражение (17):

$$1,475 = -7 + (48 \dots 37) \quad (17)$$

Далее, из выражения (17) найдём искомый размер (48...37):

$$(48 \dots 37) = 7 + 1,475 = 8,475 \text{ мм}$$

В результате проведённых расчётов, мы определили промежуточный операционный размер (48...37) и величину минимально необходимого припуска.

Остальные операционные размеры и припуски посчитаны с использованием программы КурсАР. Данные этих расчётов приведены на рисунке 33.

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и Max	звена	-----	-----
3=	18 98	62,500	-0,220	-1,050	61,865	0,150 0,220

1

Окончание табл. ....

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и Max	звена	-----	-----
2=	98 97		1,900	5,570	3,735	0,800
2=	17 18		1,120	3,680	2,400	0,020
2=	37 38		1,350	2,650	2,000	0,250
6+	18 38	9,600	0,180	-0,180	9,600	
6+	37 97	58,000	0,950	-0,950	58,000	
6+	17 37	10,000	0,450	-0,450	10,000	
6+	37 48	9,000	0,550	-0,550	9,000	

Рисунок 33 – результаты расчётов в ПО КурсАР

## 2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса

Расчет режимов резания для операции точения.

Для получения размера  $\varnothing 32_{b12}$  из заготовки 16 квалитета, необходимо вести обработку в две стадии: черновая – получение 14 квалитета и чистовая – получение 12 квалитета.

Произведём расчёт для получистовой стадии.

Выбор глубины резания производится по справочникам.

Для операции черновая обработки поверхности, диаметр которой соответствует интервалу размеров от 30 до 50 мм, рекомендуется глубина резания не менее  $t = 2,3$  мм.

Выбор инструмента.

Из условий обработки (чугун с  $HB > 200$ ) принимаем режущий материал ВК6, форма пластины ромбическая. Способ крепления пластины – винтом.

Главный угол в плане  $\varphi = 80^\circ$ . Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 5^\circ$ . Радиус вершины 0,8.

Нормативный период стойкости 30 мин.

Выбор подачи

Для чернового точения заготовки из серого чугуна диаметром до 38 мм и глубиной резания до  $t = 2,3$  мм, резцом с державкой диаметром до 32 мм рекомендуется подача  $S_{от} = 0,7$  мм/об.

По нормативам определяют поправочные коэффициенты на подачу получистовой стадии обработки для измененных условий в зависимости от:

- рекомендуемая подача  $S_{от} = 0,7$  мм/об;
- механических свойств обрабатываемого материала (серый чугун с  $HB$  до 240)  $K_{сN} = 1,15$ ;
- сечение оправки резца  $K_{сд} = 1$ ;

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

- прочность режущей части  $K_{sh} = 1$ ;
- механическая свойств обрабатываемого материала  $K_{sm} = 0,9$ ;
- схемы установки заготовки  $K_{sy} = 0,8$ ;
- состоянием поверхности (с корки)  $K_{sn} = 0,85$ ;
- геометрических параметров резца (механическое крепление ромбической пластины с углом в плане  $80^\circ$ )  $K_{sp} = 1,0$ ;
- жесткость станка  $K_{sj} = 1,0$ ;

Окончательно подача чистовой стадии обработки:

$$S_{отдел} = 0,7 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,47 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания.

Рекомендуемые значения скорости резания для отделочной стадии обработки также выбирают по нормативам.

При черновой стадии обработки серого чугуна с корки с глубиной резания до  $t = 2,3$  мм и подачей до  $S_{от} = 0,7$  мм/об скорость резания  $V_T = 138$  м/мин.

Также выбирают остальные поправочные коэффициенты на скорость резания для измененных условий в зависимости от:

- инструментального материала (ВК6)  $K_{ви} = 1$ ;
- группы обрабатываемости материала (чугун серый)  $K_{vc} = 1,0$ ;
- вида обработки (расточивание отверстий)  $K_{vo} = 1,0$ ;
- жесткости станка (токарно револьверный)  $K_{vj} = 0,75$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала (чугун серый с твердостью до НВ 240)  $K_{vm} = 0,85$ ;
- геометрических параметров резца (механическое крепление ромбической пластины с главным углом в плане  $90^\circ$ )  $K_{vp} = 1,0$ ;
- периода стойкости режущей части (30 минут при механическом креплении твердосплавной пластины)  $K_{vt} = 1,0$ ;
- наличия охлаждения (присутствует)  $K_{vj} = 1,0$ .

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						57
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Окончательно скорость резания при получистовой стадии обработки определяют:

$$V = V_T \cdot K$$

$$V = 138 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,05 = 93,84 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000v}{D \cdot \pi}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 93,84}{38 \cdot \pi} = 786,5 \text{ об/мин}$$

Обработка заготовки будет вестись режущим инструментом фирмы Sandvik Coromant. Для твёрдосплавных пластин этой компании, в каталогах указывается рекомендуемые скорость, подача и глубина резания.

Для оценки пригодности рекомендуемых режимов резания подберём их по каталогу и сравним с расчётными.

Произведём выбор аналогичного режущего инструмента.

Расточная оправка, с главным углом в плане  $95^\circ$ , с диаметром и длиной державки соответственно 32 и 90мм имеет обозначение SANDVIK C3-SCLCL-22040-09HRA M12

Данной оправке соответствует форма пластины, имеющая обозначение CСMT 09 T3 08-KF 3210. Рекомендуемые глубина и подача определяются в зависимости от её формы (таблица 5).

Таблица 5 – Рекомендуемые глубина и подача для пластины CСMT 09 T3 08-KF 3210

Рек. глубина резания $a_p = \text{мм}$			Рекомендуемая подача $f_n = \text{мм/об}$		
	Min	Max		Min	Max
0.4	0.1	1.5	0.2	0.1	0.4

Рекомендуемая скорость резания, зависит от обрабатываемого материала рекомендуемой подачи и марки твердого сплава.

Для обработки жаропрочного чугуна с твердостью поверхности HB до 240 рекомендуется использовать сплав S05F. Это твердый сплав с покрытием CVD для высокоскоростной финишной обработки жаропрочных сплавов, а также для продолжительного резания при умеренных скоростях. Используется при обработке относительно мягких материалов. Может быть также использован для черновой обработки. Воспользуемся рекомендуемыми режимами из таблицы 5.

Таблица 6 – Рекомендуемая скорость резания для сплава S05F

Жаропрочные материалы	Удельная сила резания $k_{c1}$	Твердость по Бринеллю	S05F	
			$h_{вх}$ , мм	подача $f_n$ , мм/об
Обрабатываемый материал	Н/мм <sup>2</sup>	HB	Скорость резания ( $V_c$ ), м/мин	
Жаропрочные сплавы На основе никеля Отожженные или после отпуска в расплаве солей	2650	250	100-85-70	

Таким образом, режимы резания по каталогу:

$$V = 70 \text{ м/мин}, S_{от} = 0,3 \text{ мм/об}, t = 1,5 \text{ мм}$$

Значения несколько схожи с расчётными. Различия обусловлены тем, что материал режущей пластины Sandvik Coromant создан исключительно для обработки жаропрочного чугуна, в отличие от справочников, где режимы можно было подобрать лишь для серого чугуна со схожей твердостью поверхностного слоя.

Остальные режимы резания подберём аналогично, по каталогу. Полученные данные заносятся в таблицу 6.

У детали есть поверхности  $\varnothing 24H10$  с высокими требованиями по шероховатости. Расчёт подачи для них произведём по нормативам.

Для получения шероховатости не более  $Ra = 1,25$  мкм при обработке жаропрочного чугуна во всём диапазоне скоростей резцом с радиусом при вершине до  $r = 0,8$  мм рекомендуется подача  $S_c = 0,15$  мм/об.

Далее определяют поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от шероховатости обработанной поверхности для измененных условий в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала (чугун серый с твердостью до HB 240)  $K_{SM} = 0,82$ ;
- инструментального материала (твердый сплав)  $K_{SH} = 1,0$ ;
- вида обработки (расточивание больших отверстий)  $K_{SO} = 1,0$ ;
- наличия охлаждения (присутствует)  $K_{SЖ} = 1,0$ .

Окончательно максимально допустимую подачу по шероховатости для чистовой стадии обработки поверхностей определяют по формуле:

$$S_{отчист} = 0,15 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,123 \text{ мм/об}$$

Полученные значения вносим в таблицу 6.

Определение норм времени на операциях.

Время цикла автоматической работы станка по программе  $T_{ц.а}$  складывается из основного времени автоматической работы станка  $T_0$  и машинно-вспомогательного времени  $T_{м.в.}$ , т. е.

$$T_{ц.а} = T_0 + T_{м.в.}; \quad (18)$$

$$T_0 = \sum_{i=1}^n \frac{L1}{S_M}; \quad (19)$$

где  $L1$  — длина пути, проходимого инструментом или деталью в направлении подачи при обработке  $i$ -го технологического участка (с учетом врезания и перебега), мм;  $S_M$ , — минутная подача на данном участке, мм/мин;  $i=1, 2, \dots, n$  — число технологических участков обработки.

$$L1 = L + l_1 + l_2 + l_3.$$

где  $L$  — длина пути (или траектории), проходимого инструментом или деталью в направлении подачи, мм;

$l_1, l_2, l_3$  — длина подвода, врезания и перебега инструмента соответственно, мм. Назначаем по картам 22-24 [1] и вносим в таблицу 6.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						60
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Этой операции происходит растачивание диаметра  $\varnothing 24H10$  на длину 90мм, поэтому:

$$L = 90 \text{ мм}$$

Длина подвода для этой поверхности равна  $l_1 = 5\text{мм}$ , т.к. поверхность необработанная. Длина врезания[1]:

$$l_2 = \frac{t}{\text{tg}\varphi} \quad (20)$$

$$l = \frac{0.6}{\text{tg}95^\circ} = 0,65\text{мм}$$

Перебег равен 7, т.к. точение производится в упор.

Таким образом:

$$L_1 = L + l_1 + l_2 + l_3 = 90 + 5 + 0,65 + 7 = 102,65 \text{ мм}$$

Время на обработку этой поверхности:

$$T_o = \frac{102,65}{85,8} = 1,2 \text{ мин}$$

Аналогичным образом рассчитываем для остальных переходов и вносим в таблицу 6.

$$T_{\text{мв}} = T_{\text{мв.и}} + T_{\text{мв.х}} \quad (21)$$

$T_{\text{мв.и}}$  – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента,  $T_{\text{мв.и}} = 0,033$  мин;  $T_{\text{мв.х}}$  – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических вспомогательных ходов и технологические паузы, для токарной операции –  $T_{\text{мв.х}} = 0,27$  мин, для фрезерной 010 –  $T_{\text{мв.х}} = 1$  мин.

Определение нормы штучного времени

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) * \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100}\right) \quad (22)$$

Вспомогательное время складывается из составляющих:

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61



Таблица 6 – Режимы резания и нормы времени для операций механической обработки

	t мм	l	S мм/об	V об/мин	n об/мин	Длина резани я мм	Подвод мм	Врезание мм	Перебег мм	Длина рабочего хода в мм	To мин	Tв мин	Тп з ми н	Тшт мин
перехо д	Операция 005 токарная с ЧПУ													
1	1	1	0,25	160	1340	32	5	3	0	40	0,119403	0,01791		0,198299
2	1	1	0,47	138	1280	3	4	2	0	9	0,01496	0,002244		0,06858
3-4	1,5	2	0,2	140	1300	90	5	1	7	103	0,792308	0,118846		1,034046
5	2	1	0,47	138	1280	20	3	3	0	26	0,043218	0,006483		0,103677
6	2,3	2	0,47	138	786,5	9	5	2	0	16	0,086567	0,012985		0,157516
7	3,5	1	0,15	25	780	7	4	2	4	17	0,145299	0,021795		0,230462
										Суммарно е	1,201755	0,180263	50	1,79258
	Операция 010 Фрезерная с ЧПУ													
5	2	2	0,6	42	200	80	7	3	7	97	1,616667	0,2425		2,0979
1	2	2	0,41	45	250	40	7	3	7	57	1,112195	0,166829		1,471346
3	2	2	0,41	45	250	40	7	3	7	57	1,112195	0,166829		1,471346
27	3,5	1	0,15	25	780	30	15	3	7	55	0,470085	0,070513		0,673846
29	3,5	1	0,15	25	780	20	15	3	7	45	0,384615	0,057692		0,567692
33	3,5	1	0,15	25	780	40	14	3	7	64	0,547009	0,082051		0,769385
16	5,5	1	0,13	23	600	30	10	2	0	42	1,076923	0,323077		3,204
16	7,25	1	0,11	20	590	18	10	2	0	30	0,924499	0,27735		2,775994
6	7,25	1	0,15	35	650	2	10	3	0	15	0,307692	0,092308		1,044
7	1,6	3	1,5	4,78	109	18	5	2	0	25	1,188991	0,356697		3,518686
20	7	1	0,13	25	600	16,6	10	3	0	29,6	0,758974	0,227692		2,3112
19	1,6	3	1,5	4,4	102	11	5	2	0	18	0,776471	0,232941		2,360329
13	3,5	1	0,15	25	780	26	10	2	5	43	0,367521	0,055128		0,546462
										Суммарно е	10,64384	2,351608	90	22,81219
										Тшт общ				24,60477

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{из}} \quad (21)$$

где:

- $T_{\text{уст}}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали для токарной операции –  $T_{\text{уст}} = 0,1$  мин, для фрезерной 010 –  $T_{\text{уст}} = 0,86$  мин,
- $T_{\text{пер}}$  – вспомогательное время связанное с технологическим переходом. Время на закрепление и раскрепление детали  $T'_{\text{пер}} = 0,2$  мин – сжатие трёхкулчкового патрона на обеих операция
- $T_{\text{из}}$  – вспомогательное время на контрольное измерение штангенциркулем, калибр пробкой, шаблоном, перекрываемое,  $T_{\text{из005}} = 0,698$  мин – Карты 30,33,40,  $T_{\text{из010}} = 1,06$  мин – Карта 33 [7].

Суммарное вспомогательное время равно:

$$\sum T_{\text{в}} = (0,1 + 0,2) * 2 + 0,698 = 1,3 \text{ мин}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от операционного времени:

$$a_{\text{орг}} + a_{\text{тех}} + a_{\text{отл}} = 10\%.$$

Окончательный расчёт цикла автоматической работы станка и штучного времени произведём в программе Microsoft Excel. Для этого все найденные по нормативам или рассчитанные значения времени, длины траектории движения инструмента, режимы резания вносим в таблицу 6. Все формулы для расчёта программируются в клетках таблицы и автоматически рассчитывают требуемый параметр.

## 2.2.6 Выводы по разделу

На данном этапе проектирования выполнено:

- выбор более производительного метода получения заготовки;
- выбор современного технологического оборудования, благодаря которым снижена номенклатура используемых станков за счёт

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						62
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

увеличения концентрации переходов на операциях. Снижено время на обработку детали;

- формирование операционно-маршрутной технологии обработки заготовки;
- размерно-точностной анализ, в ходе которого определены операционные размеры и величины минимальных припусков;
- расчёт режимов резания для резцов и пластин, подобранных специально для обработки данного материала. Это позволило снизить затраты на обработку и увеличить производительность на операциях.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Схема базирования на токарных операциях – двойная направляющая с упором в торец. Наиболее рациональное обеспечение такой схемы будет возможно при использовании токарных патронов.

Установка (рисунок 34) выполняется при упоре во внутренний торец детали. Для этого необходимо, чтобы длина кулачка была не менее 40мм.

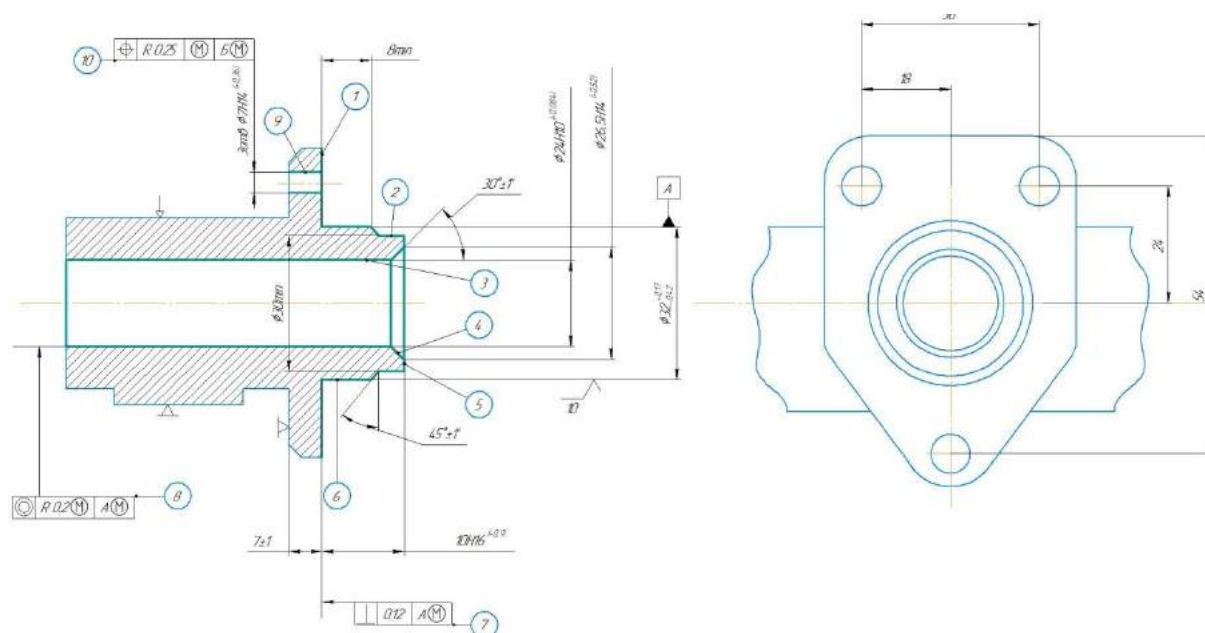


Рисунок 34 – Операционный эскиз операции 005, установка

Типоразмер присоединительного конца шпинделей у станка DMG DMU50 esoline. Схема базирования на фрезерной операции – двойная направляющая с упором в торец. Наиболее рациональное обеспечение такой схемы будет возможно при использовании токарных патронов.

Установка(рисунок 35) выполняется при упоре во внутренний торец детали. Для этого необходимо, чтобы длина кулачка была не менее 40мм.

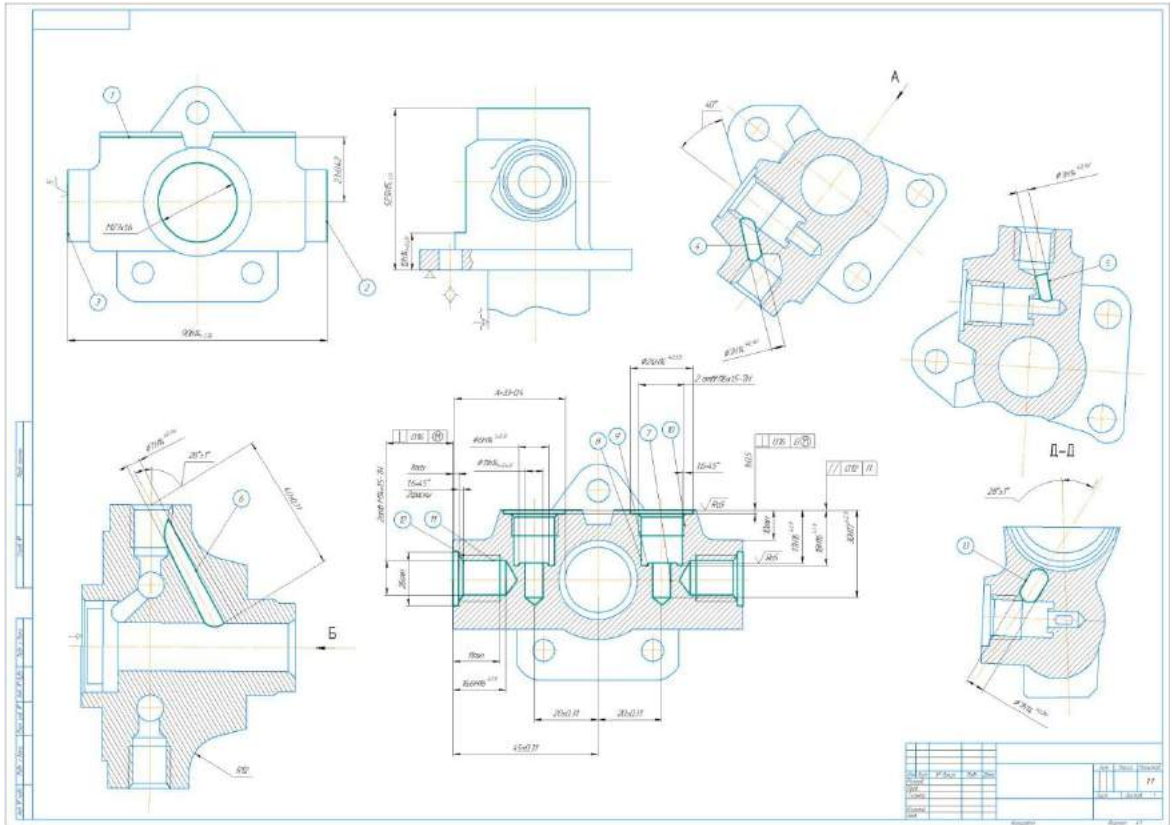


Рисунок 35 – Операционный эскиз операции 010, установка

Для крепления режущего инструмента в станке имеется инструментальным магазином

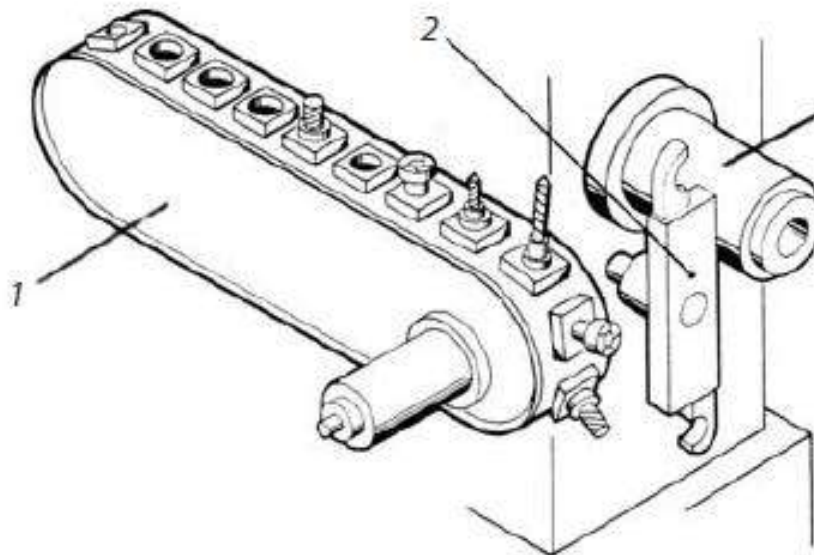


Рисунок 36 - Инструментальный магазин

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для установки черного резца SANDVIK C3-SCLCL-22040-09HPA, расточного черного SANDVIK C3-SDJCL-27050-11HPA воспользуемся оправкой SANDVIK C3-390.410-63 075C

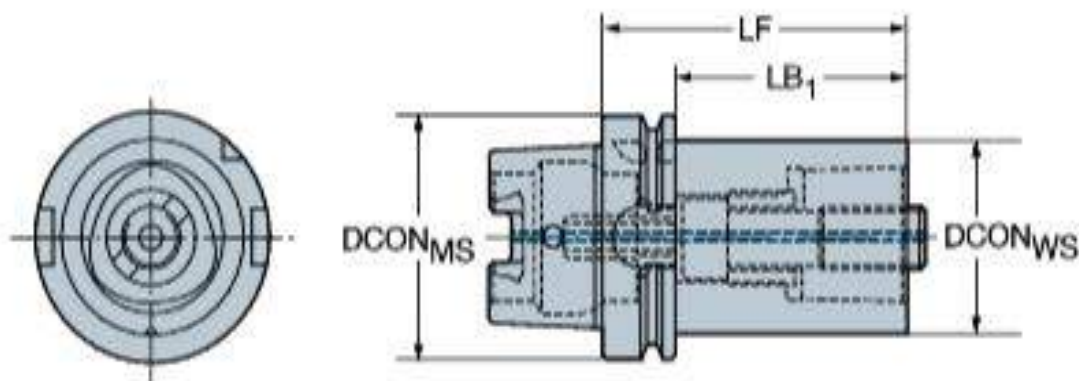


Рисунок 37 – Оправка SANDVIK C3-390.410-63 075C

Для установки чистового SANDVIK C4-SDJCL-27050-11HPA , расточного чистового SANDVIK C4-SDUCL-13080-11HP и резьбового реза SANDVIK C4-266LKF-12060-16 воспользуемся оправкой SANDVIK C4-390.410-63 080C

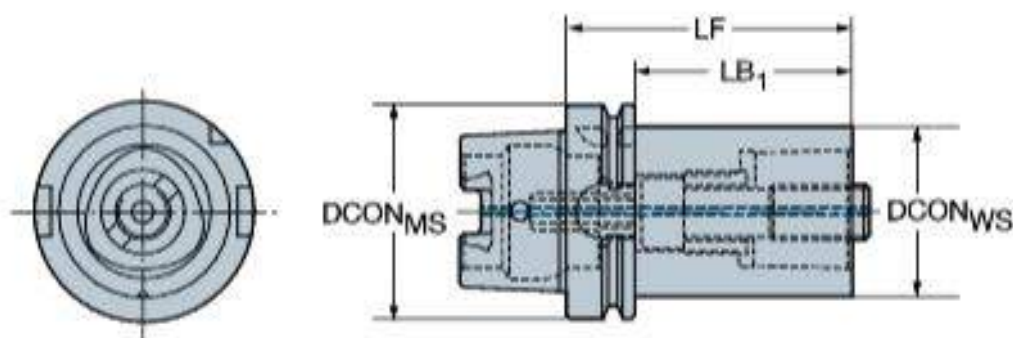


Рисунок 38 – оправка SANDVIK C4-390.410-63 080C

Для установки внутреннего канавочного резца SANDVIK LAG123E07-25, фрезы концевой SANDVIK SANDVIK 2P340-1600-KB 1630 и кольцевого сверла воспользуемся Патрон HAIMER Weldon с Cool Jet DIN 69893-1 · HSK-A63

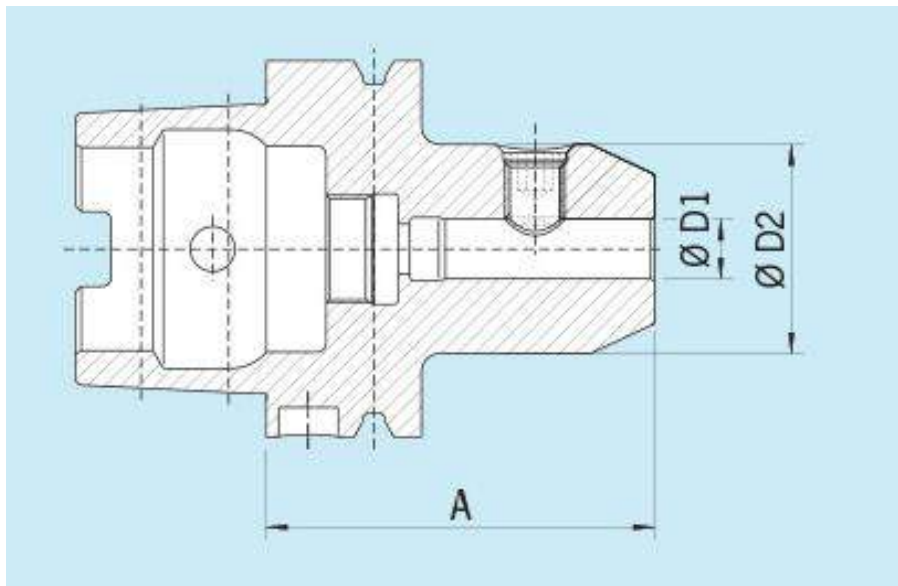


Рисунок 39 – Патрон HAIMER Weldon с Cool Jet DIN 69893-1 · HSK-A63

Для установки торцевой фрезы SANDVIK 345-040Q22- 13L воспользуемся. Комбинированная оправка для насадных фрез HAIMER DIN 69893-1 · HSK-A63

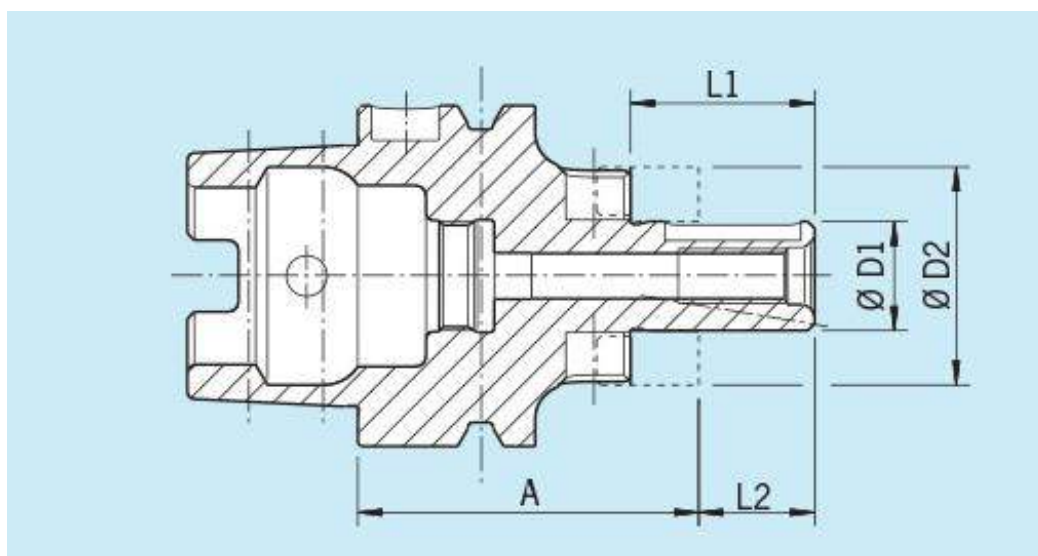


Рисунок 40 – Патрон HAIMER DIN 69893-1 · HSK-A63

Для установки фасочной фрезы SANDVIK 326R06-B1502006-CH , для сверл диаметром 5 SANDVIK 5460.1-0500-038A1-XM GC34 сверло диаметром- 6 SANDVIK - 460.1-0600-038A1-XM GC34 сверло диаметром 7- SANDVIK 460.1-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

67

0700-038A1-ХМ GC34,. Воспользуемся цанговый патрон типа ER HAIMER DIN 69893-1 · HSK-A63

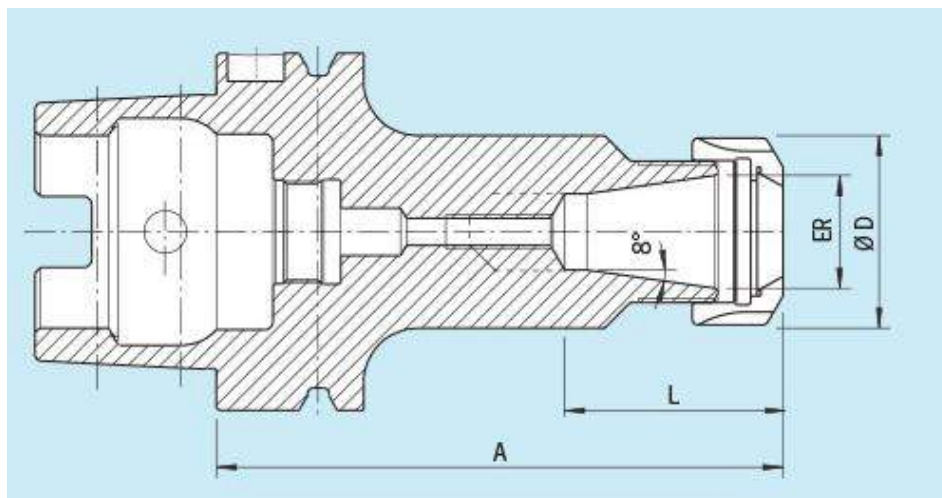


Рисунок 41 – оправка HAIMER DIN 69893-1 · HSK-A63

Для установки метчик м14 - SANDVIK T300-KM101DA-M14 C110, метчик м16 - SANDVIK T300-KM101DA-M16 C110 . Воспользуемся компенсирующим патрон типа ER HAIMER DIN 69893-1 · HSK-A63

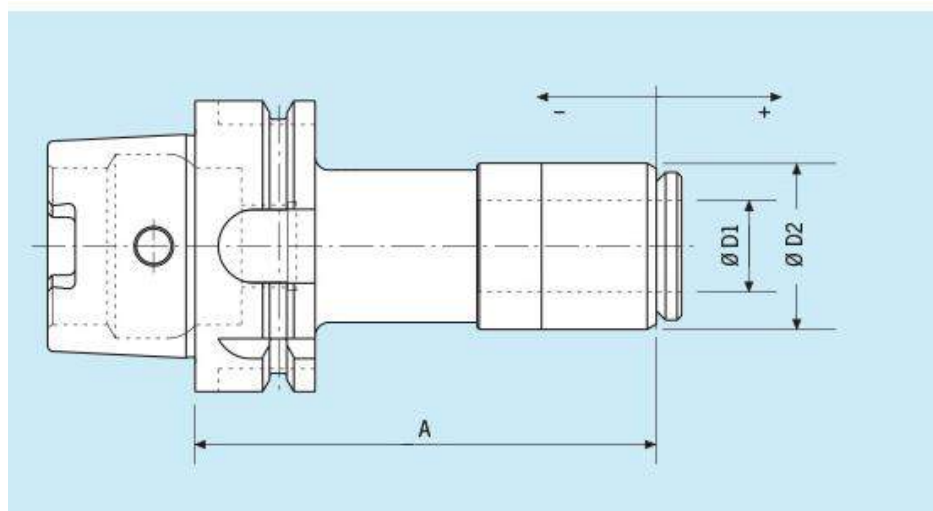


Рисунок 42 – оправка HAIMER DIN 69893-1 · HSK-A63

К переходникам подберём соответствующие цанги. Цанги изображены на рисунках 43 а,б.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

68



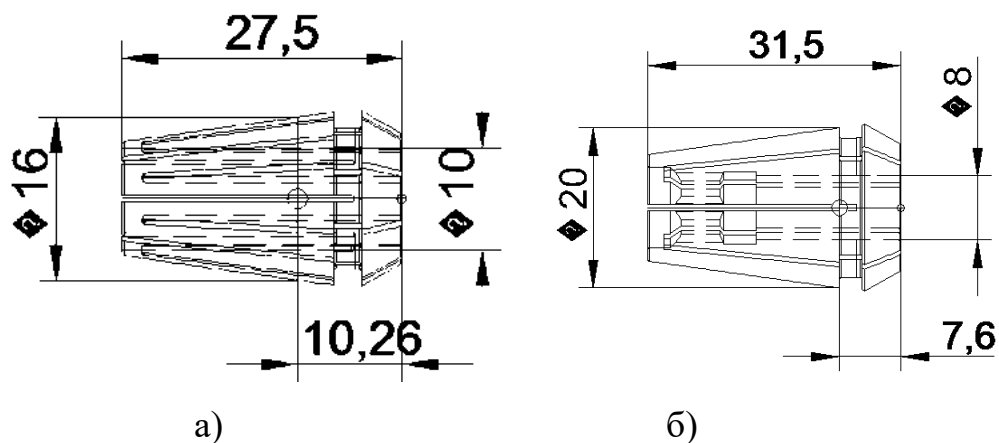


Рисунок 43 – Цанга ER для: а) хвостовиков сверл 393.14-16 1000 б) для хвостовиков метчиков 393.14-20 D080X063

### 3.1.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

Основная обработка детали – растачивание отверстий. В остальные операции входит сверление отверстий, нарезание резьбы и фрезерование посадочной поверхности.

Обрабатываемые поверхности детали изображены на рисунке 44 и 45.

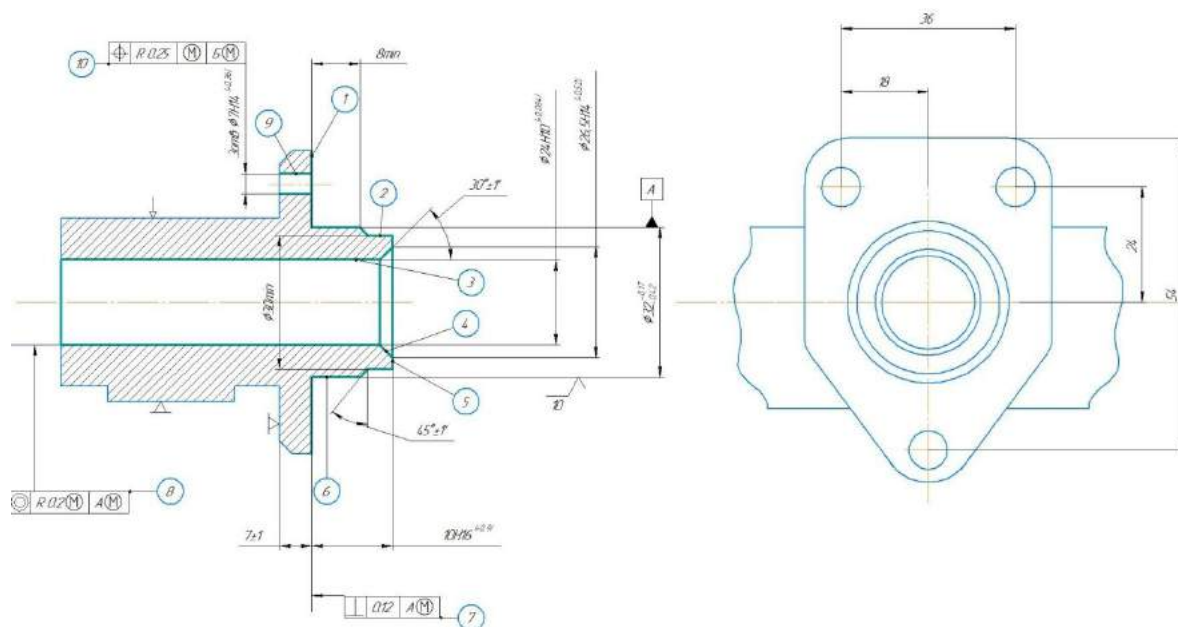


Рисунок 44 – Обрабатываемые поверхности на детали

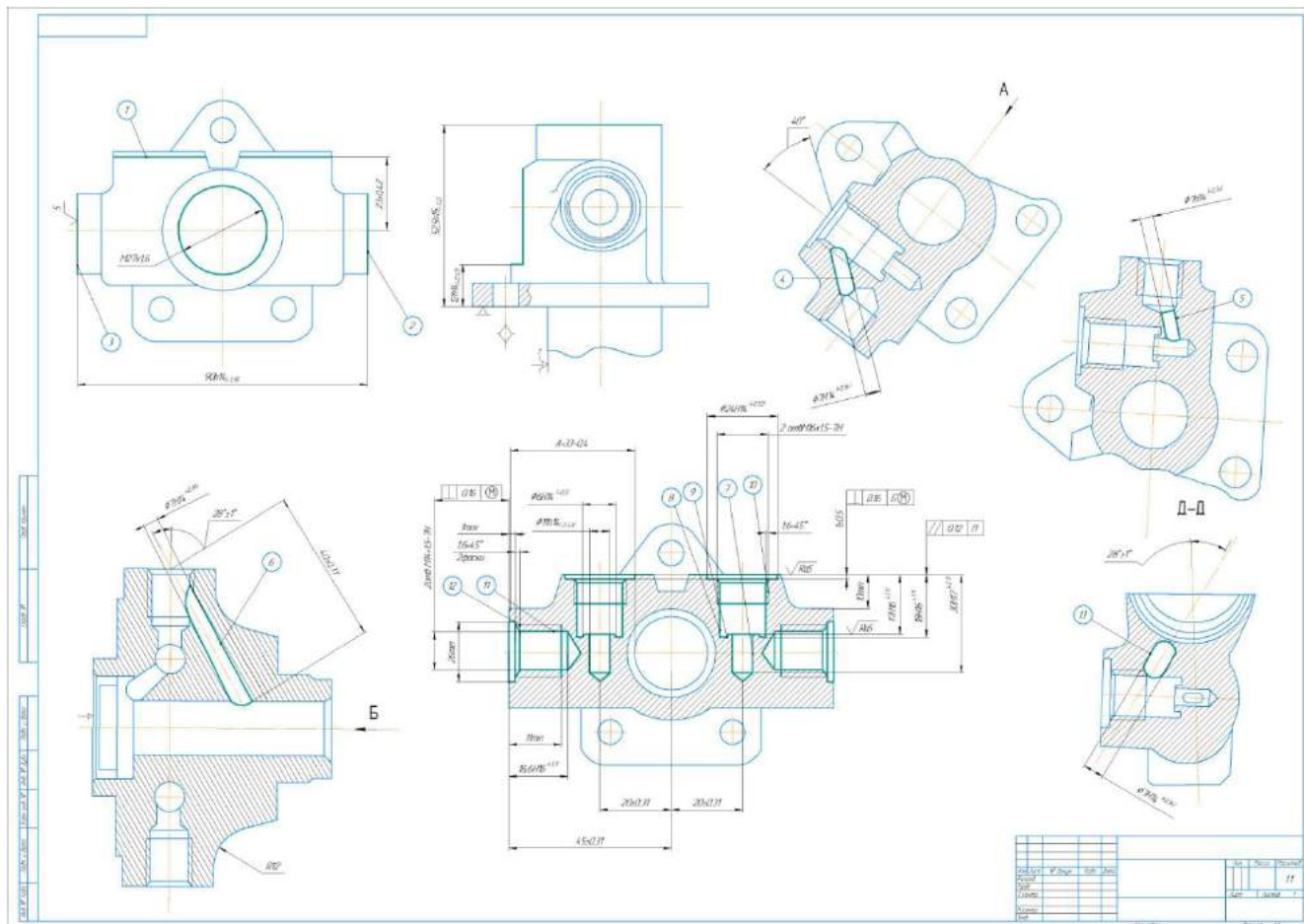


Рисунок 45 – Обрабатываемые поверхности на детали

Выбор токарного инструмента/

Выбор токарного резца для обработки поверхности 5.2.6.1, проводим по следующей методике:

1. Вид обрабатываемой поверхности – цилиндрическая, требования по шероховатости – Ra20
2. Тип выполняемой операции – продольное точение и обработка торцов
3. Производится черновая обработка
4. Группа резания серые чугуны (К)
5. Система крепления пластины К – для прерывистого резания при черновой обработке
6. Типоразмера державки R

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

70

8. Выбор геометрии пластины и марки материала режущих пластин:

- выбор заднего угла СМП:  $\alpha = 7$ .

Форма передней поверхности : геометрия С где (Форма пластины)

$$t=(0.15-2) \text{ мм } S_0=(0.08-0.27)\text{мм/г}$$

- марка сплава СТ25М – с покрытием PVD, так как он наиболее универсален и подходит для большинства операций;
- для чернового точения выбираем пластину с радиусом при вершине 0.8.

По этой методике выбираем резец СМП марка SANDVIK C3-SCLCL-22040-09HPA изображенная на рисунке 46. И пластину CCMT 09 T3 08-KF 3210 из материала CVD TiCN+AL2O3+TiN изображенная на рисунке 47.

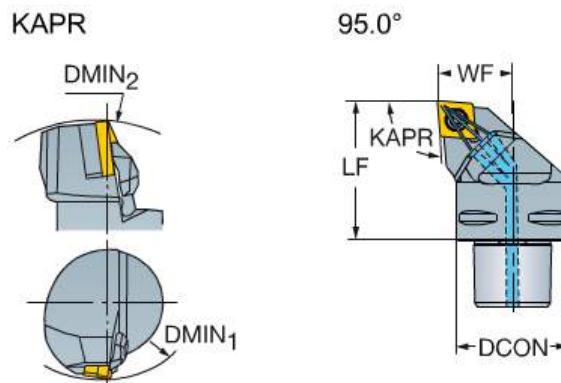


Рисунок 46 – Резец SANDVIK C3-SCLCL-22040-09HPA M12 (WF=22 LF=40 DCON=32)

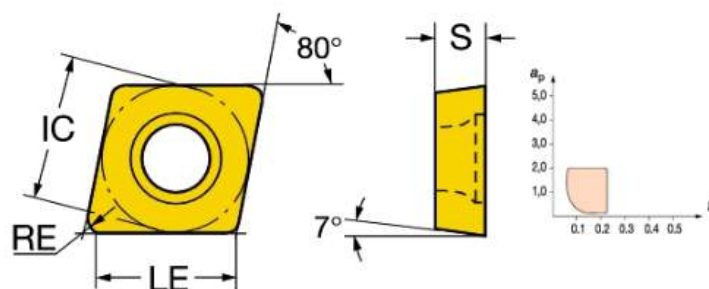


Рисунок 47 –Пластина SANDVIK CCMT 09 T3 08-KF 3210 (LE=8.87 IC=9.5 S=4 RE=0.8)

Расшифровка державки:

- 1)-С3 – размер соединения мм (32)
- 2)-S – система крепления (закрепление пластины винтом)
- 3)-С – форма пластины ( ромбообразная 80°)
- 4)-L – Тип державки ,главный угол в плане, метрический (95°)
- 5)-С – Задний угол (7°)
- 6)-L – исполнение инструмента (левый)
- 9)-22 – размер WF (22)
- 10)-040 – длина державки (40мм)
- 11)-09 – размеры пластины (9мм)
- 12)-НРА- обозначение изготовителя

Расшифровка пластины:

- 1)-С – форма пластины (ромб 80°)
- 2)-С – задний угол (7°)
- 3)-D – допуск ( $\pm 0.13$ )
- 4)-Т – тип пластины ( с отверстием , форма отверстия цилиндрическая ,стружковом – с одно стороны )
- 5)-09 – размеры пластины ( 9мм )
- 6)-Т3 – толщина пластины ( 3.97мм )
- 7)-08 – радиус при вершине ( 0.8 )

Для обработки поверхности 5, 2, 6, 1, выбираем чистовой резец СМП марка SANDVIK C4-SDJCL-27050-11HRA изображенная на рисунке 48. И пластину SANDVIK DCMT 11 T3 04-KM 3225 марка сплава СТ25М изображенная на рисунке 49.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

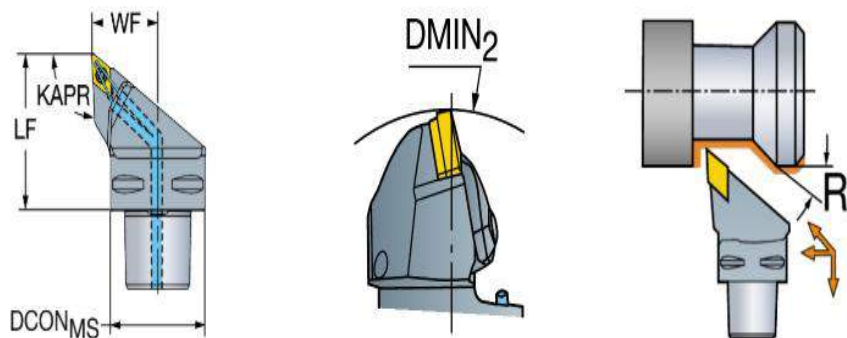


Рисунок 48 – Резец SANDVIK C3-SDJCL-27050-11HPA M12 (WF=27 LF=50  
DCON=40)

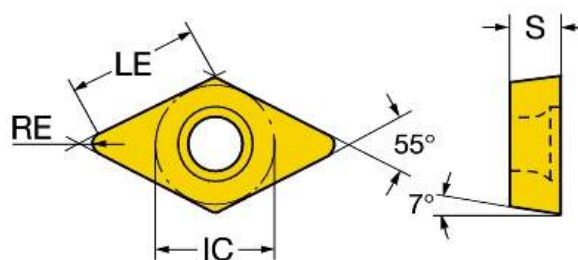


Рисунок 49 – Пластина SANDVIK DCMT 11 T3 04-KM 3225 (LE=11.2 IC=9.5  
S=4 RE=0.4)

Расшифровка державки:

- 1)-C4 – размер соединения мм (40)
- 2)-S – система крепления (закрепление пластины винтом)
- 3)-D – форма пластины ( ромбообразная 55°)
- 4)-J – Тип державки ,главный угол в плане, метрический (93°)
- 5)-C – Задний угол (7°)
- 6)-L – исполнение инструмента (левый)
- 9)-27 – размер WF (27)
- 10)-050 – длина державки (50мм)
- 11)-11 – размеры пластины (11мм)
- 12)-HPA- обозначение изготовителя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

73

### Расшифровка пластины:

- 1)-D– форма пластины (ромб 55°)
- 2)-С – задний угол (7°)
- 3)-М – допуск ( $\pm 0.13$ )
- 4)-Т – тип пластины ( с отверстием, форма отверстия цилиндрическая ,стружковом – с одно стороны )
- 5)-11 – размеры пластины (11мм)
- 6)-Т3 – толщина пластины (3.97мм)
- 7)-04 – радиус при вершине (0.4 мм)

Для обработки поверхности 3, выбираем расточной черновой резец СМП марка SANDVIK C3-SDJCL-27050-11HPA изображенная на рисунке 50. И пластину SANDVIK CCMT 12 04 04-WM 3210 марка сплава СТ25М изображенная на рисунке 51.

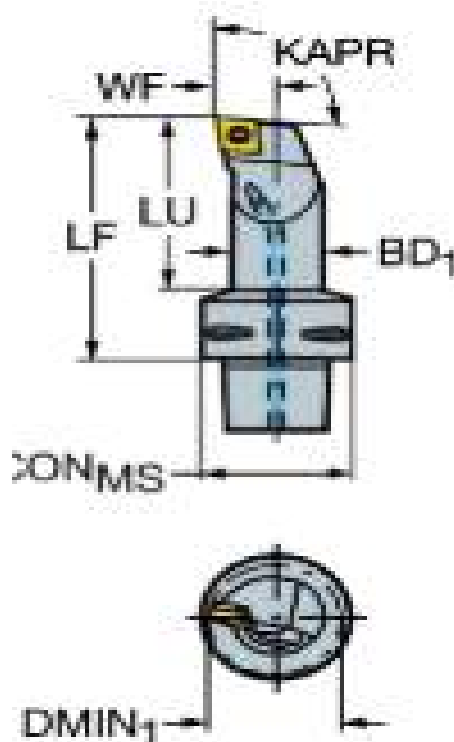


Рисунок 50 – Резец SANDVIK C3-SCLCR-17090-12 (WF=17 LU=74 LF=90 DCON=32 BD=25 KAPR=95)

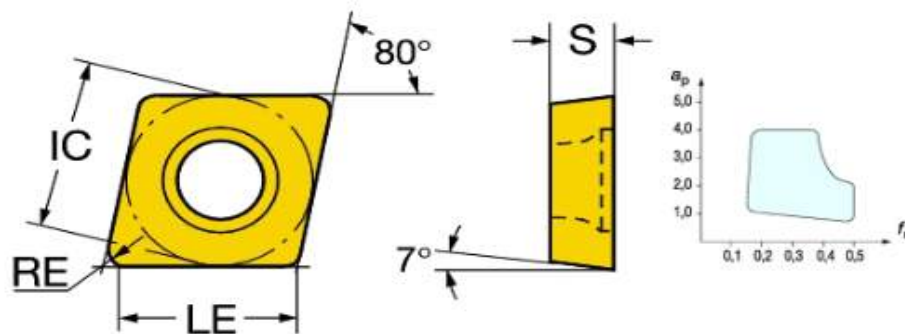


Рисунок 51 – Пластина SANDVIK CCMT 12 04 04-WM 3210 (LE=12.5 IC=12.7  
S=4.7 RE=0.4)

Расшифровка державки:

- 1)-С3 – размер соединения мм (32)
- 5)-S – система крепления (закрепление пластины винтом)
- 6)-С – форма пластины ( ромбообразная 80°)
- 7)-L – Тип державки ,главный угол в плане, метрический (93°)
- 8)-С – Задний угол (7°)
- 9)-L – исполнение инструмента (правый)
- 13)-17090 – размер рецовой головки мм WFxLF (WF=17мм LF=90)
- 10)-10 – длина режущей кромки (10мм)

Расшифровка пластины:

- 1)-С– форма пластины (ромб 80°)
- 2)-С – задний угол (7°)
- 3)-М – допуск ( $\pm 0.13$  )
- 4)-Т – тип пластины ( с отверстием , форма отверстия цилиндрическая ,стружковом – с одно стороны )
- 5)-12 – размеры пластины (12мм)
- 6)-04 – толщина пластины (4.76мм)
- 7)-04 – радиус при вершине (0.4 мм)

Для обработки поверхности 3, выбираем чистовой расточной резец СМП марка SANDVIK C4-SDUCL-13080-11HP изображенная на рисунке 52. И пластину SANDVIK DCMT 11 T3 04-KF 3210 марка сплава СТ25М изображенная на рисунке 53.

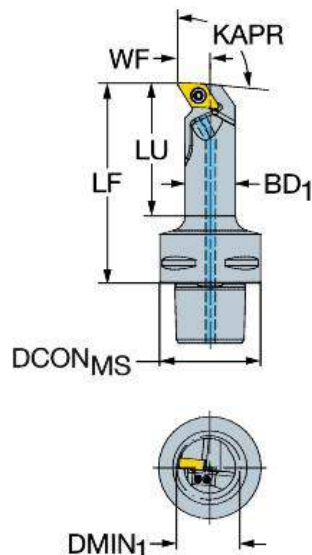


Рисунок 52 – Резец SANDVIK C3-SDUCL-13080-11HP (WF=13 LU=58 LF=80 DCON=40 BD=20 KAPR=93)

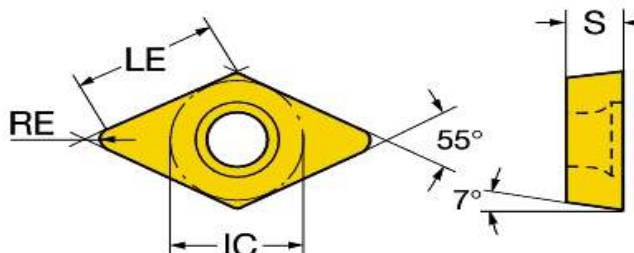


Рисунок 53 – Пластина SANDVIK DCMT 11 T3 04-KF 3210 (LE=11.2 IC=9.5 S=4.7 RE=0.4)

Расшифровка державки:

- 1)-C4 – размер соединения мм (40)
- 5)-S – система крепления (закрепление пластины винтом)
- 6)-D – форма пластины ( ромбообразная 55°)
- 7)-U – Тип державки ,главный угол в плане, метрический (93°)
- 8)-C – Задний угол (7°)



- 9)-L – исполнение инструмента (левый)
- 13)-13080 – размер рецовой головки мм WFxLF (WF=13мм LF=80)
- 10)-11 – длина режущей кромки (11мм)

Расшифровка пластины:

- 1)-D– форма пластины (ромб 55°)
- 2)-C – задний угол (7°)
- 3)-M – допуск ( $\pm 0.13$ )
- 4)-T – тип пластины ( с отверстием , форма отверстия цилиндрическая ,стружковом – с одно стороны )
- 5)-11 – размеры пластины ( 11мм )
- 6)-T3 – толщина пластины ( 3.97мм )
- 7)-04 – радиус при вершине ( 0. )

Для нарезания внутренней резьбы M27x1.6 выбираем резец СМП марка SANDVIK C4-SDUCL-13080-11HP изображенная на рисунке 54. И пластину SANDVIK DCMT 11 T3 04-KF 3210 марка сплава CT25M изображенная на рисунке 55.

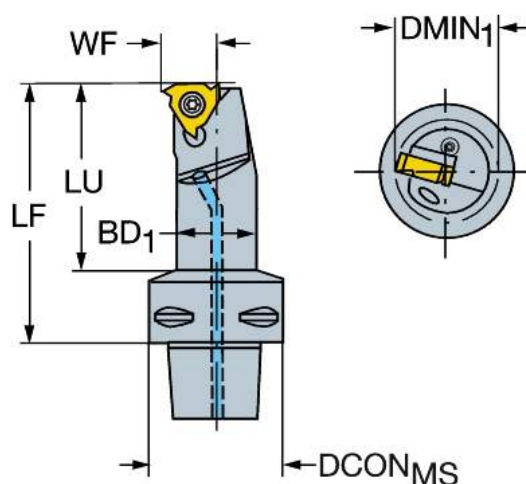


Рисунок 54 – Резец SANDVIK C4-266LKF-12060-16 (WF=12 LU=37 LF=60 DCON=40 BD=16 KAPR=0)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

77

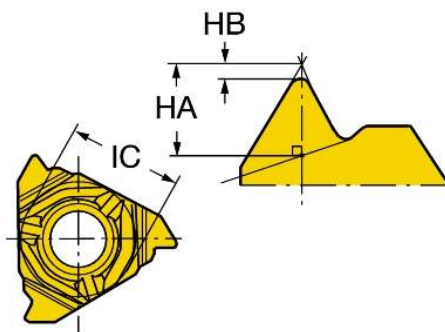


Рисунок 55 –Пластина SANDVIK 266LL-16NT01A080M 1125 (IC=9.5 HB=0.14  
 HA=2.57 S=4.7 RE=0.4)

Расшифровка державки:

- 9)-С4 – размер соединения мм (40)
- 1)-266 – основной код (266)
- 2)-L – исполнение инструмента (левый)
- 4)-KF – внутренняя обработка
- 10)-12 – размер мм WF (WF=12мм)
- 11)-060 – длина инструмента, размер (LF=60мм)

Расшифровка пластины:

- 1)-266 – основной код (266)
- 2)-L – исполнение инструмента ( левое )
- 3)-L – вид обработки ( пластины для внутренне резьбы )
- 4)-16 – размер пластины ( 9.52 )
- 5)-NT0 –профиль резьбы ( NTO 60° )
- 6)-1 – число вершин на режущей кромке ( 1 )
- 7)-A – тип режущей кромки (скругленная )
- 8)-080 – шаг резьбы
- 9)-M – метрическая

Для внутренней канавки выбираем резец СМП марка SANDVIK LAG123E07-25 В изображенная на рисунке 56. И пластину SANDVIK N123E2-0239-0002-GM 4325 марка сплава СТ25М изображенная на рисунке 57.

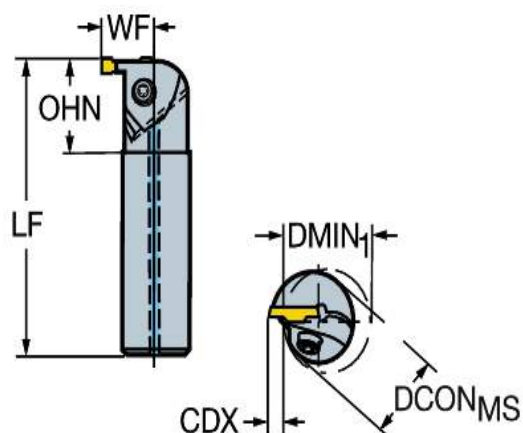


Рисунок 56 – Резец SANDVIK LAG123E07-25 (WF=19.75 OHN=100 LF=200 DCON=25 CDX=7 DMIN=32)

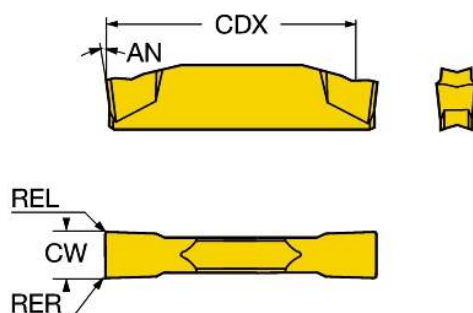


Рисунок 57 –Пластина SANDVIK N123E2-0239-0002-GM 4325 (CDX=18.4 AN=7 REL=0,2 CW=2,39 RER=0.2)

Расшифровка державки:

- 2)-L – исполнение инструмента (левый)
- -A -
- 3)-G – тип державки (90°)
- 4)-123 – основной код (123)
- 5)-E – посадочный размер ( E )
- 6)-07 – ограничение вылита пластины ( 7мм )
- 7)-25 – основные размеры инструмента ( 25мм)

Расшифровка пластины:

					Лист
					79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

- 1)-N – исполнение пластины ( N )
- 2)-123 – основной код (123)
- 3)-E – посадочный размер ( E )
- 4)-2 – количество режущих кромок ( 2 )
- 5)-0239 – ширина пластины ( 239мм )
- 6)-00 – угол в плане ( 0 )
- 7)-02 – радиус при вершине ( 0.2)
- 8)-GM – обозначение геометрии ( G-обработка канавок M-средние подачи )

#### Выбор фрезерного инструмента

Выбор фрезерного инструмента для обработки 1, 2, 3 проводим по следующей методике:

1. Вид обрабатываемой поверхности – плоская , требования по шероховатости – Ra 20
2. Черновая обработка , нормальные условия
3. Группа резания углеродистая
4. Группа резанья серые чугуны (К)
5. Система крепления пластины К – для прерывистого резания при черновой обработке
6. Типоразмера державки R
7. Выбор геометрии пластины и марки материала режущих пластин:
  - выбор заднего угла СМП:  $\alpha = 7$ .

Форма передней поверхности : геометрия С где (Форма пластины)

$$t = (0.15-2) \text{ мм } S_0 = (0.08-0.27) \text{ мм/г}$$

- марка сплава СТ25М так как он наиболее универсален и подходит для большинства операций;
- Для чернового точения выбираем пластину с радиусом при вершине 0.8.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						80
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

По этой методики выбираем торцевую фрезу с СМП марка SANDVIK 345-040Q22-13L изображенная на рисунке 58. И пластину SANDVIK 345N-1305E-PW5 4330 марка сплава СТ25М изображенная на рисунке 59.

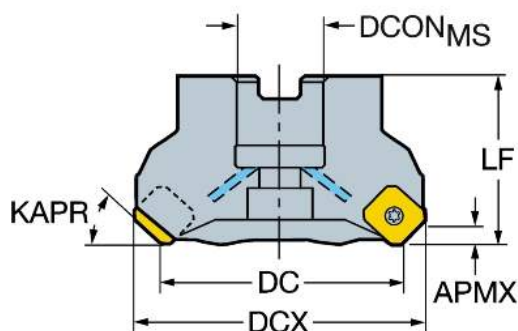


Рисунок 58 – Резец SANDVIK 345-040Q22- 13L (DC=40 DCX=45 LF=45 DCON=22 APMX=6 KAPR=45)

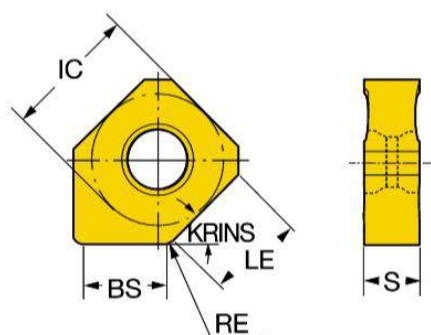


Рисунок 59 –Пластина SANDVIK 345N-1305E-PW5 4330 (IC=13 BS=5 KRINS=45 S=4 RE=1)

Расшифровка фрезы:

- 3)-345 – основной код (345)
- 4)-040 – диаметр резанья (40мм)
- 5)-Q – крепление на оправке метрическое
- 6)-22 – размер соединения (22мм)
- 8)-13 – размер пластины (13мм)
- 7)-L – сверх длинное исполнение

Расшифровка пластины:

- 1)-345 – тип инструмента (фрезерный)

- 2)-N – исполнение пластины (N)
- 3)-13 – ширина пластины (13мм)
- 4)-05 -
- 5)-E -
- 7)-P – область применения ( K )
- 9)-W – wiper

При обработки поверхности 7, 8, 9, 10 выбираем концевую фрезу с СМП марка SANDVIK 2P340-1600-KB 1630 изображенная на рисунке 60. марка сплава СТ25М

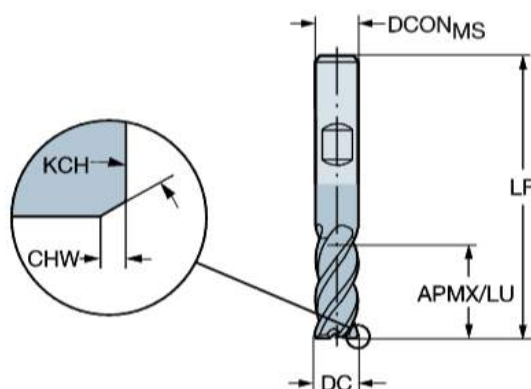


Рисунок 60 – фреза концевая SANDVIK 2P340-1600-KB 1630 (DC=16 APMX/LU=32 LF=92 DCON=16 KCH=45 CHW=0.2)

Расшифровка фрезы:

- 1)-2 – серия ( оптимизированное решение )
- 2)-P – геометрия вершины (концевая возможно сверление)
- 3)-3 – угол подъема стружечной канавки (  $35^\circ < FNA \leq 45^\circ$  )
- 4)-4 – диапазон допустимых глубин резанья (2.1-2.5 x DX)
- 5)-0 – код для инструментов с различными параметрам
- 7)-1600 – диаметр фрезы (16мм)
- 9)-K – Группы обрабатываемых материалов (K)
- 10)-B – хвостовик (цилиндрический)
- 11)-1630 - Спл

По обработки фасок выбираем фасочную фрезу смп марка sandvik 326r06-b1502006-ch изображенная на рисунке 61. Марка сплава ст25м

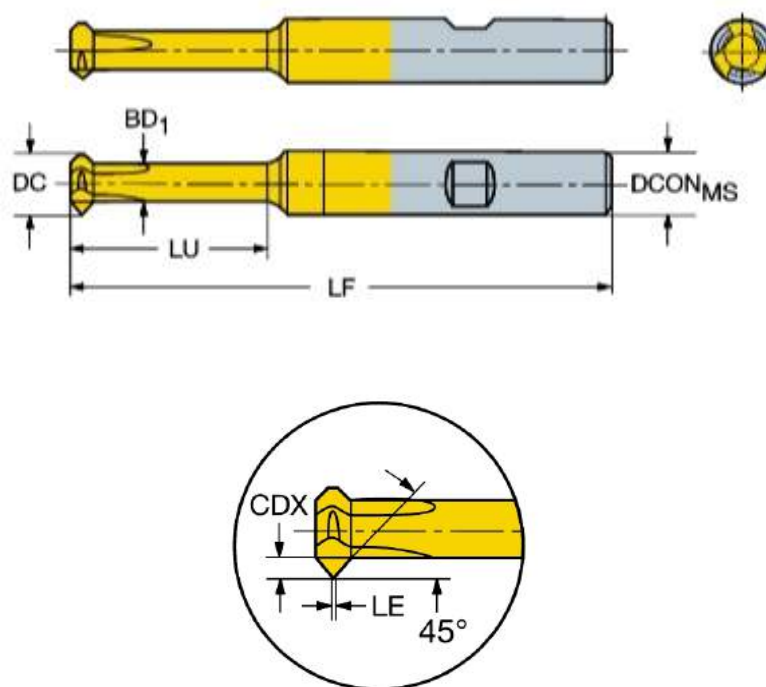


Рисунок 61 – фреза фасочная SANDVIK 326R06-B1502006-CH 1025  
(DC=4.6 BD1=4.2 LU=15 LF=58 DCON=6 CDX=45 LE=0.2)

Расшифровка фрезы:

- 2)-326 – основной код (326)
- 4)-R – диаметр резанья (40мм)
- 5)-Q – крепление на оправке метрическое
- 6)-22 – размер соединения (22мм)
- 8)-13 – размер пластины (13мм)
- 7)-L – сверх длинное исполнение

Выбор режущего инструмента для обработки

При сверление диаметров 5, 6, 7 применить сверла SANDVIK марка сплава CT25M.

Диаметры	Обозначение сверла	DC	DCON-MS	PL	LU	LCF	LF	OAL
5	460.1-0500-038A1-XM GC34	5	6	0.7	40.7	62	103.3	104
6	460.1-0600-038A1-XM GC34	6	7	0.9	30,9	44	81,1	82
7	460.1-0700-038A1-XM GC34	7	8	1	57	84	125	126

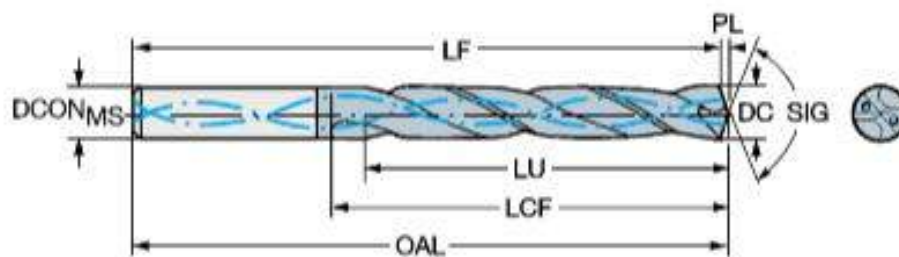


Рисунок 62 –Сверло SANDVIK

Выбор режущего инструмента для обработки резьбы M14, M16 применить метчик SANDVIK

M14	T300-KM101DA-M14 C110
M16	T300-KM101DA-M16 C110

марка сплава CT25M

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

84



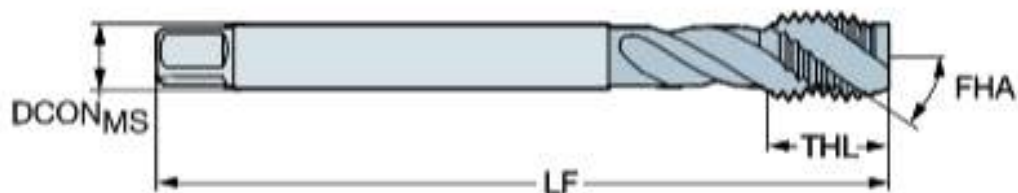


Рисунок 63 –Метчик SANDVIK T300-KM101DA-M14 C110 (FHA=45  
 THL=20 LF=62 LF=110 DCON=11)

Расшифровка метчика:

- 1)-T300 – семейство продукта
- 2)-K – Группы обрабатываемых материалов
- 3)-M– обрабатываемость материала (средняя )
- 4)-101- число (1-усиленный 0-хвостовик 1-под СОЖ)
- 5)-D – стандарт (DIN )
- 6)-A – тип резьбы (метрическая )
- 7)-M14 – размер резьбы
- 8)C110 – длина инструмента

### 3.2 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

Требуется разработать режущий инструмент для обработки поверхности 1 изображенного на рисунке 69.

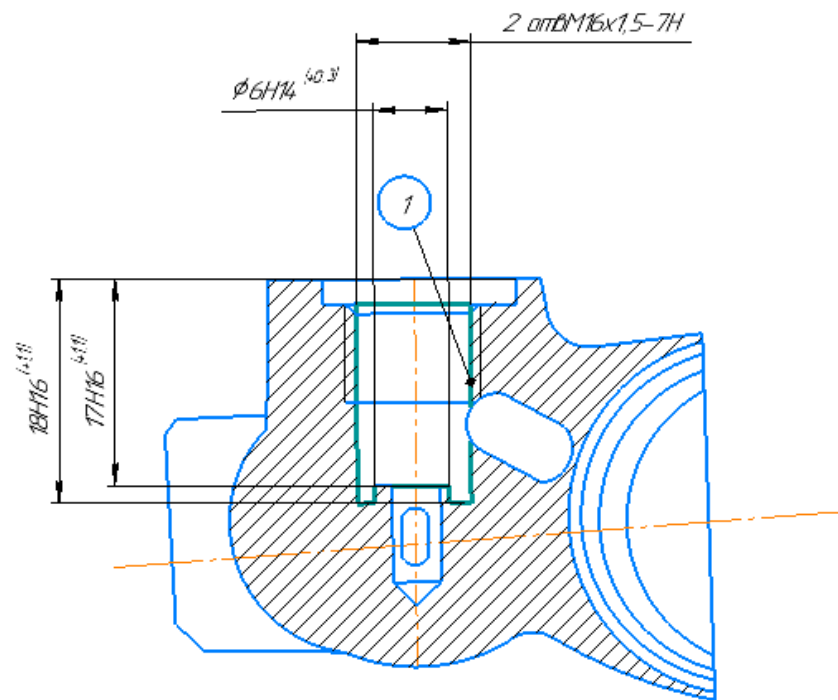


Рисунок 69 – чертеж выполняемого отверстия

Для данной операции лучше всего подойдет кольцевое сверло.

Так как обрабатываемый материал - СЧ20, с механическими характеристиками: твердость  $HV 10^{-1} = 143 - 255$  МПа,  $\sigma_B = 200$  МПа, то для материала режущей части сверла предварительно выбираем ВК8 [2, прил. 2, стр.511]. По таблице соответствия зарубежных и отечественных марок твердых сплавов, подбираем импортный аналог СТ25М – с покрытием PVD.

По каталогу SANDVIK подбираем необходимый профиль и наименование пластины RG123H1-0200-0002-GS1115, изображенной на рисунке 70.

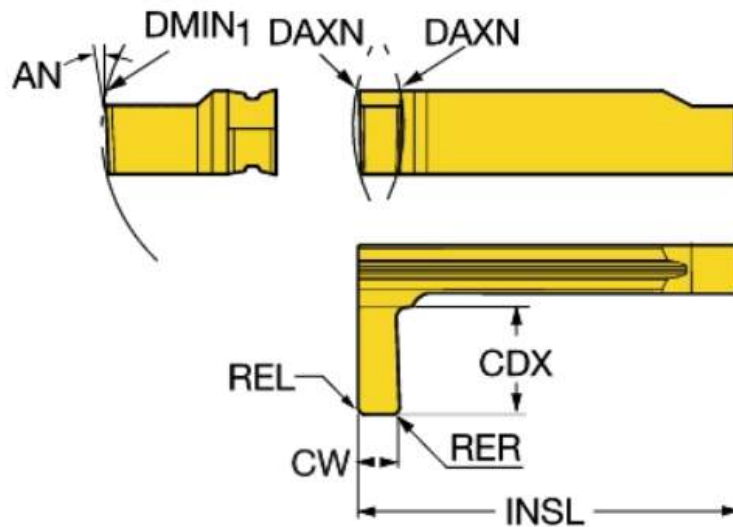


рисунок 70 – чертеж пластины кольцевого света

Перечислим основные геометрические параметры пластины:

- 1) Передний угол  $\gamma=5^\circ$ ;
- 2) Задний угол  $\alpha=7^\circ$ ;
- 3) Главный угол в плане  $\varphi = 90^\circ$ ;
- 4) Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 3^\circ$ ;
- 5) Радиус при вершине с лева и с права  $r=0,2$  мм.

Перечислим основные конструктивные параметры пластины:

- 1) INSL – длина пластины 16 мм;
- 2) CW – ширина пластины 2,5 мм;
- 3) CDX – длина режущей кромки 4 мм;
- 4) Высота пластины 5 мм.

Сконструируем оправку для крепления пластины.

Основные размеры назначим конструктивно, сделав проверку одного из размеров по условию прочности.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Сконструированная оправка показанная на рисунке 71.

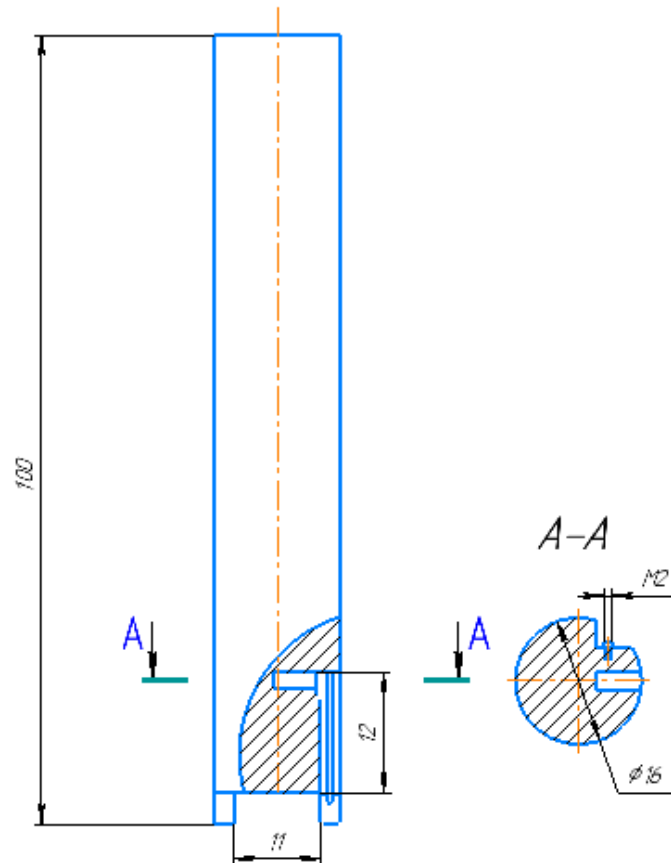


Рисунок 71 – чертеж оправки сверла с пластиной

Перечислим основные размеры оправки:

- 1) Наружный диаметр  $D=16$  мм;
- 2) Внутренний диаметр  $d=11$  мм;
- 3) Длина оправки  $L=100$  мм;
- 4) Ширина гнезда под пластинку  $b=5$  мм;
- 5) Глубина гнезда  $h=12$  мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

88

Произведем проверочный расчет сверла по допускаемому крутящему моменту.

Зная диаметр опасного сечения сверла  $D=16$  мм, определим допустимый крутящий момент из расчета на кручение по допускаемым касательным напряжениям.

Для этого зададим материал оправки сверла: сталь У10А,  $HВ=197$ ,  $\sigma_B=650$  МПа,  $\tau_T = 390$  МПа.

Запишем условие прочности для опасного сечения сверла:

$$\tau_k = \frac{T}{W_p} \leq [\tau] \quad (60)$$

где  $\tau_k$  - расчетное напряжение кручение, МПа;

$T$  – крутящий момент, Н·мм;

$W_p$  – момент сопротивления, мм<sup>3</sup>;

$[\tau]$  - допускаемое напряжение кручение, МПа;

$$[\tau] = \frac{\tau_T}{[n_T]} \quad (61)$$

где  $[n_T]$  –запас прочности по пределу текучести, принимаю  $[n_T]=2,5$ ;

$$[\tau] = \frac{390}{2,5} = 156 \text{ МПа}$$

Полярный момент сопротивления для круглого сечения рассчитывается по формуле 62

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \quad (62)$$

$$W_p = \frac{3,14 * 16^3}{16} = 803,8 \text{ мм}^3$$

Из формулы (1) выражаем T, получаем:

$$T \leq [\tau] \cdot W_p \quad (63)$$

$$T \leq 195 \cdot 803,8 = 156741 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 156,741 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сравним полученное значение с расчетом по режимам резания.

Из каталога выбираем режимы резания

$$S_0 = 0,25 \text{ мм/об}$$

$$V = 47,8 \text{ м/мин}$$

$$n = 950 \text{ об/мин}$$

$$t = 2,5 \text{ мм}$$

Рассчитываем крутящий от сил резания

$$M_{кр} = 10 C_n * D^q * S^y * K_p \quad (64)$$

где:  $M_{кр}$  – крутящий момент от сил резания, Н·м;

$C_n$  – коэффициент для расчета крутящего момента;

$q$  – показатель степени для диаметра сверла;

$y$  – показатель степени для подач;

$K_p$  – коэффициент учитывающий фактические условия обработки.

$$K_p = M_{кр} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n \quad (65)$$

$$n = 0,6$$

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						90
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Примем твердость нашего материала HB=255

$$K_p = M_{mp} = \left(\frac{255}{190}\right)^{0.6} = 1,2$$

Подставляем все значения в формулу (64), получаем:

$$M_{кр} = 10 * 0,021 * 16^2 * 0,25^{0,8} * 1,2 = 21,28 \text{ Н*м}$$

Так как по расчетам  $M_{кр} \leq T$ , то спроектированное сверло удовлетворяет условием прочности, а значит размеры назначенные конструктивно полностью удовлетворяет нашим условиям обработки.

### 3.3 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

#### 3.3.1 Выбор модели координатно-измерительной машины

Координатно-измерительные машины позволяют определить геометрические параметры, физические характеристики и математическую модель формы изделия. Основными критериями выбора определённой модели контрольно-измерительной машины (далее – КИМ) являются: величина рабочей зоны, погрешность измерения, система координат.

Исходя из формы детали «Корпус топливного насоса» более удобно использование КИМ с прямоугольной системой координат. Деталь в приспособлении имеет следующие габариты: 224мм x 114мм x 95мм. По этим данным были подобраны 3 контрольно-измерительные машины и сведены в таблицу 10.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		91

Таблица 10 – Основные технические характеристики

Характеристика	DEA Global Classic	Carl Zeiss Contura G2	Wenzel XOrbit 55
Максимально-допустимый диапазон измерений по осям X/Y/Z, мм	500/500/500	700/700/600	500/700/500
Погрешность линейного измерения МРЕ <sub>Р</sub> , мкм	1,9	1,8	2,5
Погрешность линейного измерения МРЕ <sub>Е</sub> , мкм	1,9+L/300	1,8 + L/300	2,7 + L/300
Максимальная скорость сканирования, мм/с	200	200	300
Повторяемость позиционирования в одной точке, мкм	1,9	1,6	-

Для проверки обеспечения точности измерений необходимо рассчитать погрешность по формуле МРЕ<sub>Е</sub> для линейного и диаметрального параметров, а так же для отклонения расположения. Наиболее точные параметры у детали соответственно: 57h10, ø92H7 и перпендикулярность относительно базы Л в 0,1 мм.

$$\Delta_{1l} = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{57}{300} \right) = \pm 2,09 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{1\varnothing} = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{92}{300} \right) = \pm 2,21 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{1\perp} = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{96}{300} \right) = \pm 2,22 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2l} = \pm \left( 1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,8 + \frac{57}{300} \right) = \pm 1,99 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2\varnothing} = \pm \left( 1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,8 + \frac{92}{300} \right) = \pm 2,11 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2\perp} = \pm \left( 1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,8 + \frac{96}{300} \right) = \pm 2,12 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3l} = \pm \left( 2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,7 + \frac{57}{300} \right) = \pm 2,89 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3\varnothing} = \pm \left( 2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,7 + \frac{92}{300} \right) = \pm 3,01 \text{ мкм};$$



$$\Delta_{3\perp} = \pm \left( 2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,7 + \frac{96}{300} \right) = \pm 3,02 \text{ мкм.}$$

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 20% от допуска на измеряемый параметр:

$$\frac{\Delta_{1\text{изм}}}{T} = \frac{4,42}{35} \cdot 100\% = 12,6\%;$$

$$\frac{\Delta_{2\text{изм}}}{T} = \frac{4,22}{35} \cdot 100\% = 12\%;$$

$$\frac{\Delta_{3\text{изм}}}{T} = \frac{6,04}{35} \cdot 100\% = 17,3\%.$$

Так как ни одно из отношений не превышает 20%, то можем сделать вывод, что все выбранные КИМ пригодны для контроля детали, поэтому можно выбрать любую их них.

Выбираем КИМ фирмы Carl Zeiss Contura G2 (рисунок 64), так как её погрешность линейного измерения наименьшая из трёх и составляет 12% от допуска на измеряемый диаметр 92 мм по 7 качеству.



Рисунок 64 – Carl Zeiss Contura G2 7/7/6

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

### Достоинства КИМ Carl Zeiss Contura G2:

- прочность и точность Прочная конструкция машины CONTURA G2 обеспечивает точные и воспроизводимые результаты измерений;
- Пневматические подшипники, установленные на всех трех осях, гарантируют стабильность даже при высоких скоростях перемещения и ускорениях;
- портал подвергается воздействию динамических сил, которые могут повлиять на точность, особенно в процессе сканирования. Машина CONTURA рассчитывает компенсацию для подобных инерционных воздействий;
- технология navigator для увеличения скорости сканирования с помощью измерительной головки VAST XT;
- версия NTG (с высокотемпературным градиентом) обеспечивает работу в большом диапазоне температур (18-26°C) с сохранением высокого уровня точности;
- опция NTG включает в себя температурные датчики для детали и измерительной машины.

### 3.3.2 Выбор средств оснащения

Для сбора массива координат точек КИМ должна быть оснащена измерительной головкой (ИГ). В качестве ИГ можно использовать базовое оснащения КИМ фирм Zeiss (цена которого входит в стоимость КИМ, а значит не принесёт лишних затрат). Это ИГ VAST XT (рисунок 71), технические характеристики приведены в таблице 8.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
						94
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 8 – Технические характеристики измерительной головки VAST

ХТ

Техническая характеристика	VAST ХТ
Методика ошупывания	Активная сканирующая измерительная головка
Погрешность линейного измерения, мкм	1,8+ L/300
Интенсивность измерения	до 2 с/точка; до 200г/с (методом сканирования)
Длина ИИ, макс	500 мм
Вес ИИ, макс	500 г
Мин. диаметр измерительной сферы	0,5 мм



Рисунок 65 – Измерительная головка VAST ХТ

Для измерения детали неповоротной головкой, необходимо подобрать конфигурацию наконечника, позволяющего опускаться в деталь на длину 58мм. По каталогу Renishaw: «Styli for Zeiss applications»[8], подберём под резьбу М5 измерительный наконечник длиной 75мм и диаметром сферы 3,5мм.

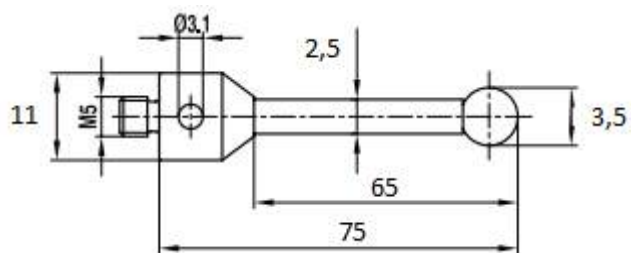


Рисунок 66 – Измерительный наконечник А-5003-7499

### 3.3.3 Выбор схемы установки детали

Для того, чтобы все контролируемые поверхности были доступны измерительному наконечнику КИМ за один установ детали, необходимо использовать сборное приспособление (рисунок 67).

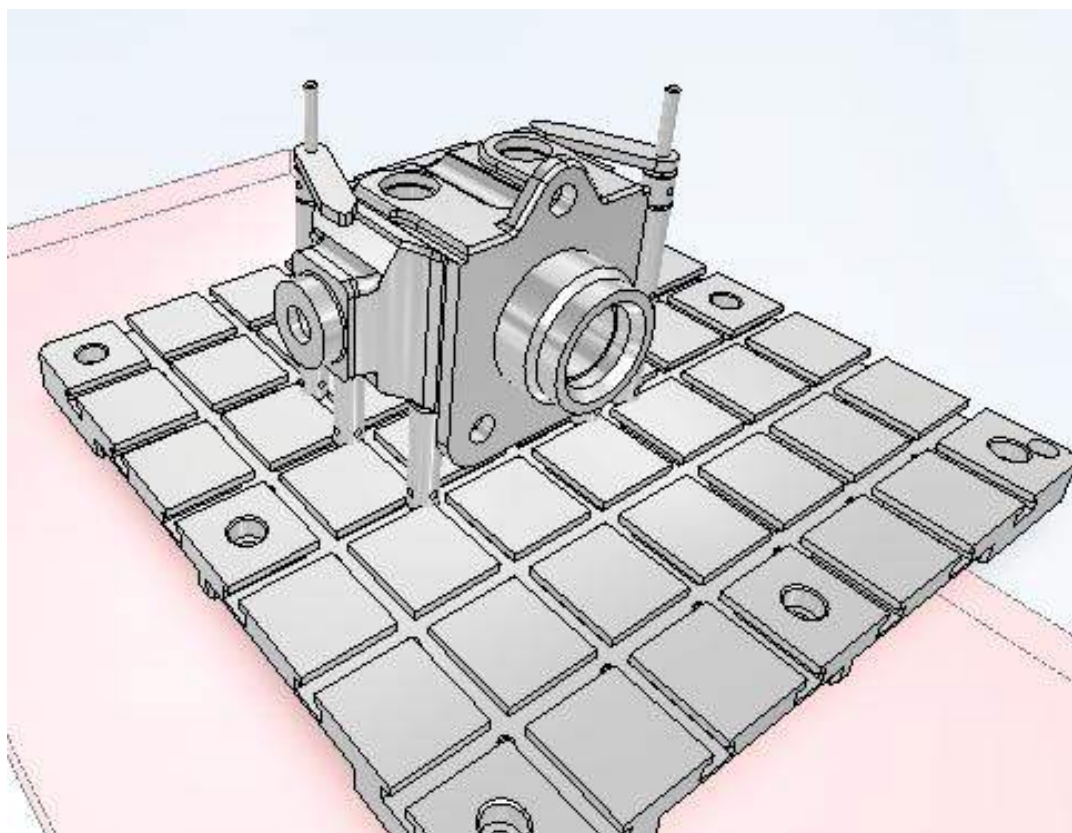


Рисунок 67 – Сборное приспособление

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР

Лист

96

Приспособление состоит из стандартных частей: в качестве основания использована плита с Т-образными пазами, в которую с помощью «сухарей» установлены фланец с оправкой и регулируемый упор.

### 3.3.4 Выбор схемы математического базирования детали в СКМ

Сначала деталь устанавливается в приспособление по пальцу и установочной плоскости, далее подводится к торцевому упору, для придания детали параллельности относительно пазов.

После чего деталь вместе с приспособлением устанавливается на стол КИМ, базирование происходит по опорной плоскости приспособления и по двум отверстиям, с учётом того, что на столе КИМ в соответствующих местах уже имеются резьбовые отверстия. В качестве схемы уточняющего математического базирования детали выбрана схема 3-2-1: три взаимно перпендикулярных плоскости. Первая плоскость отнимает три степени свободы, вторая – две, третья – одну. После выполнения математического базирования обеспечивается взаимосвязь положения СКД в СКМ (рисунок 68).

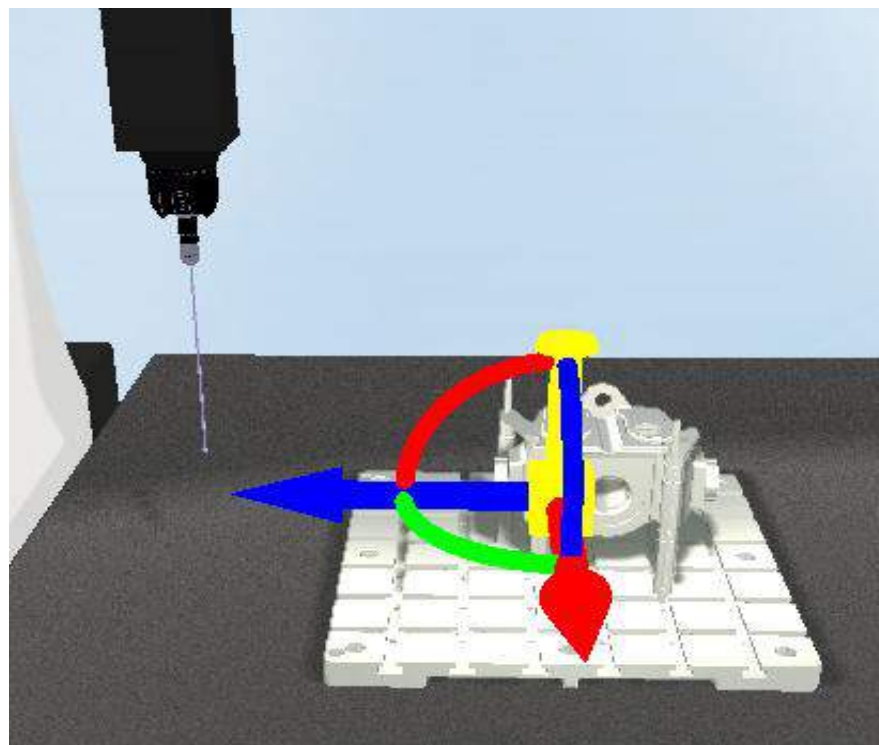


Рисунок 68 – Установка детали в приспособлении на КИМ

## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

Цель автоматизации – более полное использование календарного времени при автоматической работе оборудования и повышение скорости протекания процессов, которая не ограничивается физическими возможностями человека. Для получения необходимой информации о возможности внедрения полной или частичной автоматизации производят анализ, выполненного ранее, проектного варианта технологического процесса, учитывая нижеперечисленные факторы.

#### 4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

Нет необходимости во внедрении слесарной операции. Устранение заусенцев возможно на операциях с ЧПУ. Операций, требующих определённого способа позиционирования РИ, сложного базирования детали не имеется. Промывка и сушка детали может быть автоматизирована специализированными роботами

#### 4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Для металлообработки детали подобраны современные станки с ЧПУ DMG MORI CTX310 ecoline, DMG MORI DMU50 ecoline. Эти станки полностью удовлетворяют требованиям встраивания в гибкую производственную систему:

- станки изначально проектировались для работы в условиях ГПС, поэтому опциональная модернизация оборудования не нужна;
- из рабочей зоны стружка убирается путём обдувки сжатым воздухом, после чего стружка падает на конвейерную линию в станке и выводится к стружечному баку;
- имеется автоматизированная система открывания-закрывания дверей;

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		98

- у станков фрезерной группы на рабочих столах выполнены специальные пазы для установки базирования и закрепления спутника или паллеты;
- система ЧПУ позволяет выполнять наладку станков, диагностику их работы и следить за состоянием режущего инструмента.

#### 4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

Наибольшее количество переходов имеет фрезерная операция, так как основная обработка детали это сверление отверстий, нарезание резьбы, растачивание отверстий.

#### 4.1.4 Габаритные размеры детали

Деталь является корпусной, имеет массу в 4,5 кг при габаритных размерах 90х60х100мм. Такая масса и размеры детали позволяют применять производственные роботы с целью автоматизации технологического процесса.

#### 4.1.5 Наличие поверхностей для захвата.

Основные поверхности для захвата детали – наружная цилиндрическая поверхность (рисунок 75).

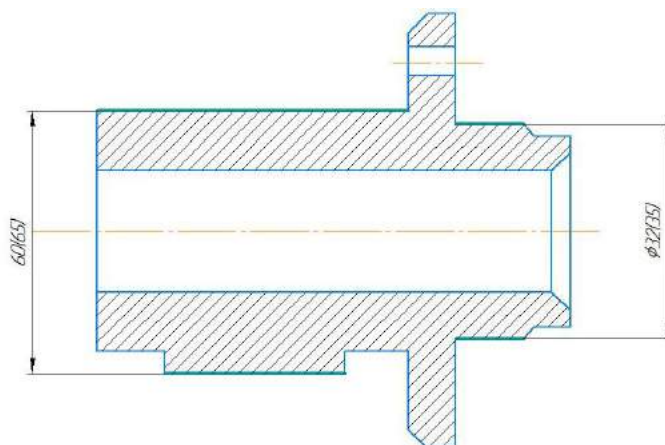


Рисунок 75 – Поверхности для захвата

Наружные размеры позволяют использовать зажимные губки на схвате робота. Точность положения детали на схвате будет зависеть от точности наружной поверхности

#### 4.1.6 Выводы по разделу

Анализ показал что отсутствуют универсальные слесарные операции, оборудование может встраиваться в ГПС. И в целом технологический процесс можно автоматизировать.

#### 4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Выбор основного технологического оборудования, его назначение по количеству координат и определение количества в составе гибкой производственной системы производится по выпуску изделий необходимого перечня и выполняется на базе спроектированных технологических процессов по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (77)$$

где  $C_{\text{ср}}$  – средняя станкоёмкость на каждый станок, мин;  $T_{\text{ср}}$  – средний такт выпуска деталей, мин;  $K$  – число станков по виду оборудования.

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2}{2} = \frac{1,79 + 16,72}{2} = 9,255 \text{ мин.} \quad (78)$$

Расчёт среднего такта выпуска деталей производится по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_o K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \quad (79)$$

где  $\Phi_o$  – действительный фонд рабочего времени оборудования на календарную единицу времени (мин.), за год, определяемый по формуле:

$$\Phi_o = (K_{\text{к.д}} - K_{\text{п.д}}) \cdot S \cdot d, \quad (80)$$

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100



Кк.д и Кп.д — количество календарных; и праздничных и выходных дней в году;

$S = 1$  — число смен на участке;

$d = 8$  часов — продолжительность смены.

$$\Phi_0 = (365 - 118) \cdot 1 \cdot 8 = 1976 \text{ ч}, \quad (81)$$

$K_{\text{исп}}$  — коэффициент использования оборудования по машинному времени ( $K_{\text{исп}} = 0,85$ );

$N_{\text{год}}$  — годовая программа выпуска деталей, шт.

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 1976 \cdot 0,85}{1000} = 100,8 \text{ мин} \quad (82)$$

Результаты определения количества оборудования:

$$K = \frac{9,255}{100,8} = 0,99 \approx 1 \text{ станка}. \quad (83)$$

#### 4.2.1 Определение характеристик стеллажа-накопителя

Определим наибольшее количество деталиустановок различных изделий, которые в течение месяца могут пройти обработку:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N}, \quad (84)$$

где  $\Phi_{\text{ст}}$  — фонд отдачи станка на месяц работы, ч ( $\Phi_{\text{ст}} = 164$  ч);  $n_{\text{ст}}$  — количество станков в ГПС;  $t_{\text{об}}$  — средняя трудоемкость обработки при одной деталиустановке, мин;  $N$  — среднее количество выпускаемых деталей одного наименования в месяц.

Подставляя, получим:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 164 \cdot 2}{8,35 \cdot 83,3} = 28,3 \text{ шт}. \quad (85)$$

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		101

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Возможность нормального функционирования ГПС осуществляется запасом ячеек в накопителе, который устанавливают примерно 10 % от  $K_{\text{наим}}$ , из этого принимаем  $K_{\text{наим}} = 4$ .

### 3.4.3 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Чтобы найти число позиций загрузки и разгрузки выполняют расчёт по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60} \quad (86)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость операций на позиции, мин;  $K_{\text{дет}}$  – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.;  $\Phi_{\text{поз}}$  – месячный фонд времени работы позиции, ч;  $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 164$  ч.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N, \quad (87)$$

где:  $N$  – среднее количество выпускаемых деталей одного наименования в месяц.  $K_{\text{наим}}$ , шт.

Подставляя получим:

$$K_{\text{дет}} = 4 \cdot 83,3 = 333 \text{ шт.} \quad (88)$$

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке ( $t_z$ ) и разгрузке ( $t_p$ ) деталей:  $t_z = 5$  мин;  $t_p = 3$  мин.

Подставляя получим:

$$n_{\text{поз}} = \frac{8,35 \cdot 333}{164 \cdot 60} = 2,8 \text{ мин.} \quad (89)$$

### 4.2.2 Расчет числа позиций контроля

При изготовлении деталей на каждой позиции должен проходить контроль деталиустановки. Обычно контроль проходят первая деталиустановка, а потом через определённое количество деталиустановок, которое согласовывается при

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		102

проектировании технологического процесса. Для осуществления данной операции гибкое автоматизированное производство имеет специально-оборудованные участки автоматизированного контроля. Деталь контролируется после обработки на каждом из станков. Также, рабочий, несущий ответственность за качество партии деталей, имеет право вызывать на контроль любую деталь в промежутке обрабатываемых деталей, который также определяется при проектировании технологом. Это нужно в случаях плановой замены режущей пластины или изменения материала режущей части.

Число позиций контроля  $n_{\text{поз.к}}$  в ГПС можно найти по формуле:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \quad (90)$$

где  $t_{\text{к}}$  – общее время, которое потребуется на контроль одной деталиустановки, мин;  $K_{\text{дет.к}}$  – месячное число контролируемых деталиустановок, шт.;  $\Phi_{\text{поз}}$  – фонд времени на позицию контроля в месяц, ч.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \quad (91)$$

где  $K_{\text{дет}}$  – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;  $n$  – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \quad (92)$$

где  $n_1$  – количество деталиустановок, по прохождении которого изделие отправляется на контроль по требованию технолога (берём 5 по справочнику [9]), шт.;  $n_1=2$ ;  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты, влияющие на отправку изделий на контроль по требованию наладчика соответственно в начале смены для первой ( $k_1$ ) и после установки новой режущей пластины ( $k_2$ );  $k_1 = 1,15$ ;  $k_2 = 1,05$ .

Подставляя получим:

$$n = \frac{5}{1,15 \cdot 1,05} = 4,14 \approx 5 \text{ шт.}$$

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{333}{5} = 66,6 \text{ шт.}$$

Время, требующееся на контроль одной деталиустановки определяется по формуле:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i}, \quad (95)$$

где  $t_{k_1}, t_{k_2}, \dots, t_{k_i}$  – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д.  $i$ -м станках комплекса.

Время каждого промежуточного контроля (между переходами на операции механической обработки) примем равным:

$$t_{\text{п}} = 5 \text{ мин};$$

время окончательного контроля всех поверхностей детали:

$$t_{\text{к.ок}} = 30 \text{ мин};$$

Подставляя получим:

$$t_k = 5 + 30 = 35 \text{ мин}; \quad (96)$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{35 \cdot 5668}{164 \cdot 60} = 20,16 \approx 21 \text{ шт.} \quad (97)$$

#### 4.2.3 Проектирование предварительной компоновки ГПУ

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а так же определения более рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПУ. Для этого осуществим планировку станочной и складской систем комплекса.

Первый вариант расположения оборудования представлен на рисунке 78.

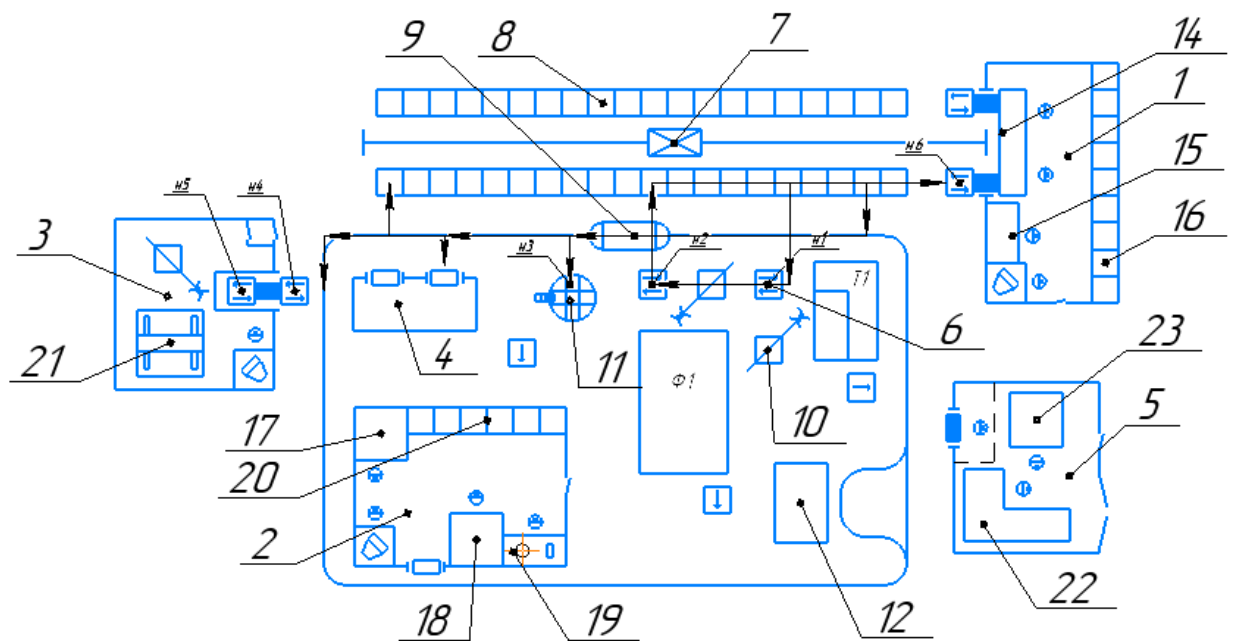


Рисунок 78 – Схема расположения станков по ходу технологического процесса

На данной схеме показано перемещение заготовок со склада заготовок на накопитель 1, после обработке на токарном станке Т1, заготовка попадает на накопитель 1 и с помощью промышленного робота перемещается на накопитель 2. После фрезерной обработки на станке Ф1, заготовка попадает на накопитель 2 откуда робокаром доставляется на стеллаж. Со стеллажа отправляется в участок подготовки производства для установки заготовки на паллету. Далее кран балкой отправляется обратно на стеллаж откуда робокаром доставляется на накопитель 3 далее отправляется в моечную машину ММ и на систему автоматизированного контроля через два накопителя н4 и н5. После осуществления контроля деталь отправляется на стеллаж.

Затем выполним анализ графов, он сводится к визуальному определению компоновки с наименьшими пересечениями материальных потоков, что должно обеспечить наименьшее число и время перемещений транспортного механизма.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 8).

Таблица 8 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Оборудование, к которому движется ТС	Оборудование, от которого движется ТС							
	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	ММ	Стеллаж
	Расстояние, пройденное ТС, м							
Н1								19,4
Н2	25,8							
Н3								75
Н4					10		42	
Н5				10				
Н6								55
ММ			43,2					
Стеллаж		59		31,2		17,7		

Суммарное перемещение при такой компоновке ГПУ равно 388,3 м.

Граф перемещений для первого варианта компоновки транспортного механизма в ГПС представлен на рисунке 79.

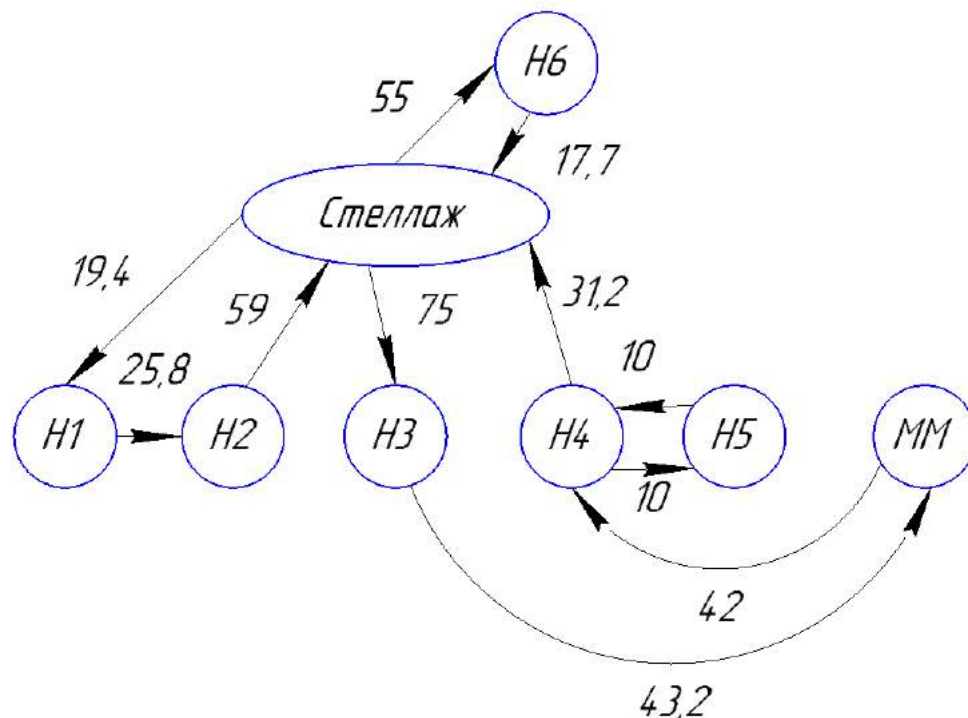


Рисунок 79 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПУ

Второй вариант расположения оборудования представлен на рисунке 80.

Заготовка перемещается тем же маршрутом, описанным в предыдущей схеме, но с другой длинной путей перемещений.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 9).

Граф перемещений для второго варианта компоновки транспортного механизма в ГПУ представлен на рисунке 81.

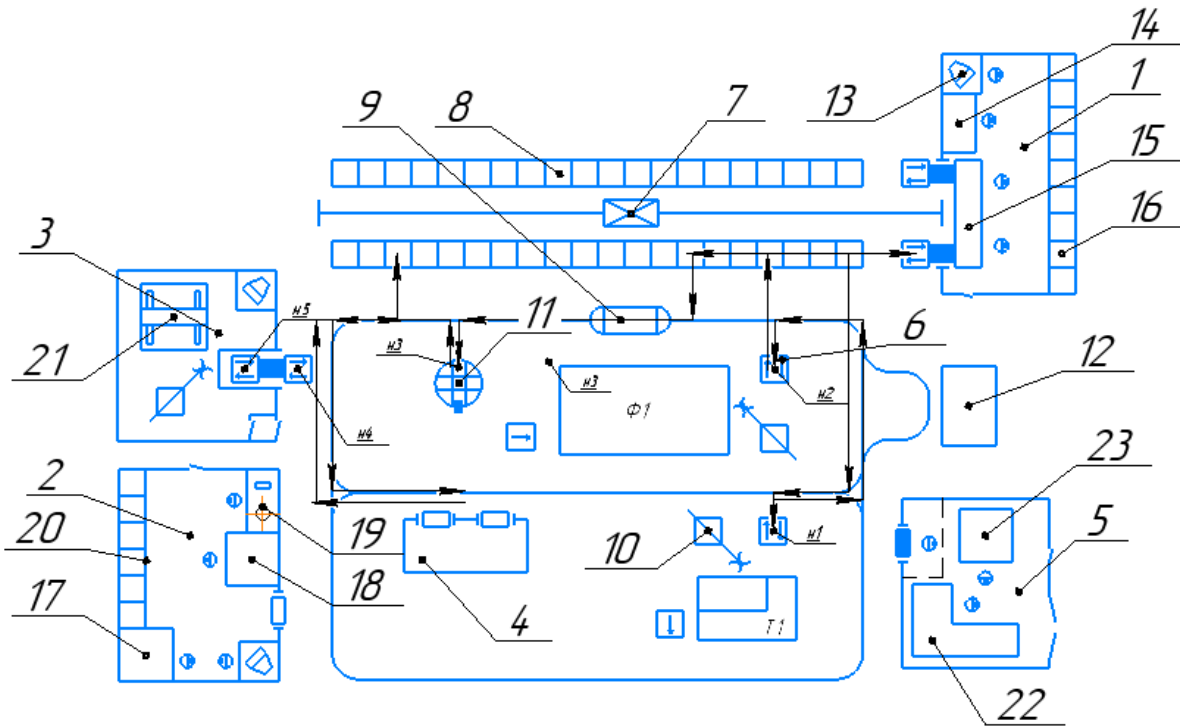


Рисунок 80 – Схема расположения станков по конструктивному признаку

Таблица 9 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Оборудование к которому движется ТС	Оборудование, от которого движется ТС							
	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	ММ	Стеллаж
	Расстояние, пройденное ТС, м							
Н1								67
Н2	83,6							
Н3								66
Н4					10		48	
Н5				10				
Н6								27,9
ММ			122,8					
Стеллаж		49		34		42		



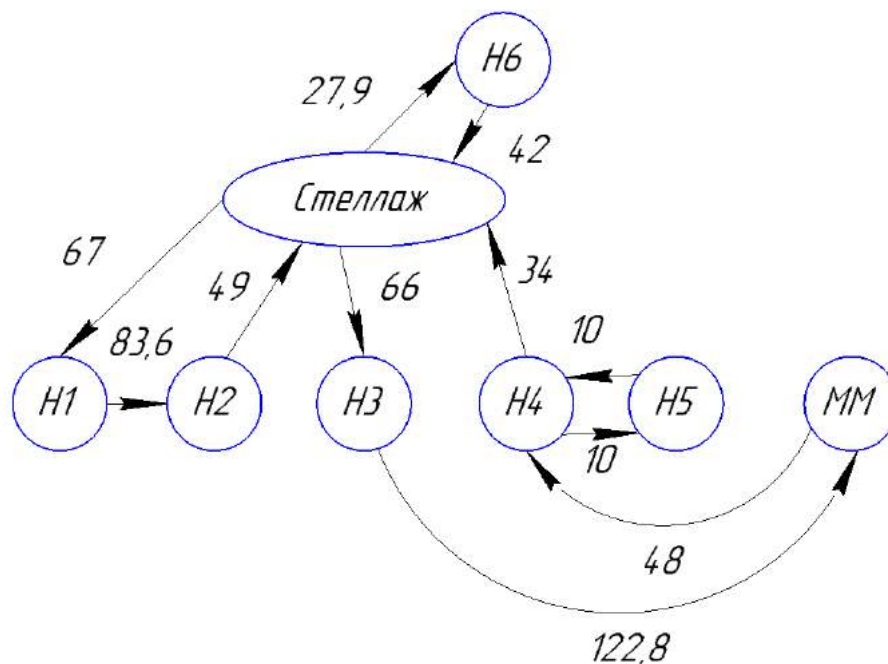


Рисунок 81 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПС

Суммарное перемещение при такой компоновке ГПС равно 560,3 м.

#### 4.3 Выбор вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования ГПС

Для снятия заготовок с накопителей, установки в станок необходимо подобрать промышленный робот. Выбор будет производиться исходя из массы детали и радиуса действия робота. Наиболее подходящей моделью робота КУКА KR 16-3 (рисунок 82).



Рисунок 82 – Промышленный робот KUKA KR 16-3

Эта модель обладает лучшими в своем классе инерционными показателями и характеристиками грузоподъемности. Она повышает производительность и оптимизирует продолжительность циклов, и в то же время характеризуется чрезвычайной универсальностью благодаря перемещению по шести осям. Модель отличается самыми высокими инерционными показателями и скоростью вращения запястья в своем классе, и с легкостью справляется с задачами по манипулированию грузами весом до 46 кг. Технические характеристики модели представлены в таблице 4.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		110

Таблица 4 – Характеристики промышленного робота Fanuc M-10iA/10M

Параметры	Значения параметров
Количество контролируемых осей, шт	6
Максимальная грузоподъемности, кг	46
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,05$
Масса робота, кг	235
Радиус действия, мм	1611

Для установки и снятия заготовки на операции 005 необходим рабочий орган – схват, эскиз которого представлен на рисунке 83.

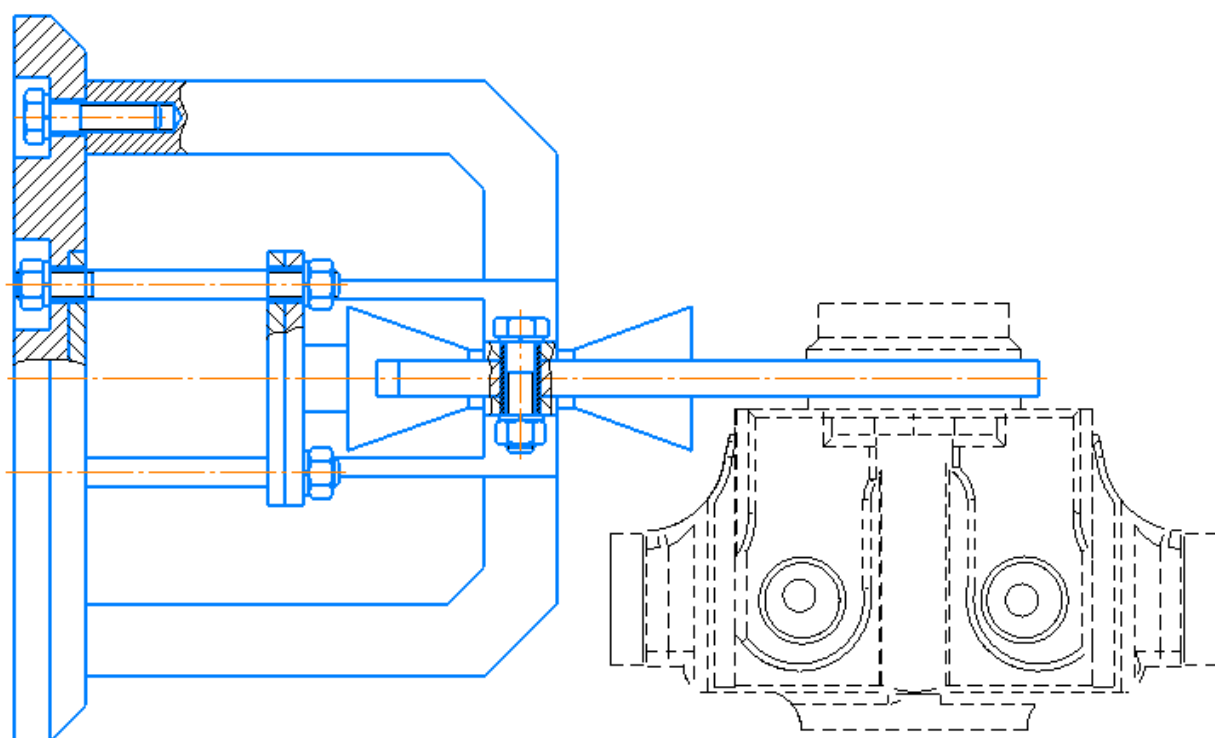


Рисунок 83 – Схват промышленного робота

Перемещение заготовок между накопителями будет производиться с помощью робокара. Робокар – это автоматизированный погрузчик, выполняющий транспортирование грузов без участия водителя.

Так, например управление Jungheinrich EKS 215a (рисунок 84) осуществляется с помощью лазерной навигационной системы: для этого на

объектах, расположенных по ходу движения, таких как стеллажи, колонны, стены или другие ориентиры движения, – устанавливаются отражатели.



Рисунок 84 – Робокар Jungheinrich EKS 215a

С грузоподъемностью до 1,5 т EKS 215a способен поднимать грузы на высоту до 6 м и развивать скорость до 2,5 м/сек. Благодаря регулируемым вилам EKS 215a наиболее эффективен при транспортировке специальных грузов и закрытых поддонов, а также для перевозки транспортных единиц с затрудненным доступом снизу.

#### 4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «Корпус топливного насоса». Схемы базирования заготовки на операциях представлены таблице 11.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		112

Таблица 11 – схемы базирования заготовки

№	До установки в станок	В станке	Снятие со станка
005			
010			

#### 4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

На окончательном этапе разработки структурной схемы ГПС был произведён расчёт длин траекторий перемещения заготовки по участку. В случае компоновки станков по ходу технологического процесса длина пути заготовки составила 388,3 м. При компоновке станков по конструктивному признаку – 560,3 м.

Ввиду того, что длина перемещений в первом случае меньше, то выбираем эту схему расположения станков.

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

В данном разделе производится разработка планировки участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса.

Планировку выполняют в масштабе 1:200. На планировке указывается всё технологическое оборудование: станки, верстаки, контрольные столы, моечную машину, подъемно-транспортное оборудование и средства межоперационного транспортирования заготовок, места рабочих у станков и склады.

В строительной части указывают: колонны, дорожные проезды, стены и перегородки.

Участок механической обработки детали «Корпус турбины» включает в себя: склад заготовок, склад готовой продукции, приемо-раздаточные столы, промышленный робот, токарный станок DMG MORI CTX310 ecoline, фрезерные DMG MORI DMU50 ecoline, роботизированный кран-штабелер, ящик с песком, пожарный стенд.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		114

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА

### 6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.

Обязанности по выполнению требований, обеспечивающих безопасные условия труда, федеральный закон №181 «Об основах охраны труда в Российской Федерации» накладывает на работодателя.

Руководитель организации занимается управлением работы всех структурных подразделений по обеспечению безопасности труда.

Руководство службой охраны труда налагается на главного инженера. Служба охраны труда состоит из инженеров и старших инженеров цехов предприятия. При выполнении работы службы следуют всем действующим законам и постановлениям, руководствуются правилами и инструкциями по обеспечению безопасности.

Инженеры службы охраны труда могут давать указания руководителям по устранению существующих нарушений правил безопасности, препятствовать выполнению работ, когда имеются опасные условия труда. При возникновении несчастного случая обязаны запрашивать от руководителей работ своевременного расследования. Также в работу входит внесение предложений о поощрении или наказании работников. Указания инженера по охране труда имеет право отменять только главный инженер или начальник управления. Отмена указаний производится в письменной форме с заполнением требуемых бланков.

Также, работники службы выполняют работу по:

- организации деятельности структурных подразделений по обеспечению безопасности труда;
- составлению годовых планов улучшения условий труда;
- контролю проектирования безопасных и безвредных условий труда, в том числе и за соблюдением указаний и предписаний органов государственного надзора;

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		115

– содействию в изучении аварий, несчастных случаев в подведомственных организациях, регистрации их и участия в разработке мероприятий по уменьшению возможности травматизма;

– анализу возникновения производственного травматизма. Составление отчетов о пострадавших при несчастных случаях;

– организации обучения правилами и инструкциями по технике безопасности и производственной санитарии и проверки знаний инженерно-технических работников;

– снабжению работников спецодеждой, средствами защиты (индивидуальной и коллективной) и организацией их хранения и ремонта;

– популяризации безопасных условий труда посредством выполнения смотров и конкурсов по охране труда, семинаров;

– обеспечению правилами, инструкциями, баннерами по технике безопасности;

– осуществлению проведения вводных инструктажей по технике безопасности в каждом производственном отделении;

– изучению проектной документации, а в частности отслеживанию полноты и обоснованности принятых решений по обеспечению техники безопасности. Ведение по ним соответствующих документов. Производство контроля над корректностью инструкций по охране труда.

Таким образом, работники службы ОТ выполняют контрольно-координационные функции.

Начальники участков и старшие мастера должны проводить мероприятия по охране труда, оговоренные соответствующим законодательством, распоряжениями и инструкциями СНиП, годовыми планами, приказами.

Также в обязанности начальников участков входит осуществление первичного, повторного, внепланового и текущего инструктажа рабочих с указанием адресов объектов, на которых осуществляется монтаж. Обучение рабочих безопасным методам труда.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		116



Начальники должны следить, чтобы рабочие ежегодно сдавали экзамены по своей рабочей специальности, следить за правильной и безопасной эксплуатацией приборов, электрооборудования и инструментов. Соблюдать обеспечение рабочего персонала оборудованными бытовыми помещениями.

Итак, начальники участков и старшие производители работ выполняют контрольно-обеспечивающие функции.

На каждом участке должны быть инструкции по специальностям, журнал учёта инструктажа рабочих по охране труда, где проставляются подписи о прослушанном материале, технологическую записку, журнал осмотра оборудования и проект производства работ. Соблюдение наличия данных документов на участке входит в обязанности начальника данного участка.

Мастера и бригадиры обеспечивают проведение работ в соответствии с технологическими картами. В их обязанности входит контроль исправности технологического оборудования, приспособлений, средств индивидуальной и коллективной защиты, следить за наличием заверенных инструкций по технике безопасности, за санитарным состоянием бытовых помещений.

Если имеется коллективный договор о взаимных обязательствах руководства и состава рабочих/служащих, то тогда предусматриваются обязательства по охране труда, которые оформляются в виде раздела коллективного договора и соглашения по охране труда. Основой этих разделов является типовая сводная номенклатура мероприятий по охране труда.

### 3.5 Мероприятия по электробезопасности

Всё электрическое оборудование, аппаратура для проведения контрольно-измерительных операций, а также аппаратура системы управления должны быть выполнены согласно требованиям "Правил устройства и эксплуатации оборудования" и СНиП 3.05.06-65 "Электротехнические устройства". Электропитание на предприятии представляет собой 380В переменного тока, 3

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		117

фазы, частота 50Гц, в соответствии с чем подобрано оборудование, рассчитанное на электропитание от данной сети. Норма качества используемой электроэнергии должно соответствовать ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств».

Схема подключения оборудования гарантирует выполнение последовательного пуска электроприводов, включает в себя акустическую и оптическую предупредительную предпусковую сигнализацию. Обеспечивает одновременную аварийную остановку агрегатов комплекса. Схема подключения оборудована активными датчиками, позволяющими отслеживать нагрузку основных агрегатов.

Для исключения попадания электрических разрядов молнии в здание комплекса, оно должно быть обеспечено молниезащитными устройствами. Молниезащита представляет собой комплекс процедур и конструкций, предназначенных для предохранения домов, сооружений, машин и материалов от взрывов, возгораний и разрушений, которые могут возникнуть при попадании молний.

Для всех зданий и сооружений, не имеющих связи с производством и складированием взрывоопасных веществ, конструирование и создание молниезащиты должно производиться с соблюдением «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122 -87.

Здания и сооружения по уровню защиты от влияния атмосферного статического электричества молниезащита делится на три категории. Категория молниезащиты зависит от функций зданий и сооружений, среднего числа дней с грозой в году, а также вероятностью поражения здания молнией в год.

Ожидаемое годовое число поражений молнией прямоугольных зданий и сооружений

$$N = (S + 6h3d) (L - 6h3d) - 7,7h23dnl0 - 6, \quad (98)$$

где:

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		118

- $S, L$  – габариты здания по периметру, м (для зданий и сооружений нестандартного исполнения в плане при расчёте  $N$  в качестве  $S$  и  $L$  принимают габариты по периметру самого минимального описанного прямоугольника);
- $h_{zd}$  - максимальная высота здания или конструкции, м;
- $n$  - удельная плотность ударов молний в землю на  $1 \text{ км}^2$  площади в месте расположения зданий или сооружений. Информация хранится в местных отделениях Росгидромета.

Зоны защиты создаются благодаря использованию одиночного, двойного и многократных стержневых молниеотводов. Конструкция молниеотвода представлена на рисунке 90.

Соответствие их требованиям по безопасности проверяется электриком, им же контролируются методы обеспечения электробезопасности.

Необходимо чтобы для электрооборудования было обеспечено заземление по нулевому контуру. В трёхфазных четырёхпроводных сетях с заземлённой нейтралью применяют защиту занулением под напряжением до 1000В. В строительстве и промышленности эти сети находятся под напряжением 380/220 и 220/127 В, но в отдельных случаях 660/380 В. Однофазные сети переменного тока зануляют по заземлённому выводу. Занулением называется соединение по нулевому защитному проводнику металлических нетоковедущих частей, для которых возможна вероятность оказаться под напряжением.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		119

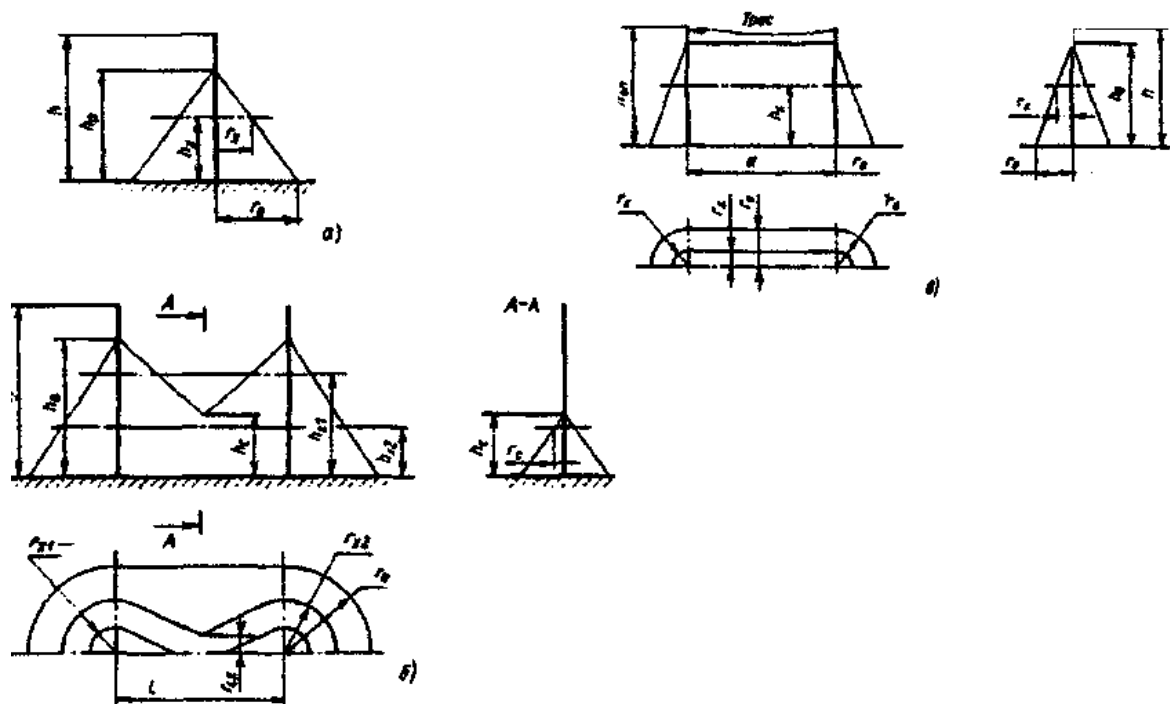


Рисунок 90 – стержневой молниеотвод.

Защита занулением действует на основе эффекта появления на металлических частях электроустановки опасного напряжения. Результатом данного события является замыкание на корпусе и короткое замыкание между фазным и нулевым защитными проводниками. Короткое замыкание влечёт к возникновению большой силы тока, сколько нужно для срабатывания предохранителей в фазных питающих проводах и обесточивания электроустановки. Безопасность от поражения током выполняется сопротивлением заземляющего устройства, действие которого производит защитную функцию.

В качестве предохранителей могут использоваться плавкие предохранители, максимальные автоматы, комбинированное устройство распределения и управления и др., срабатывание которых происходит за доли секунды.

										Лист
										120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР					

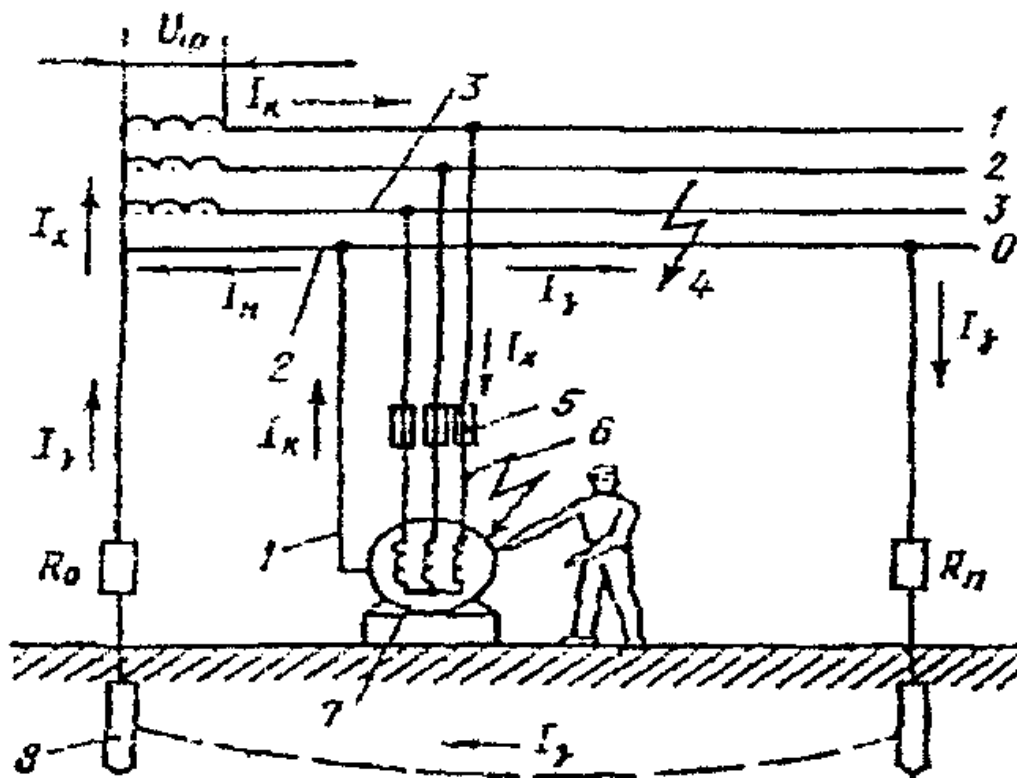


Рисунок 91 – Схема зануления в трёхфазной четырёхпроводной сети с заземлённой нейтралью

Если произвести повторное заземление нулевого провода, то это может обезопасить человека от поражения током при возникновении замыкания фазы на корпус и одновременно обрыва нулевого провода. Это производится путём установки заземления на расстоянии 250 м и окончания проводов и ответвлений с протяженностью более 200м. При выполнении данной операции ток будет стекать в землю, из которой будет попадать на заземление нейтрали. Так будет образоваться контур для осуществления короткого замыкания.

## 6.2 Мероприятия по пожарной безопасности

Помещения и здания по степени взрывопожароопасности подразделяются на 5 категорий:

					ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		121

А – взрывопожароопасные: когда тех. процессы производятся с выделением горючих газов или легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров до 28 °С, при давлении выше 5 кПа.

Б – помещения, в которых технологические процессы осуществляются при использовании легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки свыше 28 °С, имеющие возможность создания взрывоопасных и пожароопасных составов, с воспламенением которых образуется избыточное давление взрыва свыше 5 кПа, температуре вспышки меньше 28 °С;

В – пожароопасная: помещения, в которых технологические процессы осуществляются при использовании горючих и трудно горючих жидкостей, твердых горючих веществ, способных только гореть при взаимодействии друг с другом или кислородом находящемся в воздухе. Эти вещества не должны относиться к категориям А, Б.

Г – помещения и здания, в которых технологические процессы осуществляются при использовании негорючих веществ и материалов находящихся в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии.

Д – помещения и здания в которых технологические процессы осуществляются при использовании твердых негорючих веществ и материалов при состоянии комнатной температуры (механическая металлообработка).

Взрыво- и пожароопасные зоны помещения группируются в соответствии с шестым изданием «Правил устройства электроустановок».

Пожароопасная зона – определённое место в помещении или за его пределами, которое содержит в своей зоне горючие вещества, как при обычном выполнении тех. процесса, так и при его нарушении.

Параметры производственных помещений для использования электрооборудования:

- группа взрывоопасных смесей – Т2;
- пожароопасность тех. процесса – группа В;
- помещения с образованием взрывоопасных смесей – группа П-Па;

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		122

- огнестойкость зданий и сооружений - группа III.

Производственное помещение должно иметь автоматическую противопожарную сигнализацию и автоматическое пожаротушение.

Схема противопожарной сигнализации должна предусматривать датчики температуры саморазогрева и температуры вспышки взрывоопасных материалов в случаях измельчения и хранения продуктов переработки. Все элементы оборудования производящие движение и вращение должны быть закрыты специальными ограждениями.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		123

## ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

По итогу выполнения был разработан технологический процесс изготовления детали «Корпус топливного насоса». Одним из главных отличий проектного варианта от заводского, является основное обрабатывающее оборудование, которое при большей точности позволяет производить большую концентрацию переходов на операциях.

Новый способ получения заготовки даёт меньшую шероховатость поверхности, меньшее количество брака. Позволяет получить требуемую точность при меньших снимаемых припусках. Повысился КИМ изготовления детали.

Использование современного режущего инструмента повысило производительность на переходах механической обработки.

В конструкторской части курсового проекта было произведено проектирования специального приспособления, использующего в качестве зажима пневмоцилиндр. Это позволило уменьшить затрату сил рабочего в отличие от заводского варианта, где зажим производился вручную.

Также спроектирован специальный режущий инструмент, благодаря которому, сократилось количество переходов.

Контроль геометрических параметров детали производится на координатно измерительных машинах. Такой подход благоприятствует автоматизации данного технологического процесса.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		124



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Москва: Машиностроение, 2007. – 368с.

2. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. Пособие для техникумов по предмету: «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». Нефедов Н.А., Осипов К.А. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с

3. Каталог токарного металлорежущего инструмента фирмы Sandvik Coromant.

4. Каталог вращающегося металлорежущего инструмента фирмы Sandvik Coromant.

5. Справочник технолога – машиностроителя. в 2 т. / под общ. ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерикова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. –Т.2. – 542 с.

6. Ординарцев, И. А. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко – М.: Машиностроение, 1987. – 830 с.

7. Общемашиностроительные типовые нормы, нормативы численности и нормативы времени обслуживания для вспомогательных рабочих цехов основного и вспомогательного производства (утв. постановлением Госкомтруда СССР, ВЦСПС от 02.03.1979 N 73/5-4)

8. Каталог измерительных наконечников Renishaw: «Styli for Zeiss applications»

9. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.: ил.

					<i>ЮУрГУ 15.03.05.2020.567.00.00.ПЗ ВКР</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		125