

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Факультет «Машиностроение»
Кафедра «Технологии автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Гузеев
_____ 2020 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления
детали «Корпус радиально-упорного подшипника»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-150305.2020.5765.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
Болдырев И.С.
_____ 2020 г.


Руководитель
_____ Шаламов П.В.
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы П-453
_____ Фролов А.А.
_____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Фролов А. А. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника». – Челябинск: ЮУрГУ, 2020. - 145 с., 131 ил., 11 табл., библиографический список – 18 наименований, 2 листа чертежей формата А3, 4 листа чертежей формата А2, 8 листов чертежей формата А1.

В записке описан подшипниковый узел, в состав которого входит деталь «Корпус радиально-упорного подшипника». Для данной детали написаны служебное назначение и условия эксплуатации; служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней. Проведены обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения. Сформированы цели и задачи проектирования, выполнен анализ существующего технологического процесса и спроектирован новый. Был выполнен обзор и выбор технологической оснастки и режущего инструмента, спроектированы и рассчитаны станочное приспособление и режущий инструмент. Выбран состав и произведен расчет станочного комплекса ГПУ для заданной детали и произведено проектирование схемы планировки оборудования и систем ГПУ. Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности.

					ЮУрГУ.15.03.05.2020. 575.ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Конструкторско-технологическое обеспечение изготовления детали «Корпус-радиально упорного подшипника»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Фролов А.А.					7	145
Пров.		Шаламов В.Г.				ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
Н.контр.		Болдырев И.С.						
Утв.		Гузев В.И.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание насоса НМ-10000-380	6
1.2 Служебное назначение детали «Корпус радиально-упорного подшипника» и технические требования, предъявляемые к ней	8
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для нефтегазового машиностроения.....	10
1.4 Формирование цели и задач выпускной квалификационной работы	13
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	14
2.1 Анализ существующей на предприятии конструкторско-технологической подготовки	14
2.1.1 Анализ документации для действующего технологического процесса ...	14
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента действующего технологического процесса.....	22
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	23
2.1.4 Выводы по подразделу 2.1.....	28
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника»	29
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	29
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	33
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	39
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	44
2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса.....	48
2.2.6 Выводы по подразделу 2.2.....	68
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	69
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.....	69
3.2 Проектирование и расчет призмы.....	71

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента	77
3.4 Проектирование и расчёт расточного резца	93
3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	98
3.6 Выводы по разделу	105
4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	106
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника».....	106
4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка	108
4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы.....	112
4.4 Проектирование паллетного перегружателя	120
4.5 Базирование заготовки и готовой детали в промышленном роботе и промежуточном накопителе.....	128
4.6 Вывод по разделу.....	130
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	131
5.1 Разработка планировки участка механической обработки.....	131
5.2 Вывод по разделу	132
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	133
6.2 Мероприятия по электробезопасности.....	135
6.3 Мероприятия по пожарной безопасности.....	136
7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	138
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Технология машиностроения является сложной технической наукой, которая требует теоретических знаний основ таких дисциплин, как сопротивление материалов, теоретическая механика, детали машин, процессы резания и формообразования и др. При многократном проведении опытов и исследований, находятся новые значения и зависимости, которые вносят свой вклад в развитие данной науки. Благодаря полученной информации данная отрасль развивается в разных направлениях – оптимизируются технологические процессы, внедряется современное оборудование в производство, повышается качество режущего инструмента и т.д.

В начале 20 века, академик В. М. Севергин сформулировал основные понятия о технологии. С тех пор технология машиностроения подкреплялась опытом и производственными знаниями, поэтому прогресс от производства первых зубчатых колес дошёл до сложных многофункциональных агрегатов и устройств. Резкий рывок в области машиностроения произошёл в 30-е годы 20 века. Из-за нестабильной ситуации в мире перед технологами встала задача модернизации технологии производства, с целью уменьшить временные и ресурсные затраты. Были разработаны методики получения отливок и процессов механической обработки.

На данный момент развитие машиностроения в мире происходит стремительно, но этого недостаточно, чтобы вывести предприятия на новый технико-экономический уровень производства, поэтому наука сосредотачивается в области получения заготовок и видах её обработки, повышения качества получаемых поверхностей и стремится к получению безотходного и автоматизированного производства. Благодаря технологии машиностроения сейчас могут функционировать предприятия без участия человека, что сводит получение брака, который мог образоваться от человеческого фактора, к минимуму. На данный момент всего несколько предприятий в мире могут иметь статус полностью автоматического производства.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Нефтяной насос — сложное устройство, которые состоит из различных компонентов и сборочных узлов, изготовленных с повышенной точностью, для обеспечения высокой работоспособности и долговечности агрегата. При производстве насоса необходимо обеспечивать точность взаимного расположения деталей в узлах механизма, такие как соосность вала и посадочных мест подшипников, плоскостность поверхностей верхней и нижней частей корпуса и др. Насос это сборный механизм, поэтому для корректной работы узла необходимо выполнять задачи, поставленные конструктором, для каждой детали системы.

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание насоса НМ-10000-380

Насос магистральный НМ-10000-380 предназначен для принудительного перемещения жидкости по топливным магистралям. На рисунке 1.1 представлен принцип работы механизма. Основная задача механизма - переместить жидкость от сечения с меньшим значением давления (зона 1) к сечению с большим значением давления (зона 2). Обеспечивается работа следующим образом: крутящий момент на вал 1 передается через шпоночное соединение 16 от муфты 2, которая прижимается шлицевой гайкой 3. Опорами вала являются подшипники скольжения 4 и 13 с принудительной смазкой, которые установлены в корпусах подшипников 5 и 12. На валу 1 установлено рабочее колесо 9, получающее крутящий момент с вала 1 при помощи шпоночного соединения 10 и фиксируемое втулками 11. Колесо и вал образуют ротор насоса, на который действуют гидравлические осевых и радиальные силы. Они уравниваются уплотняющими кольцами 17 и спиральным отводом корпуса 7 и 8. Для восприятия остаточных неуравновешенных осевых сил служит радиально-упорный сдвоенный шарикоподшипник 14 с принудительной смазкой. Предотвращение движения вала в осевом направлении обеспечивают торцовые уплотнения 6 и 15. Корпуса подшипников 5 и 12 прикреплены к корпусам 7 и 8 при помощи болтов и гаек, позиция которых не указана на рисунке 1. Агрегат должен обеспечивать

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

непрерывную работу сети и высокое давление в системе трубопровода, что позволит быстро транспортировать нефтепродукты.

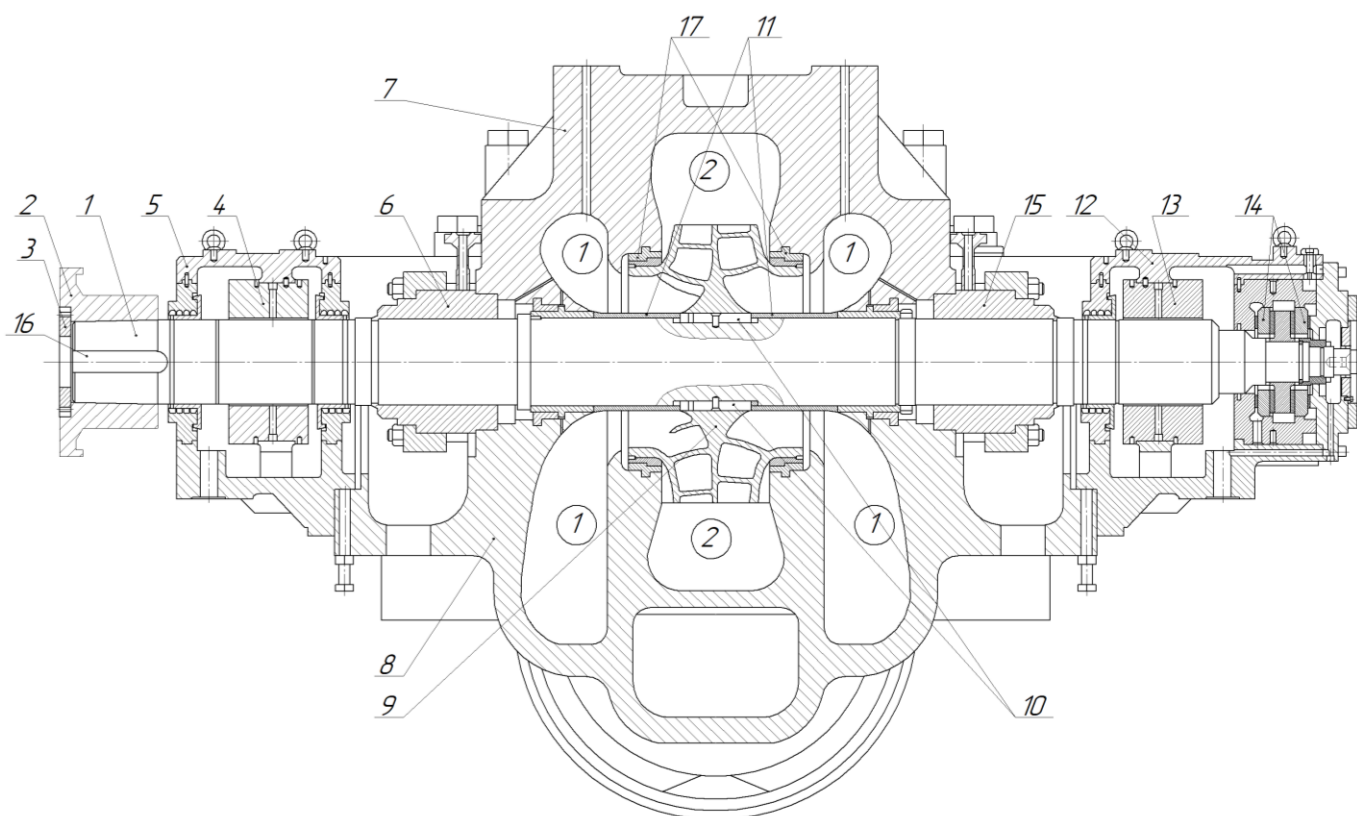


Рисунок 1.1 – Сборочный чертеж насоса НМ-10000-380

Условия эксплуатации:

В макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом - УХЛ при категории размещения 4 по ГОСТ 15150 (при температуре окружающего воздуха от +1 до +40 С°) [2];

Во взрывоопасных зонах класса 2 согласно ГОСТ Р 51330.9 и класса - В-1а согласно ПУЭ, в которых возможно образование взрывоопасных смесей категории ПА согласно ГОСТ Р 51330.11 температурного класса Т3 согласно ГОСТ Р 51330.555 и «ПУЭ» [2];

В районах с сейсмичностью до 9 баллов по шкале MSK-64 [2].

Данный насос имеет пропускную способность 10000 м³ жидкости за час при максимальной синхронной частоте вращения вала и рабочего колеса в 3000 об/мин с напором до 380 метров, что равняется давлению в 38 бар. Критерием работоспособности насоса является критическое значение кавитационного запаса равное 50.5 м. Кавитация — это процесс вскипания жидкости и образования

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пузырей газа из-за разности в давлениях. Далее эти пузыри разрушаются – коллапсируют, и вызывают вибрацию, что оказывает эрозионное воздействие на лопатки и корпус механизма. Кавитационный запас рассчитывается из прочности материала устройства, максимального давления и напора жидкости. Насос выдает КПД в 89% при максимальной мощности в 9500 кВт.

1.2 Служебное назначение детали «Корпус радиально-упорного подшипника» и технические требования, предъявляемые к ней

Основными задачами, предъявляемыми к детали «Корпус радиально-упорного подшипника» (рисунок 1.2) являются:

1. Позиционирование в нем составляющих деталей: подшипника скольжения, лабиринтного уплотнения, торцевой крышки, втулки подшипника вращения;
2. Обеспечение точности относительного положения составляющих компонентов, как в статике, так и в процессе работы подшипника под нагрузкой;
3. Защита внутренних частей корпуса от попадания в них грязи и пыли, а также внешнего воздействия;
4. Удерживание смазочных веществ.

К детали предъявлен ряд технических требований, но обратить внимание стоит на основные:

1. Отливка 3-й группы по ГОСТ 977-88. Точность отливки 11-0-0-11m ГОСТ Р 53464-2009;
2. Материал корпуса и крышки подшипника – сталь 20 ГЛ ГОСТ 21357-87. Допускается замена материала на сталь ASTM A216 WSB ;
3. Степень очистки отливки – Sa 2.5;
4. Шероховатость литых поверхностей – Ra 40;
5. Общие допуски по ГОСТ 30893.2 –mk;
6. Неуказанная шероховатость механически обрабатываемых поверхностей Ra 6.3, резьб – Ra 3.2;
7. Несовпадение оси расточки с плоскостью разъема не более 0.5 мм.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 1.2 - Корпус радиально-упорного подшипника

Исходя из технических требований к детали, необходимо обратить внимание на точность обработки плоских поверхностей, которая определяется следующими показателями:

- перпендикулярность отдельных поверхностей между собой;
- точность расстояний между поверхностями;
- шероховатость поверхностей;
- качество поверхностного слоя и его способностью сохранять точность и износоустойчивость в процессе эксплуатации;
- точность диаметров отверстий в теле детали, по которой происходит соединение с крышкой подшипника.

«Корпус радиально-упорного подшипника» собран из двух деталей:

1. «Корпус радиально-упорного подшипника» (на рисунке 1.2 имеет поз.1);
2. «Крышка радиально упорного подшипника» (на рисунке 1.2 имеет поз.2).

В ВКР рассматривается технология изготовления детали, имеющая поз.1.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для нефтегазового машиностроения

Первые упоминания добычи нефти в России датируются началом XIX века, но с тех пор прошло несколько технических революций, в плане методов добычи нефтегазовой продукции. В 1972 году было проведено техническое перевооружение всей отрасли: созданы и внедрены новые установки для бурения скважин, шарошечные долота, турбобуры, погружные центробежные электронасосы и др., разработаны методы индустриального строительства буровых, что обеспечило рост производительности труда в 2 раза по сравнению с 1960 [1]. В настоящее время в России уже наработана база проверенных и соответствующих Российским стандартам насосных и циркуляционных станций, которые позволяют сохранять лидирующие позиции в добыче добычи нефтегазовой продукции. Такие стандарты требуют ряд характеристик, применяемые при изготовлении насосов:

- давление нагнетания (манометрическое) - 1,9 МПа (275 psi; 19,0 бар);
- давление всасывания (манометрическое) - 0,05-0,5 МПа (7,5-75 psi; 0,5-5,0 бар);
- температура перекачиваемой среды - 150°C (300°F) - частота вращения - 1000-3600 об/мин;
- номинальный напор - 120000 мм (400 фут);
- диаметр рабочего колеса консольного насоса - 330 мм (13 дюймов) [2].

В России достаточно много компаний занимаются производством подпорных магистральных насосов, но лидирующие компании это АО «Транснефть нефтяные насосы» и АО «Группа Гидромашсервис». Последняя, в свою очередь, представляет большой выбор подпорных, горизонтальных и центробежных агрегатов. Насосы типа НГПН-М – центробежные, горизонтальные, спирального типа, с осевым разъемом корпуса, с двусторонним подводом перекачиваемой среды к рабочему колесу, межопорный (колеса расположены между подшипниковыми опорами) (рис. 1.3).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Радиальные нагрузки от ротора воспринимаются опорными подшипниками качения с автономной кольцевой смазкой. Для восприятия остаточного осевого усилия ротора используется сдвоенный радиально-упорный подшипник качения. В качестве концевых уплотнений вала применены одинарные торцовые уплотнения с дополнительным (резервным) уплотнением со стороны атмосферы. Для очистки затворной нефти, подводимой с нагнетания в камеры торцовых уплотнений, от механических примесей, используются гидроциклонные сепараторы [3].

Рисунок 1.3 - НГПН-М 3600-120

Мировая промышленность стремительно развивается в связи с появлением новых возможностей по созданию механизмов и устройств. «Termodinamica group» является ведущей итальянской компанией по производству и продаже насосных агрегатов. Данная компания так же активно сотрудничает с «АО Транснефть», что позволяет повышать качество выпускаемой российской продукции. «Termodinamica group» представила модель API 610 (рис 1.4), разработанную и произведенную в соответствии со стандартом ISO 13709.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 1.4 – Насос магистральный АРІ 610

Сверхмощный двухвинтовой спиральный корпус, разработанный в полном соответствии со стандартом АРІ 610, последней версии. Всасывающая и нагнетательная форсунки, на боковой стороне агрегата, отлиты как одно целое с нижней половиной корпуса для удобного снятия узла ротора без отсоединения от трубопровода. Рабочее колесо с двойным входом обеспечивает балансировку гидравлического осевого усилия на всей рабочей области и обеспечивает работу агрегата в условиях низкого кавитационного запаса. Вал насоса имеет очень жесткую конструкцию с установленным на нём подшипником с минимальным зазором посадки, для максимальной скорости движения. Корпуса подшипников изготовлены из прочной конструкции, чтобы снизить уровень вибрации насоса. Торцевые уплотнения и дефлекторы защищают корпуса подшипников от пыли и грязи.

Сравнительные технические характеристики насосов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики насосных агрегатов

Марка насоса	Производительность, м ³ /ч	Напор, м	Давление, бар	Температура циркулирующей жидкости, С	Частота вращения, об/ мин
АРІ 610	30000	600	150	205	6000
НГПН-М 3600-120	3600	120	150	205	1500

Таким образом, результаты сравнения показали, что зарубежные аналоги гораздо производительнее отечественных. Это связано со стремительным развитием прогрессивных технологий и наличием разработок в областях применяемых материалов.

1.4 Формирование цели и задач выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является повышение эффективности технологического процесса изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника».

Задачами работы являются:

- проанализировать действующую конструкторско-технологическую документацию для изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника»;
- для условий серийного производства спроектировать технологический процесс изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника»;
- выбрать технологическую оснастку и спроектировать станочное приспособление для обработки детали на 1 установе «Призма»;
- выбрать режущий инструмент, спроектировать и рассчитать специальный инструмент «Расточной резец»;
- провести анализ возможных направлений автоматизации технологического процесса изготовления детали;
- разработать структурную схему гибкого производственного участка;
- спроектировать паллетный перегружатель для гибкого производственного участка;
- указать базирование заготовки и готовой детали в промышленном роботе и промежуточном накопителе;
- разработать планировку участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса;
- указать мероприятия по электробезопасности и пожарной безопасности.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Одним из основных факторов современного производства является технологическая оснащённость предприятия. Наличие современного оборудования, инновационных методов производства изделий и высококвалифицированного персонала формирует конкурентоспособность предприятия. В данном разделе будет проведен анализ производства на АО «КОНАР» и предложен разработанный вариант технологического процесса.

2.1 Анализ существующей на предприятии конструкторско-технологической подготовки

Задача конструктора – разработать рабочую и надежную систему. Задача технолога – реализовать задачу конструктора, выполнить все его требования и при этом разработать оптимальную, для предприятия, технологию производства. В текущем подразделе будет произведен анализ подготовки предприятия на примере детали «Корпус радиально-упорного подшипника».

2.1.1 Анализ документации для действующего технологического процесса

Технологическая документация на предприятии АО «КОНАР» выполнена в соответствии с внутренним стандартом предприятия, поэтому имеются не соответствия с ГОСТ 3.1402-84.

Маршрутная карта содержит в себе информацию о номере цеха, производственном участке и рабочем месте. Номер операции, её название, разряд работ, код условий труда, номер инструкций для выполнения работ (ИОТ), подготовительно-заключительное и штучное время так же имеются в карте. Указана основная информация о заготовке – масса и материал. Из недостатков можно выделить отсутствие информации о технологической оснастке, режущем инструменте, контрольном инструменте. Это обуславливается типовым технологическим процессом изготовления детали – инструмент и оснастка принимается таким же, как и при обработке аналогичной детали, производимой на предприятии.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В операционных картах и картах эскизов достаточно понятно изложено, что выполняется на той или иной операции, содержание переходов, наименование станка и т.д. Карты эскизов выполнены удовлетворительно, на них имеются все размеры нужные для выполнения конкретной операции, с указанием допусков, но с некоторыми недочетами по графической части. На рисунках 2.1-2.9 приведены карты эскизов действующего технологического процесса.

На 005 фрезерной операции с ЧПУ осуществляется фрезерование торца заготовки (рис. 2.1). В технических требованиях указано установить заготовку на 4 опоры, но это не технологично, так как для создания плоскости требуется 3 точки. Четвертая точка образует погрешности базирования на операции.

Комплект баз: установочная, опорная, направляющая.

Рисунок 2.1 - Эскиз 005 фрезерной операции с ЧПУ

На 010 фрезерной операции с ЧПУ осуществляется фрезерование плоскости заготовки, сверление отверстий и нарезание резьбы (рис. 2.2). На эскизе имеется направление взгляда А, но вид, представленный на чертеже, не соответствует действительному.

Комплект баз: установочная, направляющая.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 2.2 - Эскиз 010 фрезерной операции с ЧПУ

На 020 токарной операции с ЧПУ осуществляется фрезерование плоскости заготовки, габаритных размеров, растачивание внутренних поверхностей (рис. 2.3). Эскиз является не точным, так как на нём представлены обработанные элементы, которые ещё не были обработаны до этого.

Комплект баз: установочная, направляющая.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 2.10 - Эскиз 020 токарной операции с ЧПУ

На 025 фрезерной операции с ЧПУ осуществляется фрезерование плоскости заготовки и цекование отверстий (рис. 2.4).

Комплект баз: установочная, направляющая.

Рисунок 2.4 - Эскиз 025 фрезерная операция с ЧПУ

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На 035 фрезерной операции с ЧПУ осуществляется фрезерование плоскости заготовки и развертывание отверстий (рис.2.5). Размеры указаны не от технологической базы.

Комплект баз: установочная, направляющая.

Рисунок 2.5 - Эскиз 035 фрезерной операции с ЧПУ

На 045 многооперационной с ЧПУ осуществляется растачивание внутреннего диаметра, сверление отверстий, нарезание резьбы, фрезерование плоскости заготовки (рис.2.6-2.7). На данной операции повторяется базирование, как на 020 операции.

Комплект баз: установочная, направляющая.

Рисунок 2.6 – Эскиз 045 фрезерной операции с ЧПУ лист 1

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 2.7 - Эскиз 045 фрезерной операции с ЧПУ лист 2

На 050 фрезерно-сверлильной с ЧПУ осуществляется сверление отверстий, нарезание резьбы, фрезерование плоскости заготовки (рис. 2.8).

Комплект баз: установочная, направляющая.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 2.8 - Эскиз 050 фрезерно-сверлильной операции с ЧПУ

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На 060 сверлильной с ЧПУ осуществляется сверление отверстий (рис. 2.9).
Поверхность, взятая за базовую уже использовалась на 050 операции.
Комплект баз: установочная, направляющая.

Рисунок 2.9 - Эскиз 060 сверлильной операции с ЧПУ

Карт технического контроля для данной детали на предприятии нет, контроль осуществляется непосредственно по чертежу, что усложняет межоперационный и окончательный процесс проверки.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента действующего технологического процесса

- на производстве опоры, прихваты, пальцы и угольники помогают лишить заготовку подвижности, для осуществления обработки по заданной поверхности. Исключением является специальная опора для строповки (рис. 2.10).

Рисунок 2.10 – Опора для строповки

Опора для строповки решает сразу несколько задач:

1. Перемещение заготовки – опора оснащена рым-болтами, за которые осуществляется строповка и транспортировка заготовки кран-балкой;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Возможность многооперационной обработки заготовки – опора спроектирована так, чтобы установить заготовку на необрабатываемую плоскость и открыть доступ к обрабатываемым поверхностям;

3. Меньшее затрачиваемое время на установку оснастки – конструкция выполняет собой функцию нескольких унифицированных приспособлений, что уменьшает время на наладку оборудования и тем самым снижает подготовительно-заключительное время.

Изготовление детали осуществляется при помощи различного, по виду обработки, инструмента. В основном, применяется сборный режущий инструмент: расточные головки и фрезы, которые технологически эффективны за счет быстроты замены пластин в случае их поломки. Сверла используются цельные, что положительно сказывается на стоимости инструмента. АО «КОНАР» использует инструмент фирм Mitsubishi Tools и Sandvik Coromant, так как с этими зарубежными фирмами у предприятия заключен договор на поставку инструмента. Данные марки давно на российском рынке и проявили себя как надежные поставщики качественного инструмента.

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Чтобы изучить рациональность заводской технологии получения детали, необходимо произвести размерный анализ действующего технологического процесса. Полученный результат покажет возможность получения бракованных деталей, расход металла на операциях обработки и получение размеров, которые непосредственно не обрабатываются при производстве. Анализ охватывает комплекс расчетов, которые учитывают тип производства и его массовость.

Размерная цепь базового технологического процесса корпуса подшипника представлена на рисунке 2.11.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

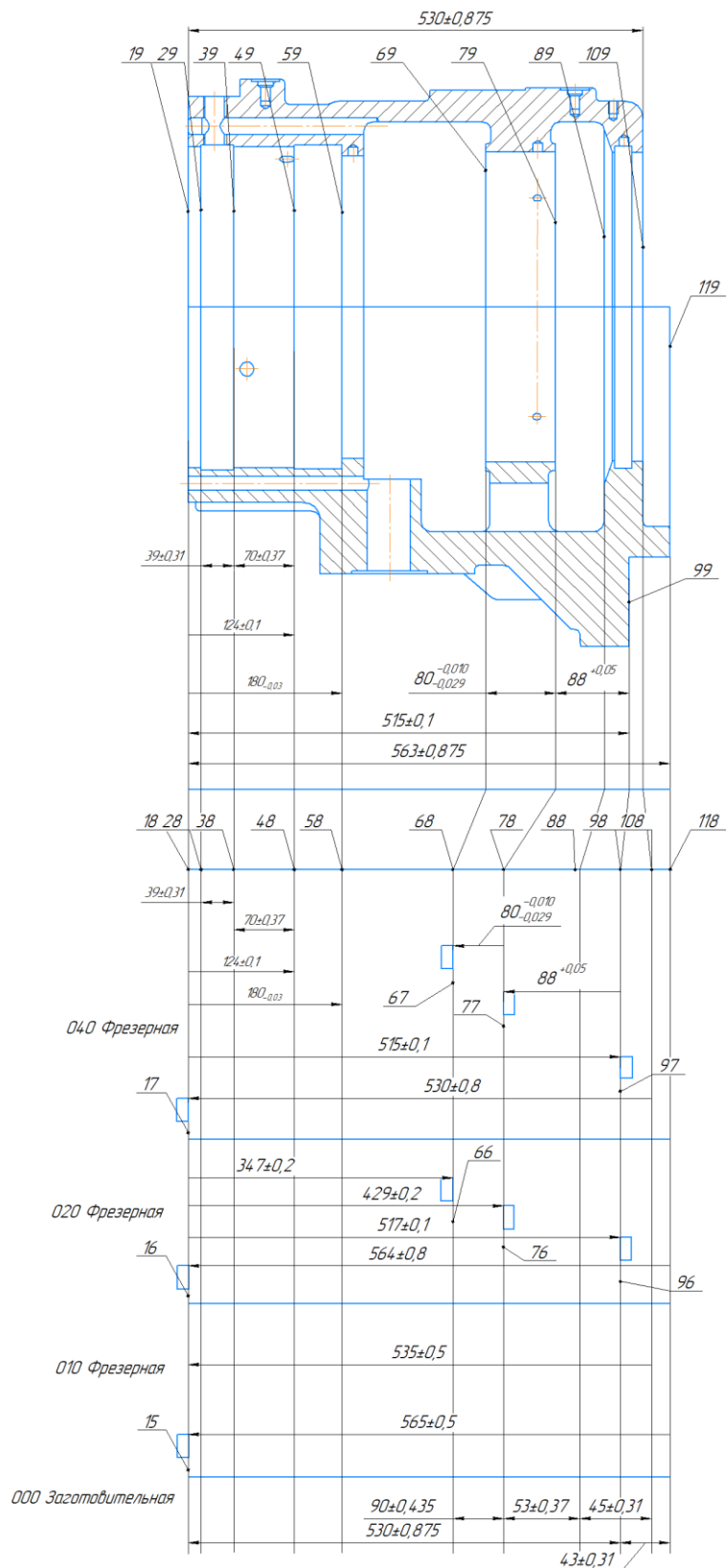


Рисунок 2.11 - Размерная цепь действующего технологического процесса

Рассчитаем припуски, приведенные на схеме вероятностным методом:

Допуск определяется по формуле (2.1):

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T = t \cdot \sqrt{\sum \lambda^2 \cdot T_{Ai}^2}, \quad (2.1)$$

где, t – коэффициент риска, $t = 3$; [5]

λ – коэффициент относительного рассеивания, $\lambda = \frac{1}{\sqrt{6}}$; [5]

T_{Ai} – допуск i -го звена.

Координата середины поля допуска определяется по формуле (2.2):

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 A_{iyB} - \sum \Delta_0 A_{iyM} \quad (2.2)$$

Верхнее отклонение определяется по формуле (2.3):

$$B.O. = \Delta_0 A_i + \frac{T_A}{2}, \quad (2.3)$$

Нижнее отклонение определяется по формуле (2.4):

$$H.O. = \Delta_0 A_i - \frac{T_A}{2}; \quad (2.4)$$

$$1) [67 \dots 68] = -(68 \dots 78) - (78 \dots 98) + (18 \dots 68) - (18 \dots 78) + (78 \dots 16) - (16 \dots 88) \\ + (88 \dots 17) - (17 \dots 37)$$

$$T_{[67 \dots 68]} = 3 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right)^2 \cdot (0,013^2 + 0,05^2 + 0,2^2 + 1,6^2 + 1^2 + 1^2 + 1,6^2 + 0,4^2)} = 3,32;$$

$$\Delta_0 A_{[67 \dots 68]} = \left(\frac{0,1 + (-0,1)}{2} + \frac{0,5 + (-0,5)}{2} + \frac{0,8 + (-0,8)}{2} \right) - \left(\frac{0,007 + (-0,02)}{2} + \frac{0,05}{2} \right. \\ \left. + \frac{0,5 + (-0,5)}{2} + \frac{0,8 + (-0,8)}{2} + \frac{0,2 + (-0,2)}{2} \right) = 0,1;$$

$$B.O. = 0,1 + \frac{3,32}{2} = 1,76 \text{ мм};$$

$$H.O. = 0,1 - \frac{3,32}{2} = -1,56 \text{ мм};$$

$$[67 \dots 68] = -80_{-0,02}^{0,007} - 88^{0,05} + 515 \pm 0,1 - 530 \pm 0,8 + 535 \pm 0,5 - 565 \pm 0,5 + 564 \pm 0,8 \\ - 347 \pm 0,2$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$[67 \dots 68] = 4_{-1,56}^{+1,76} \text{ мм}$$

При данных операциях шероховатость (Rz) = 80 мкм, а величина дефектного слоя (Df)=120 мкм. Минимальный припуск (z_{min}) на обработку определяется по формуле (2.5):

$$z_{min} = Rz + Df \quad (2.5)$$

$$z_{min}=80+120=200 \text{ мкм}=0,2 \text{ мм}$$

$$[37 \dots 38]_{min} = 4 - 1,56 = 2,44 \text{ мм}$$

$$2,44 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 1 завышен на 2,24 мм

$$2) [48 \dots 47] = +(47 \dots 17) - (17 \dots 88) + (88 \dots 16) - (16 \dots 78) + (78 \dots 18) - (18 \dots 68) + (48 \dots 68)$$

$$[48 \dots 47] = 429 \pm 0,2 - 564 \pm 0,8 + 565 \pm 0,5 - 535 \pm 0,5 + 530 \pm 0,8 - 515 \pm 0,1 + 88^{0,05} = 2_{-1,8}^{+1,7} \text{ мм}$$

$$[48 \dots 47]_{min} = 2 - 1,8 = 0,2 \text{ мм}$$

$$0,2 \text{ мм} = 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 2 соответствует минимальному значению

$$3) [58 \dots 57] = +(67 \dots 17) - (17 \dots 88) + (88 \dots 16) - (16 \dots 78) + (78 \dots 18) - (18 \dots 68)$$

$$[58 \dots 57] = 517 \pm 0,1 - 564 \pm 0,8 + 565 \pm 0,5 + 530 \pm 0,8 - 515 \pm 0,1 = 2 \pm 1,75 \text{ мм}$$

$$[58 \dots 57]_{min} = 2 - 1,75 = 0,25 \text{ мм}$$

$$0,25 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 3 завышен на 0,05 мм

$$4) [37 \dots 36] = -(36 \dots 46) - (46 \dots 57) - (57 \dots 78) + (78 \dots 16) - (16 \dots 88) + (88 \dots 17) - (17 \dots 37)$$

$$[37 \dots 36] = -90 \pm 0,435 - 53 \pm 0,37 - 45 \pm 0,31 + 535 \pm 0,5 - 565 \pm 0,5 + 564 \pm 0,8 - 347 \pm 0,2 = 1 \pm 0,55 \text{ мм}$$

$$[37 \dots 36]_{min} = 2 - 0,55 = 0,45 \text{ мм}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$0,45 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 4 завышен на 0,25 мм

$$5) [47 \dots 46] = -(46 \dots 57) - (57 \dots 78) + (78 \dots 16) - (16 \dots 88) + (88 \dots 17) - (17 \dots 47)$$

$$[47 \dots 46] = -53 \pm 0,37 + 535 \pm 0,5 - 565 \pm 0,5 + 564 \pm 0,8 - 429 \pm 0,2 = 7 \pm 1,4 \text{ мм}$$

$$[47 \dots 46]_{\min} = 7 - 1,4 = 5,6 \text{ мм}$$

$$5,6 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 5 завышен на 5,4 мм

Далее припуски рассчитываем методом максимума-минимума по формулам 2.2 – 2.4:

$$6) [17 \dots 18] = -(18 \dots 78) + (78 \dots 16) - (16 \dots 88) + (17 \dots 88)$$

$$[17 \dots 18] = -530 \pm 0,8 + 535 \pm 0,5 - 565 \pm 0,5 + 564 \pm 0,8$$

$$T_{[17 \dots 18]} = 1,6 + 1 + 1 + 1,6 = 4,2 \text{ мм}$$

$$C_{[17 \dots 18]} = \left(\frac{0,5 + (-0,5)}{2} + \frac{0,8 + (-0,8)}{2} \right) - \left(\frac{0,5 + (-0,5)}{2} + \frac{0,8 + (-0,8)}{2} \right) = 0 \text{ мм}$$

$$BO_{[17 \dots 18]} = C_{[17 \dots 18]} + \frac{T_{[17 \dots 18]}}{2} = 0 + \frac{4,2}{2} = 2,2 \text{ мм}$$

$$HO_{[17 \dots 18]} = C_{[17 \dots 18]} - \frac{T_{[17 \dots 18]}}{2} = 0 - \frac{4,2}{2} = -2,2 \text{ мм}$$

$$[17 \dots 18] = 4 \pm 2,2 \text{ мм}$$

$$[17 \dots 18]_{\min} = 4 - 2,2 = 1,8 \text{ мм}$$

$$1,8 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 6 завышен на 1,6 мм

$$7) [67 \dots 66] = -(66 \dots 88) + (88 \dots 17) - (17 \dots 67)$$

$$[67 \dots 66] = -43 \pm 0,31 + 564 \pm 0,8 - 517 \pm 0,1 = 4 \pm 1,21 \text{ мм}$$

$$[67 \dots 66]_{\min} = 4 - 1,21 = 2,79 \text{ мм}$$

$$2,79 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 7 завышен на 2.59 мм

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$8)[16 \dots 17] = -(17 \dots 88) + (88 \dots 16)$$

$$[16 \dots 17] = -564 \pm 0,8 + 565 \pm 0,5 = 1 \pm 0,3 \text{ мм}$$

$$[16 \dots 17]_{min} = 1 - 0,3 = 0,7 \text{ мм}$$

$$0,5 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 8 завышен на 0,5 мм

$$9) [15 \dots 16] = -(16 \dots 88) + (88 \dots 66) + (66 \dots 15)$$

$$[15 \dots 16] = -565 \pm 0,5 + 43 \pm 0,31 + 530 \pm 0,875 = 12 \pm 1,7 \text{ мм}$$

$$[15 \dots 16]_{min} = 12 - 1,7 = 10,3 \text{ мм}$$

$$10,3 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$$

Припуск 9 завышен на 10,1 мм

2.1.4 Выводы по подразделу 2.1

1. Анализ документации показал, что операционная карта и карта эскизов доступны и понятны. Отсутствуют карты контроля и описание технологической оснастки для технологического процесса. Присутствует нарушение базирования заготовки и неточности в операционных эскизах.

2. Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента технологичности оборудования показал, что используемый станок полностью удовлетворяет условиям изготовления детали - обеспечивает точность и универсальность обработки. Технологическая оснастка проста в изготовлении и эксплуатации, но для уменьшения времени на подготовку к установке можно использовать специальную оснастку, которая уже будет включать в себя предварительно настроенное оборудование для обработки. Применяемый режущий инструмент способен обеспечить качество поверхности при своей надежности и себестоимости.

4. Размерный анализ показал, что припуски 5 и 9 критично завышены, это оправдано тем, что снятие припуска с заготовки удаляет объемный слой металла.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника»

На основании проведенного анализа действующего технологического процесса составим проектный технологический процесс. Новый вариант должен учитывать недочеты действующего и предлагать альтернативный метод их решения.

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Материал, из которого изготовлен «корпус радиально-упорного подшипника» полностью удовлетворяет техническим требованиям. Сталь 20ГЛ это сталь, с повышенным содержанием марганца, что положительно сказывается на износостойчивости, стойкости к ударным, статическим и динамическим нагрузкам, поэтому материал заготовки принимаем тот же, что и в действующем технологическом процессе.

Для получения корпусных деталей используют сварку и литье. Сварной метод получения заготовки используют в единичных и мелкосерийных производствах для корпусов сравнительно простой геометрической формы. Данный метод получения заготовки не подходит, так как сваривать заготовку для детали «Корпус радиально-упорного подшипника» сложно и нецелесообразно, поэтому остановимся на литье.

В базовом варианте технологического процесса методом получения заготовки является литье в песчаные формы, что характеризуется низкой себестоимостью и возможностью получения заготовки любой формы и массы. Но из-за низкой точности получаемой заготовки с возможными дефектами, необходимо выбрать другой способ получения заготовки. Существует еще несколько способов получения заготовки из литья:

1) Литьё по выплавляемым моделям – позволяет получить тонкостенную отливку с 10-12 качеством точности и шероховатостью $R_z = 20$ мкм. Основной недостаток метода – длительный технологический процесс производства и высокая стоимость, поэтому этот метод не подходит.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2) Литье в кокиль – метод получения заготовки путем отливки в металлические формы. Данный метод позволяет получить точность 12-14 квалитета с шероховатостью $R_z = 40$ мкм. В отличии от метода литья по выплавляемым моделям, литье в кокиль является не дорогим и многократным – кокиль выдерживает изготовление до 50 отливок.

3) Литьё под давлением – метод применяется для цветных сплавов и позволяет получить 11-12 квалитеты точности. Сложный и дорогой способ получения заготовки. Согласно конструкторскому чертежу, материалом детали является легированная сталь, поэтому метод не подходит.

4) Литье в вакуумно-пленочные формы – разновидность литья в оболочковые формы. Таким методом обеспечивается 8-11 квалитет точности с шероховатостью $R_z = 40$ мкм. Литьё ВПФ требует современного оборудования, но простота метода обеспечивает невысокую стоимость производства. Затраты на предварительное изготовление детали не позволяют назвать метод не дорогим в производстве, поэтому данный метод не подходит. Данный способ можно рассматривать в качестве получения исходной заготовки.

5) Литьё по газифицируемым моделям – создается модель заготовки из полистирола, который обкладывается формовочным песком. Далее в получившуюся опоку заливают расплавленный металл, который выжигает полистирол и заполняет полости, созданные им. Таким методом обеспечивается 8-11 квалитет точности с шероховатостью $R_z = 40$ мкм. Данный способ можно рассматривать в качестве получения исходной заготовки.

Таким образом, по степени точности отливаемых поверхностей и по стоимости отливки, для заготовки принимаем метод литья по газифицируемым моделям. Из-за сложной формы детали, будет дешевле и проще использовать песок в качестве материала для опоки, чем металл в типе литье в кокиль.

Преимущества литья по газифицируемым моделям:

1) Возможность производства отливок высокой точности и качества при значительном снижении трудозатрат и себестоимости изготовления;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2) Практически безотходное производство — примерно 97% песка повторно используется в системе пескооборота. Потери песка составляет всего 3%, которые складываются на отсев мелкой фракции, обеспыливание и потери в виде просыпи;

3) Простая технология формовки без связующих компонентов и формовочных смесей. В технологии ЛГМ для формовки используется только песок;

4) Высокая точность литья позволяет минимизировать затраты на финишную мехобработку или даже отказаться от нее.

В серийном производстве модели изготавливаются в две стадии из вспененного полистирола. На первой стадии до заданной насыпной массы гранулы исходного полистирола вспениваются и в течении определённого времени для созревания выдерживаются. На второй стадии происходит нагрев вспененных гранул в замкнутом объёме пресс-формы. Далее с заданными технологическими и механическими свойствами осуществляется формирование модели. Однако обе стадии включают в себя ряд операций, которые оказывают значительное влияние на формирование модели заданного качества.

Весь технологический процесс изготовления моделей по данному методу литья разделяют на 2 этапа:

1. предварительная переработка суспензионного полистирола;
2. изготовление моделей в пресс-формах.

Важной частью технологического процесса изготовления моделей является предварительная переработка гранул полистирола для вспенивания. Данный этап включает в себя следующие операции:

- классификация гранулометрического состава;
- вспенивание гранул;
- сушка;
- активизация вспененных гранул.

Каждая из приведённых операций оказывает существенное влияние на получение модели с заданными эксплуатационными свойствами. Качество модели напрямую зависит от свойств вспененных гранул, поэтому необходимо контролировать свойства исходного полистирола.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вспенивание гранул полистирола можно производить различными способами: в паровой ванне, горячей воде, потоке пара, электромагнитном поле высокой частоты и потоке горячего воздуха.

После вспенивания гранулы подвергаются сушке и активации. Сушка может осуществляться двумя методами:

1. в потоке тёплого воздуха при температуре 25-10°C;
2. стационарно при нормальной температуре под вытяжным зонтом.

Процесс активации гранул связан с изменением агрегатного состояния и диффузионными процессами, протекающими в объёме гранул после их вспенивания. Данный процесс происходит в течении 12 часов, после истечение этого времени пенополистирол снижает свою активность.

Технологический процесс изготовления моделей содержит в себе следующие операции:

- подготовка гранул пенополистирола;
- подготовка пресс-формы;
- заполнение пресс-формы гранулами пенополистирола;
- тепловая обработка пресс-формы;
- охлаждение пресс-формы;
- сушка модели;
- выдержка модели после сушки;
- контроль качества модели.

Данный метод позволяет получить отливки, не требующих дальнейшей механической обработки. А также возможно получить сложные по конфигурации детали, которые при обычных способах литья пришлось бы собирать из отдельных деталей [6]. На рисунке 2.12 представлен эскиз заготовки для проектного технологического процесса.

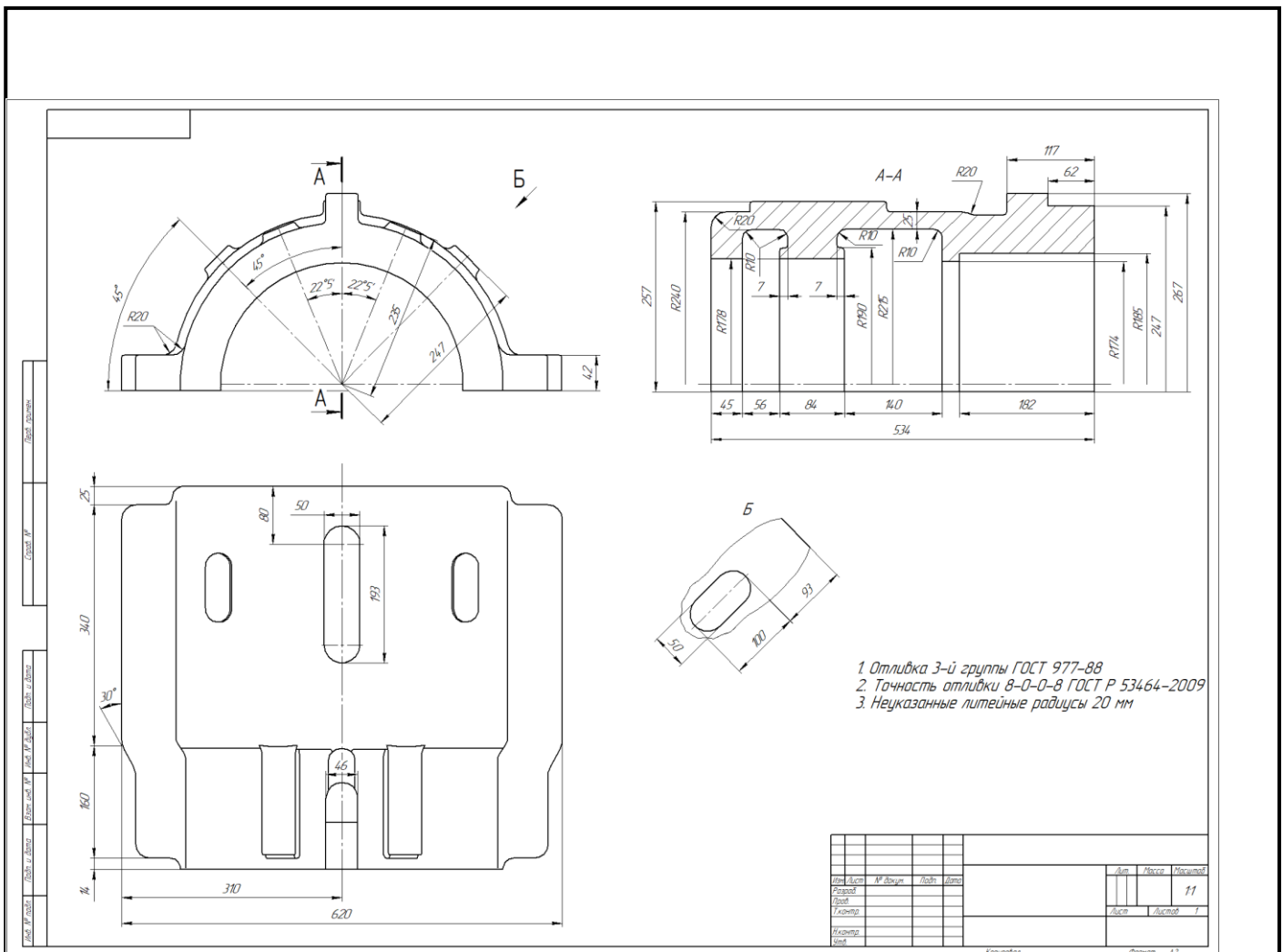


Рисунок 2.12 -Чертеж отливки

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

В настоящее время современное производство закупает станки, оснащенные системой ЧПУ. Это оборудование обладает рядом преимуществ:

- возможно осуществить обработку различных поверхностей за одну операцию;
- отсутствует необходимость в длительной переналадке станка на изготовление новой детали, для этого требуется только смена программы (и то не всегда) и оснастки (и то не всегда);
- нет необходимости в высококвалифицированных специалистах, обслуживающих станок;
- сокращаются сроки производства и перехода на новое изделие;
- возможно многостаночное обслуживание;
- можно создать ГПС.

Рассмотрим ряд фрезерных обрабатывающих центров (рис. 2.13), на которых возможна обработка данной детали. Проведем поэтапный анализ оборудования, приведенного в таблице 2.1, и выберем оптимальный обрабатывающий центр для обработки заготовки.

а	б
в	г
д	е

Рис. 2.13 Фрезерные станки: а – Wele LB321; б - HAAS EC-400; в - VM2016; г – Hanland TK611C; д – Shibaura BTD-130H.R22; е – MH-500

Таблица 2.1 – Технические характеристики станков

Наименование параметра	Марка и модель станка					
	1	2	3	4	5	6
Размеры стола, мм	800x800	200x250	920x900	1320x1010	1800x2200	810x810
Максимальная нагрузка на стол, кг	2500	880	1500	5000	12000	450
Точность позиционирования, мм	0,004	0,001	0,01	0,04	0,01	0,004
Вместимость инструментального магазина, шт	60	50	20	-	38	40
Максимальная длина инструмента, мм	610	150	150	-	500	300
Размеры присоединительной части	BT50	BT50	BT40	BT50	BT50	CAT-40
Мощность привода главного движения, кВт	30	15	13	11	30	15
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	6000	15000	8000	1100	2500	10000
Наличие системы автоматической смены паллет	Есть	Нет	Нет	Есть	Есть	Нет
Габариты Д x Ш x В	5205 x	2503 x	2337 x	4970 x	6255 x	4940 x
	7655 x	5322 x	1880 x	2330 x	8660 x	2290 x
	4180	1822	2896	3010	4200	2500

1. Максимальный размер стола станка 2 меньше требуемого размера заготовки (740мм x 600мм).

2. Максимально допустимая нагрузка на стол станка 6 меньше, чем масса заготовки (474 кг).

3. Точность позиционирования станка 4 не позволяет получить параметр $80g6(-0.01/-0.029)$.

4. Станок 4 не обладает инструментальным магазином, что увеличивает время подготовки к обработке детали.

5. Станки 2 и 3 не удовлетворяют максимальной длине инструмента, в детали имеются отверстия длиной 220 мм.

6. Размеры присоединительной части не накладывают жестких ограничений на данный параметр при обработке, так как современный рынок предоставляет переходники для инструментов с данными типами креплений.

7. Мощности и частоты вращения всех станков не превышают требуемых для обработки детали.

8. Наличие системы автоматической смены паллет ускоряет производство детали в серийном производстве, поэтому наличие данной системы является предпочтительным для выбора станка.

Согласно таблице 1, станки 1 и 5 удовлетворяют критериям обработки, но предпочтительнее выбрать станок Wele LB321 из-за меньших габаритов.

Рассмотрим ряд вертикально-токарных обрабатывающих центров (рис. 2.14), на которых возможна обработка данной детали. Проведем поэтапный анализ оборудования, приведенного в таблице 2.2, и выберем оптимальный обрабатывающий центр для обработки заготовки.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

а)



б)



в)



г)



д)



е)



Рисунок 2.14 – а) MAUS MTV 5; б) Pietro Carnaghi AC; в) OMOS SSK 30; г) Fermat VLC 2500; д) CK51125A; е) HWACHEON VT-450

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 2.2 – Технические характеристики вертикально-токарных станков

Наименование параметра:	Марка и модель станка					
	1	2	3	4	5	6
Мах д-р обрабатываемой заготовки	2000	1600	800	600	1500	350
Мах длина обрабатываемой заготовки	1600	1000	500	400	762	225
точность позиционирования		±0.005	±0.022		±0.010	
количество суппортов	1	1	1	1	1	1
тип крепления инструмента	ISO 50	ISO 50	ISO 50	ISO 50	ISO 50	ISO 50
мощность привода главного движения	10.5	5.5	4	3	5	2
максимальная частота вращения шпинделя	3000	3000	3000	4500	3000	7000
Мах частота вращения приводного инструмента	1500	3000	2000	1800	2200	1100
Габариты (Д*Ш*В)	6080 х 4000х 4070	5500х 4000х 4000	4400х 2900х 2850	2302х1 760х18 80	6000х 2900х 2850	2662х 1790х 2080

Из всех представленных станков выберем модель станка:

1. Максимальный диаметр и максимальная длина устанавливаемая на станке 3, 4, 6 не соответствует требуемому.

2. Точность позиционирования для многих станков не указана, но так как максимальная точность выполняемых размеров не накладывает жестких ограничений на данный параметр при обработке изготавливаемой детали.

3. Для обработки заготовки достаточно 1 суппорта.

4. Мощности и частоты вращения всех станков не превышают требуемых для обработки детали.

Для токарной обработки выберем модель станка Pietro Carnaghi AC 1600.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс проектного варианта для детали «Корпус радиально-упорного подшипника» представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Маршрутный технологический процесс детали «корпус радиально-упорного подшипника»

Номер операции, название	Оборудование
000 Заготовительная операция	
005 Входной контроль	
006 Транспортная операция	Кран-штабелер МЭО-500
010 Комплексная операция с ЧПУ	ОЦ с ЧПУ Wele LB321
015 Контрольная операция	
020 Комплексная операция с ЧПУ	ОЦ с ЧПУ Wele LB321
025 Контрольная операция	
030 Сборочная операция	
035 Контрольная операция	
040 Комплексная операция с ЧПУ	ОЦ с ЧПУ Wele LB321
045 Контрольная операция	
050 Комплексная операция с ЧПУ	Вертикальный токарно-карусельный станок Pietro Carnaghi AC 1600
051 Транспортная операция	Кран-штабелер МЭО-500
055 Контрольная операция	КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS

Эскизы проектного технологического процесса представлены на рисунках 2.15 - 2.19.

000 Заготовительная операция.

Заготовка имеет размеры, представленные на рисунке 2.15. На текущей операции происходит приемка заготовки с литейного цеха.

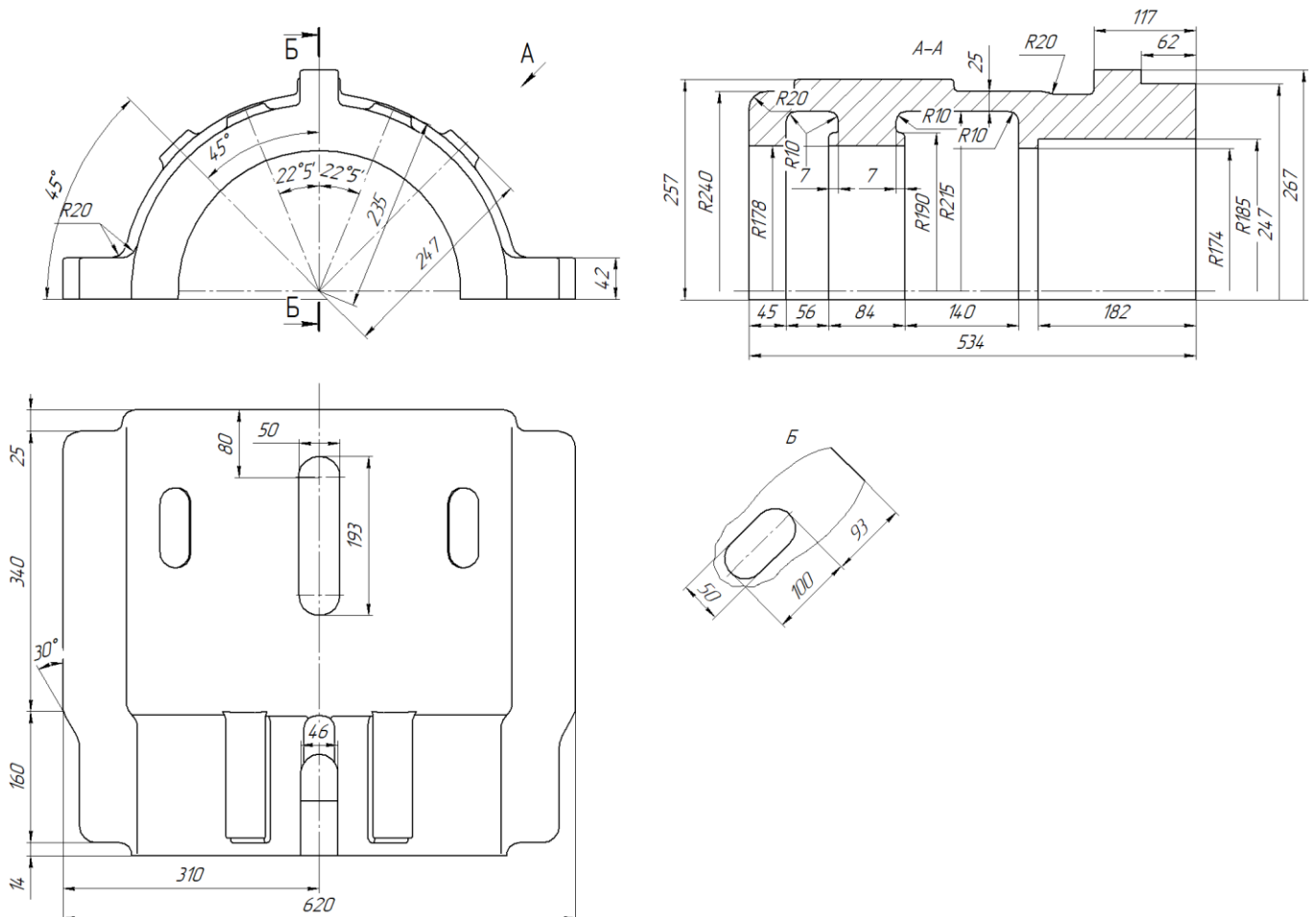


Рисунок 2.15 – Заготовка детали

010 Комплексная операция с ЧПУ.

1. Установить заготовку в призме с опорой поджимом по торцу;
2. Напротив опоры прижать прихватом;
3. Произвести обработку согласно эскизу;
4. Контроль наладчиком 100%.

На 010 операции (рис. 2.16) происходит комплексная обработка заготовки, которая включает в себя фрезерование плоскости и торца, а также сверление отверстий и нарезание резьбы в теле детали. Комплект баз: двойная направляющая, опорная.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

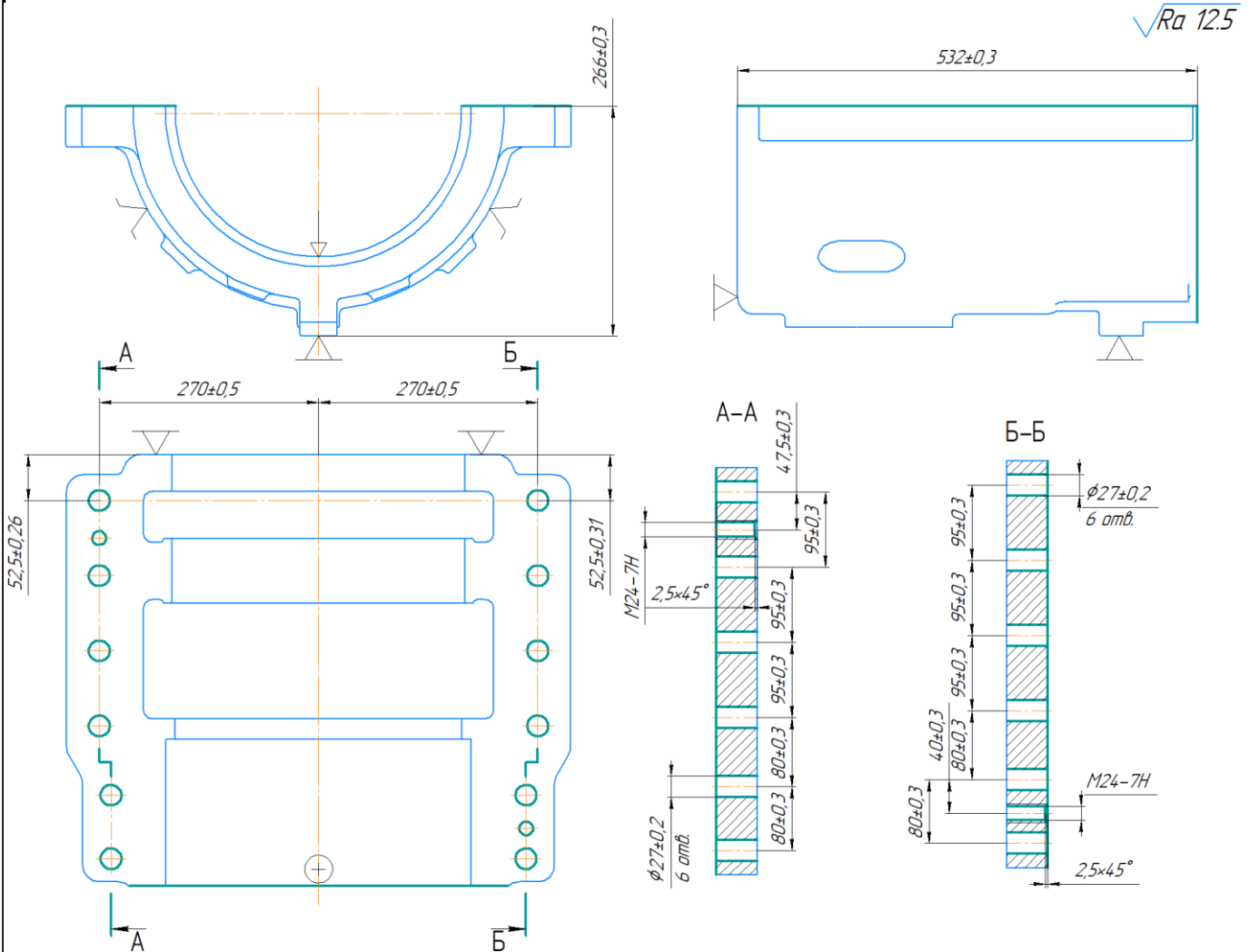


Рисунок 2.16 – 010 Комплексная операция с ЧПУ

020 Комплексная операция с ЧПУ.

1. Установить заготовку на опоры;
2. Напротив опор прижать прихватами;
3. Произвести обработку согласно эскизу;
4. Контроль наладчиком 100%.

На 020 операции (рис. 2.17) происходит комплексная обработка заготовки, которая включает в себя фрезерование плоскости, торца и отверстий, а также сверление отверстий и нарезание резьбы в теле детали. Комплект баз: установочная, направляющая.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

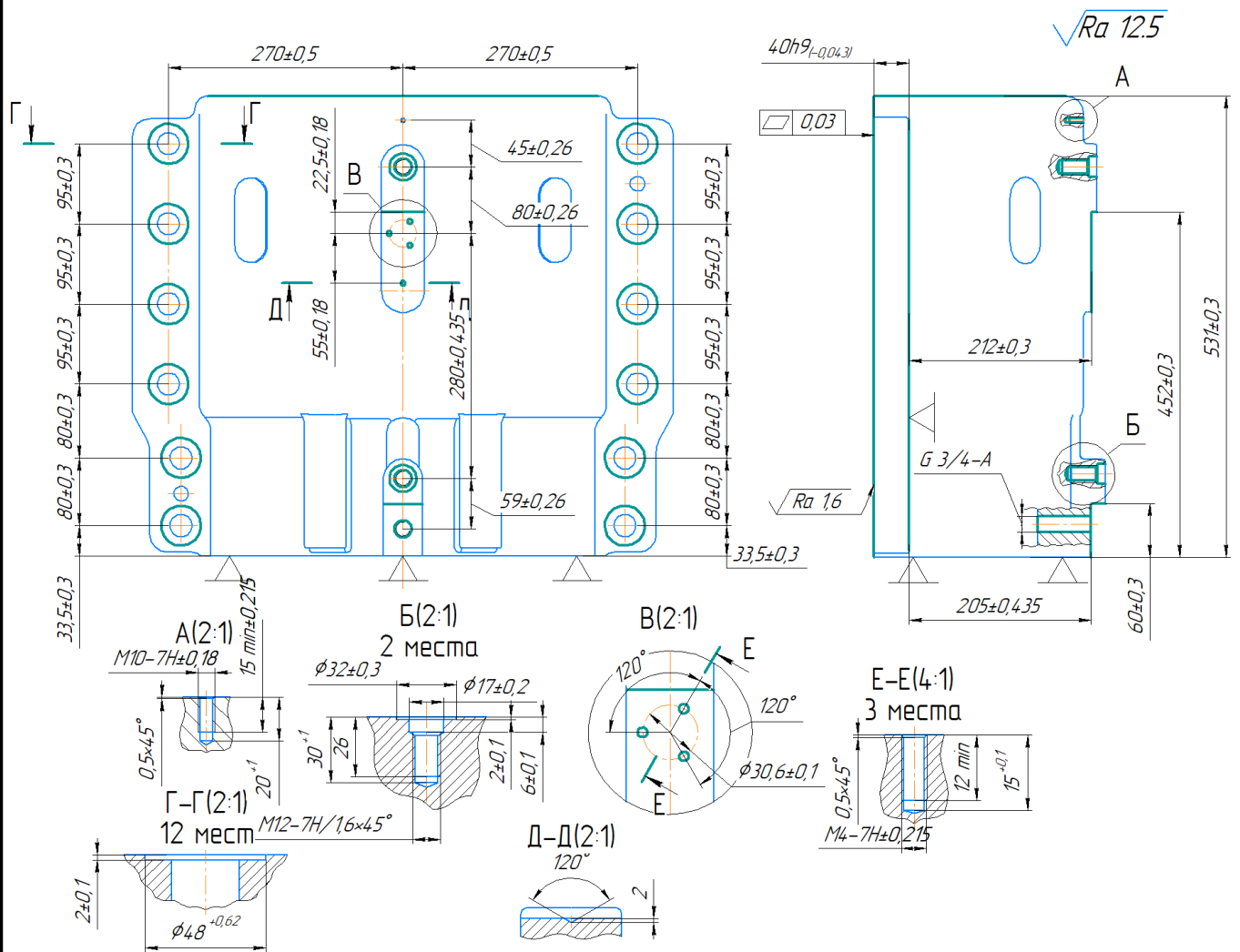


Рисунок 2.17 – 020 Комплексная операция с ЧПУ

040 Комплексная операция с ЧПУ.

1. Установить заготовку на 3 опоры;
2. Прижать прихватами напротив;
3. Подвести самоустанавливающуюся опору;
4. Произвести обработку согласно эскизу;
5. Контроль наладчиком 100%.

На 040 операции (рис. 2.18) происходит комплексная обработка заготовки, которая включает в себя фрезерование плоскости, торца и отверстий, а также сверление отверстий, нарезание резьбы и развертывание в теле детали. Комплект баз: установочная, опорная.

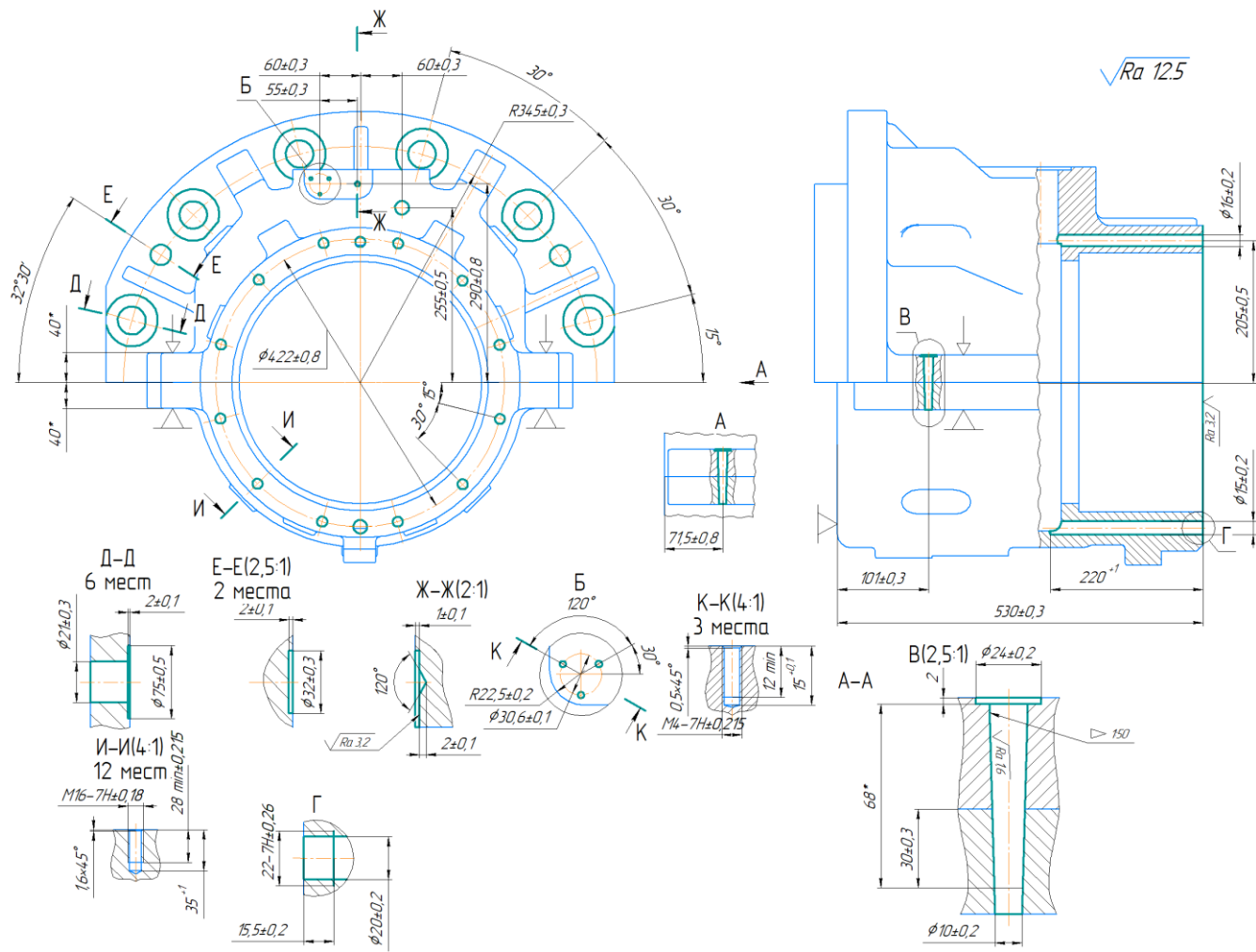


Рисунок 2.18 – 040 Комплексная операция с ЧПУ

050 Токарная операция с ЧПУ

1. Установить заготовку в 4-х кулачковый патрон;
2. Произвести обработку согласно эскизу;
3. Контроль наладчиком 100%.

На 050 операции (рис. 2.19) происходит комплексная обработка заготовки, которая включает в себя внутреннее и наружное точение, а также сверление отверстий, нарезание резьбы в теле детали. Так как наружная поверхность заготовки не симметричная, то следует применить 4-х кулачковый патрон. Комплект баз: двойная направляющая, опорная.

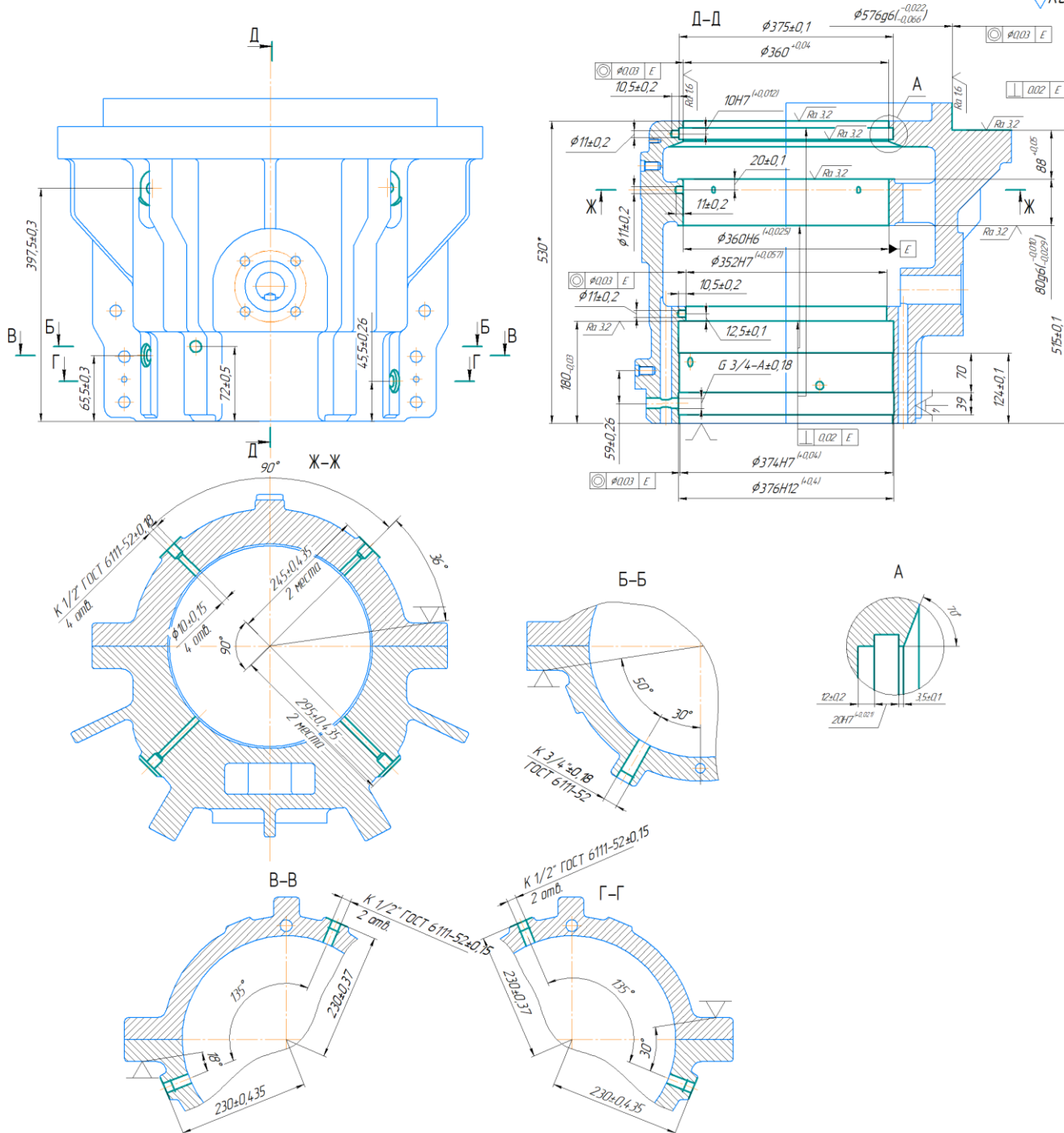


Рисунок 2.19 - 050 Комплексная операция с ЧПУ

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.

По выполненному проектному варианту технологического процесса необходимо сделать размерно-точностной анализ, чтобы проверить целесообразность предложенного проекта. На рисунке 2.12 представлена размерная схема проектного технологического процесса.

					ИОУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

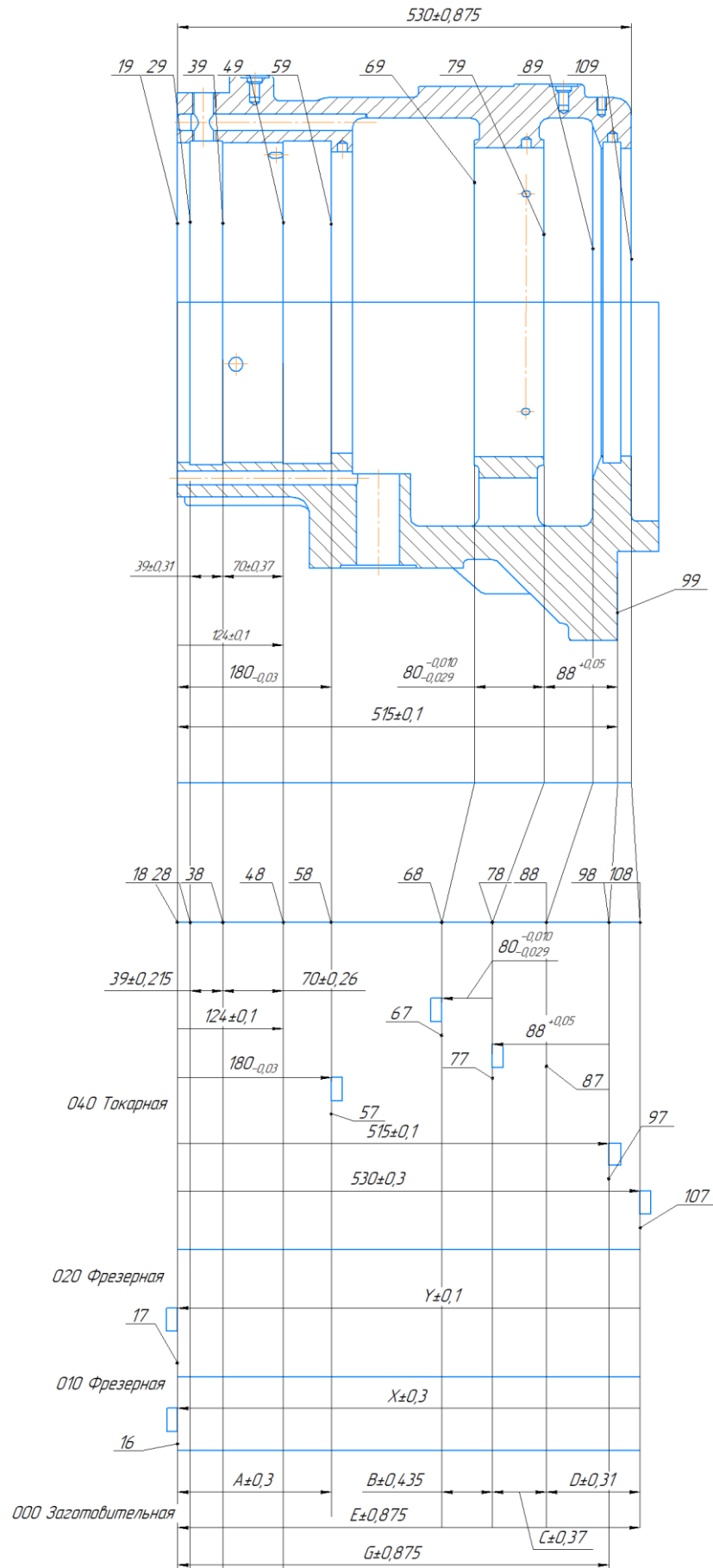


Рисунок 2.20 - Размерная цепь проектного технологического процесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575.000

Лист

45

Рассчитаем припуски, приведенные на схеме методом максимума-минимума по формулам 2.2 – 2.5:

$$1)[16 \dots 17] = -(17 \dots 77) + (77 \dots 16)$$

$$[16 \dots 17] = -X \pm 0,3 + E \pm 0,3$$

$$[16 \dots 17] = 1.2 \text{ мм}$$

$$7)[17 \dots 18] = -(18 \dots 108) + (17 \dots 108)$$

$$[17 \dots 18] = -Y \pm 0,3 + X \pm 0,1$$

$$[17 \dots 18] = 0.8 \text{ мм}$$

Определим размеры заготовки:

$$A_{16\dots 57} = 1 + 183 + 1 = 185 \text{ мм}$$

$$B_{67\dots 77} = 80 + 1.6 + 1.4 = 83 \text{ мм}$$

$$C_{77\dots 88} = 532 - 515 + 180 - 88 + 1 = 57 \text{ мм}$$

$$D_{88\dots 107} = 532 - 531 + 180 - 88 + 80 + 2 = 44 \text{ мм}$$

$$E_{16\dots 107} = 532 - 1.1 + 0.2 = 534 \text{ мм}$$

$$G_{16\dots 97} = 530 - 515 + 0.8 + 0.7 - 0.5 = 521 \text{ мм}$$

$$X_{17\dots 107} = 532.9 - 1.1 = 531.8 \text{ мм}$$

$$Y_{17\dots 107} = 531.8 - 0.8 = 531 \text{ мм}$$

Выполним проверочный расчет в программе Kursar для линейной схемы проектного технологического процесса. На рисунке 2.21 представлена исходная размерная информация, на рисунке 2.22 представлен расчёт.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Исходная размерная информация

1: 9 19 109 530 0,875 -0,875	2: 9 89 109 45 0,31 -0,31
3: 9 29 39 39 0,31 -0,31	4: 9 39 49 70 0,37 -0,7
5: 9 19 49 124 0,1 -0,1	6: 9 19 59 180 0 -0,03
7: 9 69 79 80 -0,01 -0,029	8: 9 79 99 88 0,05 0
9: 9 19 99 515 0,1 -0,1	10: 2 88 87 0,2
11: 8 88 108 45 0,1 -0,1	12: 8 28 38 39 0,215 -0,215
13: 8 38 48 70 0,26 -0,26	14: 8 18 48 124 0,1 -0,1
15: 2 67 68 0,2	16: 8 68 78 80 -0,007 -0,02
17: 8 18 58 180 0 -0,03	18: 2 58 57 0,2
19: 2 78 77 0,2	20: 8 78 98 88 0,05 0
21: 8 18 98 515 0,1 -0,1	22: 2 98 97 0,2
23: 8 18 108 530 0,1 -0,1	24: 2 17 18 0,2
25: 6 17 108 0,3 -0,3 0	26: 2 108 107 0,2
27: 2 16 17 0,2	28: 6 17 107 0,3 -0,3 1
29: 6 16 57 0,3 -0,3 0	30: 6 67 77 0,435 -0,435 0
31: 6 77 87 0,37 -0,37 0	32: 6 87 107 0,31 -0,31 0
33: 6 16 107 0,875 -0,875 0	34: 6 16 97 0,875 -0,875 0

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 8.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 8.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 9.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 9.

Рисунок 2.21 – Размерная информация

1. [17=18]=-(18+108)+(17-108)
 2. [108=107]=+(17-107)-(17_108)
 3. [88=87]=-(87-107)+(17_107)-(17_108)+(88+108)
 6. [16=17]=-(17_107)+(16-107)
- Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.
4. [78=77]=-(77-87)-(87_107)+(17_107)-(17_108)+(18+108)-(18+98)+
+(78+98)
 5. [67=68]=-(68+78)-(78+98)+(18+98)-(18+108)+(17_108)-(17_107)+
+(87_107)+(77_87)+(67-77)
 7. [58=57]=+(16-57)-(16_107)+(17_107)-(17_108)+(18+108)-(18+58)
 8. [98=97]=+(16-97)-(16_107)+(17_107)-(17_108)+(18+108)-(18+98)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетных предельных значений относит. исходного звена по Min и по Max
п	Если нет номинала	Предельн. значен. Min и Max	: размер звена		по Min и по Max	
2=	88 87		0,790	2,810	1,800	0,590
2=	67 68		0,222	2,156	1,189	0,022
2=	58 57		0,563	3,068	1,815	0,363
2=	78 77		1,019	2,632	1,825	0,819
2=	98 97		1,189	4,412	2,800	0,989
2=	17 18		0,600	1,400	1,000	0,400
2=	108 107		0,200	1,400	0,800	0,000
2=	16 17		1,025	3,375	2,200	0,825
6+	87 107	44,000	0,310	-0,310	44,000	
6+	67 77	83,000	0,435	-0,435	83,000	
6+	16 57	185,000	0,300	-0,300	185,000	
6+	77 87	58,000	0,370	-0,370	58,000	
6+	16 97	521,000	0,875	-0,875	521,000	
6+	17 108	531,000	0,300	-0,300	531,000	
6+	17 107	531,800	0,300	-0,300	531,800	
6+	16 107	534,000	0,875	-0,875	534,000	

Рисунок 2.22 – Размерная информация для проектного ТП

Проверочный расчёт показал отсутствие заниженных и сильно завышенных припусков, что приведет к улучшению производства. Также были выявлены оптимальные размеры заготовки.

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

Что бы получить результаты о времени обработки заготовки, необходимо подобрать оптимальные режимы резания для металлорежущих станков. Режимы должны учитывать параметры станков, которые заключаются в усилиях резания и мощностях, необходимых для обработки. Правильно подобранные режимы резания в совокупности с режущим инструментом способны получить заданные конструктором требования к качеству поверхностей и их точности.

Определим режимы резания для комплексной операции на фрезерном ОЦ с ЧПУ 010.

Исходные данные:

Материал - сталь 20ГЛ ГОСТ 21357–87 ($\sigma_b=550$ МПа, $\sigma_t=280$ МПа, НВ=143-187 МПа);

Заготовка – отливка IT10;

Состояние поверхности – без корки;

Масса – 155 кг;

Припуск на обработку размера **266±0,3** – 1 мм.

Выбор стадии обработки фрезерования

Допуск размера 266 соответствует 10 качеству точности. По карте 54 (позиция № 7, индекс «Г») [7, с.175] определяем, что для получения размера 266±0,3 необходимо выполнение чистовой (III) стадии обработки.

Выбор глубины резания

По карте 55 (позиция № 27, индекс «а») [7, с.174] определяем глубину резания для III стадии обработки $t = 0.7$ мм (деталь 11 качества, заготовка 10).

Выбор инструмента

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По приложениям 3-11 [7, с.265-277] выбираем следующие параметры инструмента: фреза торцовая D=125, материал режущей части T15K6, число зубьев $z = 8$, $\varphi=75^\circ$.

Выбор подачи

Подачу на зуб для полуступенчатой стадии обработки выбираем по карте 57 (позиция № 1, индекс «а») [7, с.180] $S_{zшт}=0,21$ мм/зуб.

По картам 60 и 66 [7, с.183-195] определяем поправочные коэффициенты на подачу для полуступенчатой стадии обработки в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $K_{SM}=1,10$;
- материала режущей части $K_{Si}=1,00$;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормированной $K_{SВ}=1,0$;
- главного угла в плане $K_{S\varphi}=0.85$;
- способа крепления пластины $K_{SP}=1,20$;
- схемы установки фрезы $K_{Sc}=1,00$;
- выбранного критерия износа фрезы $K_{Shз}=1,00$;
- группы обрабатываемости материала $K_{So}=1,00$;

С учётом определённых поправочных коэффициентов определяем подачу по следующей формуле 2.6:

$$S_z = S_T \cdot K_{SM} \cdot K_{Si} \cdot K_{SВ} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{SP} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Shз} \cdot K_{So}, \frac{\text{мм}}{\text{зуб}} \quad (2.6)$$

Для чистовой стадии:

$$S_z = 0,21 \cdot 1,10 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,85 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,24 \text{ мм/зуб}$$

Необходимо сделать проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z=0,4$ мм/зуб (карта 61, позиция 1, индекс «ж») [7, с.186]. С учётом поправочного коэффициента в зависимости от твёрдости обрабатываемого материала ($K_{SM}=1,00$) подача по шероховатости будет равна $S_z=0,4 \cdot 1,00 = 0,4$ мм/зуб.

Для чистовой стадии обработки окончательно принимаем минимальное значение подачи $S_z=0,4$ мм/зуб.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 65 [7, с.186].

Для чистовой стадии обработки $V_T = 422$ м/мин (позиция № 3, индекс «Л»).

Выбранные скорости резания корректируются с учётом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $K_{VM}=1,10$;
- материала режущей части $K_{Vi}=1,00$;
- состояния поверхности $K_{Vп}=1,00$;
- главного угла в плане $K_{Vφ}=1,00$;
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы главного угла в плане $K_{VB}=1,00$;
- периода стойкости режущей части фрезы главного угла в плане $K_{VT}=1,00$;
- способа крепления пластины $K_{VP}=1,20$;
- наличия охлаждения $K_{Vж}=1,00$;
- группы обрабатываемости материала $K_{Vo}=1,00$.

Выбранные скорости резания корректируются с учётом определённых поправочных коэффициентов по формуле 2.7:

$$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vп} \cdot K_{Vφ} \cdot K_{VB} \cdot K_{VT} \cdot K_{VP} \cdot K_{Vж}, \text{ м/мин} \quad (2.7)$$

Для получистовой стадии скорость резания будет равна:

$$V = 425 \cdot 1,10 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 431,64 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.8:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 204,6}{3,14 \cdot 125} = 521,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (2.8)$$

Определим нормы времени для выполнения размера $266 \pm 0,3$.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.9:

$$T_0 = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_M} \text{ мин,} \quad (2.9)$$

					ИОУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где l_0 – длина обрабатываемой поверхности, 1064 мм;

l_1 – длина подвода, 5 мм [7, с.294];

$(l_2 + l_3)$ – длина врезания и перебега, 29 мм [7, с.294];

S_m – минутная подача, 1067 мм/мин.

$$T_0 = \frac{1064 + 5 + 29}{404} = 2,8 \text{ мин}$$

Машинно-вспомогательное время определяется по формуле 2.10:

$$T_{MB} = T_{MBи} + T_{MBx}, \text{ мин} \quad (2.10)$$

где $T_{MBи}$ – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента, 0,15 мин;

T_{MBx} – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических вспомогательных ходов и технологические паузы, 0,116 мин.

$$T_{MB} = 0,15 + 0,116 = 0,266 \text{ мин}$$

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.11:

$$T_{ц.а.} = T_0 + T_{MB}, \text{ мин} \quad (2.11)$$

$$T_{ц.а.} = 1,1 + 0,266 = 1,4 \text{ мин}$$

Вспомогательное время складывается из составляющих по формуле 2.12:

$$T_B = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{из.}, \text{ мин} \quad (2.12)$$

где $T_{уст}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали ([8], карта 13/1, поз.17, $T_{уст} = 8,2$ мин);

$T_{в.оп}$ – вспомогательное время, связанное с операцией ([8], карта, 14 поз.1 5, 6, $T_{в.оп} = 0,6$ мин);

$T_{из.}$ – вспомогательное время на контрольное измерение. В данном случае $T_{из.} = 0$, так как контроль размеров будет проводиться на последнем переходе, то есть после фрезеровании поверхности. Суммарное вспомогательное время равно:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_B = 8,2 + 0,6 = 8,8 \text{ мин}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от операционного времени ([8], карта 16, поз.39) по формуле 2.13:

$$a_{\text{орг}} + a_{\text{тех}} + a_{\text{отл}} = 10\% \quad (2.13)$$

Окончательно норма штучного времени по формуле 2.14:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_B) * \left(1 + \frac{a_{\text{орг}} + a_{\text{тех}} + a_{\text{отл}}}{100}\right), \text{ мин} \quad (2.14)$$

$$T_{\text{шт}} = (2,8 + 8,8) * 1,1 = 12,76 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитываем режимы резания для фрезерования.

Расчёт режимов резания для сверления $\varnothing 27 \pm 0,2$

Маршрут обработки выбираем по карте 44 [7, с.121] в зависимости от диаметра, точности и параметра шероховатости обрабатываемого отверстия. В данном случае для диаметра 27 мм 11-ого качества с $Ra = 10$ мкм маршрут обработки включает сверление, зенкерование получистовое (карта 44, позиция № 2, индекс «б»).

Выбор глубины резания

Глубину резания на переходах получистового по карте 45 [7, с.126] и корректируем с учётом последовательности переходов маршрута (поправочный коэффициент K_{t1}). В данном случае глубина резания при чистовом зенкеровании $t = 0,74$ мм (позиция №5, индекс «б»).

Предшествующим переходом перед чистовым зенкерованием был переход сверления. Для этого случая поправочный коэффициент $K_{t1} = 4,5$. Окончательно глубина резания для перехода получистового зенкерования $t = 0,74 \cdot 4,5 = 3,33$ мм.

Глубина резания для перехода сверление принимается равной половине диаметра сверла $t = 0,5 \cdot 27 = 13,5$ мм.

Расчёт диаметров обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента

Диаметры обрабатываемого отверстия по переходам находят по формуле 2.15:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D_i = D_{i+1} - 2 \cdot t_{i+1} \quad (2.15)$$

С учётом ранее определённых глубин резания диаметры отверстия находят для:

- получистовое зенкерование $D = 27 - 2 \cdot 3,33 = 20,34$ мм;

- сверление $D = 20,34 - 2 \cdot 3,33 = 13,68$ мм;

С учётом округления принимают следующие размеры инструментов:

- получистовое зенкерование $D = 20,5$ мм;

- сверление $D = 14$ мм;

Сверла выбираем по ГОСТ 10903, остальной инструмент – специальный. Форма заточки инструмента – нормальная.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы осуществляется по картам 46...51 [7, с.127-140] для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

В данном случае значения этих величин выбираем для переходов:

- сверления при диаметре $D = 14$ мм, отношения длины рабочей части сверла к диаметру $l/D = 3$, ближайшие большие табличные значения $D_T = 16$ мм, $l/D = 3$. Для этих значений по карте 46, лист 2 (позиция №1, индекс «а», «б», «в», «г») определяем $S_{от} = 0,39$ мм/об; $v_T = 19,4$ м/мин; $N_T = 1,64$ кВт; $P_T = 6124$ Н.

- получистовое зенкерование $D = 20,5$ мм, ближайшее табличное значение $D_T = 25$ мм. Для этих значений по карте 48, лист 1 (позиция №1, индекс «и», «к», «л», «м») определяем $S_{от} = 0,42$ мм/об; $v_T = 17,6$ м/мин; $N_T = 2,5$ кВт; $P_T = 10665$ Н.

Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Значения параметров режимов резания для перехода сверление

Выполняемый переход	$S_{от}$, мм/об	v_T , м/мин	N_T , кВт	P_T , Н	n , об/мин
Сверление	0,39	19,4	1,64	6124	386
Получистовое зенкерование	0,42	17,6	2,5	10665	224

Значения частоты вращения шпинделя n_m для табличных значений скорости резания v_T определим по формуле 2.8:

$$n_{св} = \frac{1000 \cdot 19,4}{\pi \cdot 16} = 386 \text{ об/мин}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n_{\text{получ.зен.}} = \frac{1000 \cdot 17,6}{\pi \cdot 25} = 224 \text{ об/мин}$$

Значения n для каждого перехода сведены в таблицу 2.4.

Табличные значения режимов резания корректируют в зависимости от изменённых условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52, а значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53 [7, с.141-150].

Поправочные коэффициенты:

- $K_{SM}=1,05$ (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{VM}=1,05$ (для углеродистой стали 190 НВ);
- $K_{V3}=1,0$ (для нормальной формы заточки инструмента);
- $K_{Vж}=1,0$ (обработка с охлаждением);
- $K_{Vm}=1,0$ ($T_{\phi}/T_{н}=1,0$);
- $K_{Vw}=1,0$ (состояние обрабатываемой поверхности – без корки);
- $K_{Vu}=2,2$ (материал инструмента – твёрдый сплав);
- $K_{Vl}=1,0$ (сверло по ГОСТ 10903);
- $K_{Vn}=1,0$ (инструментальный материал без покрытия);
- $K_{NM}=K_{PM}=1,05$.

Сверление:

Подачу корректируем по формуле 2.15:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{SM} \text{ мм/об} \quad (2.15)$$

С учётом коэффициента:

$$S_o = 0,39 \cdot 1,05 = 0,41 \text{ мм/об.}$$

Скорость корректируем по формуле 2.16:

$$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vw} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vn} \frac{\text{м}}{\text{мин}} \quad (2.16)$$

$$V = 19,4 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 44,8 \text{ м/мин}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.8:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n_{св} = \frac{1000 \cdot 44,8}{\pi \cdot 16} = 892 \text{ об/мин}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$v_s = S_0 \cdot n \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (2.17)$$

$$v_s = 0,41 \cdot 892 = 375 \text{ мм/мин}$$

Зенкерование получистовое:

С учётом коэффициента по формуле корректируем подачу по формуле 2.15:

$$S_0 = 0,42 \cdot 1,05 = 0,441 \text{ мм/об}$$

Скорость корректируется по формуле по формуле 2.16:

$$V = 17,6 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 40,7 \text{ м/мин}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитаем по формуле 2.8:

$$n_{\text{получ.зен.}} = \frac{1000 \cdot 40,7}{\pi \cdot 25} = 518 \text{ об/мин}$$

Скорость резания определяется по формуле 2.17:

$$v_s = 0,441 \cdot 518 = 228 \text{ мм/мин}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы:

По карте 52 формулы для корректировки мощности резания и осевой силы имеют вид:

Для сверления:

Мощность определяется по формуле 2.18:

$$N = \frac{N_T}{K_{Nm}}, \text{ кВт} \quad (2.18)$$

Осевая сила определяется по формуле 2.19:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P = \frac{P_T}{K_{Pm}}, Н \quad (2.19)$$

Для получистового зенкерования мощность определяется по формуле 2.20:

$$N = N_T * \frac{K_{Ni}}{K_{Nm}}, кВт \quad (2.20)$$

Осевая сила определяется по формуле 2.21:

$$P = P_T * \frac{K_{Pi}}{K_{Pm}}, Н \quad (2.21)$$

С учётом определённых коэффициентов скорректированные значения мощности резания и осевой силы определим по формулам 2.18, 2.20, 2.19, 2.21 соответственно:

- мощность для сверления:

$$N = \frac{1.64}{1.05} = 1.56 \text{ кВт}$$

- мощность для получистового зенкерования:

$$N = 2.5 * \frac{1.0}{1.05} = 2.4 \text{ кВт}$$

- осевая сила для сверления:

$$P = \frac{6154}{1.05} = 5861 \text{ Н}$$

- осевая сила для получистового зенкерования:

$$P = 10665 * \frac{2,0}{1.05} = 20314 \text{ Н}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Найдем основное время автоматической работы станка по программе для сверления и зенкерования по формуле 2.9, где l_0 – длина обрабатываемой поверхности, 42 мм, l_1 – длина подвода, 3 мм [7, с.294], $(l_2 + l_3)$ – длина врезания и перебега, 0 мм [7, с.294], S_m – минутная подача, 285 мм/мин.

$$T_0 = \frac{42 + 3}{285} = 0,16 \text{ мин}$$

Машинно-вспомогательное время определяется по формуле 2.16:

$$T_{МВ}=0,15+0,116 = 0,266 \text{ мин}$$

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.11:

$$T_{ц.а.} = 0,16+0,266=0,426 \text{ мин}$$

Суммарное вспомогательное время равно по формуле 2.12:

$$T_{В}=0+0,6=0,6 \text{ мин}$$

Окончательно норма штучного времени определяется по формуле 2.14:

$$T_{ш} = (0,426 + 0,6) * 1,1 = 1,1 \text{ мин.}$$

Для зенкерования по формуле 2.9:

$$T_0 = \frac{42 + 3 + 3}{414} = 0,12 \text{ мин}$$

Машинно-вспомогательное время определяется по формуле 2.16:

$$T_{МВ}=0,15+0,116 = 0,266 \text{ мин}$$

Таким образом время автоматической работы станка по программе определяется по формуле 2.11:

$$T_{ц.а.} = 0,12+0,266=0,386 \text{ мин}$$

Суммарное вспомогательное время равно по формуле 2.12:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_{в} = 0 + 0,6 = 0,6 \text{ мин}$$

Окончательно норма штучного времени определяется по формуле 2.14:

$$T_{ш} = (0,386 + 0,6) \cdot 1,1 = 1,1 \text{ мин.}$$

Фрезерование $\varnothing 48^{+0,62}$:

Выбор инструмента

По приложениям 12 [7, с.288] выбираем следующие параметры инструмента:

- фреза концевая диаметром $D=30$;
- материал режущей части Т15К6;
- число зубьев $z = 4$;
- передний угол $\gamma=16^\circ$;
- задний угол $\alpha=16^\circ$;
- передний угол на торцевой части фрезы $\gamma_1=0^\circ$;
- задний угол на торцевой части фрезы $\alpha_1=6^\circ$.

Выбор стадии обработки

По карте 72, лист 1 [7, с.173] выбираем составляющие показатели числа стадии обработки в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{\delta m}=1,15$;
- число зубьев $K_{\delta z}=0,65$;
- отношения вылета фрезы к диаметру $K_{\delta l}=1,0$;
- отношения ширина фрезерования к диаметру фрезы $K_{\delta v}=1,0$.

Исходя из допуска на выполняемый размер определим показатель числа стадий обработки:

$$K_{co} = \delta \cdot K_{\delta m} \cdot K_{\delta z} \cdot K_{\delta l} \cdot K_{\delta v} \quad (2.21)$$

где δ – допуск выполняемого размера, 0,62 мм.

Таким образом по формуле 2.21:

$$K_{co} = 0,62 \cdot 1,15 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,47$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Полученное значение показателя числа стадий обработки является критерием выбора необходимого количества стадий обработки по формуле 2.22:

$$\frac{P_{\max}}{D} = \frac{P_{\min}}{D}, \text{ мм} \quad (2.22)$$

где P_{\max}/P_{\min} – максимальный/минимальный припуск на обработку.

$$\frac{2}{40} = 0.075 \text{ мм}$$

По карте 72 [7, с.208] требуемая точность может быть достигнута за одну стадию обработки – черновую (позиция №1, индекс «б»). $K_{co}=0,24 > 0,075$

Выбор глубины резания

По карте 73 [7, с.207] для $P_{\max}B=3 \cdot 4=12 \text{ мм}^2$, то есть достаточно обработки за один рабочий ход (позиция №1, индекс «а»).

Глубина резания будет равна по формуле 2.23:

$$t = K_i \cdot P_{\max}, \text{ мм} \quad (2.23)$$

где K_i – коэффициент деления припуска по рабочим ходам, 0,4 (позиция №15, индекс «у»).

Наибольшая глубина резания по рабочим ходам будет равна по формуле 2.23:

$$t = 0,4 \cdot 4 = 1,6 \text{ мм.}$$

Выбор подачи

Подачу на зуб для обработки поверхности выбираем по карте 79, лист 2 [7, с.214] (позиция №24, индекс «а») $S_{ZT}=0,21 \text{ мм/зуб}$.

Выбранное значение подачи корректируем с учётов выбранных коэффициентов по формуле 2.24:

$$S_z = S_{zt} \cdot K_{sm} \cdot K_{si} \cdot K_{sz} \cdot K_{Si}, \frac{\text{мм}}{\text{зуб}} \quad (2.24)$$

По карте 82 [7, с.218] определяем поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- твёрдости обрабатываемого материала $K_{SM}=1, 0$;
- материала режущей части $K_{Si}=1, 0$;
- отношения фактического числа зубьев к нормированному $K_{S_z}=1,0$;
- отношения вылета фрезы к диаметру $K_{S_l}=1,00$;

С учётом определённых поправочных коэффициентов определяем подачу по формуле 2.24:

$$S_z = 0,21 \cdot 1,10 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,21 \text{ мм/зуб}$$

Необходимо сделать проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности.

Подача, допустимая по шероховатости поверхности, $S_z=0,16$ мм/зуб (карта 83, позиция 17, индекс «в») [7, с.219].

Окончательно принимаем минимальное значение подачи $S_z= 0,16$ мм/зуб.

Минутная подача будет равна по формуле 2.10:

$$SM = 0,16 \cdot 4 = 0,64 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания выбираем по карте 84 [7, с.220] $V_T=29$ м/мин (позиция № 29, индекс «ж»).

Выбранная скорость резания корректируется с учётом поправочных коэффициентов по карте 84 [7, с.222] в зависимости от:

- твёрдости обрабатываемого материала $K_{VM}=1,10$;
- материала режущей части $K_{Vi}=1,00$;
- состояния поверхности $K_{Vп}=1,00$;
- периода стойкости режущей части фрезы $K_{VT}=1,00$;
- наличия охлаждения $K_{Vж}=1,00$;
- группы обрабатываемости материала $K_{Vo}=1,00$;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной $K_{Vв}=1,0$;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбранные скорости резания корректируются с учётом определённых поправочных коэффициентов по формуле 2.6. Таким образом, скорость резания будет равна:

$$V = 29 \cdot 1,10 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 31,9 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.8:

$$n = \frac{1000 \cdot 31,9}{\pi \cdot 40} = 253 \text{ об/мин}$$

Расчёт режимов резания для размера $\varnothing 376\text{H}10^{(+0,4)}$

По карте 1, лист 2 [7, с.33] определяем необходимые стадии обработки. Для получения размера детали $\varnothing 376\text{H}12^{(+0,4)}$, соответствующего 12-му качеству, из заготовки 8-го качества необходимо вести обработку в одну стадию: чистовую.

Выбор глубины резания

Выбор минимально необходимой глубины резания для III (чистовой) стадии обработки осуществляется по карте 2 [7, с.37].

Для чистовой обработки поверхности $\varnothing 376^{+0,4}$, диаметр детали входит в интервал размеров 320...400 мм. Глубина резания для получения из 13-го качества 10-го качества составляет $t_{\text{ш}}=1,4$ мм (позиция №9, индекс «б»).

Резцы (оправки) следует применять наименьшей технологически возможной длины и наибольшего технологического допустимого сечения. Принимаем резец с державкой прямоугольного сечения высотой $B=25$ мм и вылетом $l=200$ мм.

В соответствии с рекомендациями приложения 1 [7, с.263] обработку проводим пластинами из твёрдого сплава: Т15К6 – на чистовой стадии.

По приложению 5 [7, с.266] выбираем твёрдосплавную пластину ромбической формы.

Способ крепления пластины выбираем по приложению 6 [7, с.267]: для чистовой и отделочной стадии обработки – винтом с конической головкой.

По приложению 7 [7, с.268] принимаем геометрические параметры режущего инструмента:

- главный угол в плане $\varphi=50$;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- вспомогательный угол в плане $\varphi_1=3$;
- задний угол $\alpha = 12$;
- передний угол $\gamma = 12$;
- ширина фаски режущей кромки $f=0,4$ мм;
- радиус округления режущей кромки $\rho=0,03$ мм;
- радиус вершины резца $r_b=1$ мм.

Принимаем нормативный период стойкости $T=30$ мин по приложению 13 [7, с.279].

Выбор подачи

чистовой стадии обработки значение подачи определяем по карте 12 [7, с.56]. При растачивании резцом прямоугольного сечения с шириной $B=25$ мм при глубине резания $t=1,4$ мм рекомендуется подача $S_{от}=0,28$ мм/об (позиция №2, индекс «з»).

Выбранное значение подачи корректируем с учётом поправочных коэффициентов, которые выбираем по карте 14 [7, с.58-59] для изменённых условий обработки в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Sm}=1,05$ (твёрдость детали НВ 190);
- вылета резца оправки $K_{Sl}=0,82$ (отношение вылета резца к его высоте $l/H=160/25=6,4$);
- радиуса вершины резца $K_{Sp}=1,0$ (радиус вершины резца $r_b=1$ мм)
- качество обрабатываемой детали для чистовой обработки $K_{Sk}= 1,0$ (10 качество);
- кинематический угол в плане $K_{S\varphi k}=0,95$ (главный угол в плане $\varphi=50^\circ$);
- диаметра детали $K_{SD}=0,8$;

Окончательно подачу для чистовой стадии обработки определяют по формуле 2.17:

$$S_o = 0,28 \cdot 1,05 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,8 = 0,183 \text{ мм/об.}$$

Выбор скорости резания

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Скорость резания для чистовой стадии обработки выбираем по карте 22 [7, с.81].
Соответствует скорость резания $V_T=300$ м/мин; (позиция №3, инд. «в»).

По этой же карте скорости резания корректируют с учётом инструментального материала $K_{Vi}=0,8$.

По карте 23 [7, с.82-84] выбираем поправочные коэффициенты на скорость резания при чистовой и отделочной стадии обработки для изменённых условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала $K_{Vc}=1,0$;
- вида обработки $K_{Vo}=0,9$;
- жесткости станка $K_{Vj}=1,0$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Vm}=1,0$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,4$;
- периода стойкости режущей части резца $K_{V\tau}=1,0$;
- наличия охлаждения $K_{Vж}=1,0$.

Скорректированная скорость резания вычисляется для чистовой обработки по формуле 2.18 для чистовой обработки:

$$V = 300 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 302,4 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определим по формуле 2.8, подставляя, получим частоты вращения при чистовой обработке:

$$n = \frac{1000 \cdot 302,4}{\pi \cdot 230} = 418 \text{ об/мин}$$

Аналогичным образом рассчитываем режимы резания для остальных размеров. Результаты расчётов представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Режимы резания

Переход	S_0 , мм/об	V_T , м/мин	P_T , Н	N_T , кВт	L, мм	i	n, об/мин	S_m , мм/мин	T_0 , мин	$T_{всп}$, мин	$T_{шт}$, мин
010 Операция											
266±0,3 получистовое фрезерование	0,4	204,6	-	10,1	1064	1	521	208,4	6,5	8,8	16,83
532±0,3 получистовое фрезерование	1,2	327,36	-	16,2	550	1	1654	1985	2,5	3,5	6,6

Продолжение таблицы 2.5

М24-7Н Нарезание резьбы	3	13,75	134	1,25	40	2	183	549	0,4	0,6	1,1
Сверление Ø20,8	0,18	42,3	2390	1,61	40	2	647	116,5	1,01	0,6	1,77
Сверление Ø27	0,44	43,9	10314	2,4	40	12	518	228	1,01	0,6	1,77
Время необходимое на выполнение операции, мин											29,6
020 Операция											
531±0,3 получистовое фрезерование	1,2	327,36	-	16,2	550	1	1654	1985	2,8	8,8	11,6
40h9 ^(-0.043) чистовое фрезерование	0,54	286,4	-	8,5	1062	1	1425	784	7,8	2	9,8
212±0,5 получистовое фрезерование	0,87	93,8	-	2,7	40	1	597	519	1,1	2,1	3,52
205±0,435 получистовое фрезерование	1,14	241,3	-	3,5	60	1	1537	1752	1,5	2,1	3,96
Ø48 ^{+0,62} чистовое фрезерование	0,64	23,8	-	2,4	2	12	253	162	1,01	0,6	1,77
Ø32±0,3 получистовое фрезерование	0,87	9,6	-	2,4	2	2	153	133	0,9	0,6	1,65
Сверление Ø8,5	0,11	40,3	1010	1,25	20	1	1513	166,4	0,27	0,21	0,53
М10-7Н Нарезание резьбы	0,75	49	135	1,25	15	1	446	334,5	0,1	0,21	0,34
Сверление Ø17	0,42	42	760	2,05	6	2	786	330	1,16	0,21	1,5
Сверление Ø10.5	0,29	49,9	760	1,05	30	2	1513	438,77	0,29	0,21	0,44
М12-7Н Нарезание резьбы	1	13,3	135	1,25	20	2	355	355	0,1	0,21	0,34
Сверление Ø3,5	0,09	27,2	552	0,18	15	3	2484	224	0,1	0,21	0,34
М4-7Н Нарезание резьбы	0,5	13,3	95	0,07	10	3	812	406	0,1	0,21	0,34
Сверление Ø24,17	0,18	42,3	2390	1,61	40	1	647	116,5	1,01	0,6	1,77
G 3/4 Нарезание резьбы	3	13,75	134	1,25	40	2	183	549	0,4	0,6	1,1
Время необходимое на выполнение операции, мин											49,38

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000						Лист
											64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

Продолжение таблицы 2.5

040 Операция												
530±0,3 получистовое фрезерование	0,54	327,36	-	16,2	550	1	1654	1985	2,8	8,8	11,6	
Сверление Ø15	0,42	42	760	2,05	220	2	786	330	3,2	0,21	3,5	
Сверление Ø16	0,42	42	760	2,05	220	2	786	330	4	0,21	4,4	
Сверление Ø21	0,18	42,3	2390	1,61	40	6	647	116,5	1,01	0,6	1,77	
Ø75±0,3 получистовое фрезерование	0,64	23,8	-	2,4	2	6	253	162	1,01	0,6	1,77	
Ø32±0,3 получистовое фрезерование	0,87	9,6	-	2,4	2	2	153	133	0,9	0,6	1,65	
Сверление Ø15,3	0,42	42	760	2,05	35	2	786	330	1,16	0,21	1,5	
M16-7H Нарезание резьбы	1,5	82	135	1,25	15	2	446	632	0,1	0,21	0,34	
Сверление Ø3,5	0,09	27,2	552	0,18	15	3	2484	224	0,1	0,21	0,34	
M4-7H Нарезание резьбы	0,5	13,3	95	0,07	10	3	812	406	0,1	0,21	0,34	
Сверление Ø20	0,18	42,3	2390	1,61	50	1	647	116,5	1,01	0,6	1,77	
G 3/4 Нарезание резьбы	3	13,75	134	1,25	15	2	183	549	0,4	0,6	1,1	
Сверление Ø10	0,29	49,9	760	1,05	68	2	1513	438,77	0,29	0,21	0,44	
Развертывание 1:50	0,18	42,3	2390	1,61	68	2	647	116,5	1,01	0,6	1,77	
Ø24±0,3 получистовое фрезерование	0,87	9,6	-	2,4	2	2	153	133	0,9	0,6	1,65	
Время необходимое на выполнение операции, мин											38,72	
050 Операция												
Ø360 ^{+0,4} Чистовое точение	0,183	302,4	-	-	40	1	418	76	4,09	12,4	18,7	
Ø375±0,1 Чистовое точение	0,19	322,6	-	-	20	1	512	97	2,48	0,18	2,03	
Ø360H6 ^{+0,025} Чистовое точение	0,183	302,4	-	-	80	1	418	76	4,09	2,4	7,14	
отделочная	0,15	433,4	-	-	80	1	600	90	3,48	0,18	3,9	
ЮУрГУ.150305.2020.575.000											Лист	
											65	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								

Окончание таблицы 2.5

Ø352Н7 ^{+0,057} Чистовое точение	0,17	344,4	-	-	40	1	354	60	4,59	2,4	7,8
отделочная	0,15	433,4	-	-	40	1	600	90	3,48	0,18	3,9
Ø376Н12 ^{+0,4} получистовое точение	0,21	392	-	-	180	1	421	98	5,04	2,4	7,9
Ø354Н7 ^{+0,04} Чистовое точение	0,17	344,4	-	-	39	2	354	60	4,59	2,4	7,6
отделочная	0,15	433,4	-	-	39	2	600	90	3,48	0,18	3,9
515±0,1 получистовое точение	1,2	327,36	-	16,2	550	1	1654	1985	2,8	0,18	3,1
80g6($\begin{smallmatrix} -0,01 \\ -0,029 \end{smallmatrix}$) Чистовое точение	0,87	93,8	-	2,7	40	1	597	519	1,1	2,1	3,52
Сверление Ø11	0,29	49,9	760	1,05	11	3	1513	438,77	0,29	0,21	0,44
Сверление Ø10	0,11	40,3	1010	1,25	60	4	1513	166,4	0,27	0,21	0,53
Сверление Ø15.2	0,42	42	760	2,05	20	6	786	330	1,16	0,21	1,5
К 1/2 Нарезание резьбы	3	13,75	134	1,25	20	6	183	549	0,4	0,6	1,1
245±0,435 получистовое фрезерование	1,14	241,3	-	3,5	5	4	1537	1752	1,5	2,1	3,96
295±0,435 получистовое фрезерование	1,14	241,3	-	3,5	5	4	1537	1752	1,5	2,1	3,96
Сверление Ø24,17	0,18	42,3	2390	1,61	40	1	647	116,5	1,01	0,6	1,77
К 3/4 Нарезание резьбы	3	13,75	134	1,25	40	1	183	549	0,4	0,6	1,1
230±0,435 получистовое фрезерование	1,14	241,3	-	3,5	5	4	1537	1752	1,5	2,1	3,96
Время необходимое на выполнение операции, мин											104,14

Время смены инструмента $T_{\text{сми}}=0,15$ мин; инструмент необходимо поменять 51 раз, значит суммарное время на смену инструмента по формуле 2.25:

$$\sum T_{\text{сми}} = 54 \cdot 0,15 = 8,1 \text{ мин} \quad (2.25)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000						Лист
											66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

Время на транспортировку с одной операции на другую $T_{тр}=6$ мин. За время обработки деталь необходимо перенести с одного станка на другой 1 раза, значит суммарное время на транспортировку по формуле 2.26:

$$\sum T_{п} = 6 \cdot 1 = 6 \text{ мин} \quad (2.26)$$

Суммарное штучное время полной обработки одной заготовки по формуле 2.27:

$$\sum T_{ш} = 28,07 + 38,66 + 34 + 124 + 8,1 + 6 = 238,83 \text{ мин} \quad (2.27)$$

Подготовительно-заключительное время рассчитывается как сумма слагаемых по формуле 2.28:

$$T_{пз} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инструкт} \quad (2.28)$$

где, $T_{оснащ}$ – время на получение инструмента, оснастки и документации.

Принято 10 мин;

$T_{инструкт}$ – время на инструктаж рабочего. Принято 3 мин;

$T_{налад}$ – время на наладку оборудования.

Рассчитывается как сумма следующих параметров по формуле 2.29:

$$T_{налад} = i \cdot T_{инструм} + T_{креп} + T_{подгот} \quad (2.29)$$

где, i – количество инструмента, 54шт;

$T_{инструм}$ – время на единицу инструмента, принята 1,5 мин;

$T_{креп}$ – слагаемое времени, зависящее от способа крепления заготовки (заготовка крепится на столе, $T_{креп}=8$ мин);

$T_{подгот}$ – время на подготовку (загрузка программы $T_{подгот}=3$ мин);

$$T_{налад} = 54 \cdot 1,5 + 8 + 3 = 93 \text{ мин.}$$

Подставим все известные данные в формулу и определим время подготовительно заключительной работы в формулу 2.28:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_{пз} = 10 + 3 + 93 = 106 \text{ мин.}$$

2.2.6 Выводы по подразделу 2.2

1. В данном подразделе был спроектирован технологический процесс изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника». Произведен анализ метода получения заготовок и был принят новый метод получения заготовки – литьё по газифицируемым моделям. Данный метод позволяет получить более точную отливку, чем в действующем технологическом процессе и сократить время на механическую обработку, а также брака связанного с методом получения заготовки.

2. Сформирована операционно-маршрутная технология, в которой количество операций по механической обработке сократилось с 8 до 3. Это объясняется тем, что было принято использовать четыре станка (три фрезерных Wele LB321 и вертикально расточной Pietro-Carnagi AC1600) вместо одного (фрезерный ОЦ Niigata H80D).

3. Произведён размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, который показал, что замыкающих звеньев не выявлено и припуски являются завышенными в пределах 2мм. Также был сделан проверочный расчёт в программе Kursar, который подтвердил отсутствие заниженных и критично завышенных припусков. Следовательно, вероятность брака сводится к минимуму и возрастает коэффициент использования металла (КИМ = 0,96).

4. Рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции, $T_{шт} \approx 222$ мин, $T_{пз} = 106$ мин, что существенно ниже значений действующего технологического процесса ($T_{шт} = 750$ мин). Это так же связано с использованием двух станков с ЧПУ.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

Данный раздел включает в себя обзор и выбор оборудования для обеспечения выполняемости технологического процесса. Осуществлен подбор стандартизированной оснастки и режущего инструмента, расчёт специальной оснастки «Призма» и специально режущего инструмента «Резец расточной».

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Так как заготовка имеет цилиндрическую форму, то на операциях 010 рационально использовать для её базирования призму (рисунок 3.1). Данный вариант закрепления обеспечивает высокую точности обработки и взаимное расположение обработанных поверхностей. В качестве основной базы принимается двойная направляющая база – призма, отнимающая 4 степени свободы: два вращения и два перемещения. Заготовка прижимается по торцу к упору, который является опорной базой, отнимающий одно перемещение и препятствует сдвигу детали назад при фрезеровании. Из-за своей формы, заготовке требуется опора, которая будет поддерживать для обеспечения жесткости конструкции. Для данной операции спроектируем специальное приспособление, которое будет включать в себя призму с торцевым упором и опорой.

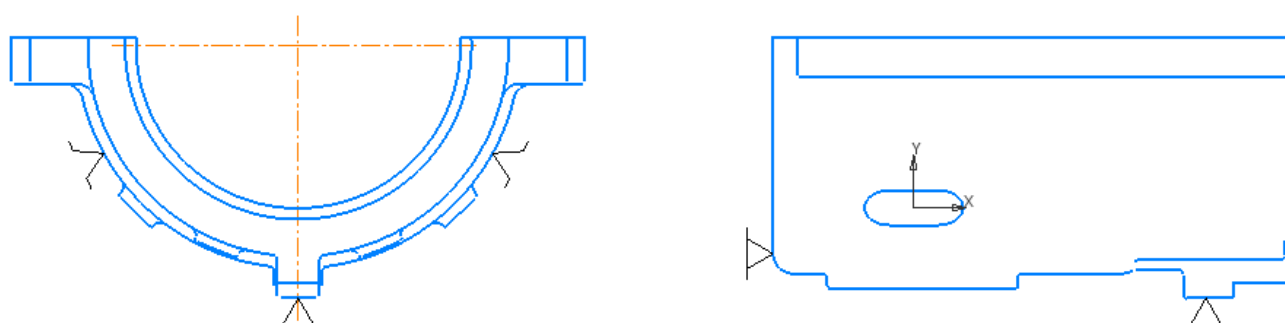


Рисунок 3.1 – Базирование на 010 операции

На 020 операции, заготовку выставляют на торец, который является установочной базой, отнимающий 3 степени свободы: два вращения и одно перемещение. Поджимают опорой для того, чтобы создать направляющую базу -

исключить поворот заготовки и линейное перемещение при фрезеровании плоскости (рис. 3.2).

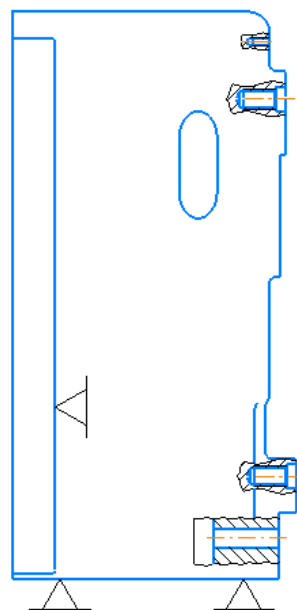


Рисунок 3.2 – Базирование на 020 операции

На 040 операции, обработка заготовки детали «Корпуса радиально-упорного подшипника» ведётся совместно с деталью «крышка подшипника». Заготовку устанавливают на 4 опоры, одна из которых плавающая, это создает установочную базу, лишая сборку 3 степеней свободы - два вращения и одно перемещение. Для крепления детали к столу используем прихваты, которые прижимаются болтами. Так же имеется упор по торцу, что создает опорную базу и лишает заготовку 1 степени свободы – одно перемещение (рис. 3.3).

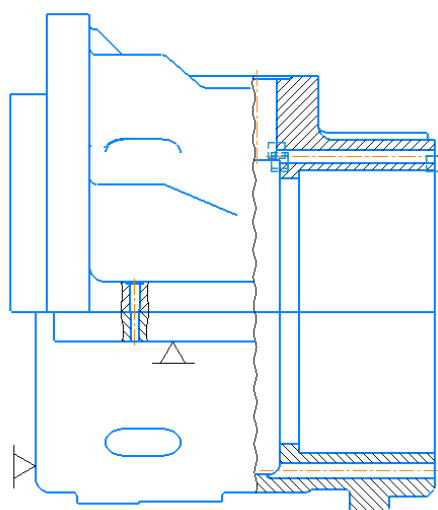


Рисунок 3.3 – Базирование на 030 операции

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На 050 операции обработка заготовки детали «Корпуса радиально-упорного подшипника» ведётся совместно с деталью «Крышка радиально-упорного подшипника». Так как данные заготовки по наружной поверхности образуют несимметричную поверхность, то целесообразно вести обработку в 4-х кулачковом патроне (рисунок 3.4).

4-х кулачковый патрон лишает заготовку пяти степеней свободы, создавая двойную направляющую базу – ось вращения заготовки и опорную базу. Шестая точка – опорная база, находится на торцевой поверхности патрона, до упора в которую устанавливается заготовка.

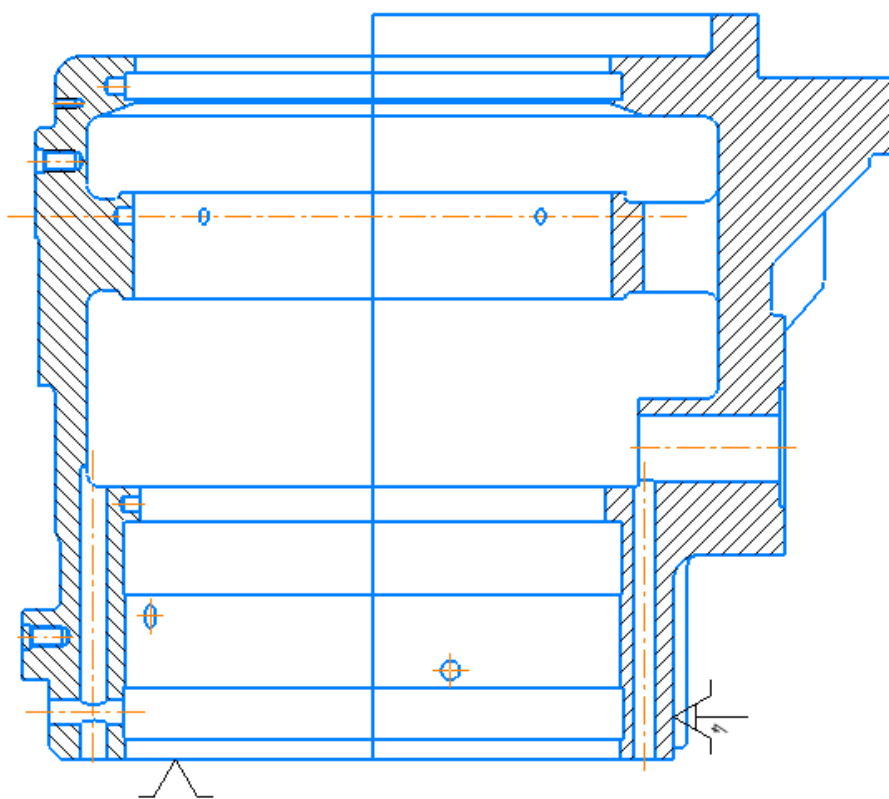


Рисунок 3.4 – Базирование заготовок «корпус радиально-упорного подшипника» и «крышки радиально-упорного подшипника» в 4-х кулачковом патроне

3.2 Проектирование и расчет призмы

Для проектирования станочного приспособления была выбрана 010 операция технологического процесса. Схема базирования приведена на рисунке 3.1.

Принципиальная схема закрепления заготовки (рис. 3.5) принимается в соответствии со схемой базирования. Плита 5 (рис. 3.9) жестко фиксируется на

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рабочем столе ОЦ, затем на плиту 5 устанавливаются две призмы 2 (рис.3.8), опора 4 (рис. 3.6) и упор 3 (рис. 3.7). Далее на опоры помещается заготовка 1 и можно производить обработку.

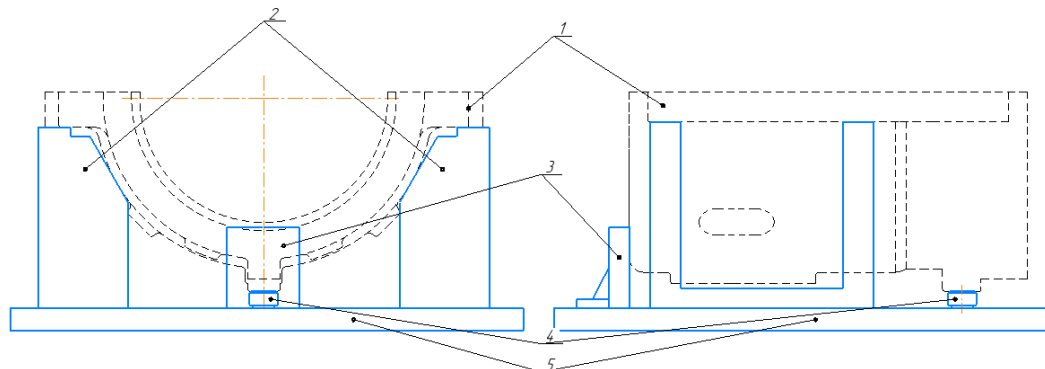


Рисунок 3.5 – Схема закрепления с использованием вспомогательного оборудования

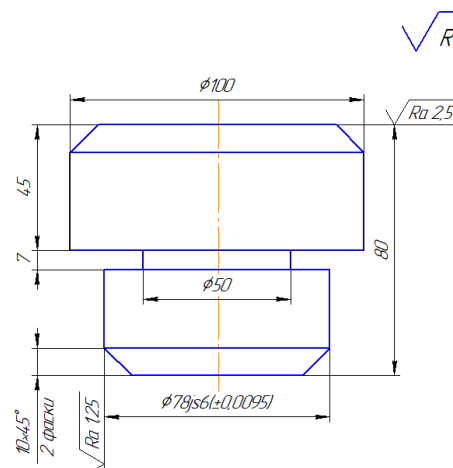


Рисунок 3.6 – Эскиз опоры 4

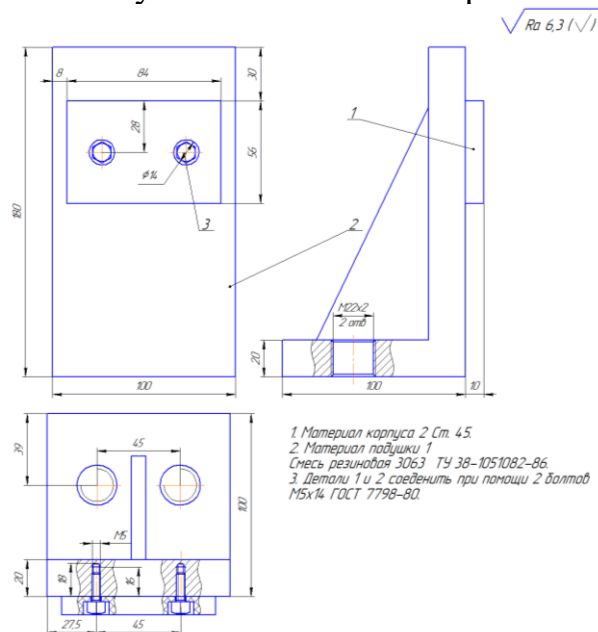


Рисунок 3.7– Эскиз упора 3

					ИОУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

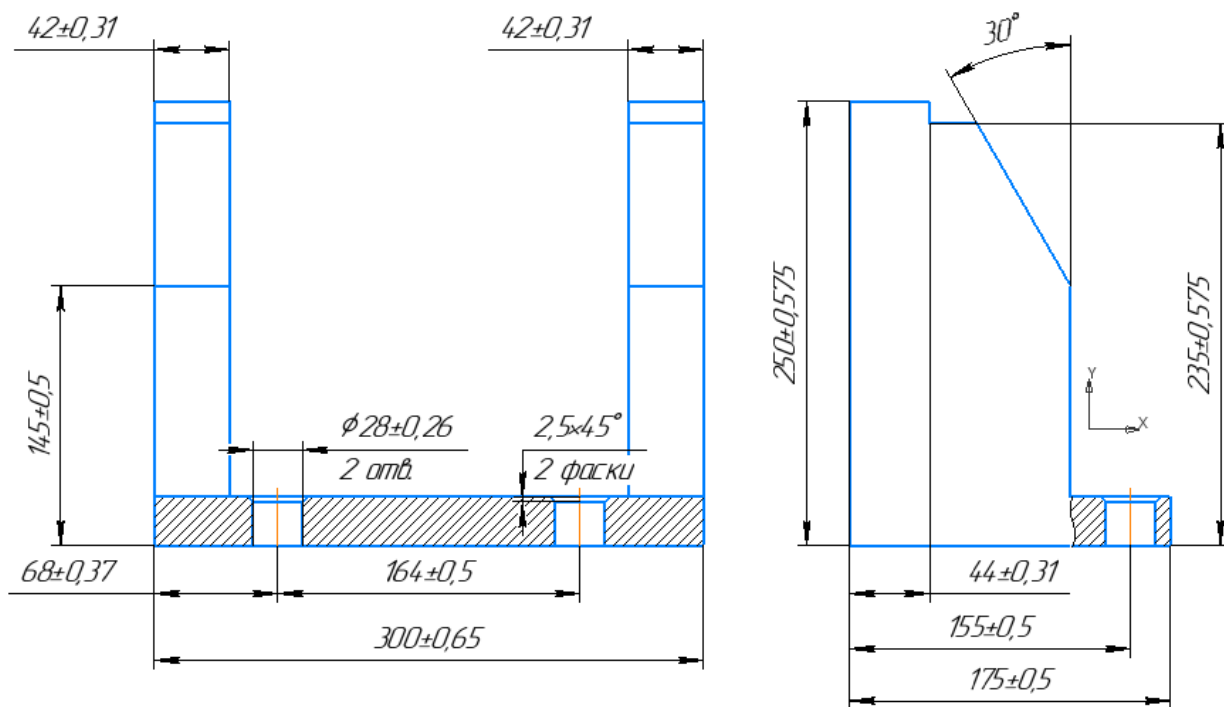


Рисунок 3.8– Эскиз призмы 2

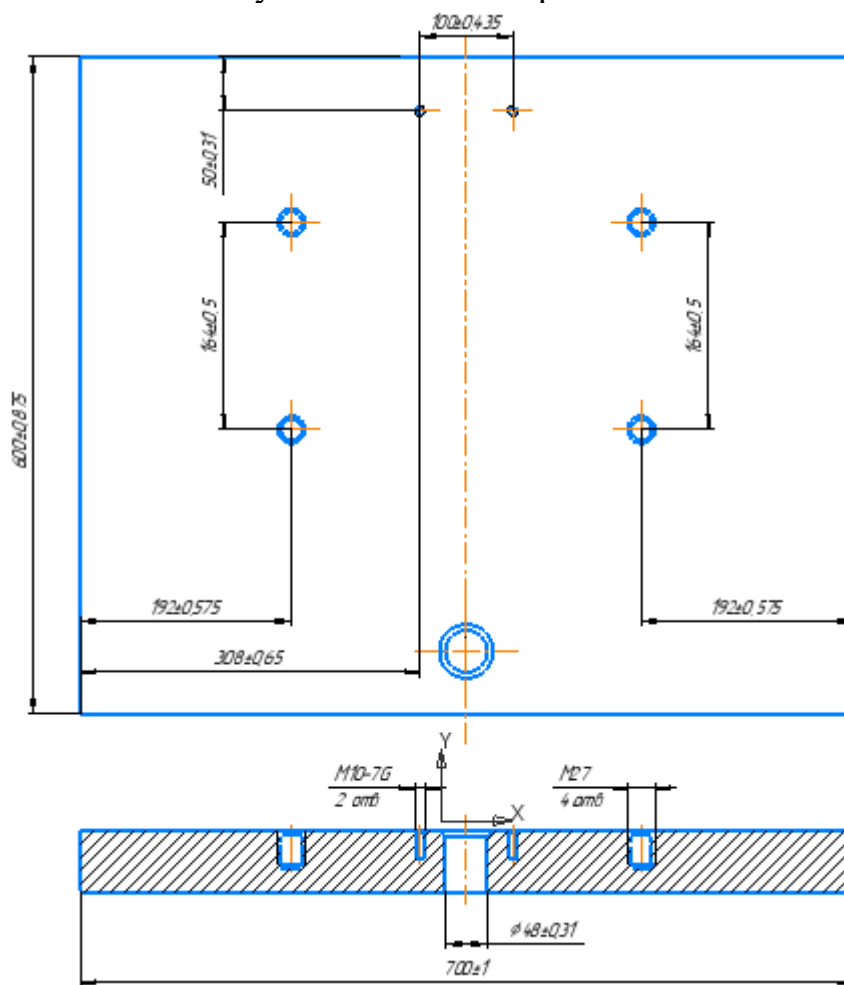


Рисунок 3.9 – Эскиз плиты 6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575.000

Лист

73

Производится расчёт силы резания, действующая на заготовку в процессе фрезерования торца (рис.3.10), а также расчет сил, удерживающих заготовку (рис. 3.11).

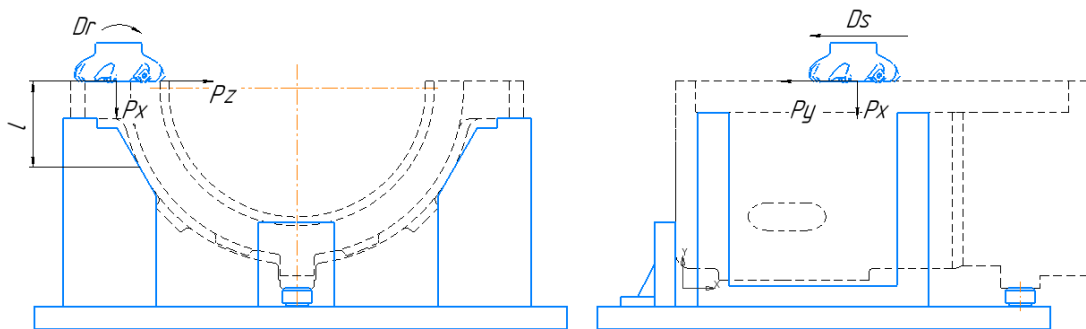


Рисунок 3.10– Эскиз заготовки и действующая на неё сила резания

Составляющие силы резания на заготовку :

P_x – прижимает заготовку к установочной плите по опорной плоскости, поэтому данной силой можно пренебречь.

P_y – прижимает заготовку к башмаку по заднему торцу, поэтому данной силой можно пренебречь.

P_z – стремится повернуть заготовку относительно ребра призмы, поэтому P_z принимается лимитирующим параметром при расчете.

Выполним расчёт сдвигающего момента при обработке по формуле 3.1 [9]:

$$M_{сдв} = P_z * l, \text{ Н * м} \quad (3.1)$$

Лимитирующий параметр при обработке рассчитывается по формуле 3.2:

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^n * Z}{D^q * n^w} * K_p, \text{ Н} \quad (3.2)$$

где, коэффициент K_p рассчитывается по формуле 3.3:

$$K_p = K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{r p} * K_{m p} = 1 * 1 * 1 * 0.87 * \left(\frac{125}{75}\right)^{0.75} = 1.28 \quad (3.3)$$

Данные для обработки детали:

$t = 0,7$ мм/об;

$S_z = 0,18$ м/об;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n = 820 \text{ с}^{-1}.$$

Находим силу P_z по формуле 3.2:

$$P_z = \frac{10 * 825 * 0,7^1 * 0,18^{0,75} * 0,095^{0,15} * 7}{0,125^{1,3} * 820^{0,2}} * 1,28 = 3010 \text{ Н}$$

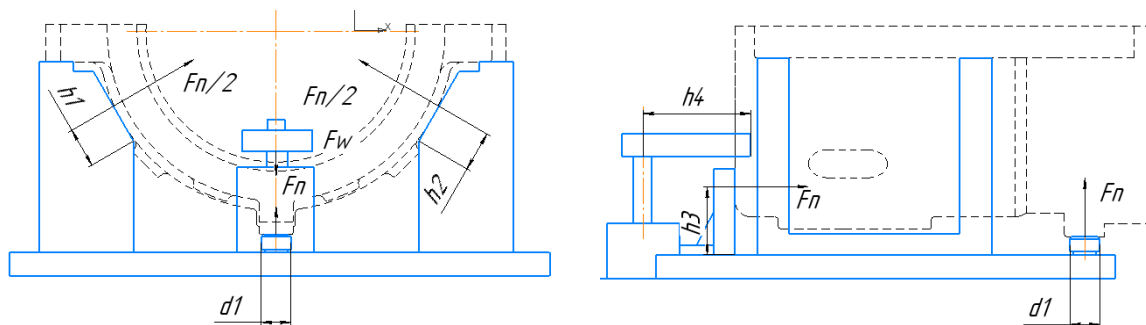


Рисунок 3.11– Эскиз заготовки и действующих на неё сил удерживания

Выполним расчёт удерживающего момента при обработке по формуле 3.4:

$$M_{уд} = F_n * h_1 + F_n * h_2 + F_n * h_3 + F_n * \frac{d_1}{2} + F_w * h_4, \text{ Н * м} \quad (3.4)$$

В данном случае сила зажима равна силе реакции опоры, поэтому по формуле 3.5 скорректируем значение удерживающего момента:

$$M_{уд} = F_w \left(h_1 + h_2 + h_3 + \frac{d_1}{2} + h_4 \right), \text{ Н * м} \quad (3.5)$$

Свяжем $M_{уд}$ с $M_{сдв}$ и определим силу удерживания заготовки по формуле 3.6:

$$F_w = \frac{K_H * P_z * l}{\left(h_1 + h_2 + h_3 + \frac{d_1}{2} + h_4 \right)}, \text{ Н} \quad (3.6)$$

Коэффициент $K_H = 2,25$, коэффициент трения $f = 0.1$.

$$F_w = \frac{2.25 * 3010 * 0.06}{(0.06 + 0.06 + 0.05 + 0.05 + 0.1)} = 1270 \text{ Н}$$

Определим параметры зажимного устройства по формуле 3.7:

$$F_w = \frac{Q}{i * \mu}, \text{ Н} \quad (3.7)$$

					ИОУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где: F_W – сила зажима;

Q – сила развиваемая пневмоприводом;

i – передаточное отношение;

μ – КПД.

Сила, развиваемая пневмоприводом определяется по формуле 3.8:

$$Q = q * S, \text{ Н} \quad (3.8)$$

где: q – сила давления воздуха в системе;

S – площадь рабочей поверхности штока.

Площадь штока S определяется по формуле 3.9, выразим значение диаметра поршня D по формуле 3.10:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}, \text{ мм}^2 \quad (3.9)$$

$$D = \sqrt{\frac{W * i * \mu}{q * 0.785} + d^2} = \sqrt{\frac{1270 * 1 * 0.95}{0.4 * 0.785} + 0} = 52.4 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Определяем приближенное значение диаметра поршня пневмоцилиндра принимая $d = 0$ мм. Подставляя значения в формулу 3.10 получим:

$$D = \sqrt{\frac{1270 * 1 * 0.95}{0.4 * 0.785} + 0} = 52.4$$

Для полученного диаметра поршня по ГОСТ 6540-68 уточняем диаметр штока $d = 16$ мм.

Вернувшись к общей зависимости по формуле 3.10, определяем уточненное значение поршня пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{1270 * 1 * 0.95}{0.4 * 0.785} + 16} = 54.4$$

Из ГОСТ 6540-68 принимаем диаметр поршня = 63мм, диаметр штока = 18 мм.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

В разработку технологического процесса также входит подбор режущего инструмента. В современном мире существует множество способов получения поверхностей, поэтому правильно подобранный инструмент в совокупности с режимами резания предопределил качество получаемой поверхности. Для выбора инструмента обратимся к каталогам таких фирм, как Sandvik Coromant и Seco Tools. Благодаря широкому ассортименту продукции данных фирм, не составит труда подобрать нужный инструмент для обработки заготовки.

Исходные данные:

- Деталь «Корпус радиально-упорного подшипника» (рисунок 3.12);
- Исходная заготовка – отливка корпусной детали;
- Материал Сталь 20ГЛ ГОСТ 21357-87 НВ 170,
- $\sigma_B = 550 \text{ Н/мм}^2$;

Оборудование:

1. Фрезерный ОЦ Wele LB321;
2. Вертикальный токарно-расточной ОЦ Pietro Carnaghi AC1600.

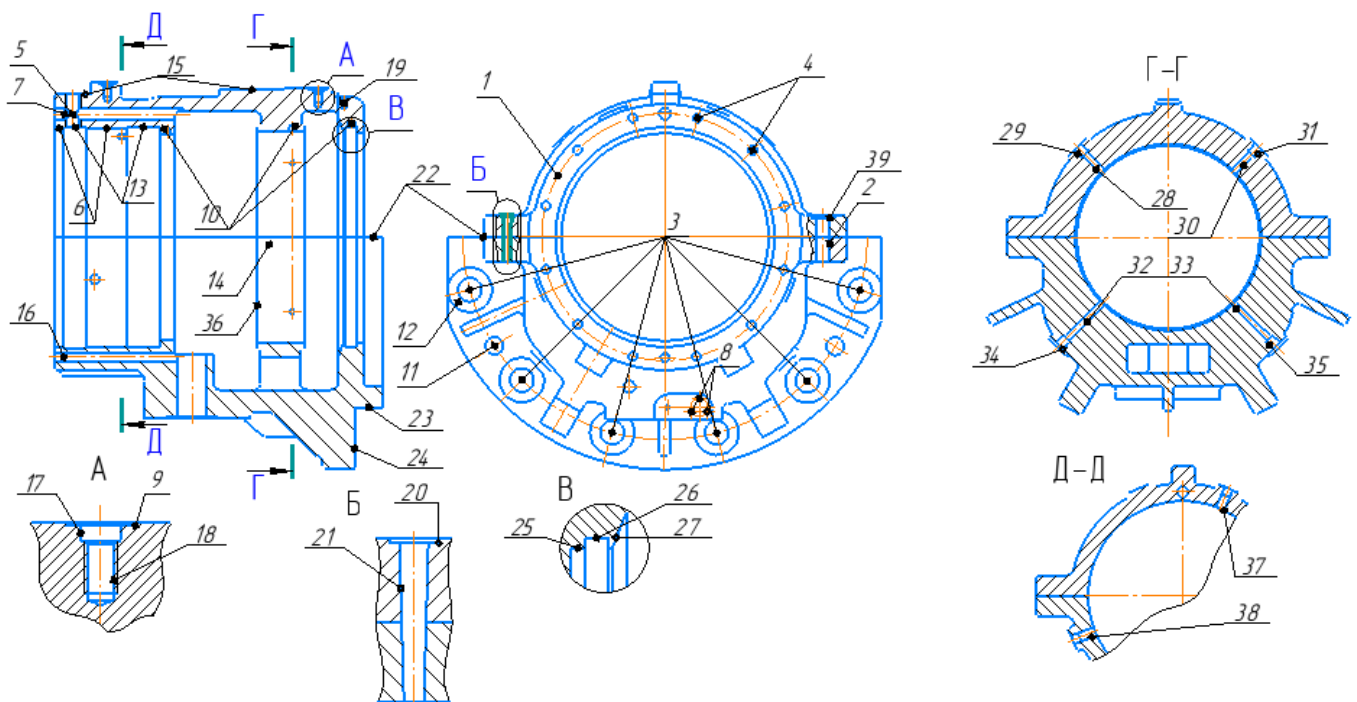


Рисунок 3.12 – Чертеж детали «Корпус радиально-упорного подшипника»

					ИОУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Выбор фрезерного инструмента:

Выбор фрезы для обработки поверхности 1 и 22 производится по следующей методике:

- Производится обработка торцевых поверхностей.
- Фрезу выбираем из соотношения 3.11:

$$D_{\text{фр}} = (1.3 \dots 1.5) * b = 1,3 * 95 = 125 \approx 127 \text{ мм} \quad (3.11)$$

где b – ширина обрабатываемого торца

- Квалитет точности IT14 и шероховатость Ra 3.2.
- Условия обработки – черновая. Группа применимости – P 25 (низколегированная сталь)
- Так как ведется обработка детали по контуру и условия резания меняются в широких пределах выбираем систему крепления D.
- Код формы СМП – С (универсальность и черновая обработка), задний угол $\alpha > 0$ (обработка материала низкой жесткости), получистовой стружкой M (глубина резания 1.2-12 мм).

Таким образом выбираем фрезу: Sandvik Coromant CoroMill-RA245-127R38-18H (рис. 3.13) [10].

Расшифровка обозначения:

R – исполнение пластины.

A – расположение пластин.

245 – исполнение фрезы.

127 – диаметр фрезы, мм.

R – форма крепления со стороны станка.

38 – диаметр крепления.

18 – диаметр вписанной окружности пластины.

H – форма державки пластины.

СМП - R245-18 T6 M-PM 4330 (рис. 3.14).

Расшифровка обозначения:

245 – исполнение фрезы.

R – форма пластины.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

18 – диаметр вписанной окружности пластины.

б – толщина пластины.

М – допуски на размеры.

Р – группа применимости (низколегированная сталь).

М – тип пластины.

4340 – номер сплава материала СМП - GC4340.

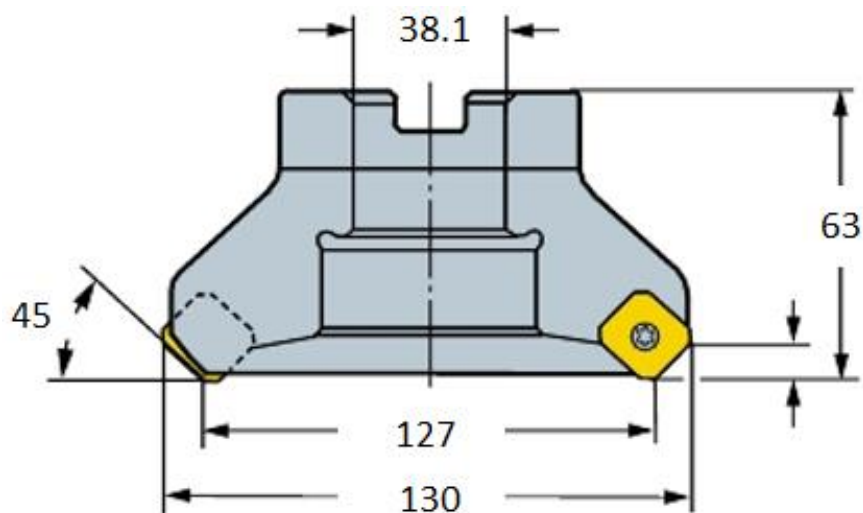


Рисунок 3.13 – Торцевая фреза Sandvik Coromant CoroMill-RA245-127R38-18H

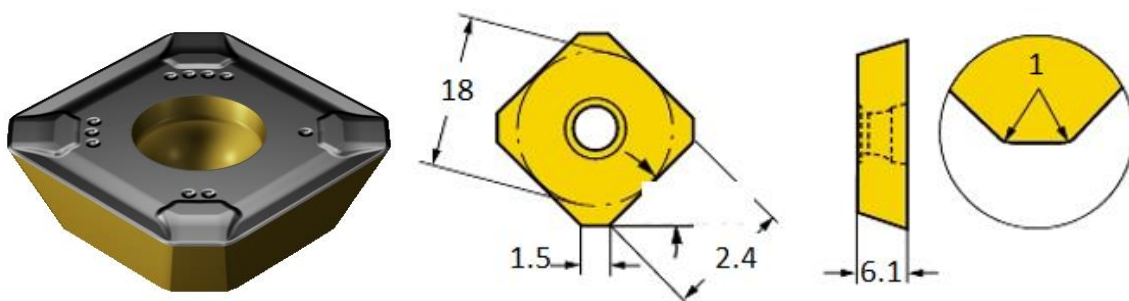


Рисунок 3.14 – Конструктивные параметры СМП

Аналогичным образом определяем инструмент для обработки остальных поверхностей. Для обработки поверхности 15 выбираем фрезу Sandvik Coromant CoroMill 490-050Q22-14H (рис. 3.15) и СМП 490R-140408M-РН 4330 (рис. 3.16).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

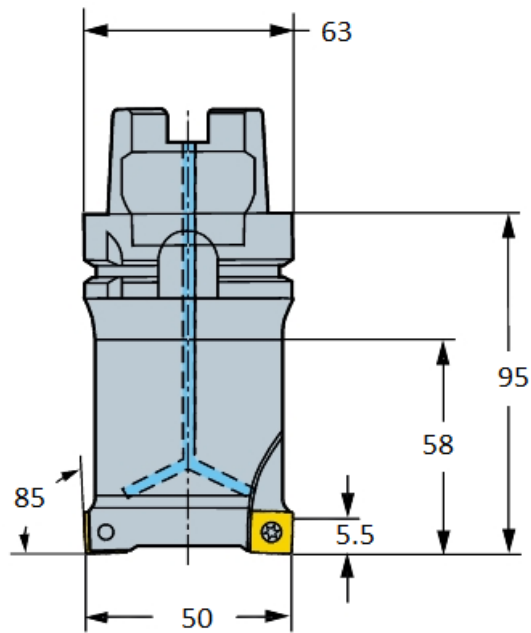


Рисунок 3.15 – Фреза Sandvik Coromant CoroMill 490-050Q22-14H

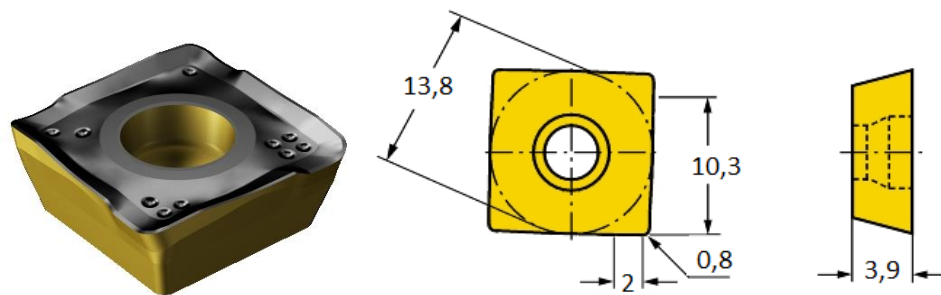


Рисунок 3.16 – СМП 490R-140408M-PH 4330

Для обработки поверхностей 9, 11 и 20 выбираем концевую фрезу Sandvik Coromant CoroMill 1P220-1800-XA 1630 (рис. 3.17).

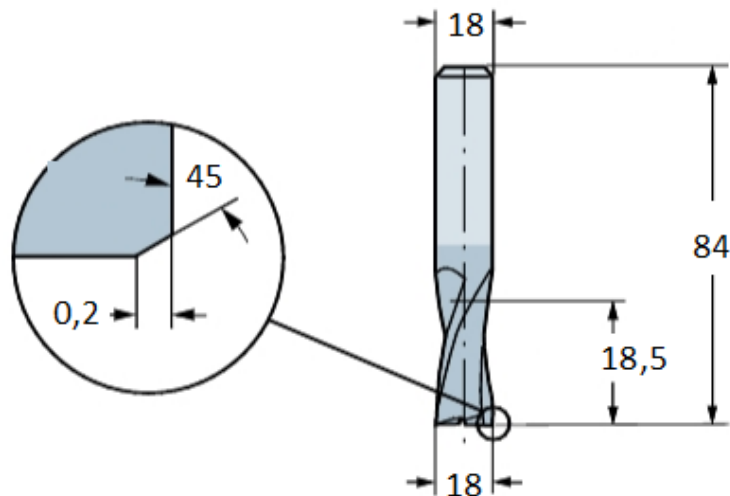


Рисунок 3.17 – Концевая фреза Sandvik Coromant CoroMill 1P220-1800-XA 1630

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для обработки поверхностей 12 и 39 выбираем концевую фрезу Sandvik Coromant CoroMill 2P342-2500-PB 1730 (рис. 3.18).

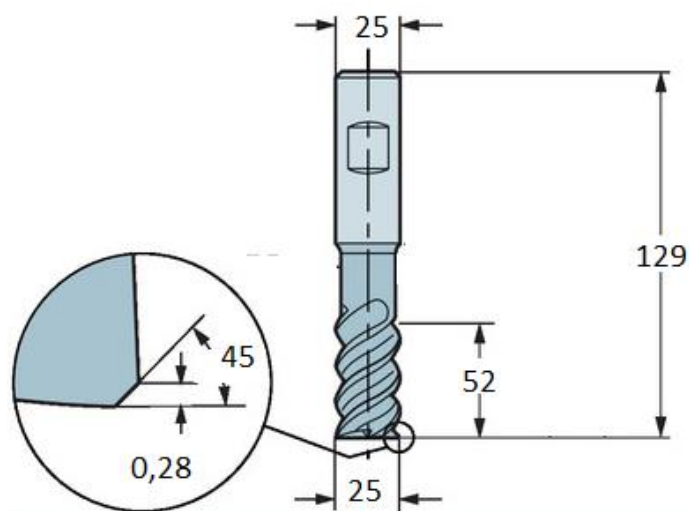


Рисунок 3.18 – Концевая фреза Sandvik Coromant CoroMill 2P342-2500-PB 1730

Выбор сверлильного инструмента:

Для обработки поверхности 2 выберем сборное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 870-700-27L32-3 (рис. 3.19) и СМП 870-2700-27-КМ 3334 (рис. 3.20).

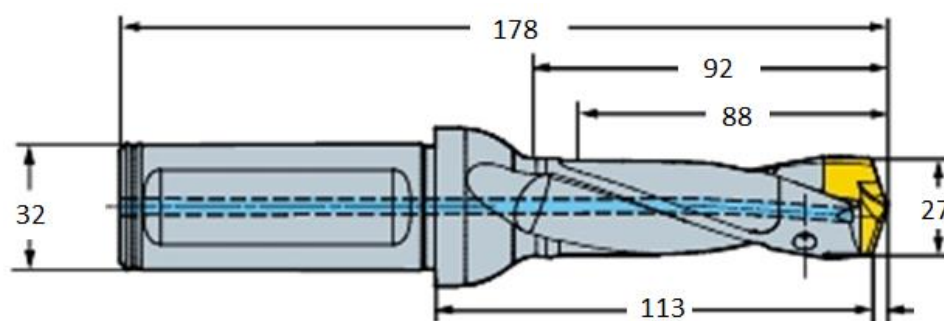


Рисунок 3.19 – Сборное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 870-2700-27L32-3

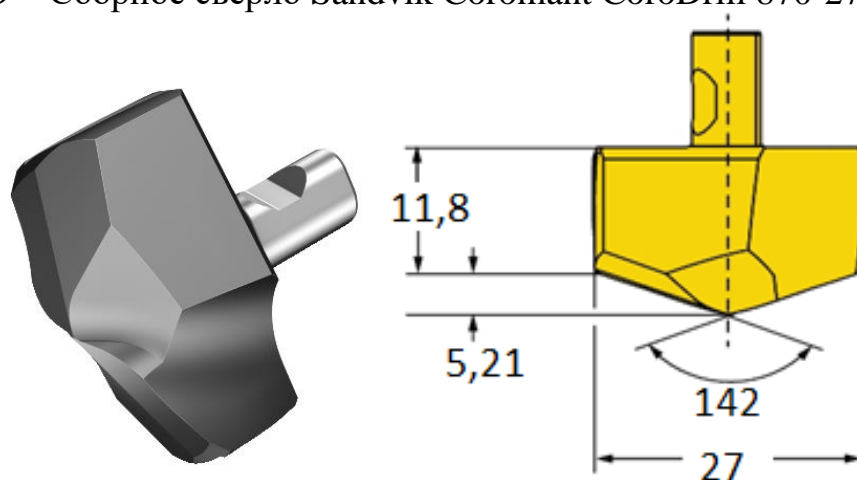


Рисунок 3.20 – Конструктивные параметры СМП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для обработки поверхности 3 выбираем сверло Sandvik Coromant CoroDrill 870-700-27L32-3 (рис. 3.21) с СМП 870-2700-27-КМ 3334 (рис. 3.22) и сверло Sandvik Coromant CoreDrill 880-D4500L50-04 (рис. 3.19) с СМП SPMT0808-BR 4325 (рис. 3.20).

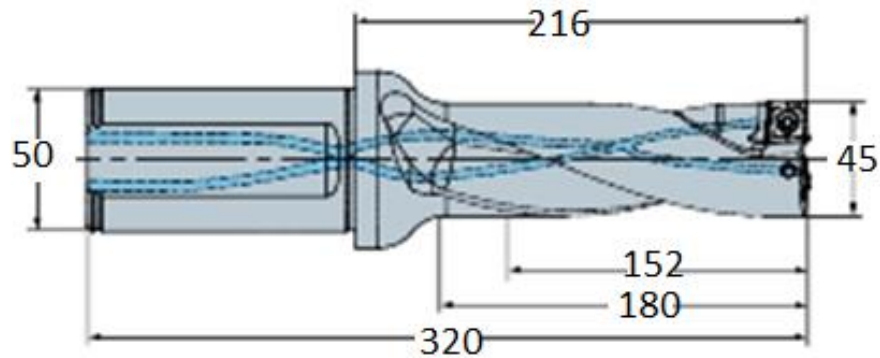


Рисунок 3.21 – сверло Sandvik Coromant CoreDrill 880-D4500L50-04

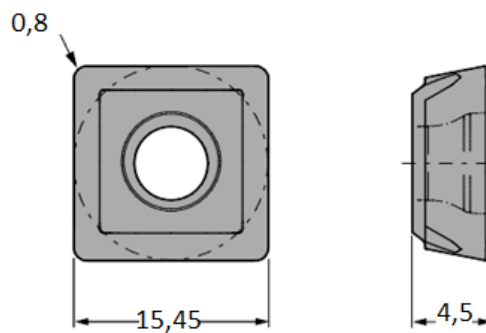


Рисунок 3.22 - Конструктивные параметры СМП

Для обработки поверхности 4 выбираем твердосплавное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1500-113A1-ХМ GC34 (рис. 3.23) и метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M16 F125 (рис. 3.24).

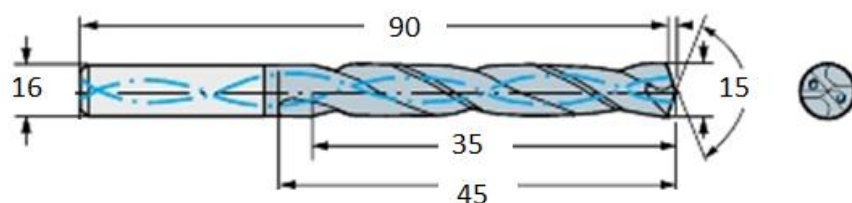
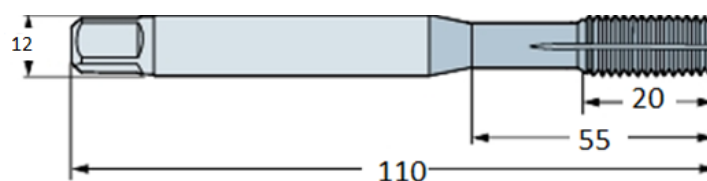


Рисунок 3.23 - сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1500-113A1-ХМ GC34



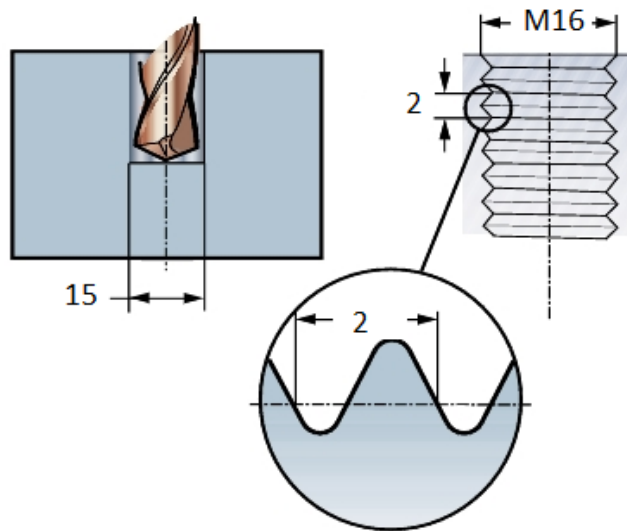


Рисунок 3.24 – Метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M16 F125

Для обработки поверхности 5, 29, 31, 34, 35, 37 и 38 выбираем твердосплавное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1900-143A1-XM GC34 (рис.3.25) и метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T200-XM100DK-1/2 B150 (рис. 3.26).

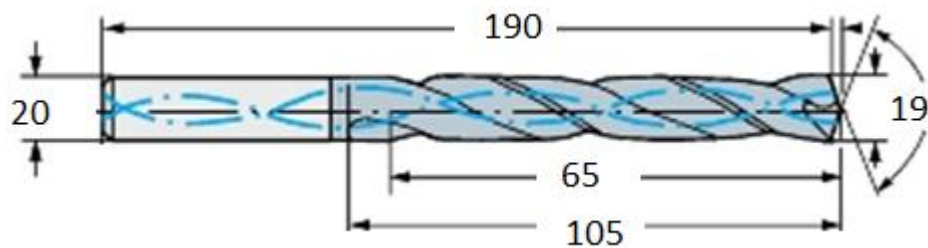


Рисунок 3.25 - сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1900-143A1-XM GC34

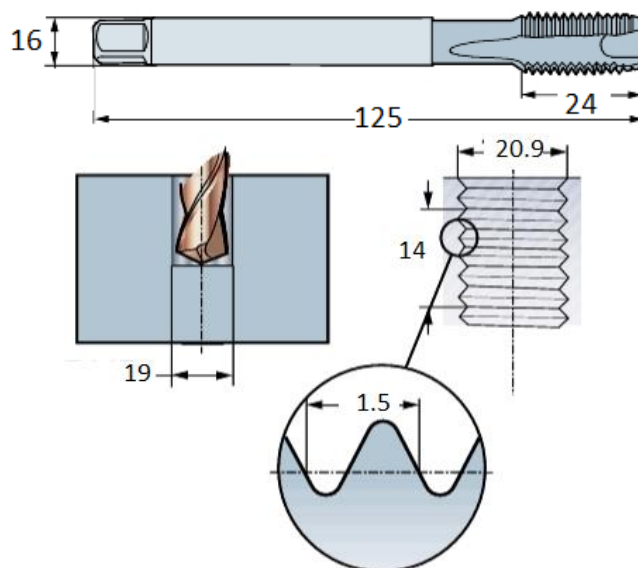


Рисунок 3.26 - метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T200-XM100DK-1/2 B150

Для обработки поверхности 8 выбираем твердосплавное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-0380-029A1-ХМ GC34 (рис. 3.27) и метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M4 F125 (рис. 3.28).

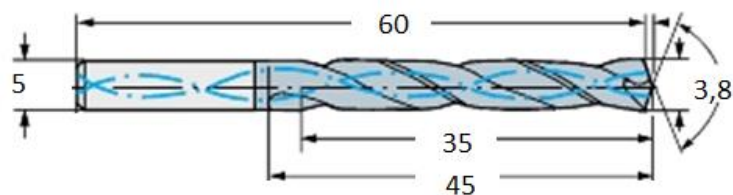


Рисунок 3.27 - Сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-0380-029A1-ХМ GC34

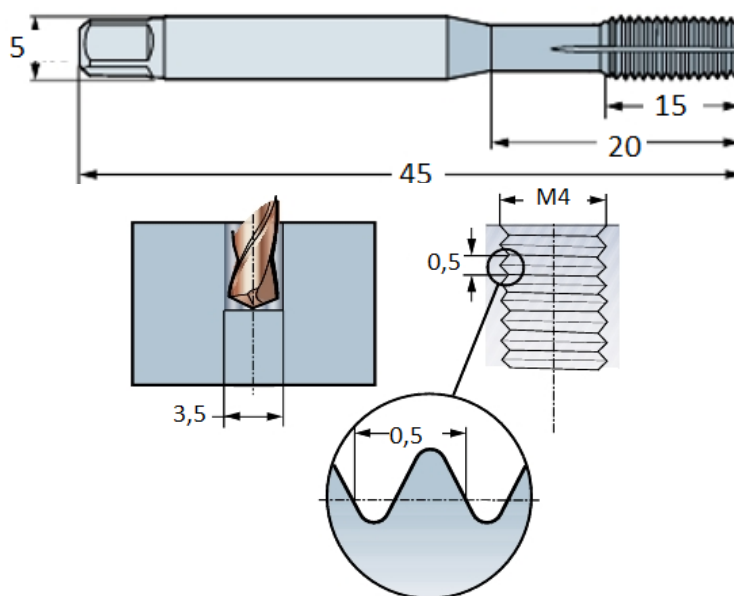


Рисунок 3.28 - Метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M4 F125

Для обработки поверхности 17 выбираем твердосплавное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1700-128A1-ХМ GC34 (рис. 3.29).

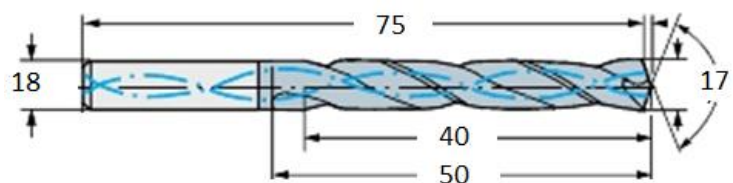


Рисунок 3.29 - Сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1700-128A1-ХМ GC34

Для обработки поверхности 10 выберем сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1100-083A1-ХМ GC34 (рис. 3.30).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

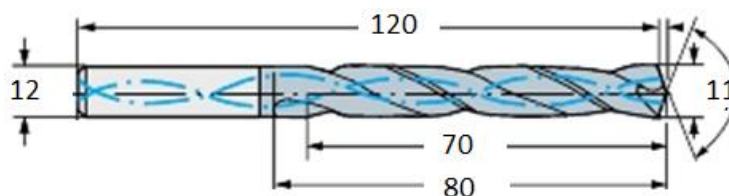


Рисунок 3.30 - сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1100-083A1-XM GC34

Для обработки поверхности 18 выбираем твердосплавное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-1100-083A1-XM GC34 (рис. 3.30) и метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M12 F125 (рис. 3.31).

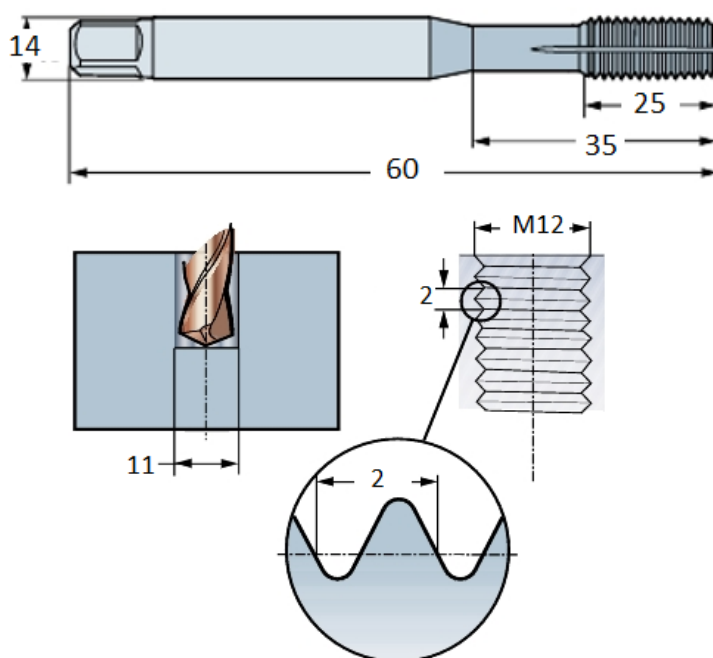


Рисунок 3.30 - метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M12 F125

Для обработки поверхности 19 выберем твердосплавное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-0950-071A1-XM GC34 (рис. 3.31) и метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M10 F125 (рис. 3.32).

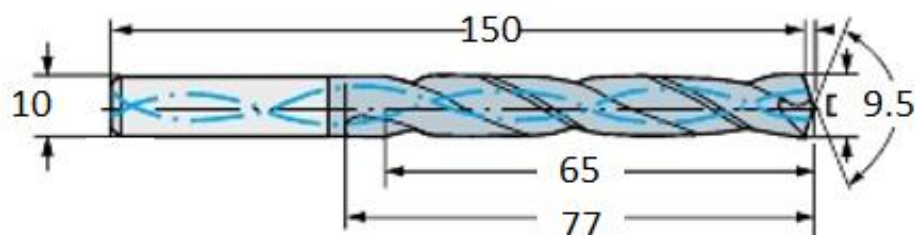


Рисунок 3.31 - сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-0950-071A1-XM GC34

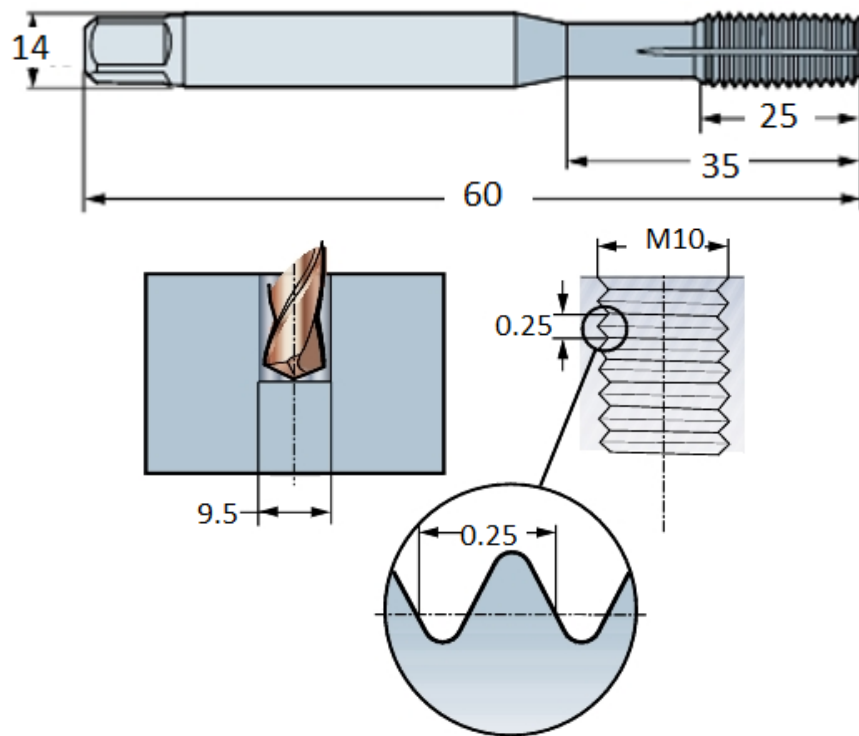


Рисунок 3.32 - метчик раскатник Sandvik Coromant CoroTap T400-PM100DA-M10 F125

Для обработки поверхности 21 выберем твердосплавное сверло Sandvik Coromant CoroDrill 460.1-0950-071A1-ХМ GC34 (рис. 3.30) и развертку коническую 1:50 ГОСТ 2372-0015 (рис. 3.33) [11].

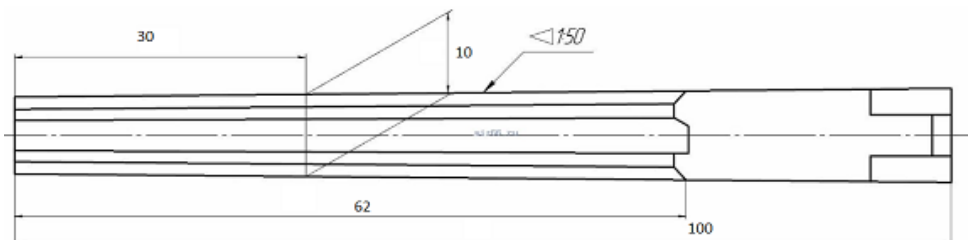


Рисунок 3.33 – развертка коническая ГОСТ 2372-0015

Для обработки поверхности 7 выберем ружейное сверло Sandvik Coromant A428.91-06250-36-205K15 (рис. 3.34).

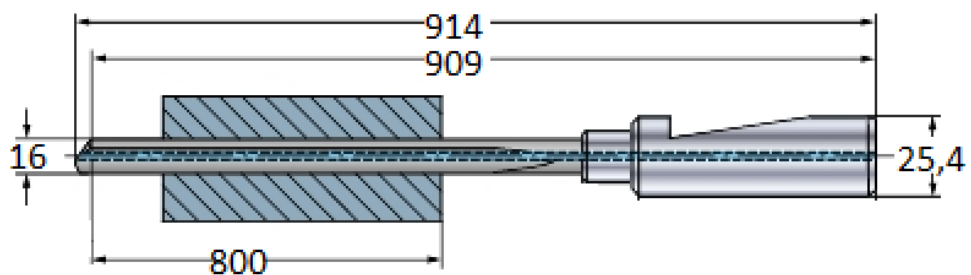


Рисунок 3.34 – Ружейное сверло Sandvik Coromant A428.91-06250-36-205K15

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для обработки поверхности 16 выберем ружейное сверло Sandvik Coromant A428.91-05937-22-205K15 (рис. 3.35).

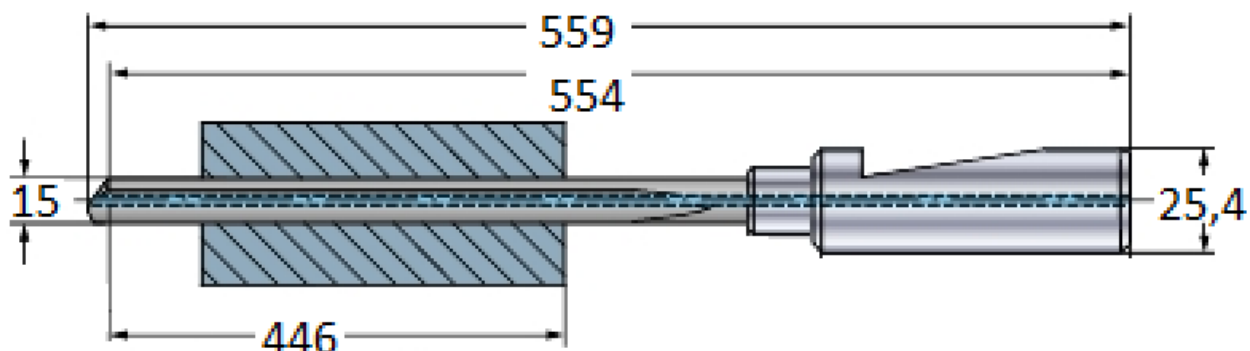


Рисунок 3.35 – Ружейное сверло Sandvik Coromant A428.91-05937-22-205K15

Для обработки поверхности 32 и 33 выберем ружейное сверло Sandvik Coromant A428.91-04062-10-103K15 (рис. 3.36).

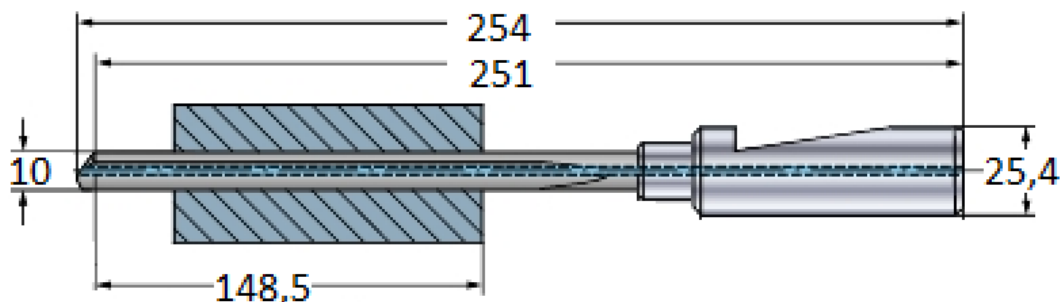


Рисунок 3.36 – Ружейное сверло Sandvik Coromant A428.91-04062-10-103K15

Выбор токарного инструмента:

Для черновой обработки поверхностей 14, 23, 24, 25, 27 и 40 выбираем резец проходной Sandvik Coromant C8-DCLNL-55080-16 (рис. 3.36) с СМП CNMG 160612 NMR T8330 (рис.3.37), для чистовой выбираем резец контурный Sandvik Coromant C8-DDJNR-55080-15 (рис. 3.38) с СМП DNMG 150604 PF 4315 (рис.3.39).

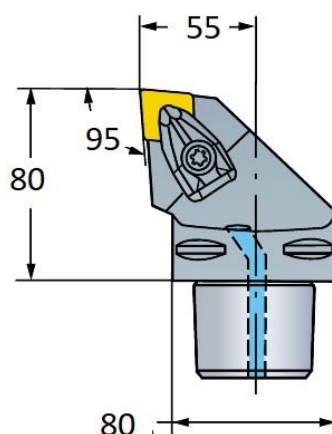


Рисунок 3.36 – Резец проходной Sandvik Coromant C8-DCLNL-55080-16

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

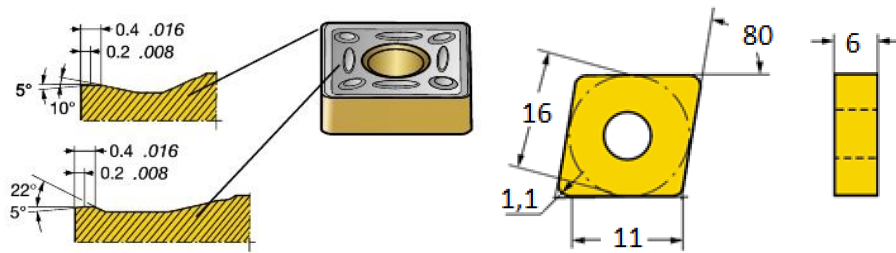


Рисунок 3.37 – СМП CNMG 160612 NMR T8330

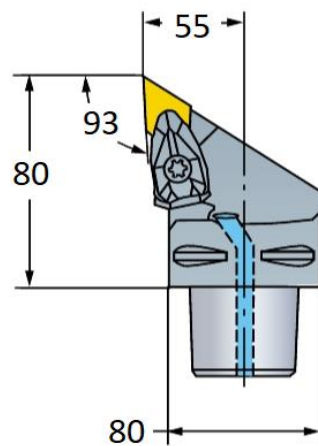


Рисунок 3.38 – резец проходной Sandvik Coromant C8-DDJNR-55080-15

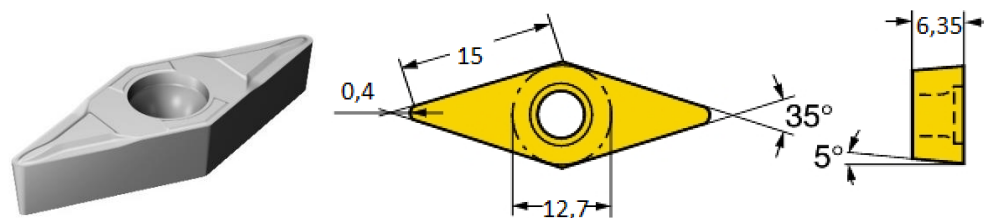


Рисунок 3.39 - СМП DNMG 150604 PF 4315

Для обработки поверхности 26 используем канавочный резец Sandvik Coromant QS-LF123E15C2525E (рис. 3.40) с СМП N123E2-0200-0002-СМ 1145 (рис. 3.41).

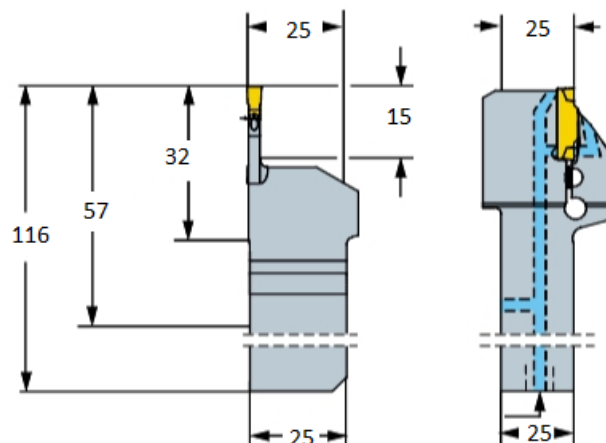


Рисунок 3.40 – Резец канавочный Sandvik Coromant QS-LF123E15C2525E

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

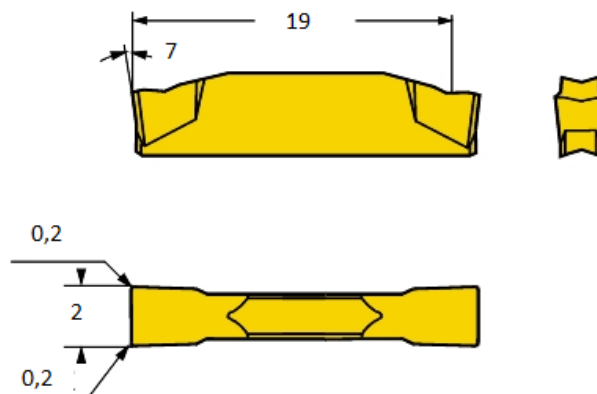


Рисунок 3.41 – СМП N123E2-0200-0002-СМ 1145

Для закрепления инструмента на станке необходимо подобрать технологическую оснастку. Технологическая оснастка закрепляется на шпинделе станка. На выбранном обрабатывающем центре используется редукторный шпиндель с высоким крутящим моментом. Конус шпинделя ISO 50 (рис. 3.42).

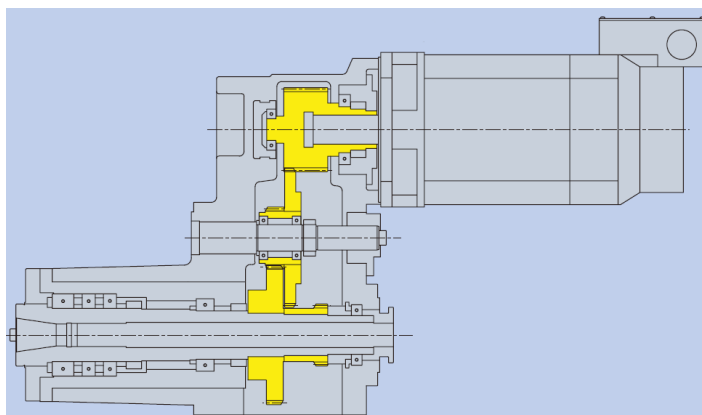


Рисунок 3.42 – Шпиндель центровой BIG PLUS

Для закрепления фрезы, представленной на рисунке 3.11 выбираем оправку Sandvik Coromant A392.54505C5038060 (рис. 3.43).

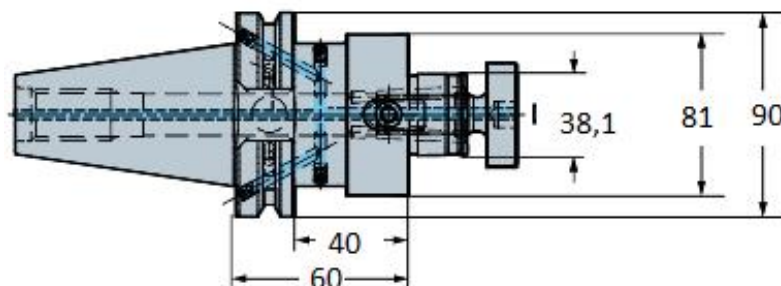


Рисунок 3.43 – Оправка Sandvik Coromant A392.54505C5038060

Для закрепления фрезы, представленной на рисунке 3.13 выбираем оправку Sandvik Coromant A392.54505C5038060 (рис. 3.44).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

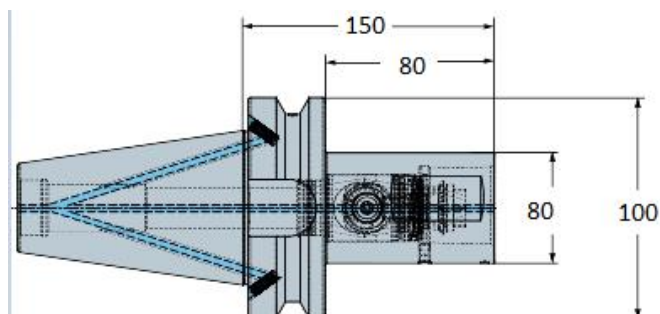


Рисунок 3.44 – Оправка Sandvik Coromant B50-QC-C8-150

Для закрепления фрезы, представленной на рисунке 3.15 выбираем оправку Sandvik Coromant 392.54023-5032090 (рис. 3.45) и переходник Sandvik Coromant B50-QC-C8-115 (рис. 3.46).

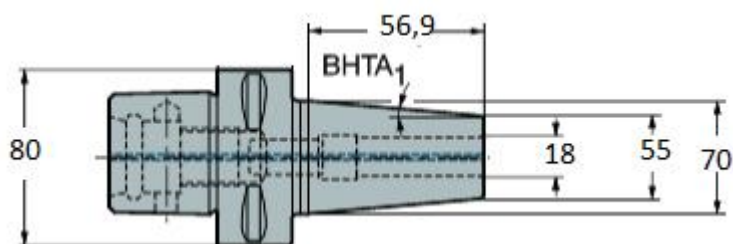


Рисунок 3.45 – Оправка Sandvik Coromant 392.54023-5032090

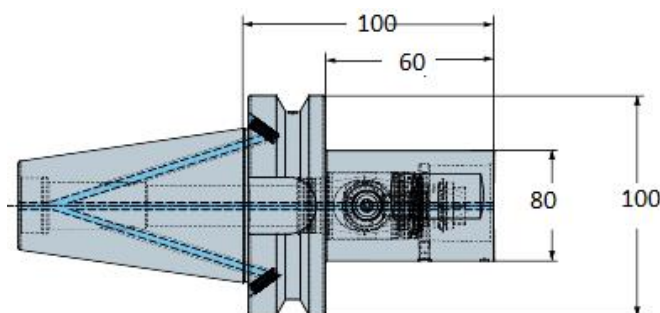


Рисунок 3.46 – Переходник Sandvik Coromant B50-QC-C8-115

Для закрепления фрезы, представленной на рисунке 3.16 выбираем оправку Sandvik Coromant 392.54023-5025085 (рис. 3.47).

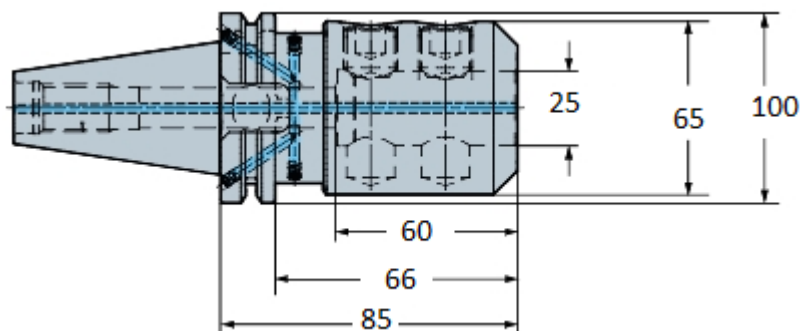


Рисунок 3.47 – Оправка Sandvik Coromant 392.54023-5025085

Для закрепления сверл, представленных на рисунке 3.14 выбираем оправку Sandvik Coromant 392.54023-5032090 (рис. 3.48).

Рисунок 3.48 – Оправка Sandvik Coromant 392.54023-5032090

Для закрепления сверла, представленного на рисунке 3.19 выбираем оправку Sandvik Coromant 392.55823-5050130 (рис. 3.49).

Рисунок 3.49 – Оправка Sandvik Coromant 392.55823-5050130

Для закрепления сверл, представленных на рисунках 3.21, 3.23, 3.25, 3.27, 3.28, 3.30 и развертки на рисунке 3.32 выбираем оправку Seco Tools E3416508516 (рис. 3.50) [12].

Рисунок 3.50 – Оправка Seco Tools E3416508516

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для закрепления метчика, представленного на рисунке 3.22, 3.24, 3.29, 3.31 необходимо использовать цангу Sandvik Coromant 393.14-32D160X120 (рис. 3.51) и оправку Sandvik Coromant 970-I50-32-129 (рис. 3.52).

Рисунок 3.51 – Цанга Sandvik Coromant 393.14-32D160X120

Рисунок 3.52 – Оправка Sandvik Coromant 970-I50-32-129

Для закрепления метчика, представленного на рисунке 3.26 необходимо использовать цангу Sandvik Coromant 393.14-32D050X040 (рис. 3.53) и оправку Sandvik Coromant 970-I50-32-129 (рис. 3.52).

Рисунок 3.53 – Цанга Sandvik Coromant 393.14-32D050X040

Для закрепления ружейных сверл на рисунках 3.33 и 3.34 используем оправку Iscar DIN2080 30 EM25X 63 (рис. 3.54).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

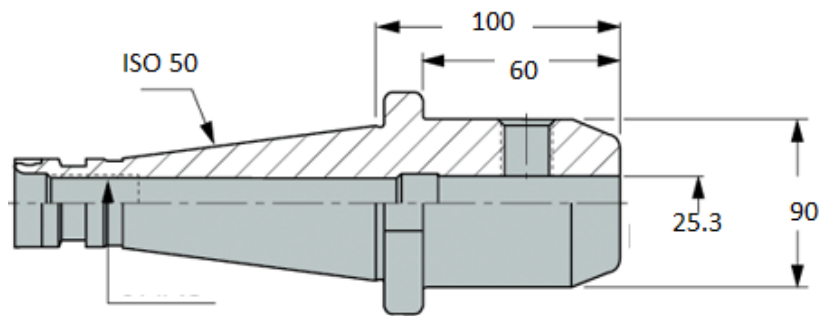


Рисунок 3.54 - Оправка Iscar DIN2080 30 EM25X 63

Для закрепления резцов, представленных на рисунке 3.36 и 3.38 выбираем оправку Sandvik Coromant B50-QC-C8-115 (рис. 3.46). Для закрепления резца, представленного на рисунке 3.40 используем оправку Sandvik Coromant C8-ASHA-075-25HP (рис. 3.55) и оправку Sandvik Coromant B50-QC-C8-115 (рис. 3.46).

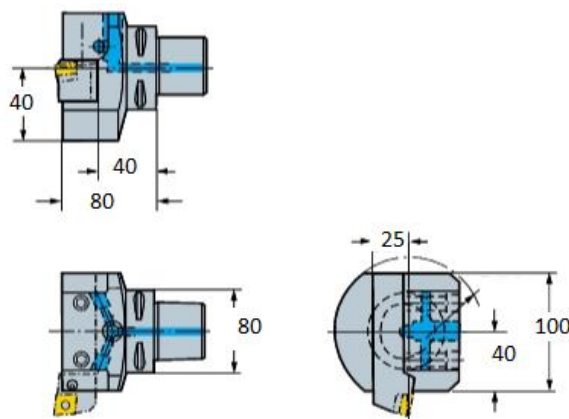


Рисунок 3.55 - Оправка Sandvik Coromant B50-QC-C8-115

3.4 Проектирование и расчёт расточного резца

Для обработки внутреннего диаметра 6 (374 мм) и 13 (376 мм) (рис. 3.1) необходимо спроектировать специальную расточной резец. Происходит чистовое точение стали 20ГЛ.

Спроектированный резец должен соответствовать следующим требованиям, предъявляемым к режущему инструменту в условиях современного производства:

- возможность работы на высоких скоростях резания;
- длительный период стойкости;
- возможность быстрой смены рабочей части;
- рациональное использование инструментального материала;
- обеспечение необходимой точности обработки.

Для выполнения требований, предъявляемых к резцу, выберем конструкцию резца со сменной многогранной пластиной. В нашем случае пластина будет иметь четыре грани и изготавливаться из твёрдого сплава Т5К10. Сплав Т5К10 применяется при точении заготовок с твёрдостью $HВ > 80$.

Определим геометрию режущей части резца. Предполагается, что обработка заготовки будет происходить с закреплением в патроне при жёсткой системе СПИД. Определим параметры проектируемого резца [7, карта 9]:

- задний угол $\alpha = 12^\circ$;
- передний угол $\gamma = 12^\circ$;
- угол наклона режущей кромки $\lambda = -3^\circ$;
- длина фаски $l = 0,4\text{мм}$;
- угол наклона фаски $u = -5^\circ$.

Эскиз передней поверхности резца представлен на рисунке 3.56.

Спроектируем державку.

Резец проектируется для использования в условиях обработки внутренней цилиндрической поверхности, с установкой в расточную оправку 6300-4013-02 ГОСТ 25827, державка будет иметь трапециевидальную посадочную поверхность для возможности установки в паз типа «ласточкин хвост». Эскиз державки представлен на рисунке 3.57.

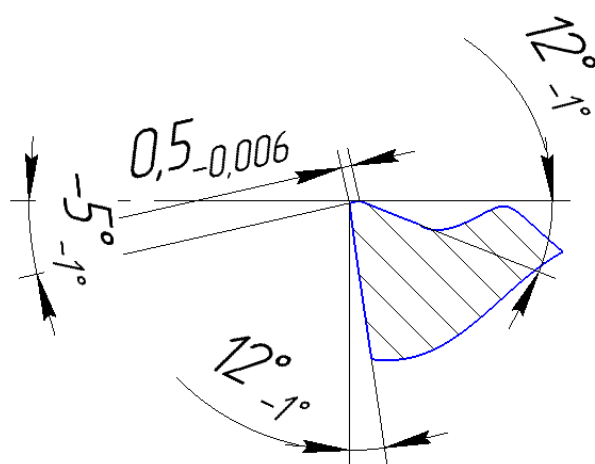


Рисунок 3.56 – Эскиз передней поверхности резца

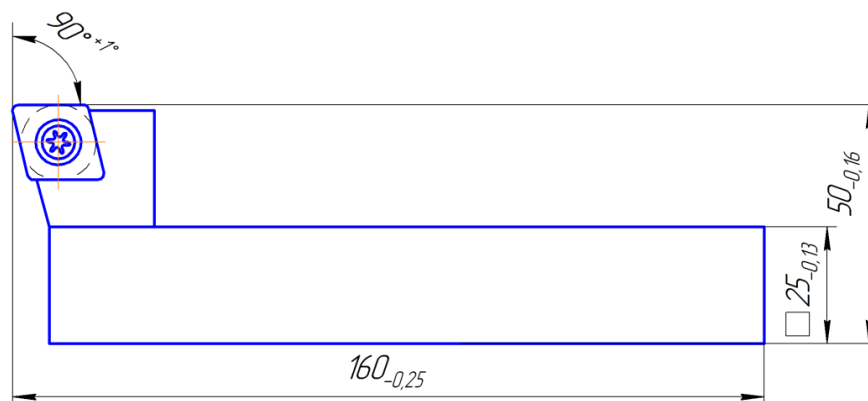


Рисунок 3.57 – Эскиз державки

Определим геометрические параметры сменной пластины.

Выберем ромбическую пластину по ГОСТ 24249-80 с учётом возможности использования для обработки Сталь 20ГЛ ГОСТ 21357-87 и с учётом возможности крепления на выбранной пластине (рисунок 3.58).

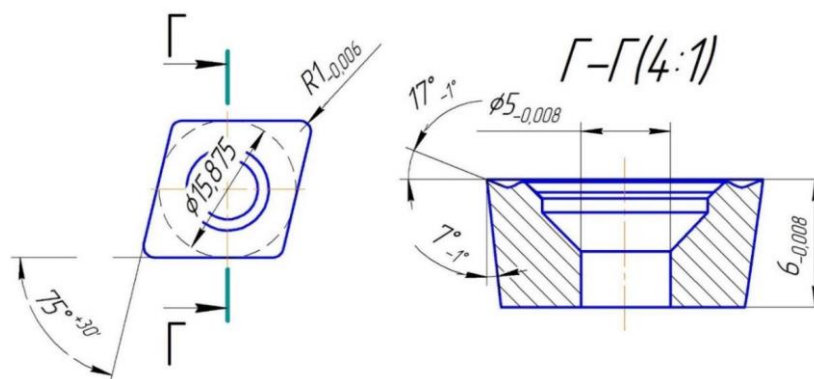


Рисунок 3.58 – Пластина

Наиболее часто применяема схема крепления пластины – крепление винтом. Данная схема проста в использовании и обеспечивает удерживание пластины в гнезде корпуса. Схема базирования представлена на рисунке 3.59.

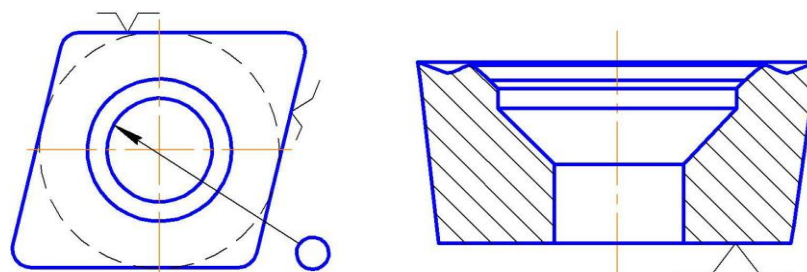


Рисунок 3.59– Схема базирования и закрепления СМП

Необходимо рассчитать эксцентриситет для крепления СМП. Данный способ прост, так как содержит минимальное количество элементов.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СМП устанавливается в корпусе инструмента при повороте винта, заканчивающегося эксцентриком, происходит поджим СМП в угол паза корпуса. Схема эксцентрического закрепления представлена на рисунке 3.60.

Правильное базирование можно обеспечить если точка К контакта эксцентрического штифта и отверстия СМП, ось O_2 эксцентрического штифта и ось O отверстия СМП будут находится на биссектрисе угла ε при вершине пластины. В этом случае направление силы зажима P и перемещение пластины будут направлены по биссектрисе угла ε , совпадающей с линией поджима. Это обеспечит базирование СМП по двум сторонам гнезда.

Поворот эксцентрического штифта осуществляется относительно оси O_1 винта. Устойчивое положение узла крепления достигается при выполнении условия самоторможения, это выполняется, если $\operatorname{tg} \alpha \leq f$ – коэффициент трения в зоне контакта К. Для обеспечения технологичности изготовления гнезда в корпусе, необходимо чтобы ось O_1 винта располагалась на прямой OO_1 , параллельно одной из сторон паза [13].

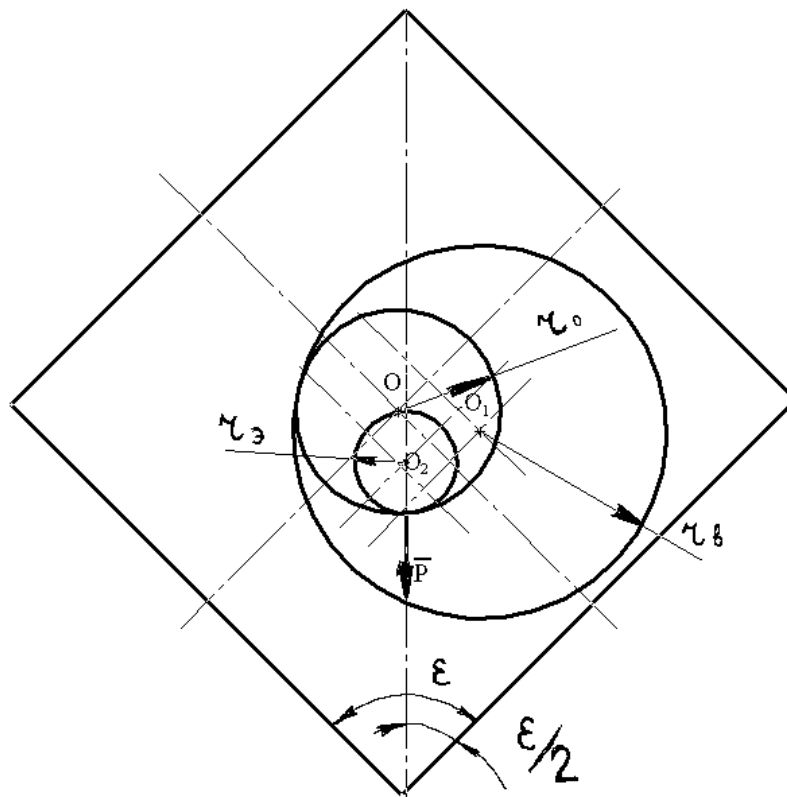


Рисунок 3.60 – Расчётная схема эксцентрического закрепления

Для определённости проектирования примем:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$OO_1 = r_b - r_0$$

Рассмотрим ΔOO_1K :

$$\frac{OK}{\sin[180 - (\alpha + \varepsilon/2)]} = \frac{OO_1}{\sin\alpha}; \quad (3.11)$$

$$\frac{r_0}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} = \frac{r_B - r_0}{\sin\alpha}; \quad (3.12)$$

$$\frac{r_B}{r_0} = 1 + \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} = 1 + \frac{1}{\cos \varepsilon/2 + \frac{\sin \varepsilon/2}{\operatorname{tg}\alpha}} \quad (3.13)$$

Учитывая условия получим соотношение между радиусом винта и радиусом отверстия в СМП:

$$\frac{r_B}{r_0} \leq 1 + \frac{1}{\cos \varepsilon/2 + f^{-1} * \sin \varepsilon/2}; \quad (3.14)$$

$$\frac{r_B}{r_0} \leq 1 + \frac{1}{\cos 37,5^\circ + (0.2)^{-1} * \sin 37,5^\circ} = 1.25; \quad (3.15)$$

$$r_b = 2 \times 1,25 = 2,5 \text{ мм}$$

Величину эксцентриситета O_1O_2 эксцентрикового штифта определим из треугольника $\Delta K O_1O_2$:

$$O_1O_2 = \sqrt{(O_1K)^2 + (O_2K)^2 - 2 * (O_1K) * (O_2K) * \cos\alpha}; \quad (3.16)$$

где

$$\frac{O_1K}{\sin \varepsilon/2} = \frac{OK}{\sin[180 - (\alpha + \varepsilon/2)]} = \frac{OK}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)}; \quad (3.17)$$

$$O_1K = \frac{OK * \sin \varepsilon/2}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)}; \quad (3.18)$$

Подставляя полученные значения в формулу 3.16 и получаем:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$O_1O_2 = \sqrt{r_0^2 * \frac{\sin^2 \varepsilon/2}{\sin^2(\alpha + \varepsilon/2)} + r_3^2 - 2 * \frac{r_0 * r_3}{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \varepsilon/2}}} = \sqrt{4,742 - 4,351}$$

$$= 0.625 \text{ мм}$$

Схема установки пластины в державки с помощью винта с учётом рассчитанного эксцентриситета показана на рисунке 3.61.

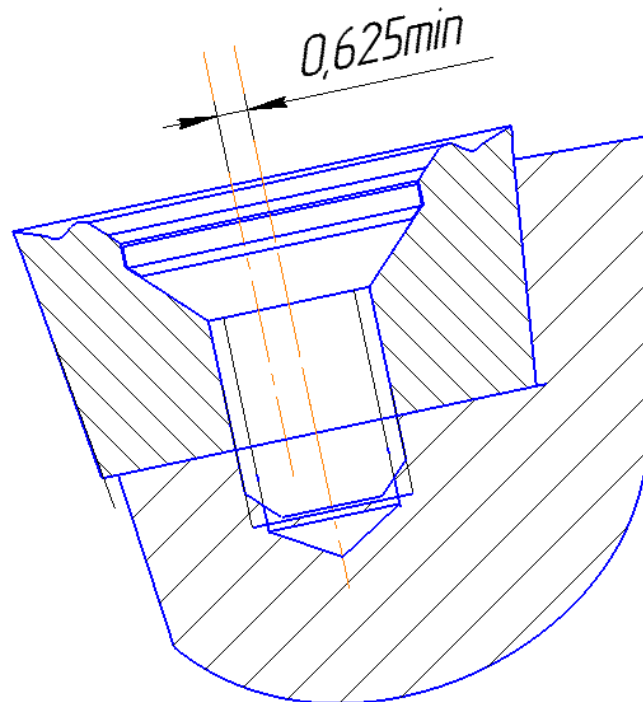


Рисунок 3.61- Схема установки пластины в державки с помощью винта с учётом рассчитанного эксцентриситета

Таким образом, был спроектирован сборный токарный расточной резец, состоящий из сменной ромбической твёрдосплавной пластины, закреплённой в расточной державке с помощью винта с эксцентриситетом, что обеспечивает надёжную работу резца в условиях растачивания заданной внутренней цилиндрической поверхности.

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

На операциях технологического контроля необходимо проконтролировать все требования, проставленные на конструкторском чертеже, от контролируемого

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

параметра и его точности зависит выбор измерительного оборудование. Предпочтителен выбор стандартных контрольных приспособлений, так как это уменьшает себестоимость детали при любом типе производства.

Шероховатость ответственных поверхностей контролируется образцами шероховатости по ГОСТ 9378-93 (рисунок 3.62).

Рисунок 3.62 – Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93

Линейные размеры до 300 мм контролируются штангенциркулем I типа с глубиномером с диапазоном измерений от 0 до 300 мм, с шагом дискретности отсчётного устройства 0,03 мм – ШЦ-I-300-0,03 ГОСТ 166-89 (рисунок 3.63).

Рисунок 3.63 – ШЦ-I-300-0,03 ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89

Линейные размеры до 500 мм контролируются штангенциркулем ШЦ-III-500-0,05 ГОСТ 166-89. Это цифровой штангенциркуль одностороннего III типа с диапазоном измерений от 0 до 500 мм и значением по нониусу 0,05 мм.

Для контроля метрической резьбы в отверстиях используются проходные (Пр) и непроходные (Не) резьбовые пробки ГОСТ 17756 и ГОСТ 17757-72 соответственно (рисунок 3.64).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 3.64 – Проходные и непроходные резьбовые пробки

Для контроля отверстия использовать проходные (Пр) и непроходные (Не) калибры ГОСТ 14815–89 и ГОСТ 14816–89 соответственно (рисунок 3.65).



Рисунок 3.65 – Проходные и непроходные калибры

Деталь «корпус радиально-упорного подшипника» имеет допуски расположения, а именно допуски перпендикулярности и плоскостности поверхностей относительно баз. Так же у детали крупные габариты, что усложняет измерение стандартными контрольными приспособлениями. Поэтому целесообразнее использовать координатно-измерительные машины (КИМ).

На КИМах можно произвести контроль различных отклонений формы и расположений поверхностей, выяснить, где произошёл брак и какое его отклонение от заданных параметров расчётов.

Основными критериями, при выборе контрольно-измерительной машины являются:

- величина рабочей зоны;
- погрешность измерения;
- система координат машины (СМК).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Деталь «корпус радиально-упорного подшипника» имеет простую форму, поэтому целесообразно выбрать КИМ с прямоугольной системой координат. Габариты детали 620x550 мм, исходя из этого КИМ с максимально-допустимым диапазоном измерений должен быть минимум в 2 раза больше размеров детали. Максимальный квалитет точности детали Н7.

Исходя из вышеуказанных параметров подходит контрольно- измерительная машина Carl Zeiss ACCURA MASS 12/18/10 (рис. 3.66).

Рабочая зона X/Y/Z – 1200/1800/1000 мм;

Габариты КИМ – 2197x3140x3550 мм;

Предельное значение погрешности МРЕе, $1.9 + L/300$ мкм;

Максимальная масса детали, 2000 кг.

Данный КИМ имеет оптимальную рабочую зону для корпусной детали, является более дешёвым решением для использования на производстве и имеет оптимально значение предельной погрешности.

Рисунок 3.66 – КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 12/18/10

Основные характеристики КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 12/18/10:

- Измерительная машина портальной конструкции с жёстким столом;
- измерительная поверхность, обработанная по DIN 879;
- лёгкая конструкция портала, выполненная с высокой жёсткостью;
- векторная скорость перемещения 800 мм/сек в режиме High-Speed;
- коррекция САА (Computer Aided Accuracy);
- покрытие алюминиевых частей CARAT обеспечивает долговременное стабильное состояние направляющих портала;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- система линейных измерений из стеклокерамики;
- запатентованное термически нейтральное крепление линейки;
- высокодинамичные привода с автоматическим контролем;
- все оси базируются на воздушных подшипниках;
- пассивное виброгашение благодаря эластомерам;
- стабильность к изменению температуры благодаря технологии F.I [13].

Для осуществления поворота измерительной системы в разных направлениях применим поворотное устройство для датчиков ZEISS RDS (рис. 4.67), которое особенно подходит для измерений на деталях сложной формы, для которых нужно использовать несколько датчиков в разных направлениях. С его помощью можно получить доступ к любому элементу детали, так как у него имеется до 20 736 фиксированных положений с шагом в 2,5 градуса. Это стало возможным за счет горизонтальных и перпендикулярных поворотных осей с диапазоном поворота ± 180 градусов.



Рисунок 4.67 – Поворотное устройство ZEISS RDS

На данную КИМ можно установить датчик ZEISS VAST XTR gold (рис. 4.68). Благодаря встроенной поворотной оси новый датчик ZEISS VAST XTR gold всегда позиционирует щуп в направлении элемента, размеры которого измеряются; он легко входит в зазоры и поэтому достает до нужных мест. Датчик ZEISS VAST XTR gold выполнен на базе датчика ZEISS VAST XT gold. Функция навигационной системы и рабочая функция полностью поддерживаются датчиком ZEISS VAST XTR. Навигационная система ZEISS VAST рекомендует оптимальную скорость

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

измерений для требуемой точности. Рабочая функция VAST позволяет сканировать щупом контуры, имеющие разрывы, без снижения скорости или точности. Ключевая особенность — встроенное поворотное соединение. С его помощью крепление щупа может поворачиваться на нужный угол с шагом в 15 градусов, чтобы всегда вставать под прямым углом к детали. Датчик ZEISS VAST XTR со встроенным поворотным соединением такой же надежный и точный, как и традиционные «стационарные» щупы [11].



Рисунок 4.68 – ZEISS VAST XTR gold

Таблица 4.1 – Технические характеристики измерительной головки

Конструкция	Активный сканирующий датчик
Принцип зондирования	Точечное, сканирование с самоцентрировкой, с навигатором
Усилие зондирования*	Изменяющееся от 0,05 до 1 Н
Диапазон измерений датчика	±1 мм
Диапазон отклонения щупа	x/y ±1,6 мм z ±1,6 мм
Устройство смены щупов	Смена ЧПУ вместе со стойкой для щупа и программой контроллера
Смена вручную через программу (электромагнитное гнездо)	
Удлинения датчиков	-
Вес щупа	макс. 500 г
Длина щупа	макс. 350 мм
Мин. диаметр сферы	0,3 мм

Также подобрали магазин фирмы ZEISS MSR для измерительных наконечников (рис. 4.69).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 4.69 – Магазин для измерительных наконечников ZEISS MSR

Некоторые преимущества данного магазина:

1. Высота устанавливается индивидуально пользователем;
2. Прочная износостойкость конструкции;
3. Измерительные наконечники выведены из зоны, где возможны столкновения;
4. Два уровня стоек с возможностью добавления третьего уровня.

На рисунке 4.70 представлена деталь на столе КИМ, на рисунке 4.71 приведен алгоритм снятия точек программой КИМ.

Рисунок 4.70 – «Корпус радиально-упорного подшипника» на столе КИМ

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 4.71 – Точки измерения КИМ

3.6 Выводы по разделу

1. Для спроектированного технологического процесса была выбрана оснастка, такие приспособления как: опоры, упоры, пальцы и прижимы. Так же была разработана специальная оснастка для 010 операции «Призма».

2. Был подобран режущий инструмент для различных назначений: точение, сверление, фрезерование - основной выбор был сделан из ассортимента компании Sandvik Coromant. Спроектирован расточной резец, подходящий для конкретных условий резания проектного технологического процесса.

3. Контрольный инструмент выбран для всех операций. Для окончательного контроля и измерения допусков расположения, был выбран КИМ Carl Zeiss с дополнительной оснасткой для него.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель автоматизации технологического процесса - увеличение производительности, повышение качества и надежности изготавливаемых изделий. Для получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации проведем анализ проектного варианта технологического процесса.

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника».

При проведении анализа учитываются следующие факторы:

- наличие в технологическом процессе слесарных операций или операций, выполняемых на универсальном оборудовании;
- наличие специальных методов обработки и прерывистость технологического процесса;
- возможность встраивания основного оборудования в гибкую производственную систему (ГПС);
- концентрация переходов на операциях, выполняемых на станках с ЧПУ;
- габаритные размеры и вес детали;
- возможность использования автоматизированных средств загрузки-выгрузки детали в основное оборудование, промежуточный накопитель или тактовый стол, на робокар, основной или промежуточный склад.

В технологическом процессе детали «Корпус радиально-упорного подшипника» нет универсальных и специальных операций, следовательно отсутствует ограничение на применение оборудования с ЧПУ. Притупление кромок, скругление углов и удаление заусенцев обеспечивается в процессе механической обработки. Базирование заготовки происходит по торцам и плоскостям.

Для производства детали используется фрезерный ОЦ Wele LB321 и вертикальный токарно-карусельный ОЦ Pietro Carnaghi AC1600. Преимущества выбранного оборудования:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Имеется числовое программное управление, поэтому оно может работать в условиях ГПС, так же оборудование оснащено системой автоматической уборки отходов из рабочей зоны при помощи СОЖ под давлением и далее, по спиральным шейкам, стружка перемещается в контейнер.

- Имеются модули автоматического открывания – закрывания дверей, которые срабатывают при начале обработки заготовки. Так же вариативность положения дверей может регулироваться с пульта наладчика.

- Присутствует многопозиционный сменщик паллет карусельного типа, рассчитанный на 6 позиций. Точность размещения паллеты обеспечивается четырьмя коническими штифтами.

- На станке установлен автоматический сменщик инструмента, который включает в себя датчики для наладки и диагностики работы оборудования и режущего инструмента. Мониторинг результатов с датчиков производится на экране консоли оператора наладчика.

В проектном технологическом процессе присутствуют многооперационные обработки с ЧПУ с оптимальным подбором режущего инструмента. Поэтому переходы на операциях механической обработки сконцентрированы.

Для создания типового или группового технологического процесса необходимо классифицировать детали, подлежащие обработке. Классификация деталей проводится в два этапа:

1. Первичная классификация – разделение деталей по конструктивно-технологическим признакам.

2. Вторичная классификация – группирование деталей с одинаковыми или несущественно отличающимися признаками классификации.

Первичная классификация:

- габаритные размеры: 563x660x740 мм;
- материал: Сталь 20ГЛ (ГОСТ 21357-87);
- вид детали по технологическому методу изготовления: литье;
- самый точный класс обработки: 6;
- наименьшая шероховатость Ra 1,6;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- вид обработки: растачивание, фрезерование, сверление, развертывание, нарезание резьб.

Вторичная классификация: 732111

73 - деталь не тело вращения, корпусные;

2 – корпусные с поверхностью разъема;

1 - Одной параллельной базе;

1 -С плоской осн. базой, не совмещенной с поверхностью разъема;

1 – Одним сквозным.

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Проведенный анализ возможности автоматизации показал, что проектный вариант технологического процесса обработки детали «Корпус радиально-упорного подшипника» возможно частично автоматизировать. Присутствие человека необходимо на участке мойки, контроля, а также для управления краном -штабелером.

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а также определения более рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках. Для этого осуществим планировку станочной и складской систем комплекса. Затем выполним анализ графов, он сводится к визуальному определению компоновки с наименьшими пересечениями материальных потоков, что должно обеспечить наименьшее число и время перемещений транспортного механизма. Первый вариант расположения оборудования представлен на рисунке 4.1.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

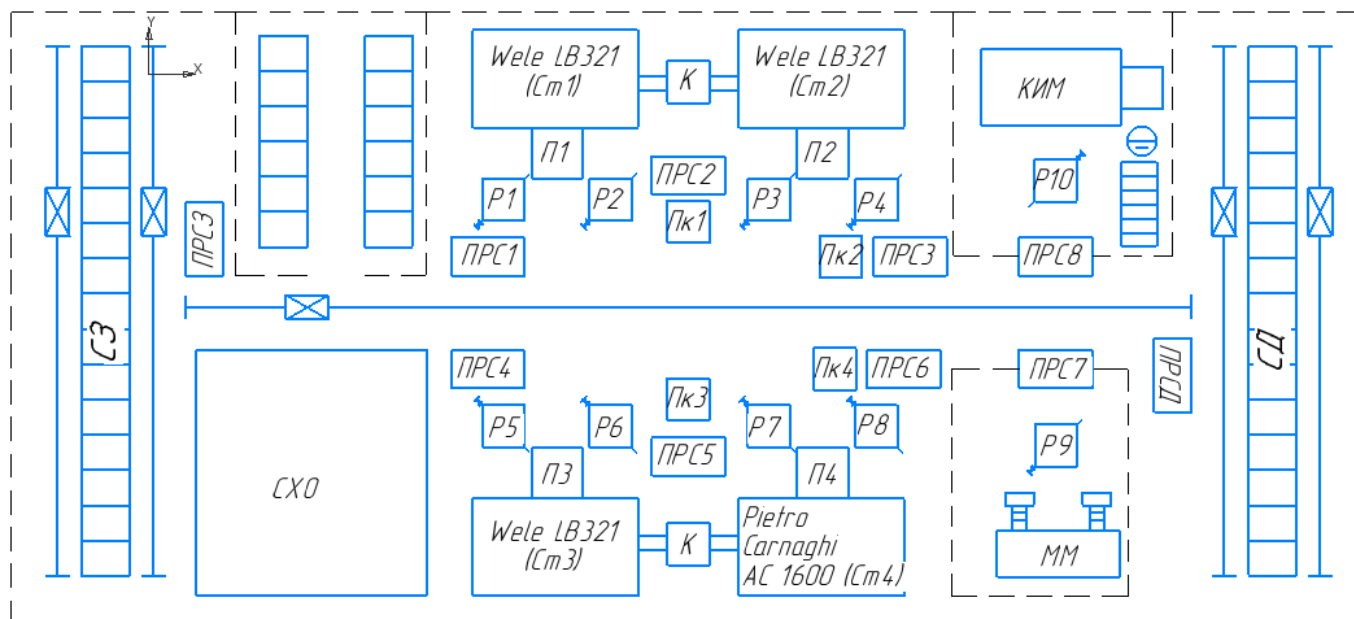


Рисунок 4.1 – Первая схема расположения оборудования

Заготовка со склада СЗ поступает на подготовительно-раздаточный стол для заготовок ПРСЗ. При помощи крана-штабелера заготовка отправляется на подготовительно-раздаточный стол ПРС1, откуда робот P1 перемещает её на паллетный перегружатель П1 и далее в станок Ст1. После обработки, заготовка перемещается на станок Ст2, двумя роботами P2 и P3, которые перехватывают паллету на столе ПРС2. Каждая 4я заготовка вместо отправляется на промежуточный контроль ПК1. После обработки на станке Ст2, кран-штабелер перемещает паллету со стола ПРС3 на стол ПРС4 и аналогичным образом происходит перемещение заготовки. После окончательной обработки, деталь краном-штабелером со стола ПРС6 попадает на стол ПРС7, откуда робот P9 отправляет её в моечную машину ММ. После возврата детали на стол ПРС7, кран-штабелер перемещает её на стол ПРС 8, где на КИМ производятся измерения. После успешной проверки, деталь отправляется на подготовительно-раздаточный стол для деталей ПРСД и кран перемещает её на склад деталей СД.

После разработки схемы, необходимо понять, какой путь пройдет заготовка от склада до склада. Для этого изобразим схематично перемещение заготовки в виде графа (рис. 4.2) и матрицы (табл. 4.1).

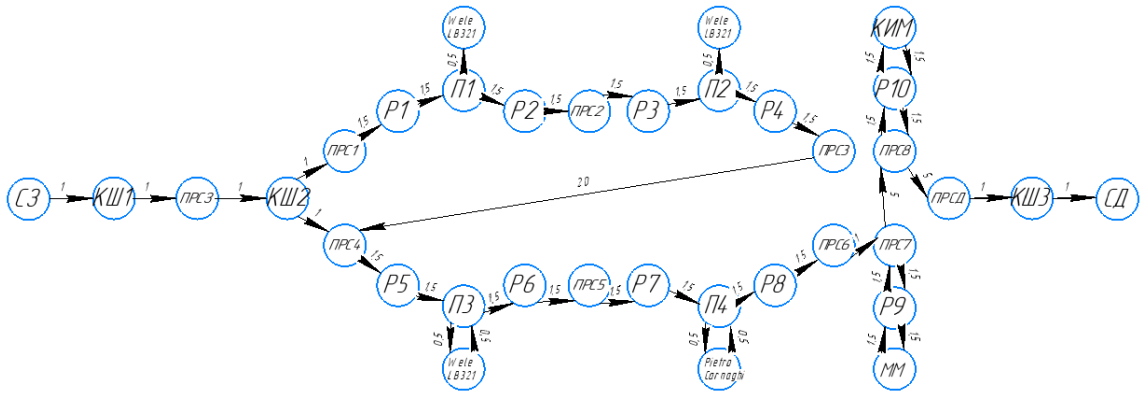


Рисунок 4.2 – Граф перемещений для 1 схемы расположения

Таблица 4.1 - Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Оборудование к которому движется зог	Оборудование от которого движется зог																																			
	С3	КШ1	ПРС3	КШ2	ПРС1	П1	Wele LB Cm1	П2	ПРС2	П3	П2	Wele LB Cm2	П4	ПРС3	ПРС4	П5	Wele LB Cm3	П6	ПРС5	П7	П4	Pietro Car Cm	П8	ПРС6	ПРС7	П9	ММ	ПРС8	П10	КИМ	ПРС9	КШ3	СД			
С3	1																																			
КШ1		1																																		
ПРС3			1																																	
КШ2				1																																
ПРС1					1																															
П1						1																														
Wele LB321 Cm1							1																													
П2								1																												
ПРС2									1																											
П3										1																										
Wele LB321 Cm2											1																									
П4												1																								
ПРС3													1																							
ПРС4														1																						
П5															1																					
П3																1																				
Wele LB321 Cm3																	1																			
П6																		1																		
ПРС5																			1																	
П7																				1																
Wele LB321 Cm4																					1															
П8																						1														
ПРС6																							1													
ПРС7																								1												
П9																									1											
ММ																										1										
ПРС8																											1									
П10																												1								
КИМ																													1							
ПРС9																														1						
КШ3																															1					
СД																																1				

Необходимо составить вторую схему, которая будет отличаться от первой тем, что оборудование будет расположено по ходу выполнения технологического процесса. На рисунке 4.3 представлена вторая схема, на рисунке 4.4 изображен граф перемещений и матрица в таблице 4.2.

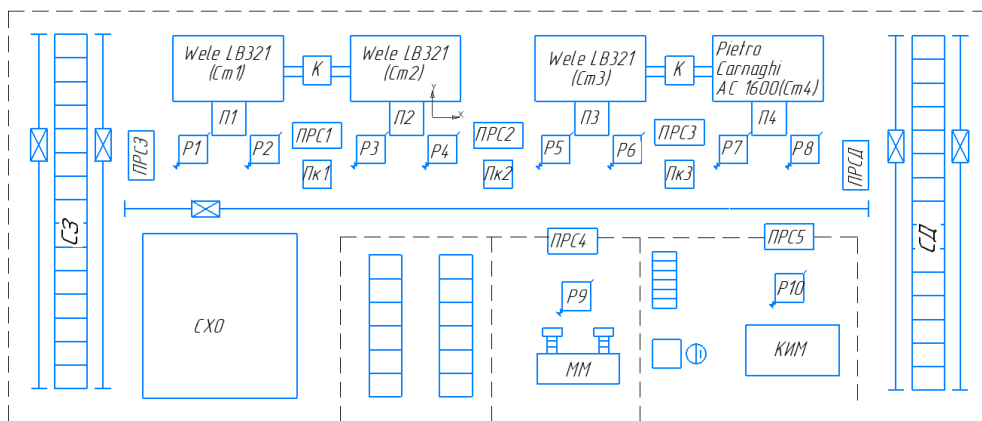


Рисунок 4.3 – Вторая схема расположения оборудования

Заготовка со склада СЗ поступает на подготовительно-раздаточный стол для заготовок ПРСЗ, откуда робот Р1 перемещает её на паллетный перегружатель П1 и далее в станок Ст1. После обработки, заготовка перемещается на станок Ст2, двумя роботами Р2 и Р3, которые перехватывают паллету на столе ПРС2. Аналогичным образом происходит перемещение заготовки до станка Ст4. После окончательной обработки, деталь краном-штабелером со попадает на стол ПРС4, откуда робот Р9 отправляет её в моечную машину ММ. После возврата детали на стол ПРС4, кран-штабелер перемещает её на стол ПРС5, где на КИМ производятся измерения. После успешной проверки, деталь отправляется на подготовительно-раздаточный стол для деталей ПРСД и кран перемещает её на склад деталей СД.

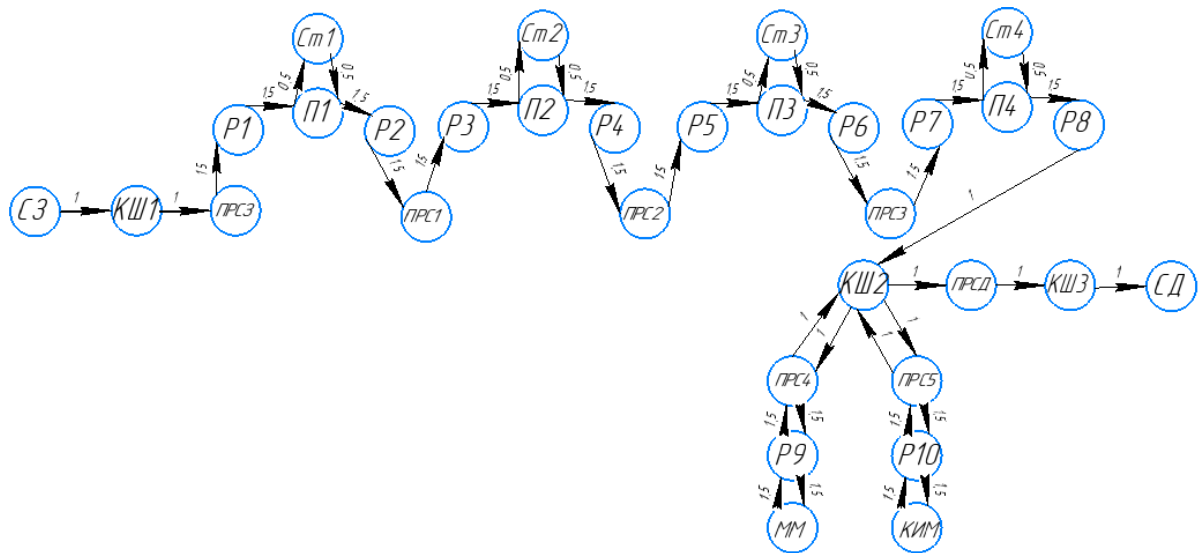


Рисунок 4.3 – Граф перемещений для 2 схемы расположения

Таблица 4.2 - Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

Оборудование к которому движется заг.	Оборудование от которого движется заг.																																		
	СЗ	КШ1	ПРСЗог	КШ2	ПРС1	Р1	П1	Welle LB Ст1	Р2	ПРС2	Р3	П2	Welle LB Ст2	Р4	ПРС3	ПРС4	Р5	П3	Welle LB Ст3	Р6	ПРС5	Р7	П4	Pietro Car Ст4	Р8	ПРС6	Р9	ММ	Р10	КИМ	ПРСдет	КШ3			
	Расстояние в прямом транспортном средстве в метрах																																		
КШ1	1																																		
ПРСЗог		1																																	
КШ2																																			
ПРС1																																			
Р1			15																																
П1																																			
Welle LB Ст1																																			
Р2																																			
ПРС2																																			
Р2																																			
П2																																			
Welle LB Ст2																																			
Р4																																			
ПРС3																																			
ПРС4																																			
Р5																																			
П3																																			
Welle LB Ст3																																			
Р6																																			
ПРС5																																			
Р7																																			
П4																																			
Pietro Car Ст4																																			
Р8																																			
ПРС6																																			
Р9																																			
ММ																																			
Р10																																			
КИМ																																			
ПРСдет																																			
КШ3																																			
СД																																			

Проанализировав две схемы и посчитав результат суммарного перемещения получаем:

1. Для первой схемы $\sum S = 59$ м.
2. Для второй схемы $\sum S = 46$ м.

Принимаем вторую схему расположения оборудования, так как длина пути транспортировки детали при этом варианте наименьшая.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы.

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей заданной номенклатуры осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле 4.1:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \text{ станка} \quad (4.1)$$

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

Средний такт выпуска деталей определяется по формуле 4.2:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_0 K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \text{ мин} \quad (4.2)$$

где, Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ч; $K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени ($K_{\text{исп}} = 0,85$); $N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, 2000 шт. - серийное производство.

$$\Phi_0 = (365 - 118) * 8 * 1 = 1976 \text{ ч}$$

где, 365 – количество дней в году; 118 - количество не рабочих дней; 8 – количество рабочих часов за смену; 1 – количество рабочих смен.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 1976 \cdot 0,85}{2000} = 56 \text{ мин.}$$

Расчет количества оборудования по формуле 4.1:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{222}{56} = 3,96 \approx 4 \text{ станка}$$

Максимальное число деталиустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, определим по формуле 4.3:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N}, \text{ шт} \quad (4.3)$$

где $\Phi_{\text{ст}}$ – месячный фонд отдачи станка, ч ($\Phi_{\text{ст}} = 160$ ч); $n_{\text{ст}}$ – число станков, входящих в ГПС; $t_{\text{об}}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин; N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя в формулу, получим:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 160 \cdot 4}{360 \cdot 166} = 6,6 \text{ шт}$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{\text{наим}}$, поэтому принимаем $K_{\text{наим}} = 7,3$.

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле 4.4:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \text{ шт} \quad (4.4)$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч; $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 160$ ч.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N, \text{ шт} \quad (4.5)$$

где, N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{\text{наим}}$, шт. Подставляя в формулу 4.5 получим:

$$K_{\text{дет}} = 7,3 \cdot 166 = 1217 \text{ шт.}$$

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

Подставляя в формулу 4.4, получим:

$$n_{\text{поз}} = \frac{1217 \cdot 30}{160 \cdot 60} = 4 \text{ шт.}$$

В производстве, как правило, первая деталиустановка, а затем каждая n-я проходят контроль. В ГАП это осуществляется на специально-оборудованных позициях контроля. При этом контроль детали осуществляется после обработки на каждом из станков ГПУ. Число деталиустановок n, через которое деталь выводится на плановый контроль, устанавливает технолог. Вместе с тем, наладчик, который отвечает за качество обрабатываемых деталей, может вызывать на контроль любую деталь в промежутке обрабатываемых деталей, заданном технологом. Такая необходимость возникает, например, в момент обработки поверхности первый раз после плановой установки нового инструмента и после замены инструмента, выработавшего ресурс стойкости.

Необходимое число позиций контроля $n_{\text{поз.к}}$ в ГПС рассчитывается по формуле 4.6:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_k \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \text{ шт} \quad (4.6)$$

где t_k – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин;

$K_{\text{дет.к}}$ – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \text{ шт} \quad (4.7)$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;

n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \text{ шт} \quad (4.8)$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.; $n_1=4$;

k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2); $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$.

Подставляя в формулу 4.7 – 4.8, получим:

$$n = \frac{4}{1,15 \cdot 1,05} = 3,3 \approx 4 \text{ шт};$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{1217}{4} = 305 \text{ шт.}$$

Время контроля одной деталиустановки определяется по формуле:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i} \text{ мин}, \quad (4.9)$$

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

Для расчетов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса) можно принимать равным $t_{\text{п}} = 5$ мин; Время окончательного контроля всех поверхностей детали $t_{\text{к.ок}} = 30$ мин.

Подставляя в формулу 4.6 – 4.9, получим:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_k = 5 + 30 = 35 \text{ мин};$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{35 \cdot 305}{160 \cdot 60} = 0,5 \approx 1 \text{ шт.}$$

Кран-штабелер, расположенный со стороны склада, должен передавать ящик с заготовками с общего склада на приёмно-раздаточные столы и обратно.

Рассчитаем суммарное время $T_{\text{обсл}}$ работы крана со стороны станков по формуле 4.10:

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} \cdot t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} \cdot t_{\text{ст-ст}}}{60}, \text{ мин} \quad (4.10)$$

где $K_{\text{стел-ст}}$ – число перемещений между стеллажом и столами; $K_{\text{ст-ст}}$ – число перемещений между столами; $t_{\text{стел-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стеллажа на стол и обратно, мин; $t_{\text{ст-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стола на стол, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника ($t_{\text{стел-ст}}$ или $t_{\text{ст-ст}}$) равно по формуле 4.11:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2, \text{ мин} \quad (4.11)$$

где t_1 – время отработки кадра "Подойти и взять спутник", мин; t_2 – время отработки кадра "Подойти и поставить спутник", мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}}, \text{ мин} \quad (4.12)$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}}, \text{ мин} \quad (4.13)$$

где t_k – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ штабелера, мин; $t_{\text{под}}$ – время подхода штабелера к заданной точке, мин; $t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять спутник", мин; $t_{\text{п.с}}$ – то же "Поставить спутник", мин.

Время t_k колеблется в пределах $t_k = 1,5 \dots 10$ с; время $t_{\text{в.с}} = t_{\text{п.с}} = 0,15 \dots 0,25$ мин [8]. Время подхода штабелера к заданной точке по формуле 4.14:

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \text{ мин} \quad (4.14)$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения штабелера по осям X и Y, м;
 V_x и V_y – соответственно скорость перемещения штабелера по осям x и y, м/мин.
 Для расчетов можно принимать: $V_x = 60$ м/мин; $V_y = 6$ м/мин.

Подставляя в формулы 4.10 – 4.14, получим:

$$t_{\text{под}} = \frac{10}{60} + \frac{3}{6} = 1,1 \text{ мин};$$

$$t_1 = 0,1 + 1,1 + 0,2 = 1,4 \text{ мин};$$

$$t_2 = 0,2 + 1,1 + 0,4 = 1,7 \text{ мин};$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2 = 1,4 + 1,7 = 3,1 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обсл}} = \frac{2 \cdot 3,1 + 4 \cdot 3,1}{60} = 0,6 \text{ мин.}$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, можно определить по формуле 4.15 число штабелеров для выполнения этой работы:

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{шт}}}, \text{ шт} \quad (4.15)$$

где $\Phi_{\text{шт}}$ – фонд работы штабелера, ч.

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{0,6}{0,15} = 3 \text{ шт.}$$

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется три роботизированных крана-штабелера.

Для обеспечения функционирования в малолюдном или безлюдном режиме в структуре ГПС должны быть предусмотрены вспомогательные системы и участки. Вспомогательные системы ГПС служат для подготовки заготовок и

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

полуфабрикатов для последующей обработки, обеспечения основного оборудования режущим инструментом, осуществления входного, промежуточного и окончательного контроля и обеспечения своевременного удаления отходов производства. На проектируемом автоматизированном участке имеется система автоматизированного контроля. САК служит для проведения входного, промежуточного (межоперационного) и окончательного контроля размерно-геометрических параметров заготовок, полуфабрикатов, деталей, обеспечения диагностирования процессов и оборудования при выполнении ТП.

Для обеспечения функционирования гибкой производственной системы в автоматизированном режиме предусмотрена вспомогательная автоматизированная система уборки отходов (АСУО). Система представляет собой установленный в поддоне станка конвейер, который перемещает стружку из поддона в накопительный бак для стружки. Заполненный стружкой бак меняется на пустой бак с помощью кран-штабелера. АСУО сокращает количество контактов персонала с отходами и поднимает культуру производства на более высокий уровень.

Так же для функционирования ГПУ необходима автоматизированная транспортно-складская система (АТСС). АТСС представляет собой комплекс устройств, предназначенных для размещения, хранения, транспортирования, погрузки и разгрузки, технологической оснастки и т.п. Функции АТСС выполняет монорельсовый кран-штабелёр.

Для загрузки и разгрузки заготовки используем промышленный робот манипулятор Kawasaki VX200L (рисунок 4.4).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						118
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 4.4 – Промышленный робот манипулятор Kawasaki BX200L

Технические характеристики выбранного робота представлены на рисунке 4.5:

Тип запястья: Классическое запястье

Количество осей робота: 6

Достигаемость: 2590 мм

Грузоподъемность: 200 кг

Точность \ повторяемость : 0.2 мм

Вес манипулятора: 930 кг

Страна-производитель: Япония

Рисунок 4.5 – технические характеристики робота

Для обеспечения перемещения роботом детали «Корпус радиально-упорного подшипника» ему необходим рабочий орган, именуемый в производстве вилочные захваты, который представлены далее на рисунке 4.6.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 4.6 – Вилочные захваты

4.4 Проектирование паллетного перегружателя

Что бы организовать непрерывную подачу заготовок, следует спроектировать оборудование, которое будет перемещать заготовки с накопителя и возвращать обратно, после обработки. На рисунке 4.7 изображена принципиальная схема паллетного перегружателя.

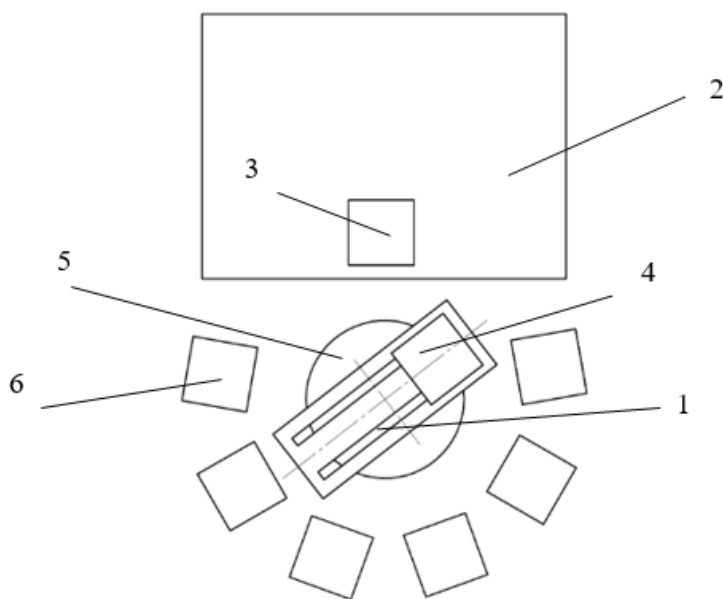


Рисунок 4.7 - Принципиальная схема паллетного перегружателя

По направляющему рельсу 1 передвигается каретка с захватом 4. Устройство забирает заготовку с паллетой 6 и при помощи поворотного устройства 5 перемещает её в ОЦ 2 на стол 3. Данная схема имеет ряд достоинств:

- малая занимаемая площадь;

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- простота конструкции;
- низкая стоимость наладки и установки.

Разберем возможные движения компонентов системы (рисунок 4.9 и 4.10).

Рисунок 4.9 – Возможные движения компонентов системы (вид сверху)

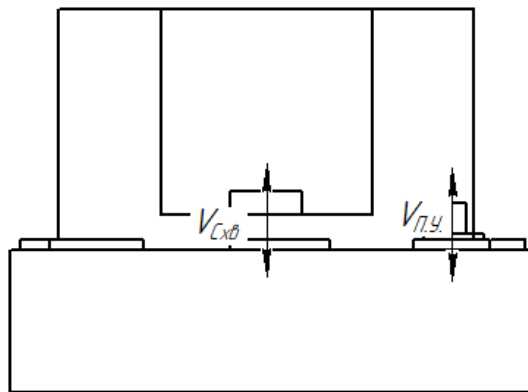


Рисунок 4.10 – Возможные движения компонентов системы (вид спереди)

1. Движение каретки является поступательным (поперечным), ограничено двумя координатами +700 и -700, задача каретки состоит в том, чтобы подвозить устройство для захвата паллеты и передаче на стол станка. На рисунке 4.1 направление его скорости обозначено как $V_{кар}$. Так же соответственно $V_{кар}$ имеются скорости $V_{пал}$, поскольку передаточное устройство перемещает паллеты в соответствии со своим приводом.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Движение поворотного устройства является вращательным, поворачивается на угол в зависимости от расположения заготовки, а также поворотный стол имеет поступательные движения для поднятия паллеты со стойки и стола станка. Задача поворотного устройства менять паллеты с заготовкой на паллеты с готовой деталью. На рисунке 4.1 и 4.2 направление скоростей поворотного устройства обозначено как $V_{п.у.}$. Так же соответственно $V_{п.у.}$ имеются скорости $V_{пал.}$, поскольку поворотное устройство перемещает паллеты в соответствии со своим приводом.

3. Движение паллет $V_{пал.}$, как было сказано выше, соответствует $V_{п.у.}$, $V_{кар}$ в определенные периоды времени соответствуя циклограмме (табл.4.3);

4. Поднятие и опускание паллет осуществляется при помощи схвата, со скоростью $V_{схв.}$

В таблице 4.3 согласно рисунку 4.11 представлена циклограмма работы паллетного перегружателя, движение начинается из 0 позиции:

К ст. – движение к станку;

К поз. №N – движение к позиции № N;

К 0 – движение к позиции 0.

Рисунок 4.11 – Рабочие позиции перегружателя

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4.3 – Циклограмма работы перегружателя

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Время, с	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	55	60	65	70	75	80
Поворот устройства, $V_{пу}$	■				■							■				
Перемещение каретки по тележке, $V_{кар.}^{**}$		+		-		+		-	+		-		+		-	
Движение схвата, $V_{схв.}$			+				-			+					-	
Примечания *	К поз. 1			К станку			К 0			К поз. 1			К 0			

Продолжение таблицы 4.3

№ интервала	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Время, с	85	90	95	100	105	110	115	120	130	135	140	145	150	155	160
Поворот устройства, $V_{пу}$	■				■							■			
Перемещение каретки по тележке, $V_{кар.}^{**}$		+		-		+		-	+		-		+		-
Движение схвата, $V_{схв.}$			+				-			+					-
Примечания *	К поз. 2			К станку			К 0			К поз. 2			К 0		

Продолжение таблицы 4.3

№ интервала	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Время, с	165	170	175	180	185	190	195	200	210	215	220	225	230	235	240
Поворот устройства, $V_{пу}$	■				■							■			
Перемещение каретки по тележке, $V_{кар.}^{**}$		+		-		+		-	+		-		+		-
Движение схвата, $V_{схв.}$			+				-			+					-
Примечания *	К поз. 3			К станку			К 0			К поз. 3			К 0		

Продолжение таблицы 4.3

№ интервала	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Время, с	245	250	255	260	265	270	275	280	290	295	300	305	310	315	320
Поворот устройства, $V_{пу}$															
Перемещение каретки по тележке, $V_{кар.}^{**}$		+		-		+		-	+		-		+		-
Движение схвата, $V_{схв.}$			+				-			+				-	
Примечания *	К поз. 4			К станку				К 0		К поз. 4				К 0	

Продолжение таблицы 4.3

№ интервала	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Время, с	325	330	335	340	345	350	355	360	370	375	380	385	390	395	400
Поворот устройства, $V_{пу}$															
Перемещение каретки по тележке, $V_{кар.}^{**}$		+		-		+		-	+		-		+		-
Движение схвата, $V_{схв.}$			+				-			+				-	
Примечания *	К поз. 5				К станку			К 0			К поз. 5			К 0	

Окончание таблицы 4.3

№ интервала	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Время, с	405	410	415	420	425	430	435	440	450	455	460	465	470	475	480
Поворот устройства, $V_{пу}$															
Перемещение каретки по тележке, $V_{кар.}^{**}$		+		-		+		-	+		-		+		-
Движение схвата, $V_{схв.}$			+				-			+				-	
Примечания *	К поз. 6			К станку				К 0		К поз. 6				К 0	

После разработки принципиальной схемы, необходимо спроектировать модели составляющих частей. На рисунках 4.12 – 4.18 представлены комплектующие перегружателя.

Рисунок 4.12 – 3D модель станка

Рисунок 4.13 – 3D модель накопителя

Рисунок 4.14 – 3D модель направляющих рельс

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						125
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 4.14 – 3D модель каретки

Рисунок 4.15 – 3D модель поворотного устройства

Рисунок 4.16 – 3D модель поворотного устройства в сборе

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						126
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 4.17 – 3D модель паллеты с заготовкой

После установки всех компонентов была получена модель паллетного перегружателя вместе с ОЦ. Разработанная 3D модель представлена на рисунке 4.18.

Рисунок 4.18 – Разработанная 3D модель паллетного перегружателя

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						127
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.5 Базирование заготовки и готовой детали в промышленном роботе и промежуточном накопителе.

На схеме базирования (рисунок 4.19) представлены поверхности, по которым происходит базирование в паллетах для хранения и перемещения в них заготовки.

Рисунок 4.19 – Схема базирования заготовок в паллетах

Промышленный робот имеет вилы, в виде двух прямых балок, которые поднимают заготовку вместе с паллетой, как показано на рисунке 4.20.

Рисунок 4.20 – Схема базирования заготовок в схвате робота

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «Корпус радиально-упорного подшипника». Схема базирования заготовки на 010 операции с ЧПУ изображена на рисунке 4.21. Схема базирования заготовки на 020 операции с ЧПУ изображена на рисунке 4.22. Схема базирования заготовки на 040 операции с ЧПУ изображена на рисунке 4.23. Схема базирования заготовки на 050 операции с ЧПУ изображена на рисунке 4.24.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						128
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 4.21 – Схема базирования заготовок на 010 операции

Рисунок 4.22 – Схема базирования заготовок на 020 операции

Рисунок 4.23 – Схема базирования заготовок на 040 операции

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						129
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 4.24 – Схема базирования заготовок на 050 операции

4.6 Вывод по разделу

1. Был произведен анализ возможных направлений по автоматизации технологического производства и выявлено, что можно частично автоматизировать производство. Сравнение двух приведенных схем планировки показало, что лучше всего использовать схему с расположением оборудования по ходу выполнения технологического процесса, т.к. расстояние транспортировки заготовки наименьшее.

2. Произведен расчет и выбор оборудования, который показал необходимое количество устройств, для выполнения работы системы. Выбранное оборудование позволит успешно выполнять действия по транспортировке заготовки по цеху.

3. Спроектированный специальный паллетный перегружатель. Он позволит уменьшить подготовительно-заключительное время на обработку, что положительно скажется на общем времени технологического процесса.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Данный раздел предназначен для подробного рассмотрения планировки участка, выбранного в разделе 4. Рассматривается полный цикл обработки детали от стадии заготовки до готовой продукции. Необходимо также учесть требования охраны труда, и расположить на участке противопожарное оборудование.

5.1 Разработка планировки участка механической обработки

Участок механической обработки детали «Корпус радиально-упорного подшипника» включает в себя: склад заготовок, приёмо-раздаточные столы – 1, 3, краны-штабелёры - 2, склад режущих инструментов – 4 и склад станочных приспособлений – 5 с участка подготовки производства (УПП) – 6, промышленных роботов Kawasaki VX200L - P, паллетный перегружатель – П, станки, моечную машину - ММ, участок автоматизированного контроля (УАК), склад хранения отходов (СХО), средства техники безопасности и средств для функционирования оборудования.

Заготовка детали «Корпус радиально-упорного подшипника» на межцеховом транспорте поступает из склада заготовок литейного цеха на склад заготовок механического участка. Через магистральный проезд заготовки доставляют на приёмо-раздаточной стол заготовок – 1, с помощью крана-штабелёра – 2 заготовки помещают на стеллажный склад заготовок. Инструменты и оснастка хранятся на участке подготовки производства и доставляются к станку при помощи крана-штабелера.

В соответствии с технологическим процессом заготовки поступают на 010 комплексную операцию с ЧПУ на приёмо-раздаточный стол – 3. Со стола с помощью промышленного робота – P заготовка «корпуса радиально-упорного подшипника» устанавливается на паллетный перегружатель – П, который имеет в себе накопитель на 6 единиц деталей, откуда схват перемещает заготовку на станок WELE LB321. После обработки промышленный робот снимает заготовку со станка и устанавливает на второй приёмо-раздаточный стол, находящийся около станка. Каждая 4-я деталь попадает стол промежуточного контроля – ПК. Аналогичным

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						131
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

образом, заготовка проходит ещё через 2 станка. Далее робот транспортирует заготовку на приёмо-раздаточный стол, принадлежащий вертикальному токарно-карусельному станку Pietro Carnaghi AC1600. Промышленный робот устанавливает заготовку на паллетный перегружатель, откуда она попадает на станок и после обработки снимает, устанавливая на накопитель и робот перемещает деталь на приёмо-раздаточный стол.

После окончательной механической обработки кран-штабелер транспортирует деталь на участок мойки, а затем на участок автоматизированного контроля. После измерения деталь поступает на склад готовой продукции, здесь она так же, как и на складе заготовок, при помощи крана-штабелёра перемещается на стеллажный склад готовой продукции.

В соответствии с требованиями безопасности, на участке находится пожарный открытый щит – ЩПО, ящик с песком – ЯП и прочие средства техники безопасности – СТБ. Рядом с ними находится аптечка. На схеме показаны подводы электроэнергии, сжатого воздуха и средств охлаждения, которые необходимы для работы оборудования.

5.2 Вывод по разделу

В данном разделе была разработана планировка участка по ходу технологического процесса, описано движение заготовки до состояния конечной продукции. Учтены нормы охраны труда и средства пожарной безопасности и показан подвод необходимых систем, для функционирования оборудования.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						132
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

дной из основных форм деятельности человека является трудовая деятельность, осуществляющаяся в производственных условиях. В процессе выполнения работы работники взаимодействуют с различными элементами производственной среды: предметами и орудиями труда, средствами производства, состоянием микроклимата. Этому нужно уделить внимание, так как от этого зависит жизнь рабочего.

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

Организационно-методическую работу по управлению охраной труда на предприятии, подготовку управленческих решений и контроль за их выполнением осуществляет служба охраны труда. Правовой основой системы управления охраной труда являются законодательство о труде, нормативные правовые акты, содержащие требования по охране труда. Отклонение от требований охраны труда устанавливаются с помощью функции контроля, а устранение причин отклонений является функцией регулирования (управления).

По вопросам безопасности должны проводиться следующие виды инструктажей:

- вводный инструктаж;
- первичный на рабочем месте;
- повторный инструктаж;
- внеплановый инструктаж;
- целевой инструктаж.

Вводный инструктаж проводится для вновь поступающих на предприятия рабочих, инженерно-технических работников, командированных, учащихся для прохождения практики.

Первичный инструктаж проводится непосредственно на рабочем месте для всех принятых рабочих и инженерно-технических работников, а также переведённых из другого участка, с одной работы на другую, с одного вида оборудования на другой (и при временном переводе).

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						133
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Повторный инструктаж проводится один раз в 6 месяцев по программе инструктажа на рабочем месте.

Внеплановый инструктаж проводится в следующих случаях:

- при изменении правил по охране труда;
- изменении технологического процесса;
- замене и модернизации оборудования, средств защиты и т.п.;
- нарушении работниками правил, а также после длительного перерыва в работе.

Целевой инструктаж проводится с работниками перед производством работ, на которые оформляется наряд-допуск. Целевой инструктаж проводится при выполнении разовых работ (погрузочно-разгрузочные работы, работы по ликвидации аварий и т.п.).

Безопасность производственных процессов в основном определяется безопасностью технологического оборудования, которое должно обеспечивать безопасность работников при монтаже, вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований, предусмотренных эксплуатационной документацией.

Для поддержания параметров микроклимата на уровне, необходимом для обеспечения комфортности и жизнедеятельности, применяют вентиляцию помещений, где человек осуществляет свою деятельность. Оптимальные параметры микроклимата обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры - обычными системами вентиляции и отопления.

К нормируемым параметрам микроклимата относятся:

- температура воздуха;
- влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Эти параметры микроклимата не должны выходить за пределы нормативных величин установленных СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						134
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

микроклимату производственных помещений». Предельные их значения приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Категория работ по энергозатратам, Вт	Температура воздуха, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	16	21-24	15-75	0,1
Теплый	16	22-25	15-75	0,3

Выполнение этих норм осуществляется путём проведения следующих мероприятий:

1. В тёплое время за счёт вентиляции;
2. В холодное время за счёт вентиляции, отопления.

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Защита от поражения электрическим током или электробезопасность включает в себя систему организационных и технических мероприятий, технических способов и средств, обеспечивающих безопасные условия труда работающих с технологическим оборудованием и ручным инструментом, использующим электрическую энергию, с целью сокращения электротравматизма до приемлемого (и ниже) уровня риска.

Электробезопасность персонала обеспечивается конструкцией электроустановок, организационными и техническими мероприятиями, а также техническими способами, средствами и приспособлениями.

Организационные мероприятия включают в себя: требования к персоналу (возраст, медицинское освидетельствование, обучение, проверка знаний и др.); назначение лиц, ответственных за организацию и производство работ; оформление наряда (распоряжения) на производство работ; осуществление допуска к проведению работ; организацию надзора за проведением работ.

Технические мероприятия в действующих установках со снятым напряжением при работах в электроустановках или вблизи их – это отключение

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						135
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

установки (или ее части) от источника; механическое запираание приводов отключающих коммутационных аппаратов; снятие предохранителей; отсоединение концов питающих линий; установка знаков безопасности и ограждений; применение заземления и др.

Технические мероприятия при выполнении работ под напряжением включают в себя применение изолирующих, ограждающих и вспомогательных защитных средств. На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности. Так как для питания электрооборудования применяются трехфазные четырехпроводные цепи с глухо заземлённой нейтралью напряжением 380/220В необходимо:

1. Изолировать токоведущие части, что защищает электроустановки от чрезмерной утечки токов, предохраняет людей от поражения током и исключает возникновение пожаров;
2. сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения;
3. применять двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции и дополнительной, повышающей надёжность работы, то есть защищающей человека от поражения при повреждении изоляции;
4. зануление, обеспечивающее быстрое отключение повреждённой установки или участка цепи максимальной токовой защиты вследствие короткого однофазного замыкания;
5. заземление нейтрали, обеспечивающее невозможность появления напряжения относительно земли на корпусе машины;
6. использование изолирующего трапа.

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий, предотвращающих возникновение пожара и системой пожарной защиты, обеспечивающей успешную борьбу с возникшим пожаром или последствиями взрыва. Предотвращение пожара достигается комплексом профилактических мер, исключая образование горючей среды, источников зажигания, поддержание

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						136
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

температуры горючей среды ниже максимально допустимой до горючести и давления в горючей среде ниже максимально допустимого до горючести и др.

Предотвращение образования горючей среды обеспечивается регламентацией допустимых концентраций горючих газов, паров и взвесей в воздухе, а также кислорода или других окислителей. Изоляция горючей среды обеспечивается максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, применением для пожароопасных веществ герметизированного оборудования и тары.

Предотвращение распространения пожара обеспечивается устройством противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, занавесов и т.п.), 3 применением средств, предотвращающих или ограничивающих розлив и растекание жидкостей при пожаре.

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают в себя:

- организацию обучения персонала и граждан правилами пожарной безопасности;
- разработку норм и правил по пожарной безопасности, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, поведении людей при возникновении пожара.

Эксплуатационные мероприятия предусматривают соответствующую эксплуатацию оборудования, содержание зданий и территорий. Технические меры заключаются в соблюдении противопожарных норм при сооружении зданий, устройстве отопления и вентиляции, выборе и монтаже оборудования, устройстве грозозащиты и защиты от статического электричества.

Режимные мероприятия направлены на ограничение или запрещение разведения огня, производства электро- и газосварочных работ, а также курение в неустановленных местах. Для своевременного оповещения о времени и месте пожара и принятия мер по его ликвидации применяется пожарная сигнализация.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						137
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей ведётся в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартная технологическая оснастка и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой расчётно-графическую работу, в которой обобщаются все технологические познания и навыки, приобретённые за время обучения. Здесь анализируется действующий технологический процесс, выявляются его недостатки, и разрабатывается проектный вариант технологического процесса.

Для проектного варианта технологического процесса было использовано основное технологическое оборудование – обрабатывающий центр с ЧПУ Wele LB321 и Petro Carnaghi AC1600. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции.

В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка, рассчитана специальная оснастка (призма) и режущий инструмент, был рассчитан специальный режущий инструмент (резец расточной), а также спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование.

Была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали «Корпус радиально-упорного подшипника». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования. Были указаны меры и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						138
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шашин, В. Д. Нефтяная промышленность СССР / В.Д. Шашин - М.; 1971-322с.
2. ГОСТ Р 54806-2011. Насосы центробежные. Технические требования. Класс I. - Москва: Изд-во стандартов, 2011 – 35-38 с.
3. Руденко, А. В. Новое насосное оборудование производства АО “Сумский завод “Насосэнергомаш” (Группа ГМС) для транспорта нефти и нефтепродуктов / А. В. Руденко // PETROLEUM. – 2014. – №4. – С. 60-62.
4. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И. А. Кулыгина – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 93 с.
5. Шамин, В. Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Учебное пособие. – 2-е изд., перер. и доп./ В. Ю. Шамин – Челябинск; Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 429 с.
6. Шуляк, В.С. Литье по газифицированным моделям / В.С. Шуляк – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 408 с.
7. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Москва.: Машиностроение 2007. – 368 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением – М.: Экономика, 1990.
9. Мясников, Ю. И. Проектирование технологической оснастки: Учеб. пособие [для вузов по направлению 552900 и 120200] / Ю. И. Мясников; Челяб. гос. техн. ун-т, Каф. технологии машиностроения. - Челябинск: Изд-во Челяб. гос. техн. ун-та, 1996 - 83с.
10. Каталог режущего инструмента фирмы Sandvik Coromant 2019 г.
11. ГОСТ 11177-84. Развертки ручные конические конусностью 1:50 с цилиндрическим хвостовиком - Москва: Изд-во стандартов, 1984 – 35с.
12. Каталог режущего инструмента фирмы Seco Tools 2019 г.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						139
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

13. Шаламов, В. Г. Теория проектирования режущего инструмента Текст лекций В. Г. Шаламов; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2003. – 155с.

14. Каталог координатно-измерительной техники Karl Zeiss 2019 г.

15. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 97 с.

16. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.

17. Каширин, Н.А. Технологическая документация при выполнении дипломных и курсовых проектов: Учебное пособие. Компьютерная версия. / Н.А. Каширин, И.М. Морозов, В.А. Батуев. – 2-е изд., перер. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 74 с.

18. СТО ЮУрГУ 21-2008 Стандарт организации. Система управления качеством образовательных процессов. Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению. Введен 01.09.2008. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56с.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.000	Лист
						140
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		