

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

«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»

Факультет «Машиностроения»

Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В.И. Гузеев

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Проектирование участка механической обработки детали  
«Вал турбокомпрессора» с разработкой конструкторско-  
технологического обеспечения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 150305.2020.526.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер, доцент к.т.н.

\_\_\_\_\_ /Л.В. Шипулин/  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель, доцент к.т.н.

\_\_\_\_\_ /И.С. Болдырев/  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы,

студент группы ПЗ-551

\_\_\_\_\_ /И.А. Горин/  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Горин И.А. Проектирование участка механической обработки детали «Вал турбокомпрессора» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения. Выпускная квалификационная работа – Челябинск: ЮУрГУ, 2020, 91 стр., 57 ил., 25 табл., библиографический список – 16 наим., 1 прил.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка нового технологического процесса изготовления детали «Вал турбокомпрессора», обеспечивающего требуемое качество детали и повышение производительности ее изготовления

Технологическая часть играет роль анализа технологического процесса на предприятии, а именно отображение операционных карт, технологического оборудования и оснастки. Проведена разработка усовершенствованного, проектного варианта технологического процесса, с выбором получения исходной заготовки, технологического оборудования.

В конструкторской части произведён обзор и выбор стандартной технологической оснастки, режущего инструмента, станочного приспособления. Выполнен расчёт специального режущего инструмента для операции сверления. Для операции контроля подобрана координатно-измерительная машина и оснастка, необходимая для измерений.

На этапе автоматизации технологического процесса разработана схема ГПС.

Рассмотрены мероприятия по обеспечению безопасности работы на предприятии. Обеспечения безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности и пожарной безопасности.

					<b>150305.2020.526.00.ПЗ ВКР</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Горин И.А.			Проектирование участка механической обработки детали «Вал турбокомпрессора» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения	Лит	Лист	Листов
<i>Пров.</i>		Болдырев И.С.				п		
<i>Н.контр</i>		Шипулин Л.В.				ЮУрГУ		
<i>Утв.</i>		Гузеев В.И.				Кафедра ТАМ		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия.....	8
1.2 Служебное назначение детали «Вал турбокомпрессора» и технические требования, предъявляемые к детали.....	9
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	11
2.2 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства.....	14
2.2.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса	14
2.2.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента .....	23
2.2.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.	26
2.2.4 Выводы по разделу .....	29
2.3 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал турбокомпрессора» .....	29
2.3.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	29
2.3.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования .....	30
2.3.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	33
2.3.5 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	37
2.3.6 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса .....	41
2.3.7 Расчет потребного количества оборудования .....	48
2.3.8 Выводы по разделу .....	49
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	50
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки .....	50
3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления .....	54
3.2.1 Силы резания при фрезеровании .....	55
3.2.2 Расчёт сил зажима и усилия на поршне.....	55
3.2.3 Расчет на прочность слабого звена .....	58
3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.....	59
3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента .....	66
3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля .....	71

3.5.1	Выбор модели КИМ и средств оснащения .....	71
3.5.2	Выбор средств оснащения .....	74
3.5.3	Выбор схемы установки детали .....	75
3.5.4	Выбор схемы математического базирования детали в СКМ.....	76
4.	ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА .....	78
4.1.	Описание работы участка механической обработки .....	78
4.2.	Безопасность технологического цикла изделия .....	78
4.2.1.	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	78
4.2.2.	Мероприятия по электробезопасности: .....	80
4.2.3.	Мероприятия по пожарной безопасности .....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....		84
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....		86

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается стремительное развитие технологии машиностроительного производства.

Отличительная особенность нынешнего машиностроения выражается в ужесточении требований к качеству производственных машин и их себестоимости. В состоянии рыночных отношений потребно стремительно реагировать на запросы потребителя. Одерживать верх в конкурентной борьбе способна сторона, которая осуществляет принятые конструктивные и технологические введения раньше другой.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал турбокомпрессора». Воспроизведение результативной технологии невозможно без использования современного оборудования и режущего инструмента, гарантирующего высокую производительность и точность. Для решения задачи необходимо: проанализировать действующий технологический процесс; надлежать современное оборудование, режущий инструмент, измерительное приспособление, инструментальную и станочную оснастку; провести расчеты и спроектировать специальный режущий инструмент, специальное станочное приспособление; рассчитать режимы резания.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены требуемые использования этапов разработки проектного технологического процесса. В конечном итоге оценки производительности обнаружилось, что проектный технологический процесс обеспечивает высокую производительность.

- Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для отрасли производства гидротрансформаторов

На зарубежных предприятиях для изготовления валов используют метод стального горячекатаного и холодного проката необходимой формы. Процесс хо-

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		5

лодного проката протекает при температурах, приближенных к комнатным. Это повышает прочность конечной продукции на 30 % благодаря применению деформационного упрочнения. Данное изделие имеет серый оттенок, гладкое при пальпации. Процесс холодной прокатки обеспечивает соблюдения допуски меньшие, чем у такого же горячекатаного изделия, что определено отсутствием деформаций, протекающих в процессе охлаждения. К преимуществам холоднокатаного продукта можно отнести:

- большая точность обработки готового изделия;
- высокая прочность;
- более высокая износостойкость;
- более высокое качество поверхности.

Горячекатаный прокат, на стадии обработки, нагревают до температур свыше 500 градусов по Цельсию. Это является созданием горячекатаной стали. Конечный продукт, прошедший обработку, будет иметь поверхность сине-серого цвета шероховатую на ощупь. В процессе охлаждения такой прокат меняет свою форму, что влечет к допускам больше, чем у холоднокатаного проката сходного сортамента. Вместе с этим нагрев реализует более глубокие деформации, что обеспечивает более обширный спектр сортамента. Эти процедуры делают горячекатаный прокат неплохим решением для изготовления конструктивных элементов, таких, как рельс, балка или стальной лист 10 мм и толще.

- Формирование целей и задач проектирования.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «Вал турбокомпрессора».

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		6

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

- произвести аналитический обзор, подобрать оборудование, режущий инструмент и технологическую оснастку, для нового технологического процесса;
- спроектировать и рассчитать специальный режущий инструмент;
- спроектировать и рассчитать станочное приспособление;
- разработать структурную схему гибкого производственного участка с подбором оборудования для функционирования автоматизированной системы;
- разработать планировку участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса;
- указать мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Ла		7

# 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Турбокомпрессор ТК200 предназначен для наддува воздуха или топливовоздушной смеси в дизельный двигатель для улучшения его характеристик. Транспортный дизель с газотурбинным наддувом мощностью 1250-1500 л.с. Это устройство, использующее отработавшие газы (выхлопные газы) для увеличения давления внутри камеры сгорания. Турбокомпрессор изображен на рисунке 1. Характеристики турбокомпрессора ТК200 указаны в таблице 1.



Рисунок 1 – Турбокомпрессора ТК-200

Таблица 1 – Характеристики турбокомпрессора ТК-200

Тип компрессора	Центробежный
Тип турбины	Осевая
Частота вращения ротора	До 32000 об/мин
Допустимая длительная температура выхлопных газов перед турбиной	810 °С
Смазка	Под давлением от системы смазки двигателя
Масса	34 кг



## 1.2 Служебное назначение детали «Вал турбокомпрессора» и технические требования, предъявляемые к детали

Вал турбокомпрессора (Рисунок 2) является опорным, необходим для поддержания заданного положения деталей в узле и передачи вращающего момента.

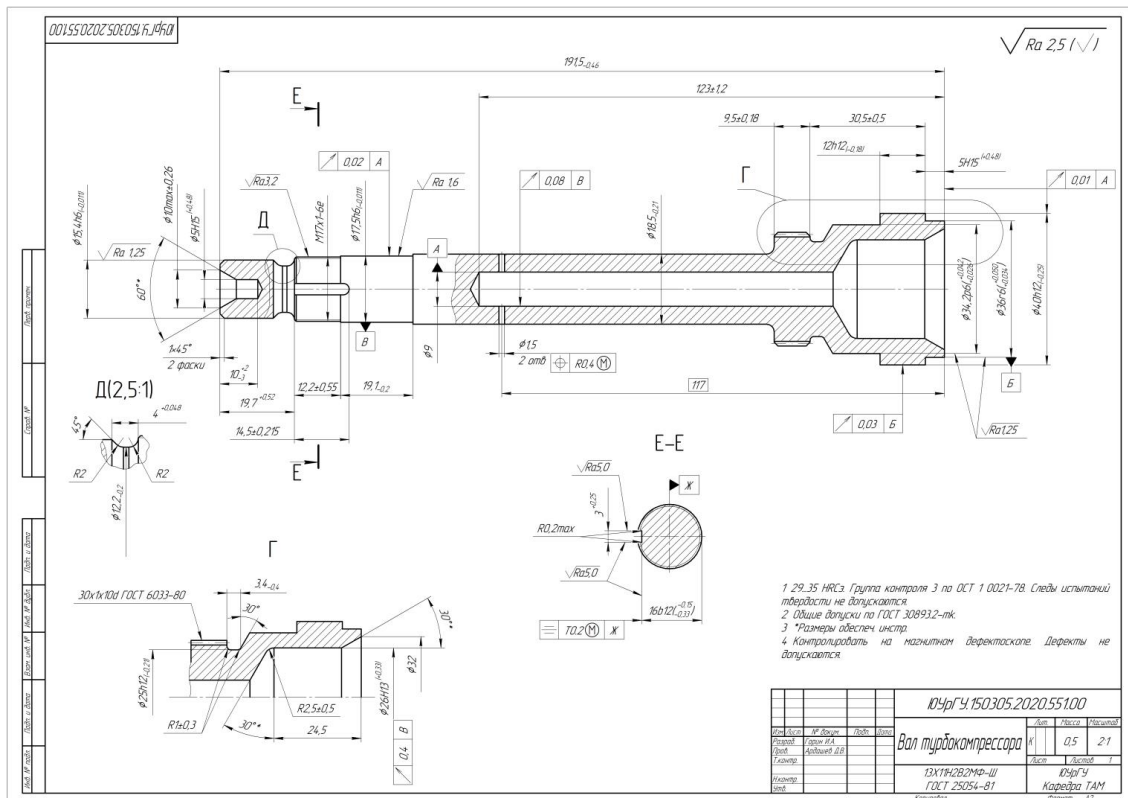


Рисунок 2 – Деталь «Вал турбокомпрессора»

На рисунке 2 представлен эскиз детали «Вал турбокомпрессора». Материал детали – 13Х1Н2В2МФ-Ш ГОСТ 25054-81.

Наиболее ответственные размеры сопрягаемых элементов:  $\varnothing 17,5h6_{(-0,011)}$ ,  $30x1x10d$  и  $\varnothing 36r6^{(+0,050/+0,034)}$ .

Размер  $\varnothing 17,5h6_{(-0,011)}$  посадочная поверхность под подшипники и выдерживается на расстоянии 19,1 мм.

Размер  $30x1x10d$  обеспечивает шлицевое соединение, за счет которого передается вращающая сила от исполнительного органа.

Размер  $\varnothing 36g6^{(+0,050}_{+0,034)}$  обеспечивает соединение с корпусом через кольцо и выдерживается на расстоянии 20 мм.

Общая неуказанная шероховатость детали Ra2,5.

Шероховатость Ra1,6 и Ra1,25 имеют посадочные поверхности под подшипники.

Шероховатость Ra3,2 имеет резьба M17.

Шероховатость Ra5 имеет шпоночный паз.

На детали есть резьба M17x1 – 6e (у левого торца). Буква М означает, что резьба метрическая; число 17 – номинальный диаметр резьбы, в мм, 1 – шаг зубьев резьбы. Обозначение 6e – степень точности резьбы и основные отклонения по среднему и наружному диаметрам.

Требования по форме и взаимному расположению.

Размеры  $\varnothing 17,5h6^{(-0,011)}$ ,  $\varnothing 40h12^{(-0,25)}$  и размер 5H15 имеют допуск радиального биения величиной в 0,02 и 0,01 относительно базы А. База А расположена на размере  $\varnothing 9$ .

Размеры 12h12 имеет допуск радиального биения величиной в 0,03, относительно базы Б. База Б расположена на размере  $\varnothing 36g6$ .

Размеры  $\varnothing 9$  и  $\varnothing 26H13$  имеют допуск радиального биения величиной в 0,03 относительно базы В. База В расположена на размере  $\varnothing 17,5h6^{(-0,011)}$ .

Размер 16b12 имеют допуск симметричности величиной в 0,2, относительно базы Ж. База Ж расположена на оси размера M17.

Отверстие  $\varnothing 1,5$  имеет позиционный допуск 0,4 мм.

Технические требования (ТТ) в правой части чертежа показывают следующее:

Первый пункт касается твердости детали.

Второй пункт касается общих допусков по ГОСТ 30893.1.

Третий пункт гласит: «\*Размеры обеспеч. INSTR.»

Четвертый касается контроля детали на магнитном дефектоскопе.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		10

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Анализ технологичности детали

С целью принятия решений о производстве изделия, анализе технологической подготовки производства, разработке мероприятий по повышению эффективности производства отработаем конструкцию детали на технологичность.

При этом мы не рассматриваем показатели трудоемкости изготовления, себестоимость и коэффициент унификации конструктивных элементов. Оценка технологичности происходит по качественным параметрам. Качественная оценка технологичности детали, обрабатываемой в условиях гибкой производственной системы, приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Качественная оценка технологичности детали

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм де-и	Присутствуют шлицы, выполненные по ГОСТ	Технологично
2	Простота формы детали	Форма сложная (имеются шлицы, отверстие, длина которого превышает диаметр более чем в 13 раз)	Нетехнологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	За один установ можно обработать все поверхности детали. Но кроме цилиндрической поверхности и торца, которые будут недоступны из-за губок в токарном патроне	Технологично
4	Доступность поверхностей детали для процесса обработки	Все поверхности детали доступны для обработки	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали	Труднообрабатываемой поверхностью является внутреннее отверстие вала	Нетехнологично

Продолжение таблицы 1

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Можно совместить не все базы	Нетехнологично
7	Обеспечение конструкцией детали нормальный отвод/ подвод режущего инструмента	Конструкция обеспечивает нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Технологично
8	Возможность на основном оборудовании достигнуть наиболее точных размеров детали	Достижения точнейших размеров по 7 качеству возможно на основном оборудовании, особые методы чистовой обработки не требуются.	Технологично
9	Возможность достигнуть минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Достижения минимальной шероховатости Ra1.6 на основном оборудовании возможно	Технологично
10	Высокая обрабатываемость основного материала	Материал детали не обладает хорошей обрабатываемостью и имеет коэффициент обрабатываемости равный 0,6	Нетехнологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	Обработка унифицированным режущим инструментом возможна	Технологично
12	Коэффициент использования материала	КИМ=0,63, (технологичным КИМ является если $\geq 0,75$ )	Нетехнологично

Окончание таблицы 1

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
13	Минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости	Номенклатура режущего инструмента включает не большое количество инструментов: 3 резца, 1 фреза, 2 сверла.	Технологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	Имеются поверхности для базирования детали и захвата промышленным роботом имеются	Технологично

Характеристика параметров оценки показывает, что данная деталь в целом технологична в серийном производстве.

Сложность формы детали, глубокое отверстие и наличие шлицев, является нетехнологичными. Так же нетехнологичным является материал детали, это отразится на режимах резания и производительности. Также нетехнологичным является отсутствие возможности совмещения технологических и конструкторских баз.

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

### 2.2.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Комплектность технологической документации полная: Присутствует операционная карта, карта эскизов, маршрутная карта технологического контроля.

Маршрутная карта полностью соответствует ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД: «Формы и правила оформления маршрутных карт».

Операционная карта полностью соответствует ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД:

«Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием».

Карта эскизов полностью соответствует ГОСТ 3.1129-82 ЕСТД:

«Формы и правила оформления карты эскизов».

Метод получения заготовки – круглый прокат (Рисунок 3). Такая заготовка является наиболее дешевой и технологичной в изготовлении, но ее форма не отвечает форме готовой детали и требует большей обработки, следовательно, уменьшается коэффициент использования материала (КИМ).



Рисунок 3 – Заготовка

Сталь 13X11H2B2MФ-Ш – коррозионностойкая и жаропрочная мартенситного класса, содержит углерода не более 0,16%, хром до 12%, но не менее 10,5%, никель около 1,8%, кремний до 0,6%, медь не более 0,3%, молибден до 0,5%, марганец до 0,6%, сера до 0,025%, ванадий до 0,3%, в пределах вольфрам 1,6–2%. Сплав 13X11H2B2MФ-Ш в применении изготовления ответственных нагружен-

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		14

ных деталей, протекающих в температурах до +600 °С, дисков компрессора, лопастей и других нагруженных деталей, полос и прутков горячекатаных и кованных, используемых для изготовления деталей конструкций в авиастроении, фасонных отливок для авиационной промышленности, азотируемых деталей для авиастроения, цельнокатаных колец различного промышленного назначения. Рекомендуемая предельная температура эксплуатации на протяжении длительного времени (до 10000 часов) +600 °С. Температура интенсивного окалинообразования в воздушной среде +750 °С.

Преимущества горячекатаного проката:

- возможно повреждение отливки слитка, рафинированного стального зерна и микроструктуры, устранение дефектов, создание компактной стальной структуры, улучшение механических свойств. Это улучшение в основном отражается в направлении прокатки, что делает сталь, в некоторой степени, более не изотропной; образующие пузырьки, трещины и рыхлые при заливке, или могут быть сварены при высокой температуре и давлении.

Недостатки:

- После прохождения горячекатаной стали неметаллические включения внутри (преимущественно сульфиды и оксиды, силикаты) получают слоистый, многослойный. Расслоение стали при растяжении по толщине значительно ухудшилось, и, возможно, сжатие сварного шва выглядит разрывным. Сварочное сжатие локальной деформации часто достигает предела текучести деформации, вызванной в несколько раз, намного больше, чем нагрузка, вызванная деформацией;
- остаточные напряжения, вызванные неравномерным охлаждением. Остаточное напряжение при отсутствии внешней силы собственного равновесного напряжения внутри различных участков горячекатаной стали имеет такое остаточное напряжение, общий размер сечения увеличивается, большие остаточные напряжения. Остаточные напряжения

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		15

сбалансированы, но это также влияет на характеристики стальных элементов под действием внешней силы.

Операция 005 токарная с ЧПУ.

На рисунке 4 изображена схема обработки на операции 005.

На данной операции производится черновая и чистовая обработка торцов и наружных диаметров, сверление центрального отверстия, точения канавки и нарезание наружной резьбы. Обработка производится в 1 установ.

Комплект баз: опорная и двойная направляющая. Неопределённость базирования отсутствует.

Режущий инструмент:

- Резец ISKARMWLNR 2525M06-04;
- Резец ISKAR SVVNN-F;
- Резец ISKARSCHR/L-22BF;
- Сверло 2317-0108 ГОСТ 14952-75.

Оборудование: токарно-револьверный станок с ЧПУ OKUMALB 3000.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ–1-125-0,1 ГОСТ 166-88, калибр кольцо М 17х1-6G проходной.

Станочные приспособления:

- Патрон 3-х кулачковый 7100-0016 ГОСТ 2675-85.

Операция 010 токарная с ЧПУ.

На рисунке 5 изображен операционный эскиз операции 010.

На данной операции производится черновая и чистовая обработка торцов и наружных диаметров, сверление и растачивание отверстия и точения канавки. Обработка производится в 1 установ.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		16



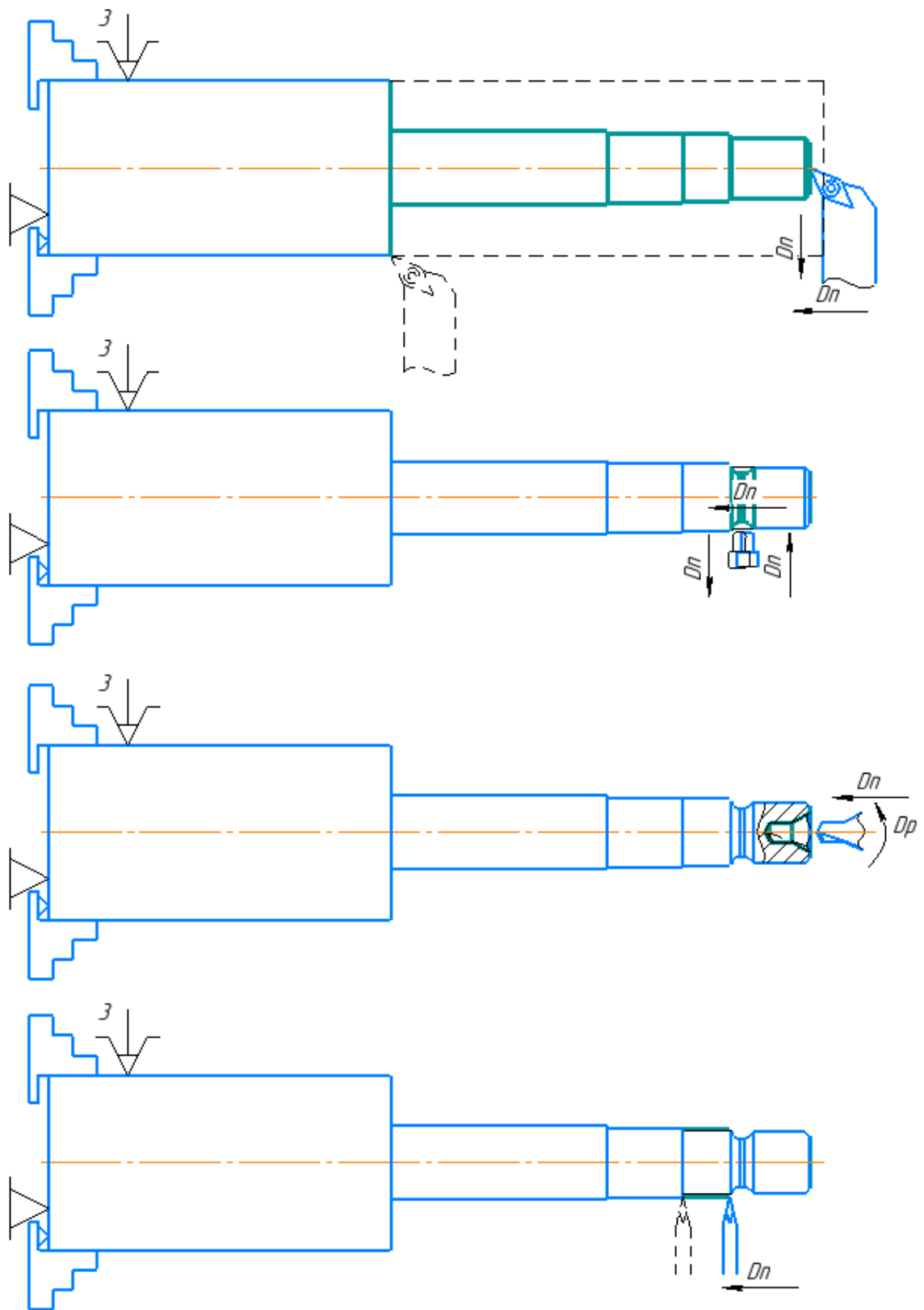


Рисунок 4 – Схема обработки на операции 005

Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Лд

150305 2020 526 00 ПЗВКР

Лист

17

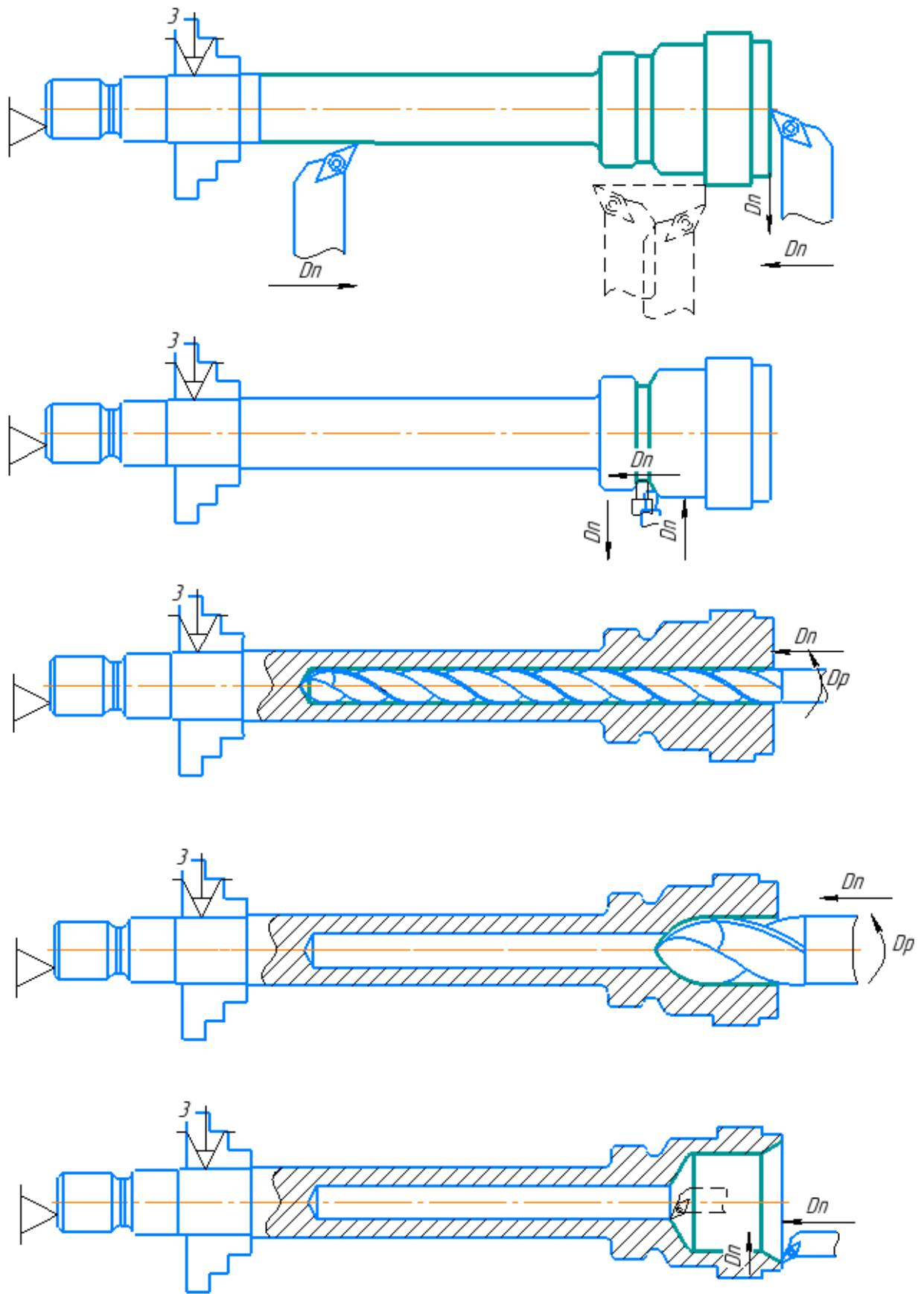


Рисунок 5 – Схема обработки на операции 010

Комплект баз: опорная и двойная направляющая. Неопределённость базирования отсутствует. Сверла,

Режущий инструмент:

- Резец ISKARMWLNR, пластина 2525M06-04;
- Резец ISKARSVVNN-F;
- Резец ISKARA/E-SEXPR/L-03;
- Сверло ISKARSCD 090-049-100AP5;
- Сверло ISKARSCCD 185-077-200AP5.

Оборудование: токарно-револьверный центр ЧПУ OKUMALB 3000.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ–1-125-0,1 ГОСТ 166-88.

Станочные приспособления:

- Патрон 3-х кулачковый 7100-0016 ГОСТ 2675-85.

Операция 015 фрезерная.

На рисунке 6 изображен операционный эскиз операции 015.

На данной операции производится фрезерование шпоночного паза. Обработка производится в 1 установ.

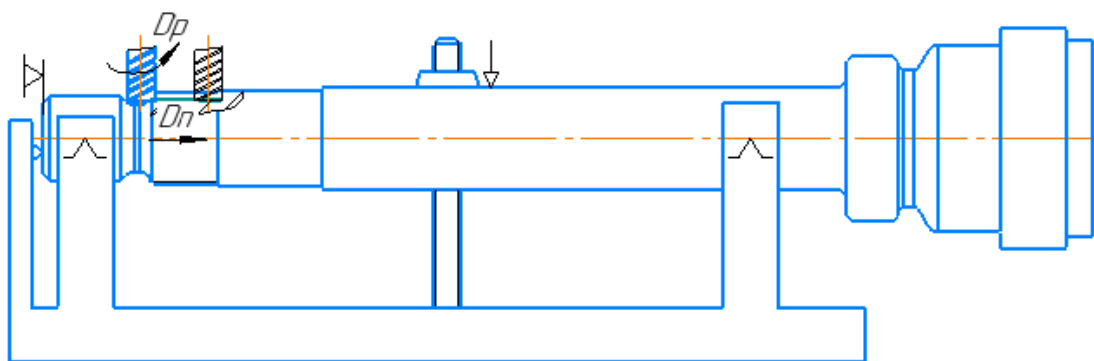


Рисунок 6 – Схема обработки на операции 015

Комплект баз: двойная направляющая и опорная. Неопределённость базирования отсутствует.

Режущий инструмент: ISKAREC-H4L 05-10/15C6CFR.2-57.

Оборудование: универсально-фрезерный станок 675.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ–1-125-0,1 ГОСТ 166-88.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		19

Станочные приспособления:

- Призма.

Операция 020 сверлильная.

На рисунке 7 изображен операционный эскиз операции 020.

На данной операции производится сверление радиального отверстия. Обработка производится в 1 установ.

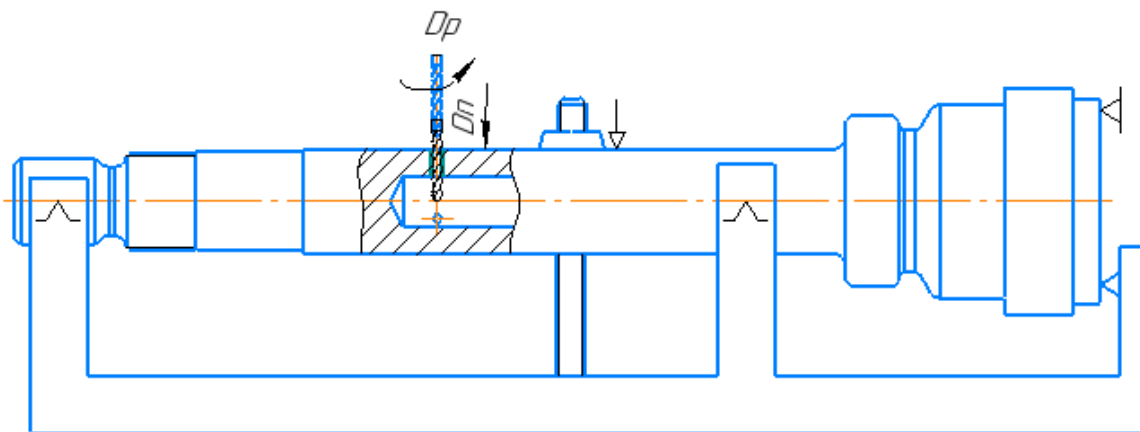


Рисунок 7 – Схема обработки на операции 020

Комплект баз: двойная направляющая и опорная. Неопределённость базирования отсутствует.

Режущий инструмент: сверло SCD 015-006-030 AP4.

Оборудование: универсально-сверлильный станок 2A135.

Измерительный инструмент: калибр пробка 8133-0608 ГОСТ 14807-69.

Станочные приспособления:

- Призма.

Операция 025 Шлицефрезерная.

На рисунке 8 изображен операционный эскиз операции 025.

На данной операции производится обработка зубьев. Обработка производится в 1 установ.

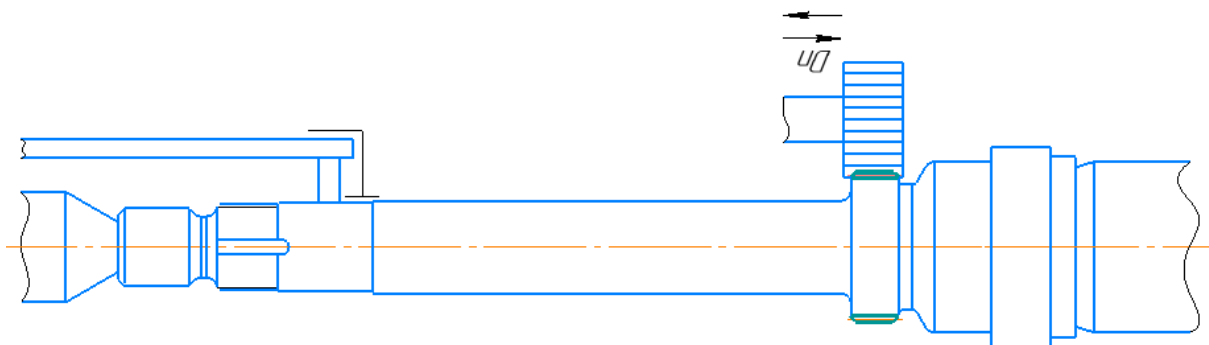


Рисунок 8 – Схема обработки на операции 025

Комплект баз: двойная направляющая и опорная. Неопределённость базирования отсутствует.

Режущий инструмент: долбяк 2540-0004 ГОСТ 6762-79.

Оборудование: зубодолбежный станок с ЧПУ GleasonP150

Измерительный инструмент: МИГ индикатор ГОСТ 9696-82, шлицевой калибр 8390-4469, микрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-90, скоба 5190-5226, штатив ШМ-1-250 ГОСТ 10197-70.

Станочные приспособления:

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		21

- Призма.

Операция 035 Круглошлифовальная.

На рисунке 9 изображен операционный эскиз операции 030.

На данной операции производится шлифование наружного диаметра. Обработка производится в 1 установ.

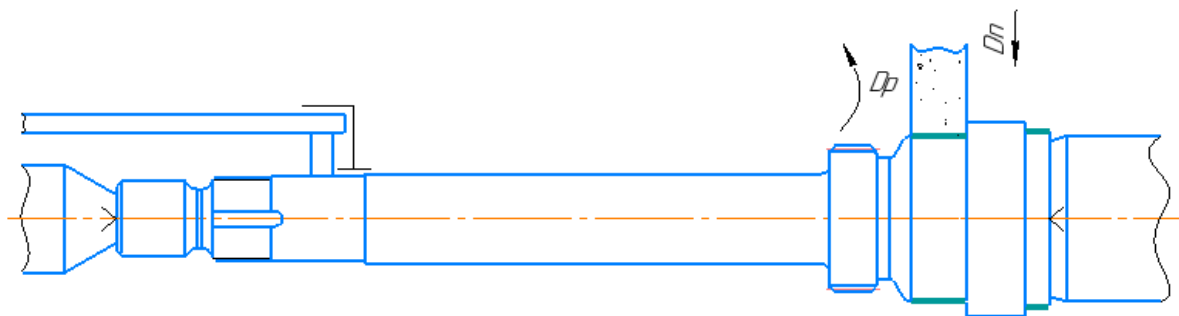


Рисунок 9 – Схема обработки на операции 035

Комплект баз: установочная. Неопределённость базирования отсутствует.

Оборудование: универсально-сверлильный станок 2А135.

Измерительный инструмент: микрометр МК25-1 ГОСТ 6507-90.

Станочные приспособления: шлифовальный станок с ЧПУ Okamoto OGM-350NCIII.

- Центра.

Операция 040 Круглошлифовальная.

На рисунке 10 изображен операционный эскиз операции 035.

На данной операции производится шлифование наружного диаметра. Обработка производится в 1 установ.

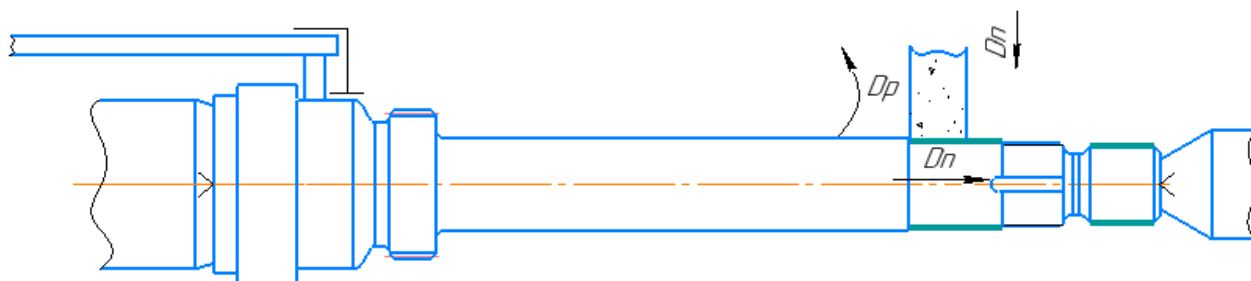


Рисунок 10 – Схема обработки на операции 040

Комплект баз: установочная. Неопределённость базирования отсутствует.

Оборудование: универсально-сверлильный станок 2А135.

Измерительный инструмент: микрометр МК25-1 ГОСТ 6507-90.

Станочные приспособления: шлифовальный станок с ЧПУ Okamoto OGM-350NCIII.

- Центра.

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

Обработка детали производится на токарном станке с ЧПУ OKUMA LB 3000 (Рисунок 11). Универсальный токарный станок для единичных деталей, а также для мелких и средних партий: серия SPACE TURN LB EX II особенно хорошо подходит для обработки универсальных тел вращения и сложных деталей. Модели поставляются в четырех типоразмерах, а также с осью Y и контршпинделем в качестве опций. Пришабренные направляющие с плоским основанием и приводы с высоким моментом вращения обеспечивают высокую и долгосрочную точность.



Рисунок 11 – Токарный станок с ЧПУ OKUMA LB 3000

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		23

Операции фрезерования шпоночного паза производится фрезерном широко-универсальном станке 675 (Рисунок 12). Фрезерный станок модели 675 предназначен для фрезерования заготовок дисковыми, фасонными, и цилиндрическими фрезами с помощью горизонтального шпинделя и шпоночными, концевыми и торцовыми фрезами для поворотного вертикального шпинделя; с надобностью, можно повернуть под определенный угол.

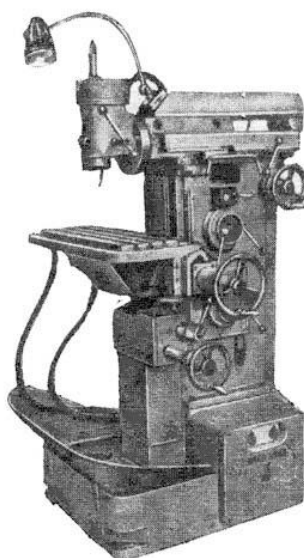


Рисунок 12 – Фрезерный широкоуниверсальный станок 675

Операции сверления радиального отверстия на универсальном сверлильном станке 2А135 (Рисунок 13). Универсальный вертикально-сверлильный станок, модель 2А135, предназначен для работы в ремонтных и инструментальных цехах, а также в производственных цехах с мелкосерийным выпуском продукции; оснащенный приспособлениями станок может быть применен в массовом производстве.



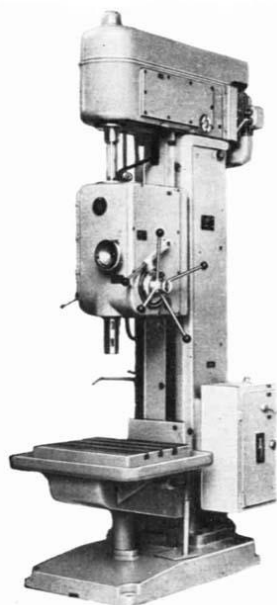


Рисунок 13 – Вертикально-сверлильный станок 2A135

Шлифовальная операция производится на шлифовальном станке с ЧПУ Okamoto OGM-350 NC III (Рисунок 14). Прецизионные станки, оснащенные системой ЧПУ Fanuc 21iТ (одновременное управление по двум координатам). Ось шлифовального круга расположена под углом к оси заготовки. Автоматическая правка и профилирование шлифовального круга по программе с коррекцией позиции. Встроенная интерактивная система программирования.



Рисунок 14 – Шлифовальный станок с ЧПУ Okamoto OGM-350 NC III

Для всех токарных операций применяется стандартный 3-х кулачковый патрон 7100-0016ГОСТ 2675-80, изображенный на рисунке 15.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		25

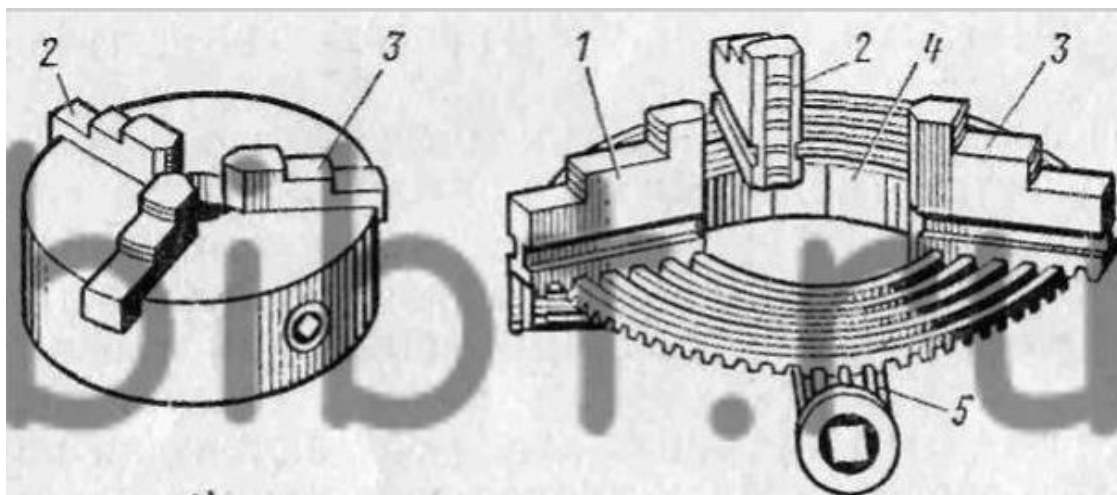


Рисунок 15 – 3-х кулачковый патрон 7100-0016 ГОСТ 2675-80

Кулачки 1, 2, 3 двигаются синхронно с помощью диска 4 с архимедовой спиралью. В виток спирали входят кулачки своими нижними выступами. На противоположной стороне диска нарезано колесо конической формы, с которым соединены три конических зубчатых колеса 5. При проворачивании ключом одного из них вращается, и коническое колесо диска 4 и посредством спирали двигает по пазам корпуса патрона синхронно и равномерно кулачки; в зависимости от вращения в одну или другую сторону, кулачки могут сжимать и разжимать деталь в центре патрона. Изготавливаются части кулачков трехступенчатой формы. Для повышения износостойкости их закаливают.

2.2.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.

Размерный анализ технологического процесса проводится с целью проверки обеспечения заданной точности детали при использовании действующего технологического процесса. Размерная цепь представлена на рисунке 16.

Произведём расчёт действительных припусков:

$$[18..17] = (17..147) - (147..18) \quad (1)$$

$$[18..17] = 195 - 193,3 = 1,7$$

$$[148..147] = (137..17) - (17..138) \quad (2)$$

$$[148..147] = 193,3 - 191,5 = 1,8$$

Произведём расчёт действительных припусков. Расчёт выполняется по формуле 3:

$$Z_H = R_z + D_f + T_{ai}/2 - A_{0Ai} \quad (3)$$

Где  $R_z$  и  $D_f$  для горячей штамповки, обычной точности, равны соответственно 100 и 100 мкм;

$A_{0Ai}$  – середина поля допуска замыкающего звена. Рассчитывается как разность сумм середин полей допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев:

$$A_{0Ai} = (\sum \Delta_{0AiУВ} - \sum \Delta_{0AiУМ}) \quad (4)$$

$$[18..17] = 0,4 + \left(\frac{0,46+0,46}{2}\right) - \left(\frac{0-(-0,46)}{2} - \frac{0-(-0,46)}{2}\right) \quad (5)$$

$$[18..17] = 0,86 < 1,7 \Rightarrow \text{завышен.}$$

$$[148..147] = 0,4 + \left(\frac{0,46+1,15}{2}\right) - \left(\frac{0-(-0,46)}{2} - \frac{0-(-1,15)}{2}\right) \quad (6)$$

$$[148 \dots 147] = 1,55 < 1,8 \Rightarrow \text{завышен.}$$

Припуски на обработку не совпадают с расчетными. Там где припуск занижен, будет появляться «чернота», там, где он завышен, неэкономно используется материал.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лист		27

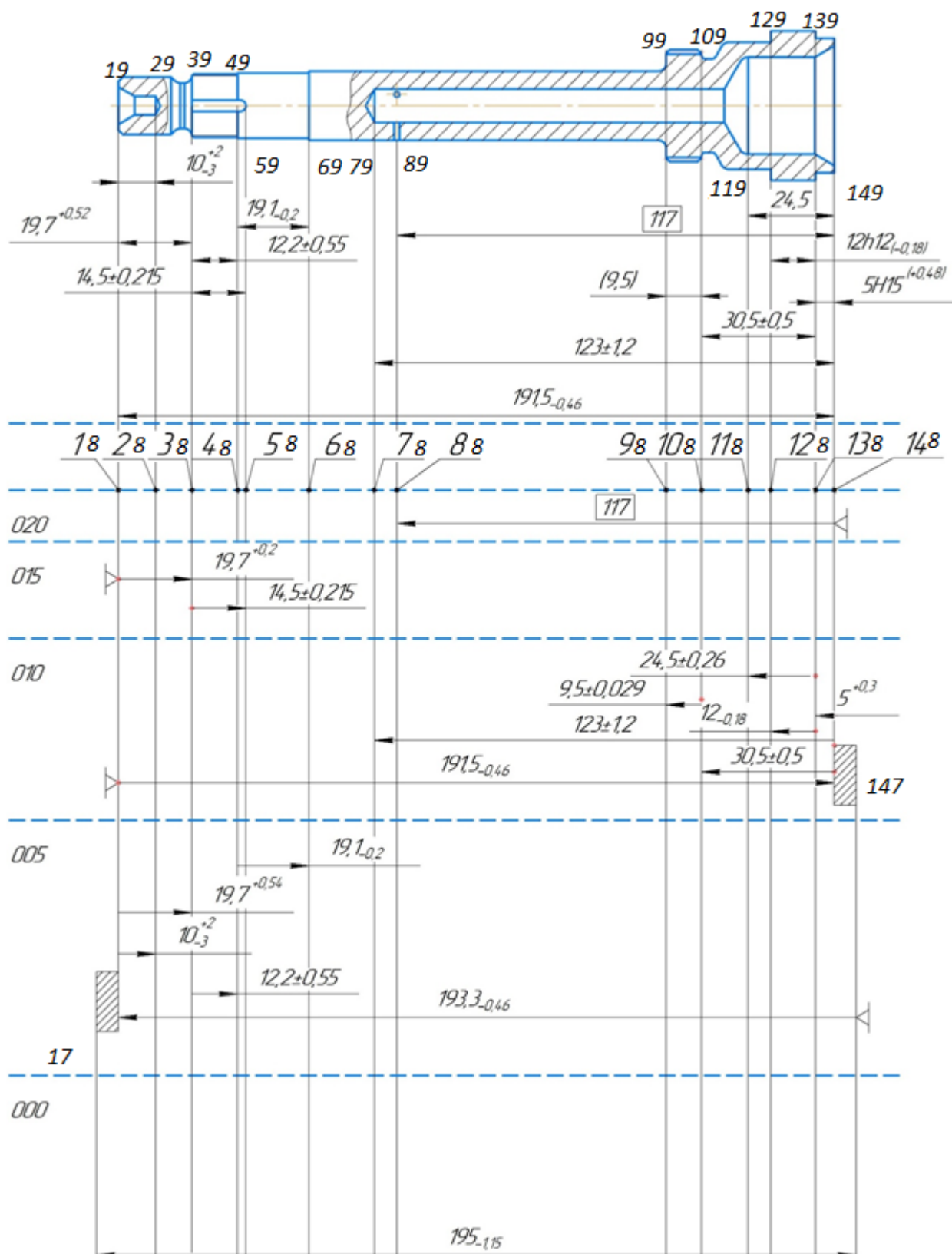


Рисунок 16 – Размерная цепь

#### 2.2.4 Выводы по разделу

Наиболее подходящим методом получения заготовки выбираем штамповку. У данного метода наименьшие отходы металла, из которого производится деталь и наибольшая производительность труда. Данный метод позволит получить заготовку с более точными геометрическими параметрами и высоким качеством поверхности.

В качестве станочного оборудования рационально использовать токарный станок с ЧПУ. Так сократится номенклатура используемого режущего инструмента. Также, для достижения большей точности изготовления детали следует заменить материал режущей части инструментов на более подходящий от современных производителей.

Для уменьшения ручного труда рабочих, возможно, дополнить имеющиеся приспособления гидравлическим или пневматическим зажимом.

### 2.3 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Вал турбокомпрессора»

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

Сталь 13X11H2B2MФ-Ш содержит в среднем 0,13 % углерода. Степень раскисления стали – спокойная.

Из специальной стали 13X11H2B2MФ-Ш изготавливают различные детали газовых турбин, длительно работающие при температурах до 600 град. цельсия.

В качестве метода получения заготовки выбираем круглый горячекатаный прокат. При котором качество металла остается достаточно высоким, поэтому он хорошо подходит для большого спектра самых разных задач, в том числе и для формовки сложных деталей. Металл получается пластичным, что может быть

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		29

очень полезно для многих областей применения. При этом по прочности он все еще имеет достаточно высокие показатели. Соотношение цены и качества можно считать очень выгодным, поскольку производство по затраченным энергоресурсам стоит дешевле, чем холоднокатаное.

### 2.3.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Основная обработка детали – токарная. Наиболее подходящим вариантом для данной детали будет токарный станок с ЧПУ, с возможностью фрезерования и сверления, как в осевом, так и радиальном направлении. Так как будет возможна обработка разным инструментом нескольких поверхностей за одну операцию. Это повысит производительность и снизит номенклатуру используемого оборудования, а так же снизит время производства детали. Данным требованиям отвечает станок EMCO MAXXTURN 65 SMY (Рисунок 17). Характеристики станка приведены в таблице 2.



Рисунок 17 – EMCO MAXXTURN 65 SMY

Таблица 2 – Технические характеристики станка EMCOMAXXTURN 65  
SMY

Технические характеристики	EMCO MAXXTURN 65 SMY
Максимальный диаметр обработки, мм	500
Максимальная длина обработки	550
Частота вращения, об/мин	5000
Мощность шпинделя (L/R), кВт	21/29
Хвостовик инструмента	VDI 40
Емкость инструментального магазина	12
Быстрая подача, м/мин	X:30/ Z:40 (W:32)
Габариты: длина/ширина/высота, мм	3320/2070/2050

Операция шлифования будет производиться на шлифовальном станке с ЧПУ Okamoto OGM-350 NC III, изображенном на рисунке 18. Технические характеристики станка, приведены в таблице 3. Преимущества данного станка:

- Оснащен системой ЧПУ Fanuc 21iT;
- Ось шлифовального круга расположена под углом к оси заготовки;
- Автоматическая правка и профилирование шлифовального круга по программе с коррекцией позиции;
- Встроенная интерактивная система программирования.



Рисунок 18 – Шлифовальный станок с ЧПУ Okamoto OGM-350 NC III

Таблица 3 – Технические характеристики станка Okamoto OGM-350 NC III

Технические характеристики	Okamoto OGM-350 NC III
Высота центров, мм	320
Расстояние между центрами, мм	500
Максимальный шлифуемый диаметр, мм	300

Операция шлифцефрезерная будет производиться шлифцефрезерным полуавтоматом с ПК Siemens VCH-620 NC2, изображенном на рисунке 19. Технические характеристики станка, приведены в таблице 4. Полуавтоматы шлифцефрезерные повышенной точности с горизонтальной осью изделия предназначены для нарезания шлицевых валов, цилиндрических прямозубых и косозубых колес, а также червячных колес червячными фрезами методом обката. Полуавтомат VCH-620 NC 22 оснащен панелью оператора, программируемым контролером и приводами SIEMENS. С целью использования режущих кромок по всей длине, фреза периодически перемещается в осевом направлении





Рисунок 19 – Шлицефрезерный полуавтомат с ПК Siemens BCH-620 NC2

Таблица 4 – Технические характеристики станка Siemens BCH-620 NC2

Основные технические характеристики	BCH-620 NC 22
Высота центров над станиной, мм	300
Наибольшая длина заготовки, мм	1000
Наибольшая длина нарезаемых шлицев, мм	820
Модуль, мм	8
Наибольший диаметр червячных фрез, мм	160
Наибольшая длина червячных фрез, мм	200
Наибольшее перемещение червячной фрезы, мм	100
Мощность привода главного движения, кВт	18,5
Масса, кг	8000
Габаритные размеры, мм	3640x2200x2000

### 2.3.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная	
005 Комплексная с ЧПУ	EMCO MAXXTURN 65 SMY
010 Комплексная с ЧПУ	EMCO MAXXTURN 65 SMY
015 Шлицефрезерная	Siemens BCH-620 NC2
020 Закалка	
025 Шлифовальная с ЧПУ	Okamoto OGM-350 NC III
030 Шлифовальная с ЧПУ	Okamoto OGM-350 NC III
035 Контрольная	КИМ Carl Zeiss Contura G2

Операция 000 Заготовительная

Операционный эскиз операции представлен на рисунке 20.

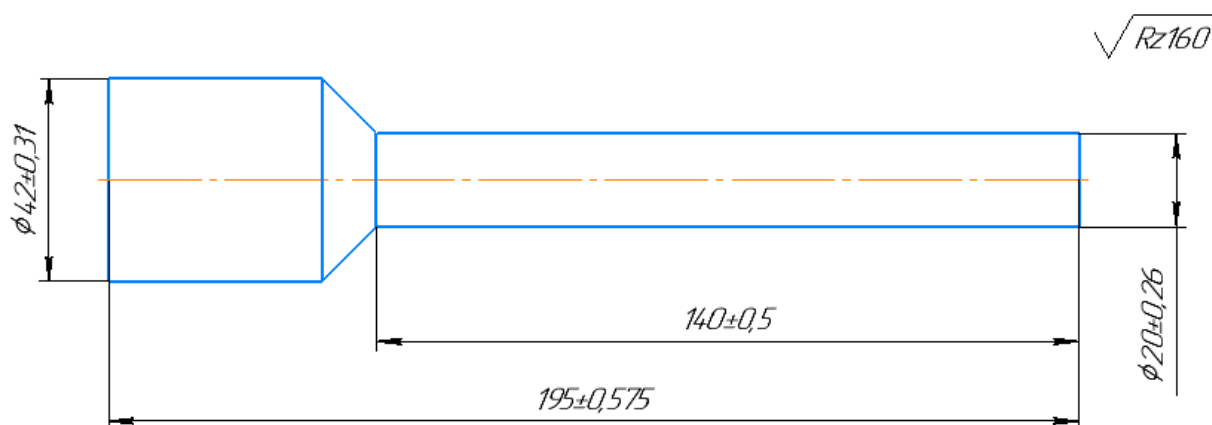


Рисунок 20 – Операционный эскиз операции 000

Операция 005 Комплексная с ЧПУ

Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

Базирование по черновой поверхности. На операции производится подрезка торца, точение наружного диаметра, канавки, фасок, сверление центрального отверстия, нарезание наружной резьбы и фрезерование шпоночного паза. Подготовка чистовой базы.

Операционный эскиз операции представлен на рисунке 21.

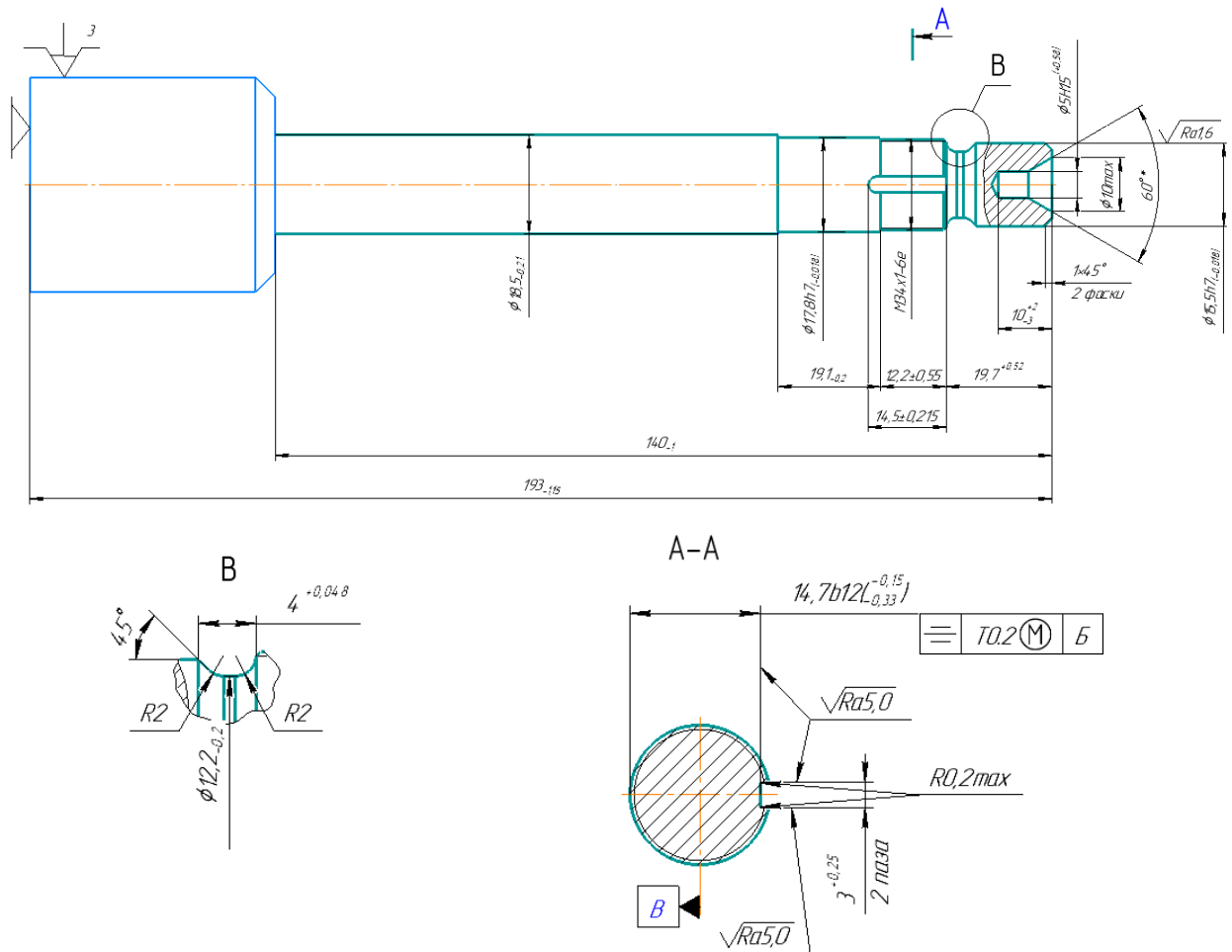


Рисунок 21 – Операционный эскиз операции 005

Операция 010 Комплексная с ЧПУ

Базирование производится по чистовым поверхностям, выполненным на 005 операции. Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

На операции производится подрезка торца, точение наружных диаметров, сверление и растачивание отверстия, точение наружной канавки.

Операционный эскиз представлен на рисунке 22.

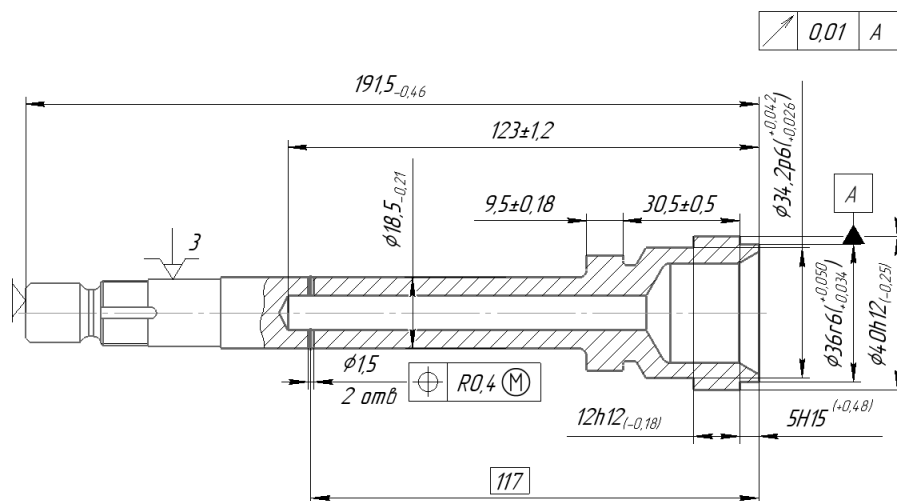


Рисунок 22 – Операционный эскиз операции 010

Операция 015 Шлицефрезерная.

Базирование производится по чистовым поверхностям. Комплект баз:

На операции производится фрезерование шлицев.

Операционный эскиз представлен на рисунке 23.

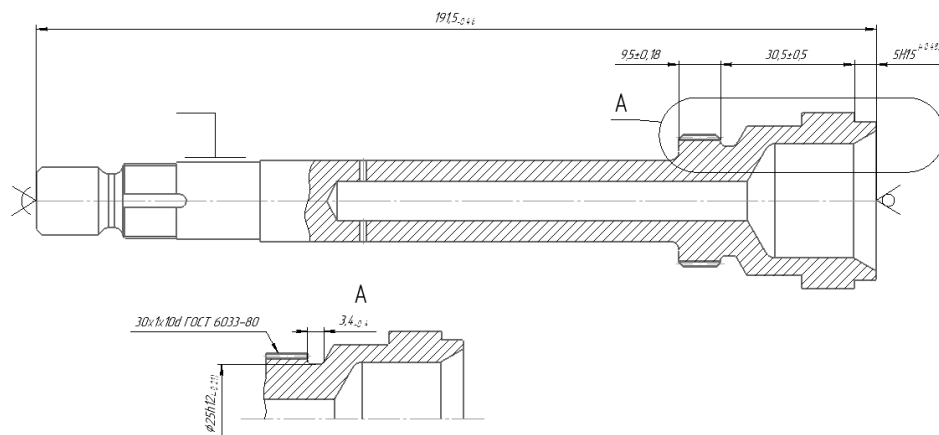


Рисунок 23 – Операционный эскиз операции 015

Операция 025 Шлифовальная с ЧПУ

Базирование производится по наружным поверхностям. Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

На операции производится шлифование наружных поверхностей.

Операционный эскиз представлен на рисунке 24.

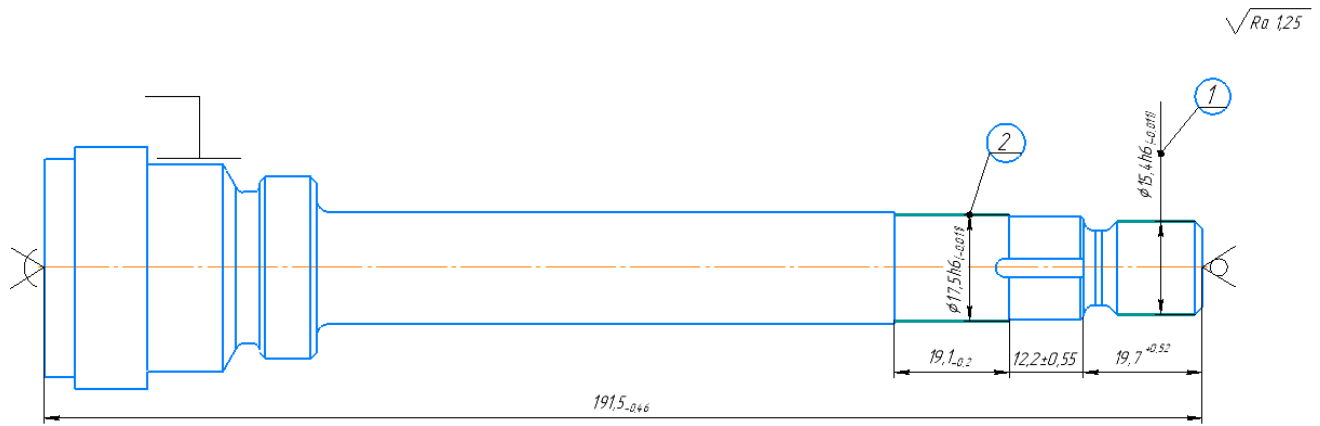


Рисунок 24 – Операционный эскиз операции 025

### Операция 030 Шлифовальная с ЧПУ

Базирование производится по наружным поверхностям. Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

На операции производится шлифование наружных поверхностей.

Операционный эскиз представлен на рисунке 25.

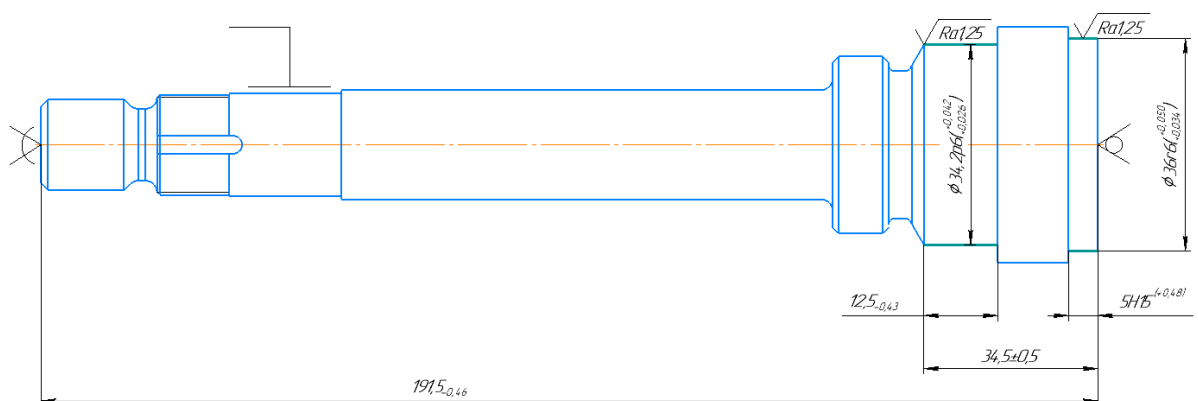


Рисунок 25 – Операционный эскиз операции 030

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

Технологический процесс обработки детали составлен таким образом, который исключает появления замыкающих звеньев в размерной цепи. Поэтому в

данный момент имеется только необходимость расчёта припусков и минимального размера заготовки. Размерная цепь представлена на рисунке 26.

Размер (108...167) найдём через припуск, получаемый на операции.

$$[168...167] = (167...17) - (17...168) \quad (6)$$

$$[168...167] = Z \pm 0,575 - 191,5_{-0,46}$$

Величина припуска определяется суммой шероховатости Rz, дефектного слоя Df от предыдущей операции и суммы полей допусков  $T_{ai}$  без середины поля допуска  $\Delta_{0Ai}$ .

$$Z_H = Rz + Df + T_{ai}/2 - A_{0Ai} \quad (7)$$

Где Rz и Df для горячей штамповки, обычной точности, равны соответственно 100 и 100 мкм;

$A_{0Ai}$  – середина поля допуска замыкающего звена. Рассчитывается как разность сумм середин полей допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев:

$$A_{0Ai} = (\sum \Delta_{0AiУВ} - \sum \Delta_{0AiУМ}) \quad (8)$$

$$Z_H = 0,1 + 0,1 + \frac{1,15+0,46}{2} - \left( \frac{0,575-(-0,575)}{2} - \frac{0-(-0,46)}{2} \right) = 0,315 \text{ мм.}$$

Подставив значение припуска в уравнение номиналов, получим неизвестный размер.

$$0,315 = Z - 191,5;$$

$$Z = 191,82 \pm 0,575.$$

Размер (167...17) найдём через припуск, получаемый на операции.

$$[18...17] = (17...167) - (167...18); \quad (9)$$

$$[18...17] = X \pm 0,575 - 191,82 \pm 0,575.$$

Припуск рассчитывается по формуле (7):

$$Z_H = 0,1 + 0,1 + \frac{1,15+1,15}{2} - \left( \frac{0,575-(-0,575)}{2} - \frac{0,575-(-0,575)}{2} \right) = 1,35 \text{ мм} \quad (10)$$

Подставив значение припуска в уравнение номиналов, получим неизвестный размер.

$$1,35 = X - 191,82$$

$$X = 193,2 \pm 0,575$$

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		38

Размер (17...108) найдём через припуск, получаемый на операции.

$$[18...17]=-(17...108)-(108...118)-(118...158)-(158...168)+(168...18); \quad (9)$$

$$[18...17]= -Y \pm 0,5 - 9,5 \pm 0,18 - 30,5 \pm 0,5 - 5^{+0,48} + 191,5_{-0,46}.$$

Припуск рассчитывается по формуле (7):

$$Z_H = 0,1 + 0,1 + \frac{1+0,36+1+0,48+0,46}{2} - \left( \frac{0,46}{2} - \left( \frac{1}{2} + \frac{0,36}{2} + \frac{1}{2} + \frac{0,48}{2} \right) \right) = 2,81 \text{ мм} \quad (10)$$

Подставив значение припуска в уравнение номиналов, получим неизвестный размер.

$$2,81 = -Y - 9,5 - 30,5 - 5 + 191,5$$

$$Y = 143,7 \pm 0,5.$$

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		39

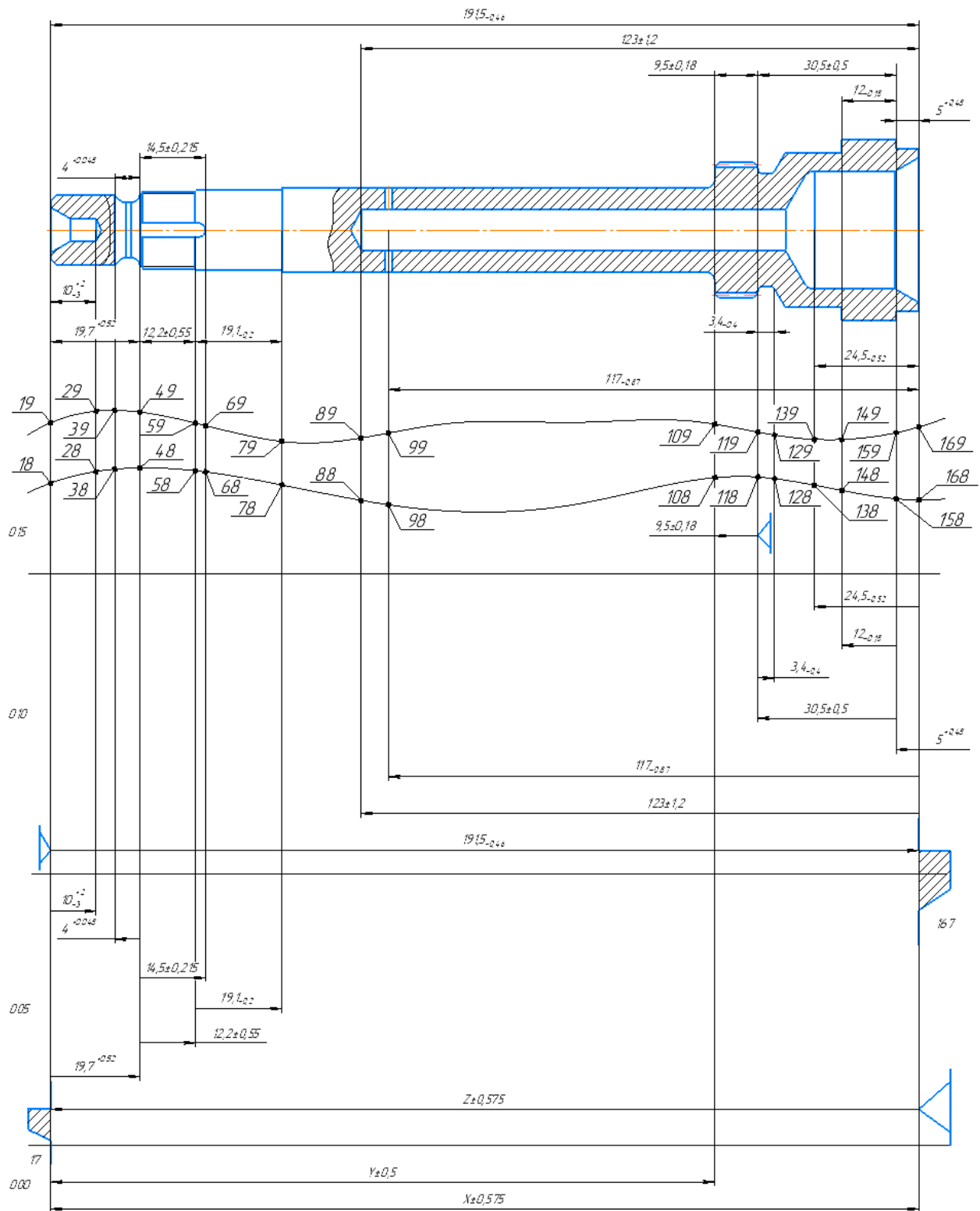


Рисунок 26 – Размерная цепь проектного технологического процесса



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

Расчет режимов резания для операции точения.

Для получения размера  $\varnothing 40H12$  из заготовки 14 квалитета, необходимо вести обработку в одну полуцистовую стадию.

Произведём расчёт для черновой стадии.

Выбор глубины резания производится по справочникам.

Для операции полуцистовой обработки поверхности, диаметр которой соответствует интервалу размеров до 50 мм, рекомендуется глубина резания не менее  $t=1,3$  мм.

Выбор инструмента.

Из условий обработки (13X11H2B2MФ-III ГОСТ 25054-81 с HB>260) принимаем режущий материал P6M5, форма пластины ромбическая. Способ крепления пластины – двухплечим прихватом.

Главный угол в плане  $\varphi = 90^\circ$ . Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 5^\circ$ . Радиус вершины 0,06.

Нормативный период стойкости 30 мин.

Выбор подачи

Для чернового растачивания заготовки из стали 13X11H2B2MФ-III диаметром до 180 мм и глубиной резания до  $t = 2$  мм, резцом с державкой диаметром до 30мм рекомендуется подача  $S_{от} = 0,49$  мм/об.

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

- механических свойств обрабатываемого материала (сталь 13X11H2B2MФ-III HB>260)  $K_{sm} = 0,9$ ;
- состоянием поверхности (без корки)  $K_{sn} = 1,0$ ;
- вылета резца (отношение вылета резца к его диаметру до 3)  $K_{sl} = 1,0$ ;
- диаметра детали (до 500)  $K_{sd} = 0,8$ ;

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		41

- инструментального материала (глубина резания до 1,5мм, по стали 13X11H2B2MФ-III сплавом P6M5)  $K_{si} = 1,1$ ;
- геометрических параметров резца (механическое крепление ромбической пластины с углом в плане  $90^\circ$ )  $K_{sфк} = 1,0$ .

Окончательно подача чистой стадии обработки:

$$S_{отдел} = 0,49 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,33 \text{ мм/об(11)}$$

Выбор скорости резания.

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

При получистой стадии обработки стали 13X11H2B2MФ-III без корки с глубиной резания до  $t = 3$  мм и подачей до  $S_{от} = 0,7$  мм/об скорость резания  $V_t = 122$  м/мин.

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

- инструментального материала (P6M5)  $K_{vi} = 0,7$ ;
- группы обрабатываемости материала (сталь 13X11H2B2MФ-III)  $K_{vc} = 0,5$ ;
- вида обработки (расточивание отверстий)  $K_{vo} = 1,0$ ;
- жесткости станка (токарно-револьверный)  $K_{vj} = 0,75$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала (сталь 13X11H2B2MФ-III с твердостью до HB 270)  $K_{vm} = 0,7$ ;
- геометрических параметров резца (механическое крепление ромбической пластины с главным углом в плане  $90^\circ$ )  $K_{vф} = 1,0$ ;
- периода стойкости режущей части (30 минут при механическом крепление твердосплавной пластины)  $K_{vt} = 1,0$ ;
- наличия охлаждения (присутствует)  $K_{уж} = 1,0$ .

Окончательно скорость резания при получистой стадии обработки определяют:

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		42

$$V = V_T * K(12)$$

$$V = 122 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 22,41 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000v}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,41}{40 \cdot \pi} = 178 \text{ об/мин} \quad (13)$$

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

Произведём выбор аналогичного режущего инструмента.

Токарная державка, с главным углом в плане  $95^\circ$ , с размерами  $h \times b$  державки соответственно  $25 \times 25$  мм имеет обозначение TCLNR 2525 (рисунок 27).

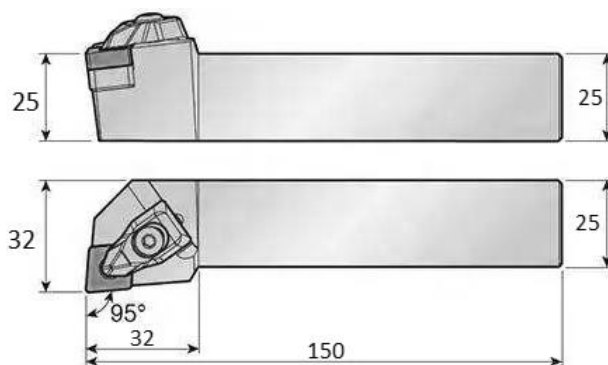


Рисунок 27 – Расточная оправка TCLNR2525

Данной оправке соответствует форма пластины, имеющая обозначение CNMG120404PF 4215.

Для обработки сталей с твердостью поверхности HB до 280 рекомендуется использовать сплав JC8025. Это твердый сплав с покрытием CVD для высокоскоростной финишной обработки, а также для продолжительного резания при умеренных скоростях. Используется при обработке относительно мягких материалов.

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

Определение норм времени на операциях.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		43

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.

$$T_{ц.а} = T_0 + T_{м.в.}; \quad (14)$$

$$T_0 = \sum_{i=1}^n \frac{L_1}{S_M};$$

где  $L_1$  – длина пути инструмента или детали по направлению подачи при обработке  $i$ -го технологического участка (с учетом врезания и перебега), мм;  $S_M$ , – минутная подска на данном участке, мм/мин;  $i=1, 2, \dots, n$ – число технологических участков обработки.

$$L_1 = L + l_1 + l_2 + l_3.$$

где  $L$  – траектория (длина пути) детали или инструмента 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.

Например, для получения размера  $\varnothing 40H12$ :

$$L = 12 \text{ мм}$$

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

$$l_2 = \frac{t}{\text{tg}\varphi} = \frac{1}{\text{tg}95^\circ} = 1,07 \text{ мм} \quad (15)$$

Перебег равен 5, т.к. точение производится не в упор.

Таким образом:

$$L_1 = L + l_1 + l_2 + l_3 = 12 + 5 + 1,07 + 5 = 23,07 \text{ мм} \quad (16)$$

Время на обработку этой поверхности:

$$T_0 = \frac{23,07}{482,04} = 0,049 \text{ мин} \quad (17)$$

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

$$T_{м.в.} = T_{м.в. и} + T_{м.в. х} \quad (18)$$

$T_{мв.и}$  – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента,  $T_{мв.и} = 0,033$  мин;  $T_{мв.х}$  – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических вспомогательных ходов и технологические паузы, для комплексной с чпу операции 005 –  $T_{мв.х} = 0,5$  мин, для комплексной с чпу 010 –  $T_{мв.х} = 0,5$  мин, для шлицефрезерной операции 015 –  $T_{мв.х} = 0,8$  мин, для шлифовальной с ЧПУ 025 –  $T_{мв.х} = 0,5$  мин, для шлифовальной с ЧПУ 030 –  $T_{мв.х} = 0,5$  мин.

Определение нормы штучного времени

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в}) * (1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100}) \quad (19)$$

Вспомогательное время складывается из составляющих:

$$T_{в} = T_{уст} + T_{пер} + T_{из} \quad (20)$$

где:

- $T_{уст}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали для комплексной с чпу операции 005 –  $T_{уст} = 0,33$  мин, для комплексной с чпу 010 –  $T_{уст} = 0,33$  мин, для шлицефрезерной операции 015 –  $T_{уст} = 0,98$  мин, для шлифовальной с чпу 025 –  $T_{уст} = 0,53$  мин, для шлифовальной с чпу 030 –  $T_{уст} = 0,59$  мин.
- $T_{пер}$  – вспомогательное время связанное с технологическим переходом. Время на закрепление и раскрепление детали  $T'_{пер} = 0,2$  мин – сжатие трех кулачкового патрона, перехват заготовки контршпинделем,  $T'_{пер} = 0,1$  мин – закрепление в специальном приспособлении.
- $T_{из}$  – вспомогательное время на контрольное измерение КИМ, перекрываемое,  $T_{из035} = 1,5$  мин.

На техническое и организационное обслуживание рабочего места, личные потребности и отдых обозначено в процентах от операционного времени:

$$a_{орг} + a_{тех} + a_{отл} = 10\% \quad (21)$$

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.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Ла		46

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

Переходы	V м/мин	n об/мин	S мм/об	t, мм	To, мин	Tв, мин	Tпз, мин	Tшт, мин	Врезание, мм	Перебег, мм	Подвод, мм	Длина траектории, мм	L, мм
Операция 005 Комплексная с ЧПУ													
подрезание и точение торца диаметром Ø16	174	3500	0,18	0,9	0,0423				0,97	1	5	19,7	26,67
точение поверхности Ø17	174	3260	0,18	0,9	0,0628				0,97	1	5	29,9	36,87
точение поверхности Ø18	174	3080	0,18	0,9	0,1028				0,97	1	5	50	56,97
точение поверхности Ø18,5	167	2880	0,22	1	0,1595				1,07	1	5	94	101,07
точение поверхности Ø15,5	120	700	0,09	0,2	0,3717				0,22	1,5	2	19,7	23,42
точение поверхности Ø17,8	120	700	0,09	0,2	0,5352				0,22	1,5	2	30	33,72
точение канавки 4	179	4670	0,05	0,5	0,1231				0,54	2,5	2	23,7	28,74
сверление центрального отверстия	26,5	1690	0,1	0,15	0,0898				0,17	0	5	10	15,17
нарезание резьбы М17	158	2960	1,5	0,1	0,0079				0,11	2,9	2	30	35,01
фрезерование шпоночного паза	15	280	0,03	2,3	5,1143				2,46	3,5	2	35	42,96
				Суммарно:	6,6094	0,63	0,3	8,293					
Операция 010 Комплексная с ЧПУ													
подрезание и точение торца диаметром Ø37	167	1440	0,22	1,3	0,0391				1,39	1	5	5	12,39
точение поверхности Ø40	167	1330	0,22	1,3	0,0834				1,39	1	5	17	24,39
точение поверхности Ø35	167	1775	0,22	1	0,0962				1,07	1	5	30,5	37,57
точение поверхности Ø18,5	167	2880	0,22	1	0,1595				1,07	1	5	94	101,07
точение поверхности Ø36,3	120	700	0,17	0,3	0,0742				0,33	1,5	2	5	8,83
точение поверхности Ø34,5	120	700	0,17	0,3	0,2885				0,33	1,5	2	30,5	34,33
точение канавки 3,4	155	1850	0,08	0,5	0,2638				0,54	2,5	2	34	39,04
сверление отверстия Ø9	25	885	0,18	0,5	0,8069				0,54	0	5	123	128,54
сверление отверстия Ø26	15,5	190	0,47	2,34	0,4144				2,51	5	5	24,5	37,01
расточить отверстия Ø32	101	1005	0,65	1,3	0,0488				1,39	1	5	24,5	31,89
сверление отверстия Ø1,5	27,3	5800	0,09	0,44	0,0287				0,48	5	5	4,5	14,98
				Суммарно:	2,3035	0,63	0,3	3,557					
Операция 015 Шлицефрезерная													
Обработка шлицев	35	370	2,4	2,5	0,0222				2,68	2,5	5	9,5	19,68
				Суммарно:	0,0222	0,98	0,3	1,432					
Операция 025 Шлифовальная с ЧПУ													
шлифование поверхности Ø15,4	350	7240	0,1	0,5	0,0215				0,54	0	0	15	15,54
шлифование поверхности Ø17,5	350	6370	0,1	0,5	0,0307				0,54	0	0	19	19,54
				Суммарно:	0,0521	0,53	0,3	0,97					
Операция 030 Шлифовальная с ЧПУ													
шлифование поверхности Ø34,2	190	1770	0,1	0,5	0,3672				0,54	0	0	15	65
шлифование поверхность Ø36	190	1680	0,1	0,5	0,0655				0,54	0	0	5	11
				Суммарно:	0,4327	0,59	0,3	1,455					
								Суммарно	13,58				

### 2.3.7 Расчет потребного количества оборудования

Предпочтение видов станков, их специализации по количеству управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпускам деталей определенной номенклатуры выполняется на базе разработанных технологических процессов, на стандартные детали по нижеупомянутой формуле:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}},$$

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

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_0 K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}},$$

где  $\Phi_0$  – годовой фонд времени оборудования, ч ( $\Phi_0 = 5880$  ч);  $K_{\text{исп}}$  – коэффициент использования оборудования по машинному времени ( $K_{\text{исп}} = 0,85$ );  $N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 5880 \cdot 0,85}{20000} = 14,99$$

Наибольшее число деталей, производимых на одном станочном оборудовании за год, рассчитывается по нижеупомянутой формуле:

$$n_{\text{дет}} = \frac{\Phi_0}{t_{\text{шт}}},$$

где  $t_{\text{шт}} \approx 22,6$  мин = 0,37 ч – полное время изготовления одной детали.

$$n_{\text{дет}} = \frac{5880}{0,37} = 15891 \text{ деталей.}$$

Количество станков, необходимых для изготовления 10878 деталей, рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{год}}}{n_{\text{дет}}},$$

$$n_{\text{ст}} = \frac{20000}{15891} = 1,25 \approx 2 \text{ станка.}$$

					<i>150305 2020 526 00 ПЗВКР</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Ла		48



$$C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i,$$

где  $n = 2$  – число типовых деталей;  $C_1 = 22,9$  мин;  $C_2 = 25$  мин – станкочас, приходящаяся на каждый станок по обработке  $i$ -го представителя типовых деталей, мин.

$$C_{\text{ср}} = \frac{47,9}{2} = 23,95;$$

$$K = \frac{47,9}{22,9} = 2,09 \approx 2.$$

### 2.3.8 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 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.

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

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

Наиболее рациональное обеспечение схемы обработки будет возможно при использовании токарных патронов.

Типоразмер присоединительного конца шпинделей у токарного станка JIS A2-6. Для такого соединения, фирма FUJI, производит специальные токарные патроны.

Произведём подбор необходимого патрона по каталогу данной фирмы исходя из требуемой длины кулачка. Такому требованию отвечает трёхкулачковый патрон Compensating Chuck СК-51 (рисунок 28), характеристики которого приведены в таблице 7.

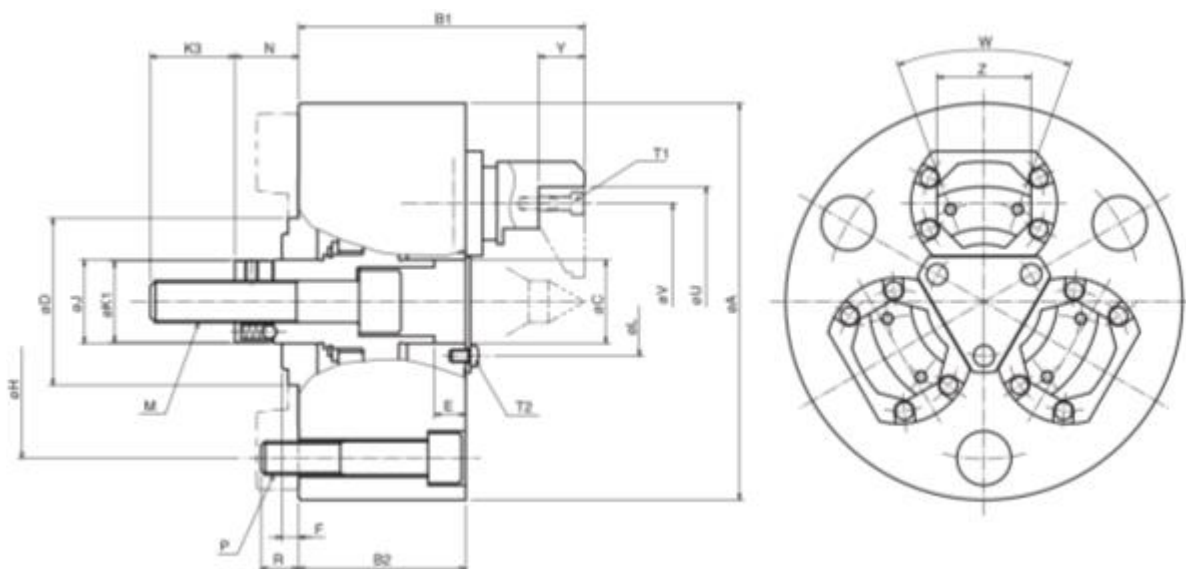


Рисунок 28 – Трёхкулачковый патрон Compensating Chuck СК-51

Таблица 7 – Основные размерные характеристики трёхкулачкового патрона

A, мм	B1, мм	B2, мм	U, мм	Y, мм
150	137	80	110	22

Обработка детали «Вал турбокомпрессора» происходит на токарном станке с ЧПУ EMCO MAXXTURN 65 SMY. Станок оснащён револьверной головки с 12 позициями для инструмента. В процессе изготовления на этом станке при исполнении токарных операций в роли инструментальной оснастки используются держатели типа VDI-40. Инструментальные гнёзда оснащены собственным приводом, что позволяет производить операцию сверления на данном оборудовании. В качестве инструментальной оснастки для операции точения используем призматический правый и левый резцедержатель DIN 69880 48-B1-40x20 (рисунок 29), размеры которого указаны в таблице 8.

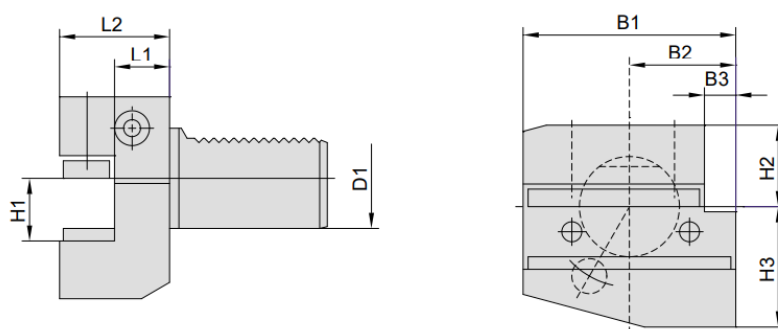


Рисунок 29 – Резцедержатель DIN 69880 48-B1-40x20

Таблица 8 – Характеристики резцедержателя

D1	H1	B1	B2	B3	H2	H3	L1	L2
40	20	85	42,5	12,5	32,5	48	22	44

Для расточного резца применим державку DIN 69880 48-E2-16-12 (рисунок 30), размеры которого представлены в таблице 9.

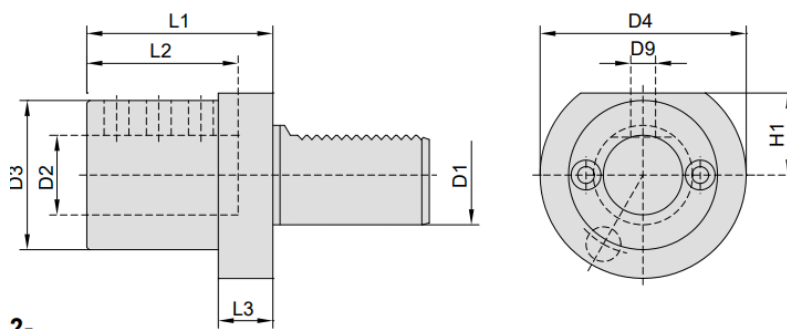


Рисунок 30 – Резцедержатель DIN 69880 48-E2-16-12

Таблица 9 – Характеристики резцедержателя

D1	D2	D3	D4	H1	L1	L2	L3	D9
40	16	55	83	32,5	75	61	22	M10-25

Для закрепления осевого инструмента воспользуемся цанговым патроном DIN 69880 48-E4-40x32 (рисунок 31), размеры которого представлены в таблице 10.

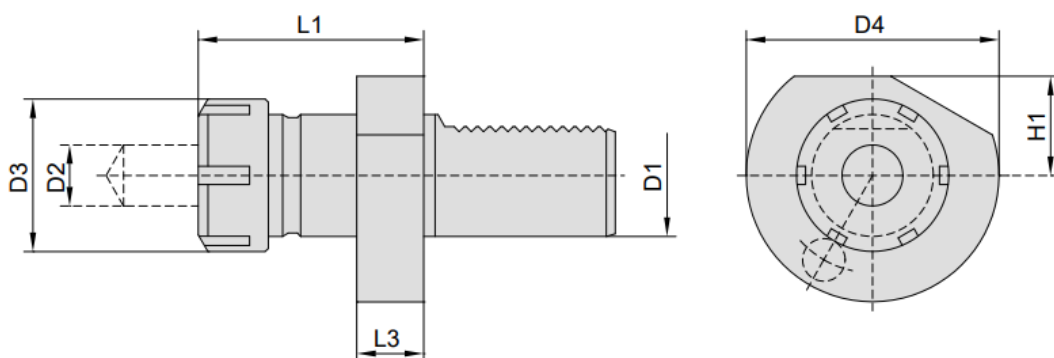


Рисунок 31 – Цанговый патрон DIN 69880 48-E4-25x32

Таблица 10 – Характеристики резцедержателя

D1	Размер цанги	Диапазон хвостовиков	D3	D4	H1	L1	L3
40	ER-32	2-20	50	83	32,5	78	22

Для закрепления сверла KORLOY MSD-200 ЗР,М,К,Н в цанговый патрон DIN 69880 48-E4-40x32 выбираем цангу 58803220 (рисунок 32).

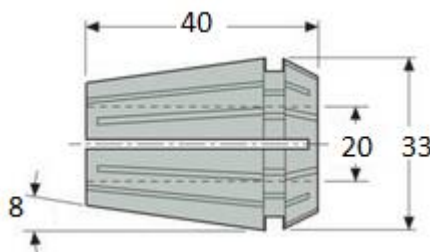


Рисунок 32 – Цанга 58803220

Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Лист
------	------	----------	------	------

Для закрепления сверла 2317-0108 в цанговый патрон DIN 69880 48-E4-40x32 выбираем цангу 58803213 (рисунок 33).

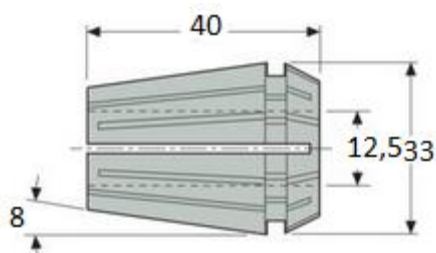


Рисунок 33 – Цанга 58803213

Для закрепления сверла KORLOY CarbideDrill-SSD 015 и сверла KORLOY MSD-0909P,М,К,N в цанговый патрон DIN 69880 48-E4-40x32 выбираем цангу 58803209 (рисунок 34).

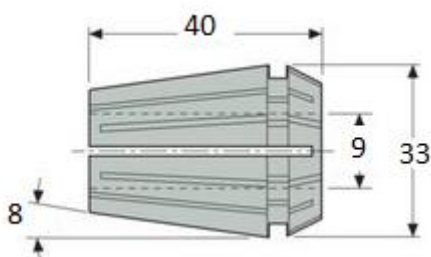


Рисунок 34 – Цанга 58803209

Для фрезерования шлицов и паза выбран станок 5350А. Данные станки оснащены конусом ISO 40 (Рисунок 35)

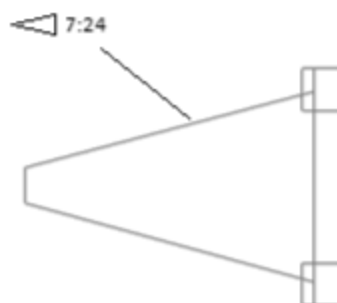


Рисунок 35 – Конус ISO 40

Для закрепления концевой фрезы KORLOY HPRE 4030-R0.2 к конусу ISO 40 выбираем держатель E341456030690 (рисунок 36).

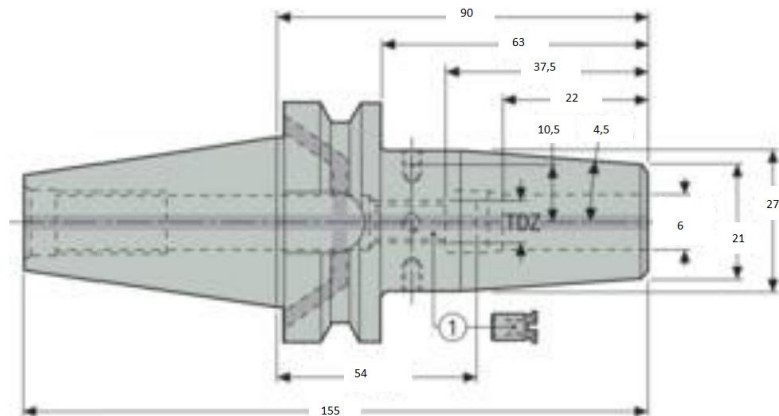


Рисунок 36 – Держатель E341456030690

Для присоединения проектной фрезы к конусу ISO 40 выбираем оправку E404156572775, изображенную на рисунке 37.

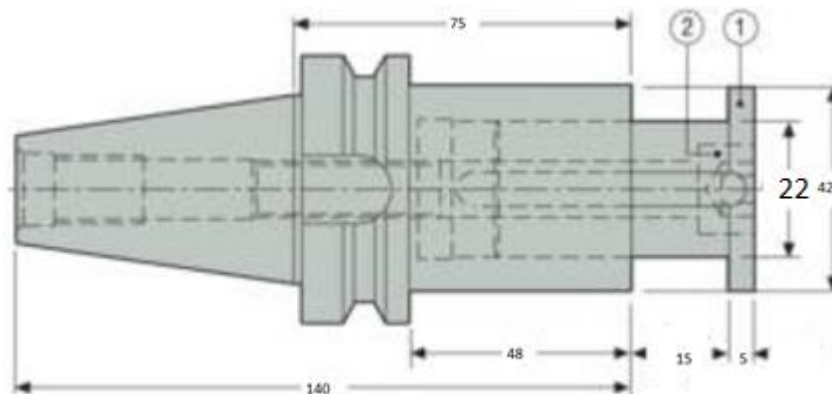


Рисунок 37 – Оправка E404156572775

### 3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления

Проанализировав, действующий технологический процесс изготовления детали «Вал турбокомпрессора», было решено, что необходимо спроектировать станочное приспособление для фрезерования шпоночного паза, чтобы снизить погрешности при его обработке.

### 3.2.1 Силы резания при фрезеровании

На рисунке 38 представлена силовая схема, на которой изображены силы, действующие в процессе обработки шпоночного паза.

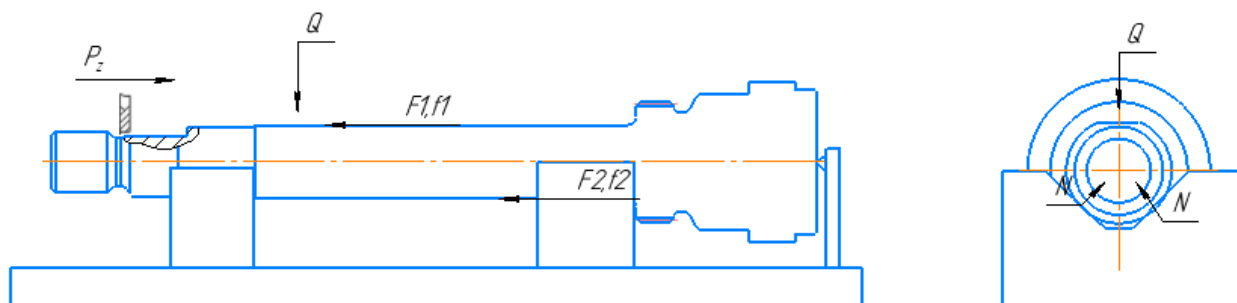


Рисунок 38 – Силовая схема

Сила резания при фрезеровании паза определяется по следующей формуле (таблица 6.1 [1]):

$$P_z = C_p t^{0,86} B Z S_z^{0,72} D^{-0,86},$$

где  $C_p = 682$  – коэффициент, зависящий от свойств материала заготовки и инструмента;

$t = 0,6$  мм – глубина резания;

$B = 3$  мм – ширина фрезерования;

$Z = 2$  – число зубьев фрезы;

$S_z = 0,1$  мм – подача на зуб;

$D = 6$  мм – диаметр фрезы.

Подставив числовые значения, получим

$$P_z = 682 \cdot 0,6^{0,86} \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^{-0,86} = 107,63 \text{ Н.}$$

### 3.2.2 Расчёт сил зажима и усилия на поршне.

$$F_1 + F_2 = k P_z$$

где  $F_1$  и  $F_2$  – силы трения;

$k$  – коэффициент надёжности закрепления.

Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд

$$F_1 = f_1 N = \frac{f_1 N}{\sin \alpha}$$

$$F_2 = f_2 Q$$

где  $f_1 = 0,15$  и  $f_2 = 0,1$  – коэффициенты трения (из таблицы 6.4 [1]);

$N$  – нормальная реакция опоры;

$Q$  – сила зажима.

Откуда

$$Q = \frac{k P_z}{\frac{f_1}{\sin \alpha} + f_2}$$

Коэффициент надежности закрепления определяется по формуле:

$$k = \prod_{i=0}^6 k_i$$

где  $k_0 = 1,2$  – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1 = 1,6$  – коэффициент, учитывающий возрастание сил резания при затуплении инструмента;

$k_2 = 1$  – коэффициент, учитывающий колебания силы резания при окончательной обработке;

$k_3 = 1$  – увеличение силы резания при непрерывистом резании;

$k_4 = 1$  – непостоянство зажимного усилия;

$k_5 = 1$  – степень удобства расположения рукояток в ручных зажимных устройствах;

$k_6$  – не учитывается, так как нет крутящего момента.

Таким образом, коэффициент надежности закрепления равен

$$k = 1,2 \cdot 1,6 = 1,92.$$

Подставив числовые значения, получим

$$Q = \frac{2 \cdot 107,63}{\frac{0,15}{\sin 45^\circ} + 0,1} = 768,8 \text{ Н.}$$



Для наглядности расчета изобразим силовую схему с указанием зажимающего усилия, размеров плеч и мембраны с поршнем, а также силы, действующей со стороны силового механизма (рисунок 39).

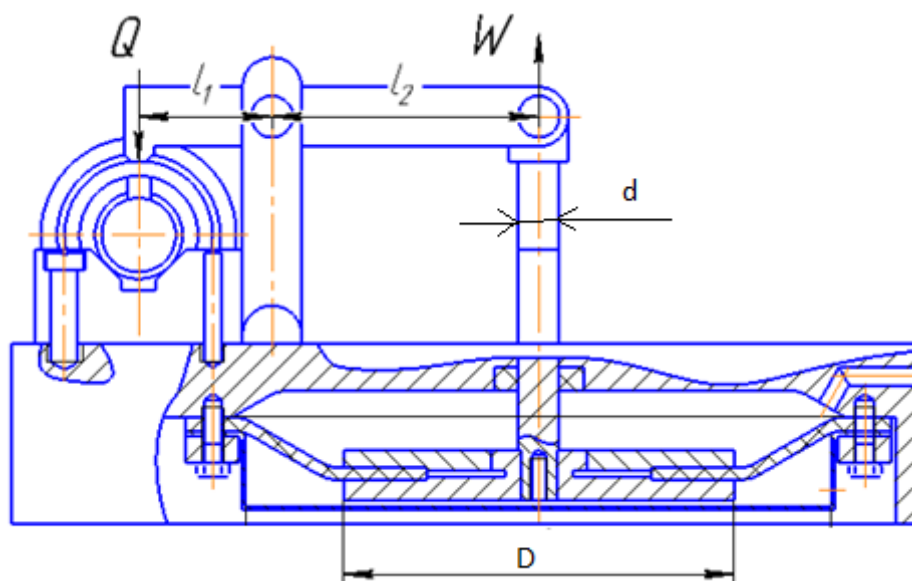


Рисунок 39 – Силовая схема с указанием привода

Кроме силы зажима и силы резания необходимо рассчитать следующие параметры: силу на штоке ( $W$ ), длины плеч ( $l_1$  и  $l_2$ ) и диаметр штока ( $D$ ).

$l_1$  и  $l_2$  назначаем конструктивно в зависимости от размеров приспособления:  
 $l_1 = 45$  мм,  $l_2 = 90$  мм.

Составим уравнение равновесия относительно оси зажима:

$$Q \cdot l_1 = W \cdot l_2$$

Откуда

$$W = \frac{Q \cdot l_1}{l_2}$$

Подставив числовые значения, получим

$$W = \frac{768,8 \cdot 45}{90} = 384,4 \text{ Н.}$$

Запишем выражение для определения силы на штоке:

$$W = S \cdot p,$$

где  $p = 0,4$  МПа – давление воздуха в заводской воздушной магистрали;

S – площадь диаметра поршня, определяемая по формуле:

$$S = \frac{\pi D^2}{4},$$

где D–диаметр поршня пневмоцилиндра.

Подставляя формулы расчета силы штока в формулу диаметра площади поршня пневмоцилиндра, выражаем диаметр поршня пневмоцилиндра D, получаем:

$$D = \sqrt{\frac{4*W}{\pi*p}},$$

Подставляя ранее полученные значения в формулу, получим:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 384,4}{3,14 * 0.4 * 10^6}} = 134,98 \text{ мм.}$$

Полученный диаметра поршня уточняем по ГОСТ 6540-68(из таблицы 2 [7]) и получаем D = 140 мм.

Диаметр штока принимаем равным d = 36 мм по ГОСТ 6540-68 (из таблицы 4 [7]) максимально возможному для диаметра поршня D=140 мм.

### 3.2.3 Расчет на прочность слабого звена

Слабым звеном в приспособлении является ось рычага. Она является наиболее нагруженным звеном. Ось воспринимает повышенные нагрузки, связанные с зажимом обрабатываемых заготовок. Направления действия создаваемой силы пневмоцилиндра усиливается за счет зажима заготовки. Ось в отверстиях рычага установлена с зазором и будет работать на срез. Принимаем, что ось изготовлена из стали 20Х с цементацией и закалкой до твердости 57...63 HRC<sub>Э</sub>. Вид нагрузки: переменная. По таблице П28 [2]допускаемое напряжение на срез  $[\tau_{ср}] = 180$  МПа.

Условие прочности при срезе:

$$\frac{P}{F} \leq [\tau_{ср}],$$

где P – сила, действующая на ось;

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		58

$F = \frac{\pi d^2}{4}$  – площадь поперечного сечения оси.

Силы  $P$  определим из уравнения моментов относительно приложения силы  $Q$ .

$$P = \frac{W(l_1 + l_2)}{l_1} = \frac{768,8 \cdot 135}{45} = 2306,4 \text{ Н.}$$

Тогда минимальный диаметр оси равен:

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau_{\text{ср}}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2306,4}{3,14 \cdot 300 \cdot 10^6}} = \sqrt{0,00016} = 0,0126 \text{ м} = 12,6 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d = 14$  мм (рисунок 40), чтобы обеспечить надежную работу оси в приспособлении.

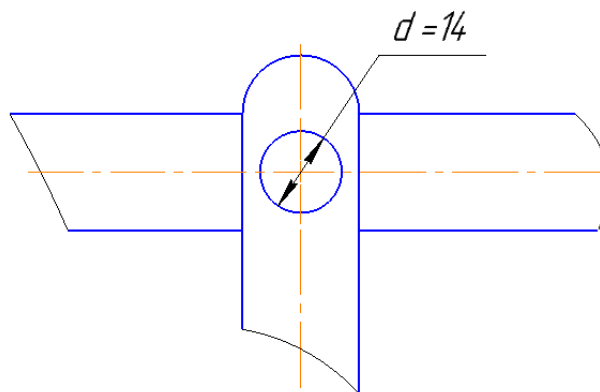


Рисунок 40 – Ось

### 3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

В разрабатывании технологического процесса механической обработки заготовки предпочтение режущего инструмента (вида, конструкции, размеров) в важной мере определяется свойствами обрабатываемого материала, методами обработки, нужной точностью качества и обработки поверхностей заготовки.

Для выбора режущего инструмента желательно стремиться выбирать стандартный инструмент. Но если разумно, можно применять комбинированный, фа-

сонный, специальный инструмент, позволяющий сочетать обработку нескольких поверхностей.

Если технологические особенности детали не сужает применение больших скоростей резания, то нужно использовать высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, с твердым сплавом, так как практические знания показали экономическую выгодность, чем применение быстрорежущих инструментов. Обрабатываемые поверхности изображены на рисунке 41.

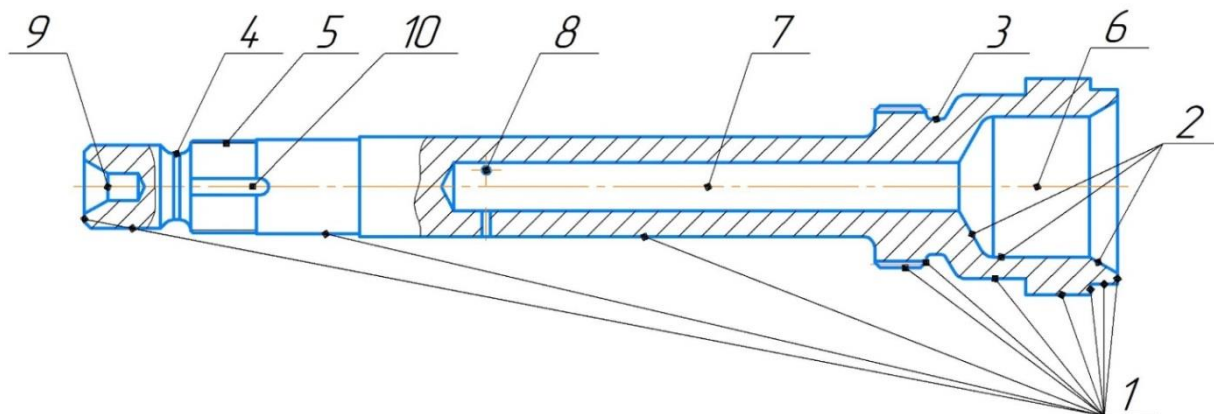


Рисунок 41 – Обрабатываемые поверхности заготовки

При изготовлении детали «Вал турбокомпрессора» можно использовать стандартный режущий инструмент.

Для обработки торцевых и продольных поверхностей под номером 1, а также фасок используем правый и левый проходной резец KORLOY PCLNR/Lc СМП KORLOY CNMG 120412-GS из твёрдого сплава марки PC9030. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 42 и в таблице 11, 12.

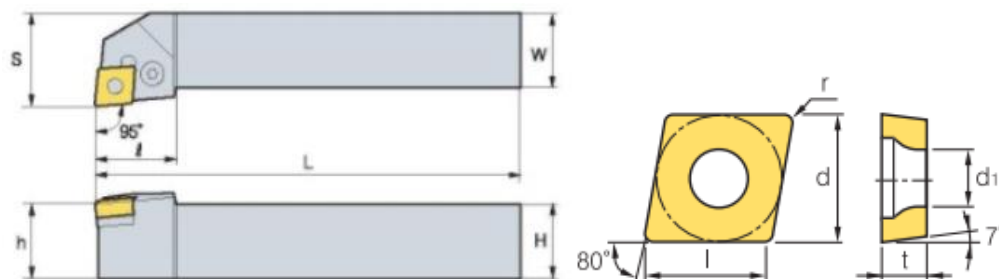


Рисунок 42 – Проходной резец PCLNR/Lи пластина CNMG 120412-GS

Таблица 11 – Размеры проходного резца

PCLNR/L	H	W	L	S	h	l	СМП
	20	20	100	20	16	28	CNMG 120412- GS

Таблица 12 – Размеры пластины

CNMG 120412- GS	I	d	t	r	d1	Soб, мм/об	t, мм
	11,6	12,7	4,76	1,2	5,16	0,13-0,65	1-5

Для растачивания отверстия и фасок под номером 2 используем расточной резец KORLOY S12M-SCLCR/L-06 (рисунок 43) с СМП CCGT 060201MFN-VP1. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 43 и в таблице 13,14.

диаметр растачивания

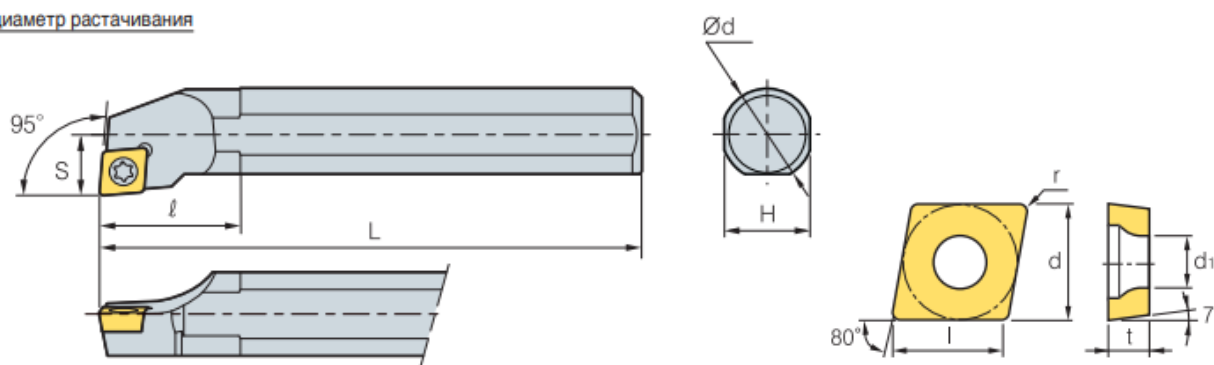


Рисунок 43 – Расточной резец S12M-SCLCR/L-06и пластина CCGT 060201MFN-VP1

Таблица 13 – Размеры расточного резца

S12M- SCLCR/L- 06	ØD	Ød	H	L	S	l	СМП
	16	12	11	150	9	25	CCGT 060201 MFN-VP1

Таблица 14 – Размеры пластины

CCGT	I	d	t	r	d1	Soб, мм/об	t, мм
060201MFN- VP1	5,1	6,35	2,38	0,4	2,8	0,1-0,5	0,4-2

Для точения канавки 4 используем резец KORLOY KGEHR/L1010-2-D20Ac  
СМП KORLOY KGMN200-02-T марки PC9030. Чертеж изображен на рисунке 44,  
размеры в таблице 15,16.

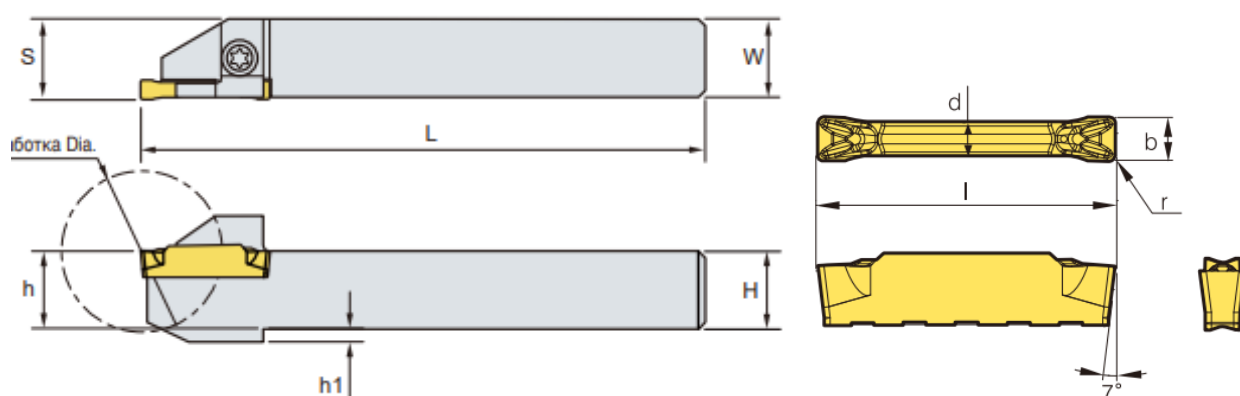


Рисунок 44 –Канавочный резец KGEHR/L1010-2-D20A с СМП KGMN200-02

Таблица 15 – Размеры канавочного резца

KGEHR/L	H=(h)	W	L	S	h1	D	СМП
1010-2-D20A	20	20	125	10.2	2	20	KGMN200- 02-T

Таблица 16 – Размеры пластины

KGMN200- 02-T	b	r	i	d	$\alpha$	Soб, мм/об	t, мм
	3	0.2	20	2.3	-	0,05-0,5	0,2-2

Для нарезания резьбы на поверхность 5, используем резьбонарезной резец KORLOY ER(L)H 25-22 с СМП марки PC3030T фирмы KORLOY. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 45 и в таблице 17,18.

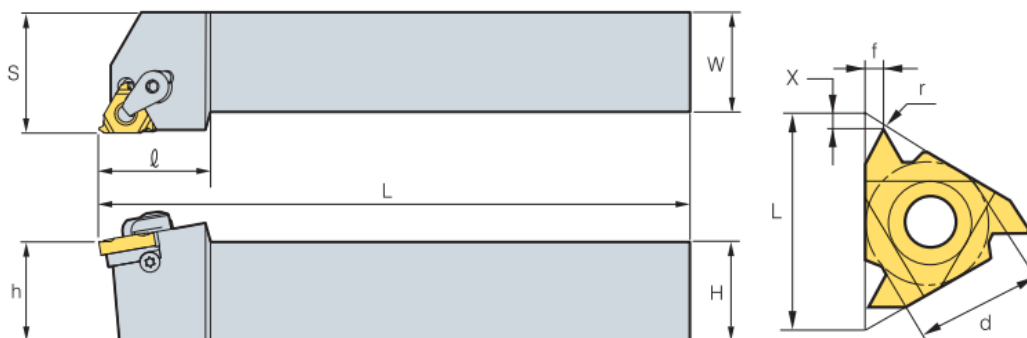


Рисунок 45 – Резьбонарезной резец KORLOY ER(L)H 25-22 с СМП16-1.5 ISO

Таблица 17 – Размеры резьбонарезного резца

ER(L)H	D	H	W	L	S	H	l	СМП
25-22	9.525	20	20	153.6	25	25	30	ER 16-1.5 ISO

Таблица 18 – Размеры пластины

ER 16-1.5 ISO	d	L	r	x	f	Соб, мм/об	t, мм
	9,25	16	0,05	0,8	0,9	0,05-0,5	0,2-2

Для сверления центровочного отверстия 9 используем сверло 2317-0108ГОСТ 14952-75.Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 46 и в таблице 19.

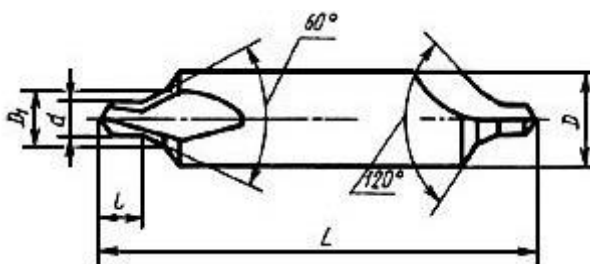


Рисунок 49 – Центровочное сверло 2317-0108ГОСТ 14952-75

Таблица 19 – Размеры центровочного сверла

2317-0108	d	D	D1	l	L
	5	12,5	7,2	7,5	66

Для сверления отверстия 6 используем сверло фирмы KORLOY MSD-200 3P,M,K,N из быстрорежущей стали марки PC315G диаметром 20 мм и главным углом при вершине 140°. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 47 и в таблице 20.

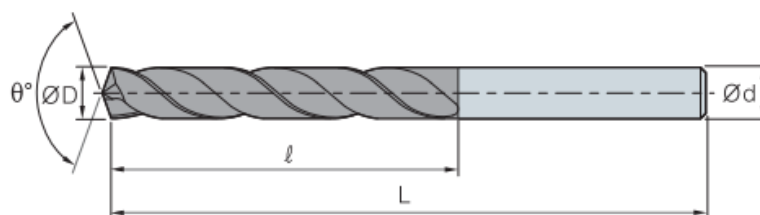


Рисунок 47 – Сверло KORLOY MSD-200 3P,M,K,N

Таблица 20 – Размеры сверла

MSD-200	ØD	Ød	l	L
3P,M,K,N	20	20	90	160

Для сверления отверстия 7 используем сверло фирмы KORLOY MSD-0909P,M,K,N из быстрорежущей стали марки PC315G диаметром 9 мм и главным углом при вершине 140°. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 48 и в таблице 24.

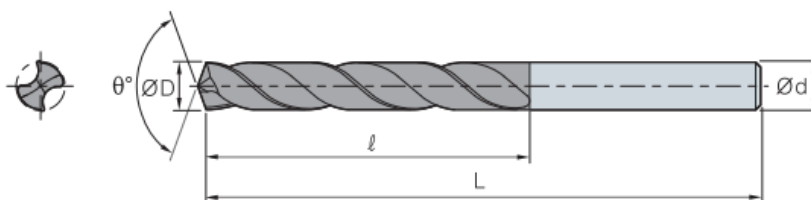


Рисунок 48 – Сверло KORLOY MSD-0909P,M,K,N



Таблица 21 – Размеры сверла

MSD-	ØD	Ød	l	L
0909P,М,К,Н	9	9	130	164

Для сверления отверстия 8 используем сверло фирмы KORLOY Carbide Drill-SSD 015 из быстрорежущей стали марки PC3110 диаметром 1,5 мм и главным углом при вершине 140°. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 49 и в таблице 22.

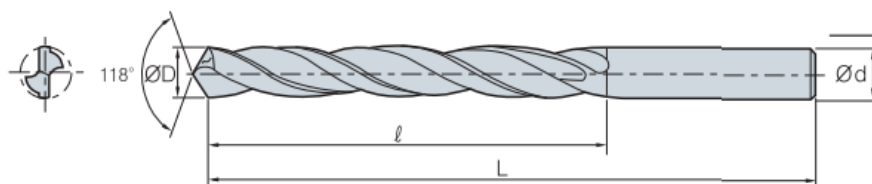


Рисунок 49 – KORLOY Carbide Drill-SSD 015

Таблица 22 – Размеры сверла

MSD-	ØD	Ød	l	L
0909P,М,К,Н	9	9	130	164

Для шлифования поверхностей используем шлифовальный круг 63x20x16-2А-25-СТ1-К-35ГОСТ Р52781-2007. Эскиз изображен на рисунке 50.

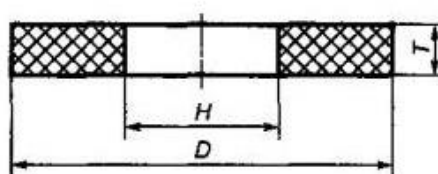


Рисунок 50 – Шлифовальный круг 63x20x16-2А-25-СТ1-К-35

Для фрезерования шпоночного паза 10 применим концевую фрезу KORLOY-HPRE 4030-R0.2. Чертеж фрезы представлен на рисунке 51, размеры в таблице 23.

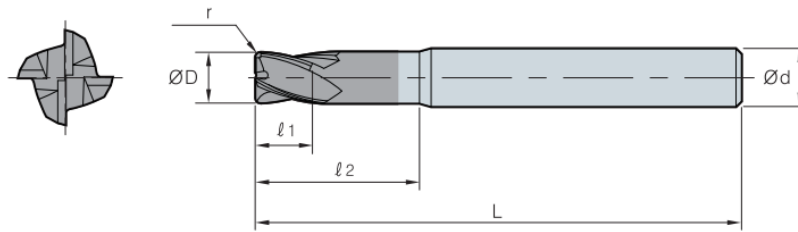


Рисунок 51 – Концевая фреза KORLOYHPRE 4030-R0.2

Таблица 23 – Размеры концевой фрезы

HPRE 4030-R0.2	Ød	ØD	ℓ1	ℓ2	L	r
	3	6	4	16	60	0.2

### 3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

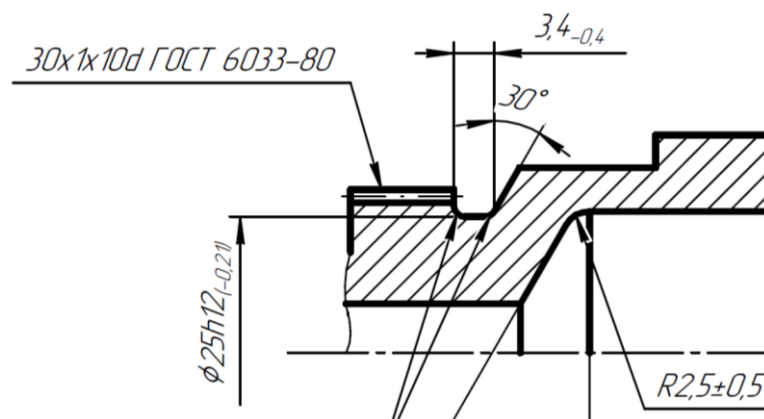


Рисунок 52 – Шлицы 30x1x10d ГОСТ 6033-80

#### Проектирование червячной шлицевой фрезы

1) Расчетный наружный диаметр шлицевого вала:

$$D_p = D_{max} - 2 \cdot C_{min} = 30 - 2 \cdot 0 = 30 \text{ мм,}$$

где  $D_{max}$  – максимальное значение наружного диаметра шлицевого вала;

$C_{min}$  – минимальный размер фаски на вершине шлица.

2) Среднее значение припуска на внутренний диаметр и ширину зуба:

$$P_{cp} = 0,0042 \cdot d + 0,12 = 0,0042 \cdot 27,8 + 0,12 = 0,23676 \text{ мм.}$$

3) Расчетный внутренний диаметр шлицевого вала:

$$d_P = d_{min} + P_{cp} = 27,8 + 0,23676 = 28,03676 \text{ мм.}$$

4) Расчетная ширина шлица:

$$b_P = b_{min} + P_{cp} = 1,27324 + 0,23676 = 1,51 \text{ мм.}$$

3.2.1 Профилирование зубьев фрезы:

5) Диаметр начальной окружности шлицевого вала:

$$d_w = \sqrt{D_P^2 - 0,75 \cdot b_P^2} = \sqrt{28,03676^2 - 0,75 \cdot 1,51 \cdot 1,51} = 28,54 \text{ мм.}$$

6) Радиус начальной окружности шлицевого вала:

$$r_w = 0,5 \cdot d_w = 0,5 \cdot 28,54 = 14,27 \text{ мм.}$$

7) Угол профиля зуба вала на начальной окружности:

$$\gamma_w = \arcsin \frac{b_P}{d_w} = \arcsin \frac{1,51}{28,54} = 3,03^\circ = 0,052 \text{ рад.}$$

8) Половина ширины зуба:

$$a = \frac{b_P}{2} = \frac{1,51}{2} = 0,755 \text{ мм.}$$

9) Угол профиля зуба фрезы при вершине:

$$\alpha_{yc} = \arccos \frac{\sqrt{(0,5 \cdot d_P)^2 - a^2}}{r_w} = \arccos \frac{\sqrt{(0,5 \cdot 28,036)^2 - 0,755^2}}{6,5192} = 29,99^\circ$$

10) Высота профиля зуба от начальной прямой до вершины усика:

$$h_{a0} = r_w \sin \alpha_{yc} (\sin \alpha_{yc} - \sin \gamma_w) = 14,27 \sin 29,99^\circ (\sin 29,99^\circ - \sin 3,03^\circ) = 1,4 \text{ мм.}$$

11) Максимальный угол профиля зуба фрезы в нормальном сечении:

$$\alpha_{max} = \alpha_{yc} = 29,99^\circ$$

12) Угол профиля зуба фрезы на начальной прямой:

$$\alpha_w = \gamma_w = 3,03^\circ$$

13) Диаметры профильных точек зуба вала:

$$d_1 = d_w - h_{a0} = 28,54 - 1,4 = 27,14 \text{ мм.}$$

$$d_2 = d_w - 1,8 \cdot h_{a0} = 28,54 - 1,8 \cdot 1,4 = 26,02 \text{ мм.}$$

14) Профильные углы зуба вала:

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		67

$$\gamma_1 = \arcsin \frac{b_p}{d_1} = \arcsin \frac{1,51}{27,14} = 23,57^\circ = 0,4115 \text{ рад.}$$

$$\gamma_2 = \arcsin \frac{b_p}{d_2} = \arcsin \frac{1,51}{26,02} = 27,21^\circ = 0,7716 \text{ рад.}$$

15) Профильные углы в сопряженных точках профиля зуба фрезы:

$$\alpha_1 = \arccos \frac{d_1 \cos \gamma_1}{d_w} = \arccos \frac{27,14 \cos 23,57^\circ}{28,54} = 36,73^\circ = 0,6411 \text{ рад.}$$

$$\alpha_2 = \arccos \frac{d_2 \cos \gamma_2}{d_w} = \arccos \frac{26,02 \cos 27,21^\circ}{28,54} = 15,5750^\circ = 0,2718 \text{ рад.}$$

16) Абсциссы точек 1 и 2 профиля зуба фрезы:

$$X_1 = r_w(\alpha_1 - \gamma_w) - (r_w \sin \alpha_1 - a) \cos \alpha_1 \quad ;$$

$$X_1 = 14,27(0,6411 - 0,26) - (14,27 \sin 36,73^\circ - 1,703) \cos 36,73^\circ = 0,7246362 \text{ мм.}$$

$$X_2 = r_w(\alpha_2 - \gamma_w) - (r_w \sin \alpha_2 - a) \cos \alpha_2 \quad ;$$

$$X_2 = 14,27(0,2718 - 0,26) - (14,27 \sin 15,57^\circ - 1,703) \cos 15,57^\circ = 0,0317 \text{ мм.}$$

17) Ординаты точек 1 и 2 профиля зуба фрезы:

$$Y_1 = r_w \sin^2 \alpha_1 - a \sin \alpha_1 = 14,27 \sin^2 36,73^\circ - 1,703 \sin 36,73^\circ = 1,3131 \text{ мм.}$$

$$Y_2 = r_w \sin^2 \alpha_2 - a \sin \alpha_2 = 14,27 \sin^2 15,57^\circ - 1,703 \sin 15,57^\circ = 0,0125 \text{ мм.}$$

18) Абсцисса центра заменяющей окружности:

$$X_0 = \frac{(X_2^2 + Y_2^2)Y_1 - (X_1^2 + Y_1^2)Y_2}{2(X_2 \cdot Y_1 - X_1 \cdot Y_2)};$$

$$X_0 = \frac{(0,0317^2 + 0,0125^2)1,3131 - (0,7246^2 + 1,3131^2)0,0125}{2(0,0317 \cdot 1,3131 - 0,7246 \cdot 0,0125)} = 0,468277 \text{ мм.}$$

19) Ордината центра заменяющей окружности:

$$Y_0 = \frac{(X_2^2 + Y_2^2)X_1 - (X_1^2 + Y_1^2)X_2}{2(X_2 \cdot Y_1 - X_1 \cdot Y_2)};$$

$Y_0 =$

$$\frac{(0,0317^2 + 0,0125^2)0,7246 - (0,7246^2 + 1,3131^2)0,0317}{2(0,7246 \cdot 1,3131 - 0,7246 \cdot 0,0125)} = 0,03825 \text{ мм.}$$

20) Радиус заменяющей окружности:

$$R_1 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} = \sqrt{0,468277^2 + 0,03825^2} = 0,0604 \text{ мм.}$$

21) Шаг зубьев фрезы в нормальном сечении:

						150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп			68

$$P_{n0} = \frac{\pi \cdot d_w}{z} = \frac{3,14 \cdot 28,54}{12} = 7,47 \text{ мм.}$$

22) Толщина зубьев фрезы на начальной прямой:

$$S_{n0} = d_w \left( \frac{\pi}{z} - \gamma_w \right) = 28,54 \left( \frac{3,14}{12} - 0,26 \right) = 1,4 \text{ мм.}$$

Расчет конструктивно-геометрических параметров червячной фрезы:

1) Выбираем рекомендуемые конструктивные и геометрические параметры:

- наружный диаметр фрезы  $d_{a0} = 50 \text{ мм}$ ;
- диаметр посадочного отверстия  $d_{отв} = 22 \text{ мм}$ ;
- диаметр буртиков  $d_b = 42,7 \text{ мм}$ ;
- длина буртиков  $\ell = 5 \text{ мм}$ ;
- число зубьев фрезы  $z_0 = 12$ ;
- угол скоса фаски  $\beta_2 = 40^\circ$ ;
- задний угол  $\alpha_s = 12^\circ$ .

2) Расстояние от начальной прямой до фаски:

$$\gamma_{Bf} = \frac{\pi}{4} - \arcsin \frac{b_p}{D_p} = \frac{3,14}{4} - \arcsin \frac{3,406}{13,368} = 0,5277 \text{ рад};$$

$$\alpha_{Bf} = \arccos \frac{D_p \cos \gamma_{Bf}}{d_w} = \arccos \frac{13,368 \cos 0,5277}{13,0385} = 0,7978 \text{ рад};$$

$$L_c = |0,5 \cdot D_p \cos(\alpha_{Bf} - \gamma_{Bf}) - 0,5 \cdot d_w|;$$

$$L_c = |0,5 \cdot 13,368 \cos(0,7978 - 0,5277) - 0,5 \cdot 13,0385| = 0,1646 \text{ мм.}$$

3) Высота фаски:

$$h_\phi = C_{max} = 0 \text{ мм.}$$

4) Падение затылка основного затылования:

$$K = \frac{\pi \cdot d_{a0}}{z_0} \operatorname{tg} \alpha_s = \frac{3,14 \cdot 50}{12} \operatorname{tg} 12^\circ = 0,8.$$

Принимаем  $K = 0,8$ .

5) Падение затылка дополнительного затылования:

$$K_1 = (1,5 - 1,8)K = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2.$$

6) Действительное значение заднего угла:

$$\alpha_s = \operatorname{arctg} \frac{K \cdot z_0}{\pi \cdot d_{a0}} = \operatorname{arctg} \frac{4 \cdot 10}{3,14 \cdot 63} = 11,43^\circ.$$

7) Высота профиля зуба фрезы:

$$h = h_{a0} + L_c + h_\phi = 1,4 \text{ мм.}$$

8) Ширина канавки для облегчения шлифования профиля фрезы:

$$L_k = \frac{\pi \cdot d_w}{z} - S_{n0} - \frac{2 \cdot h_\phi}{\text{tg} \beta_2} - \frac{2 \cdot L_c}{\text{tg} \alpha_s} = \frac{3,14 \cdot 28,54}{12} - 17,09 - \frac{2 \cdot 0,3}{\text{tg} 40^\circ} - \frac{2 \cdot 0,1646}{\text{tg} 12,56^\circ} = 0,8 \text{ мм.}$$

Остальные параметры канавки:  $h_k = 1 \text{ мм}$ ;  $r_k = 1 \text{ мм}$ .

9) Полная высота зуба фрезы:

$$h = h_0 + h_k = 1,4 \text{ мм.}$$

10) Высота профиля зуба фрезы от начальной прямой до усика:

$$h_{yc} = 0,95 \text{ мм.}$$

11) Ширина усика:

$$b_{yc} = (0,8 - 1)h_{yc} = 0,95 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ мм.}$$

12) Передний угол:

$$\gamma = 0^\circ.$$

13) Минимальный задний угол в нормальном сечении на боковой режущей кромке:

$$\alpha_{\bar{\theta}} = \text{arctg} \frac{K \cdot z_0 \cdot a}{\pi \cdot d_{a0} \cdot r_w} = \text{arctg} \frac{4 \cdot 10 \cdot 1,703}{3,14 \cdot 63 \cdot 6,51} = 3,02^\circ.$$

14) Глубина стружечной канавки:

$$H_k = 2,5 \text{ мм.}$$

Остальные параметры канавки:

- угол профиля стружечной канавки  $\theta = 30^\circ$ ;

- радиус закругления в основании канавки  $r_k = 1 \text{ мм}$ .

16) Длина фрезы:

$$L = 2\sqrt{h_{a0}(D_p - h_{a0})} + (4 - 0,5)P_{n0} + 2 \cdot \ell;$$

$$L = 31,28 \text{ мм.}$$

Принимаем  $L = 32 \text{ мм}$ .

17) Длина шлифованной части посадочного отверстия:

$$L_w = (0,2 - 0,25)L = 0,2 \cdot 32 = 6,4 \text{ мм.}$$

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лист		70

18) Выбираем рекомендуемые размеры шпоночного паза:

- ширина паза  $b_n = 8C11$ ;

- высота паза от противоположной стороны отверстия

$$C_1 = 34,8H12;$$

- радиус закругления в пазу  $R = 0,9 \text{ мм}$ .

19) Средний расчетный диаметр:

$$D_t = d_{a0} - 2 \cdot h_{a0} - 0,25 \cdot K = 47,2 \text{ мм}.$$

20) Угол наклона винтовой линии червячной нарезки:

$$\omega_t = \arcsin \frac{P_{n0}}{\pi \cdot D_t} = 1^\circ 12' 30''.$$

21) Угол наклона винтовой линии стружечной канавки:

$$\omega_k = \omega_t = 1^\circ 12' 30''.$$

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

#### 3.5.1 Выбор модели КИМ и средств оснащения

Координатно-измерительные машины позволяют определить геометрические параметры, физические характеристики и математическую модель формы изделия. Главные критерии предпочтения определённой модели контрольно-измерительной машины (далее – КИМ) будут: величины рабочей зоны, погрешности измерений, системы координат.

По формы детали «Вал турбокомпрессора» подходящая КИМ с прямоугольной системой координат. Деталь в приспособлении имеет следующие габариты:  $\varnothing 40$  мм x 191,5 мм. По этим данным были подобраны 3 контрольно-измерительные машины.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		71

Таблица 24 – Основные технические характеристики

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

Для проверки обеспечения точности измерений необходимо рассчитать погрешность по формуле MPE<sub>E</sub> для линейного и диаметрального параметров, а также для отклонения расположения. Наиболее точные параметры у детали соответственно: 4Н10,  $\varnothing 36r6$  и допуск симметричности относительно базы Ж в 0,2 мм.

$$\Delta_{1l} = \pm \left( 2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,7 + \frac{4}{300} \right) = \pm 2,71 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{1\varnothing} = \pm \left( 2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,7 + \frac{36}{300} \right) = \pm 2,82 \text{ мкм};$$

$$\Delta_1 = \pm \left( 2,7 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,7 + \frac{16}{300} \right) = \pm 2,75 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2l} = \pm \left( 1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,8 + \frac{4}{300} \right) = \pm 1,81 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{2\varnothing} = \pm \left( 1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,8 + \frac{36}{300} \right) = \pm 1,92 \text{ мкм};$$

$$\Delta_2 = \pm \left( 1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,8 + \frac{16}{300} \right) = \pm 1,85 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3l} = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{4}{300} \right) = \pm 1,91 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3\varnothing} = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{36}{300} \right) = \pm 2,02 \text{ мкм};$$

$$\Delta_3 = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{16}{300} \right) = \pm 1,95 \text{ мкм};$$

Координатно-измерительная машина пригодна для замера, если погрешность линейного измерения будет не больше 20 % от допуска на измеряемый параметр:



$$\frac{\Delta_{1\text{изм}}}{T} = \frac{5,42}{48} \cdot 100\% = 12\%;$$

$$\frac{\Delta_{2\text{изм}}}{T} = \frac{3,62}{48} \cdot 100\% = 7,5\%;$$

$$\frac{\Delta_{3\text{изм}}}{T} = \frac{3,82}{48} \cdot 100\% = 8\%.$$

Полагаем верным выбор КИМ фирмы Carl Zeiss Contura G2 (рисунок 53), так как погрешность её линейного измерения минимальная из трёх; и составляет 7,5% от допуска на измеряемый размер 4 мм по 10 качеству.



Рисунок 53 – Carl Zeiss Contura G2 7/7/6

Достоинства КИМ Carl Zeiss Contura G2:

- Прочность и точность Прочная конструкция машины CONTURAG2 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 большем диапазоне температур (18-26°C) с сохранением высокого уровня точности;
- Опция NTG включает в себя температурные датчики для детали и измерительной машины.

### 3.5.2 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 54), технические характеристики приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Технические характеристики измерительной головки VASTXT

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



Рисунок 54 –Измерительная головка VAST XT

Для измерения детали неповоротной головкой, необходимо подобрать конфигурацию наконечника, позволяющего опускаться в деталь на длину 58 мм. По каталогу Renishaw: «Styli for Zeiss applications» [8], подберём под резьбу M5 измерительный наконечник длиной 75 мм и диаметром сферы 3,5 мм. Измерительный наконечник изображен на рисунке 55.

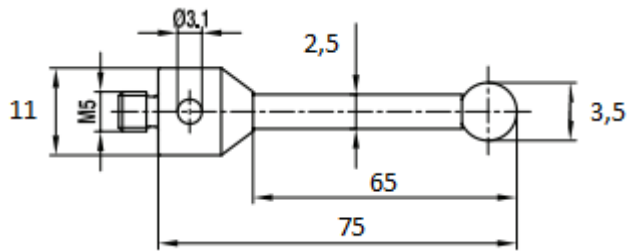


Рисунок 55 –Измерительный наконечник A-5003-7499

### 3.5.3 Выбор схемы установки детали

Для того чтобы все контролируемые поверхности были доступны измерительному наконечнику КИМ за один установ детали, необходимо использовать сборное приспособление (рисунок 56).

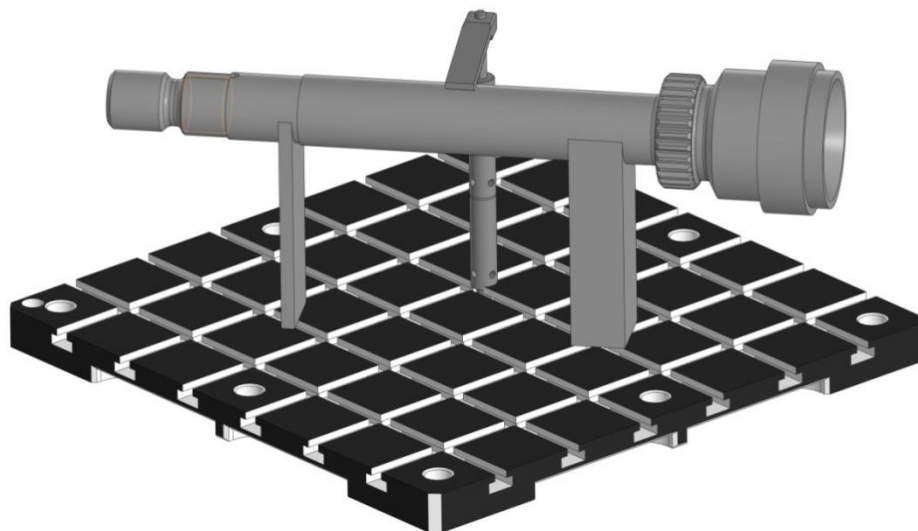


Рисунок 56 – Сборное приспособление

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

#### 3.5.4 Выбор схемы математического базирования детали в СКМ

После 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 57).

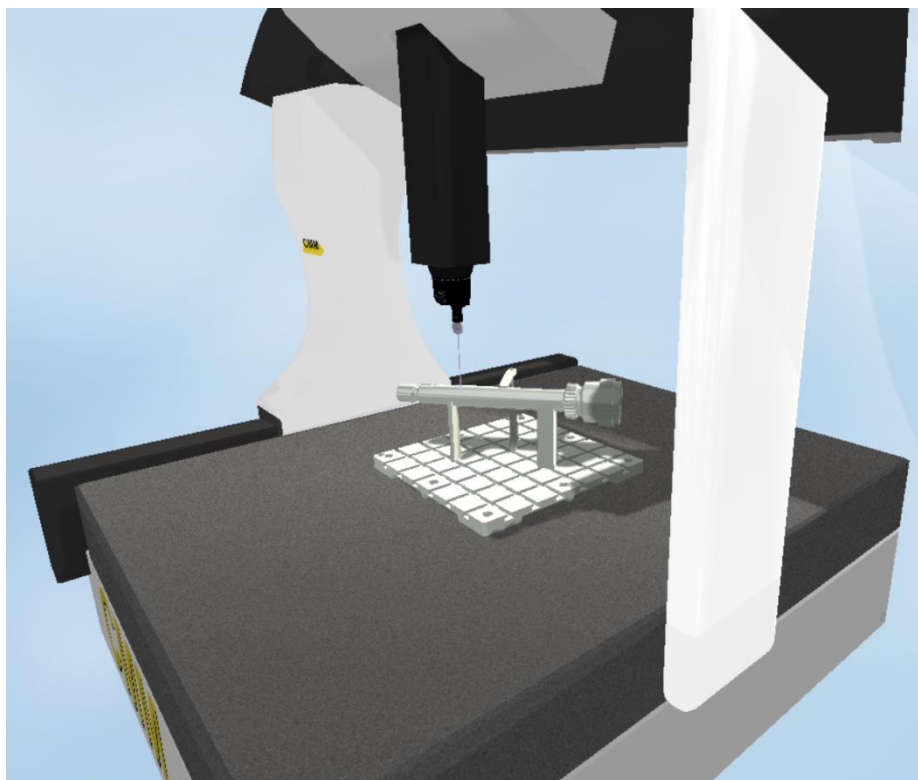


Рисунок 57 – Установка детали в приспособлении на КИМ размещается на третий участок обработки, где проводится шлифование. После обработки деталь поступает на моечную машину и после перемещается на участок контроля, откуда она перемещается на склад.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		77

#### 4. ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА

##### 4.1. Описание работы участка механической обработки

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

Планировка выполняется в масштабе 1:100. На схеме планировки указывают всё технологическое оборудование: средства межоперационного транспортирования заготовок, места рабочих у станков и склад, подъемно-транспортное оборудование, верстаки, контрольные столы, станки, моечную машину.

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

Участок механообработки детали «Вал турбокомпрессора» включает в себя: склад заготовок и готовой продукции, приемо-раздаточные столы, станок, роботизированный кран-штабелер, ящик с песком, пожарный стенд.

##### 4.2. Безопасность технологического цикла изделия

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

Мероприятия по созданию безвредных условий производства проводятся с целью уменьшить показатель профессиональных рисков, воздействующих на сохранение жизнедеятельности и работоспособности человека в процессе труда. Для обеспечения безвредных условий труда необходимо: поставить специалиста или ответственного лица за организацию работы по охране труда; проработать положения служебно-должностной инструкции по организации работы по охране труда; создать проведение инструктажа по охране труда; учредить проведение обучения и проверки знаний по охране труда рабочих; разработать и снабдить работников руководствами по охране труда для профессий и видов работ; назначить проведение аттестации рабочих мест на соответствие запросам охраны труда; уменьшить до регламентированных уровней нездоровых веществ в воздухе рабо-

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		78

чего окружения, неблагоприятно действующих механических колебаний, излучений (ультрафиолетового, лазерного, ионизирующего, и др.) на рабочих местах; снабдить естественными и искусственными освещением рабочего места к нормам; оснастить санитарно-бытовые помещения (душевые, гардеробные, помещения для обогрева или охлаждения, уборные, умывальные, хранения и выдачи специальной одежды, и др.); обеспечить трудящихся с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, спецодеждой, спец. обувью и другими средствами индивидуальной защиты, обезвреживающими средствами; устроить проведение медицинских осмотров работников. Для обеспечения безопасных условий труда, на участке предусмотрено отопление в зимний период и оптимальные параметры микроклимата, естественное и искусственное освещение, искусственная вентиляция. Цветовая отделка помещений осуществлена в соответствии с «Указанием по проектированию цветовой отделки интерьеров, производственных зданий промышленных предприятий».

Безопасность в высокой степени зависит от освещенности рабочих зон на предприятии. Подходящее освещение снижает число злополучных происшествий и увеличивает производительность труда на 15%.

Недостаточное освещение утомляет организм. Неверное освещение может стать причиной травматизма: плохо освещенные опасные области, слепящие осветительные приборы и резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации. Природное освещение осуществляется путем бокового освещения в стенах и проемах на крыше – светоаэрационные фонари. В качестве источников света на крыше поставлено немалое число ламп типа ДРЛ, ДРИ и ДКат. Срок службы этих ламп лежит в пределах 10 тыс. часов. Предоставленные лампы служат устойчивым показателем к перепадам напряжения, демонстрируют более обширную световую отдачу и продолжительный эксплуатационный срок.

Для местного освещения рабочих мест применяют люминесцентные лампы. Они подражают естественному освещению и экономично по расходам на электро-

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		79

энергию, световой отдаче и сроку службы.

Лампы накаливания используются для освещения проходов, для аварийного или эвакуационного освещения.

Освещенность участков на уровне пола должна быть не менее 20 лк при освещенности лампами накаливания. Освещенность шкал изм. приборов возможно при показателях не менее 200 лк при освещенности лампами накаливания.

Систематично, но не реже одного раза в три месяца, светильники общего освещения обчищают от загрязнений. Перегоревшие лампы, разбитая или поврежденная арматура незамедлительно меняют на новые.

#### 4.2.2. Мероприятия по электробезопасности:

Мероприятия по электробезопасности – это организационные мероприятия, снабжающие безвредность работ в электроустановках.

Уровень тяжелого и вредного влияния на человека электрического тока зависит от: рода и величины напряжения и тока; частоты электрического тока; пути тока через тело человека; продолжительность воздействия электрического тока на организм человека; условий внешней среды.

К защите электроустановок от перегрузки используются плавкие предохранители. Рубильники располагаются в заземленных контурах. Дабы целиком не подвергать риску работу с электроустановками, нужно обеспечить недоступность токоведущих частей, находящихся под напряжением; ликвидировать опасность поражения по выявлению напряжения на корпусах, кожухах, и других элементов электрооборудования. Для этой цели, применяют защитное заземление методом соединения с землей корпусов оборудования - привариванием стальных пластинок или труб к корпусам электромашин, занулений, задачей которого является устранение опасности поражения работающего током при пробое на корпус. Также необходимо: внедрять инструктаж и обучение, проверять знания, присвоение квалификационной группы работникам в соответствии с правилами электробез-

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		80



опасности. Поставить лиц ответственных за объединение и безвредность производства работ; оформлять наряд или распоряжения на производство работ; реализовывать допуски к проведению работ; сформировать надзор за проведением работы труда; ввести режимы труда и отдыха; использовать средства индивидуальной защиты.

#### 4.2.3. Мероприятия по пожарной безопасности

Мероприятия по противопожарной безвредности устремлены на обеспечение сохранности имущества на предметах бытовой и хозяйственной деятельности, здоровья и существования граждан. Самой важной целью играет роль поддержание потребных условий на участках сосредоточения физических и материальных ценностей или людей за счет беспрекословного соблюдения установленных норм и требований.

Основным вопросом противопожарных мероприятий на участке является пожарная профилактика, направленная на предупреждение возникновения пожаров. Она включает в себя значительный комплекс мероприятий: обеспечение безопасности людей и разработка инструкции по безвредности для каждого отдельного рабочего помещения; допуск персонал к работе только вслед за тем инструктажем, при изменении специфики работы вносить модификации в инструктаж; углубление бдительности к возникновению возгораний всех работающих на предприятии; в каждом рабочем помещении на видном месте нужно размещение табличек с номером вызова пожарной службы; оснащение пожарных постов необходимым пожарным инструментом и огнегасительными средствами, предотвращение распространения пламени, устройство путей эвакуации действующих в случае пожара. Предусмотрены: телефон, пожарные средства связи, оснащенные необходимым пожарным инвентарем (багры, топоры, лопаты), пожарная сигнализация, противопожарные посты, первичные средства тушения пожаров – сухой песок, углекислые и порошковые огнетушители и др. Огнетушители должны

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		81

опломбированы, иметь учетные номера и бирки, маркировочные надписи на корпусе, покрашены в алый сигнальный цвет и расположены на высоте не более 1,5 м от уровня пола. Курение допускается только в специально оборудованных локальных местах. Не допускается раскидывать промасленные обтирочные концы, ветошь, тряпки. По завершению рабочего дня, промасленные отходы нужно сосредоточить в закрываемые металлические боксы. При скоплении людей больше 10 человек на этаже необходимо утвердить и повесить на видимом месте план/схему эвакуации, ввести систему оповещения. Проводить не реже чем раз в полгода учебную эвакуацию, если на предприятии работает более 50 человек. Для объектов с ночным нахождением людей может быть руководство, отдельно на ночной и дневной период. В соответствии с требованием МЧС необходимо придерживаться расстояния, не воздвигая в непосредственной близости от жилых домов и других объектов складские помещения и другие пожароопасные сооружения. Объемные самосветящиеся знаки пожарной безопасности с автономным питанием и от электросети, используемые на путях эвакуации должны постоянно находиться в исправном и включенном состоянии.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		82

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения квалификационной работы разобран действующий технологический процесс и разработан модернизированный технологический процесс для изготовления детали типа «Вал турбокомпрессора». Выбран способ получения заготовки. Новый способ получения заготовки даёт наименьшую шероховатость поверхности, минимальное количество брака. Позволяет принять требуемую точность при меньших снимаемых припусках. Увеличился КИМ изготовления детали. Подобрано основное и вспомогательное технологическое оборудование. Создана операционно-маршрутная технология. Проведен размерно-точностной анализ, расчет режимов резания и норм времени на операции технологического процесса. Так же спроектирован специальный режущий инструмент. Принято стандартное станочное приспособление. Подобрана структурная схема ГПУ. Сделан анализ производительности автоматизированной системы. А так же разработана планировка участка механической обработки. В сумме все использованные поправки и усовершенствования гарантируют увеличение производительности, качество и эффективность производства. Контроль геометрических параметров детали производится на координатно-измерительных машинах. Такой подход благоприятствует автоматизации данного технологического процесса.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лд		83

## 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., прераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с
3. Каталог токарного металлорежущего инструмента фирмы Seco.
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: «StyliforZeissapplications»
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.
10. Батуев В.В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие к курсовому проекту / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 40 с.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Лп		84

- 11.ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности(с изменением №1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002год.
- 12.ГОСТ 12.1.019-79 (2001). ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит.
- 13.ГОСТ 12.3.002-75 (1990). ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
- 14.ГОСТ 12.1.004-91 (1999). ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
15. Стандарт предприятия. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к оформлению. СТП ЮУрГУ 04-2001 / Сырейщикова Н.В., Гузеев В.И., Сурков И.В., Винокурова Л.В. –Челябинск: ЮУрГУ, 2001 – 49 с.
16. Оформление технологической документации при выполнении курсовых и дипломных проектов: Методические указания / В.Н. Выбойщик, Н.А. Каширин, В.И. Ключко, И.М. Морозов, Т.В. Столярова; Под ред. В.Н. Выбойщика. –Челябинск: ЧПИ, 1989 –62 с.

					150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Ла		85

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификация станочного приспособления

Перв. примен.	Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
	Зона						
			<u>Документация</u>				
	А3	150305.2020.526.05.00 СБ	Станочное приспособление				
			<u>Детали</u>				
Справ. №		1	150305.2020.526.05.01 Корпус	1			
		2	150305.2020.526.05.02 Призма	2			
		3	150305.2020.526.05.03 Прижим	2			
		4	150305.2020.526.05.04 Ось	3			
		5	150305.2020.526.05.05 Кранштейн	2			
		6	150305.2020.526.05.06 Шток	1			
		7	150305.2020.526.05.07 Прокладка	1			
		8	150305.2020.526.05.08 Диафрагма	1			
		9	150305.2020.526.05.09 Поршень	1			
		10	150305.2020.526.05.10 Штуцер	2			
		11	150305.2020.526.05.11 Упор	1			
			<u>Стандартные изделия</u>				
		12	Винт А.М12-6dх62 ГОСТ 1491-80	4			
		13	Винт А.М12-6dх62 ГОСТ 17475-80	4			
		14	Болт М6-6dх28 ГОСТ 7798-70	4			
150305.2020.526.05.00 СБ							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разработ.	Горин И.А.					
	Пров.	Болдырев И.С.					
	Н.контр.	Ардашев Д.В.					
	Утв.	Гиззев В.И.					
			Станочное приспособление		Лит.	Лист	Листов
			Сборочный чертеж		1	2	2
			Копировал		ЮУрГУ Кафедра ТАМ Формат А4		

Изм	Лис	№ докум	Под-	Ла	150305 2020 526 00 ПЗВКР	Лист 86
-----	-----	---------	------	----	--------------------------	------------