

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Гринценко А.Ю.
17 мая 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

30.05. В.И. Гузеев
2017 г.

Обеспечение эффективности технологического процесса изготовления детали
«Кронштейн» для условий конкурентоспособного производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ.150405.2017.375 ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент, к.т.н.

18.05 В.Л. Кулыгин
2017 г.

Автор работы,
студент группы П-261

17 мая Е.М. Уварова
2017 г.

Нормоконтролер

30.05. Т.В. Стефанова
2017 г.

АННОТАЦИЯ

Уварова Е. М. Обеспечение
 эффективности технологического процесса
 изготовления детали «Кронштейн» для
 условий конкурентоспособного производства.
 – Челябинск: ЮУрГУ, П-261, 109 с., 47 ил., 23
 табл., библиогр. список – 8 наим., 2 прил.

В ходе выпускной квалификационной работы был произведен анализ действующего технологического процесса изготовления детали «Кронштейн», произведен выбор способа получения заготовки проектного варианта технологического процесса, выбрано основное и вспомогательное технологическое оборудование, рассчитаны режимы резания. нормы времени и себестоимость, разработана схема гибкого производственного участка, выбрано оборудование для функционирования автоматизированной системы, разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса, выбран стандартный режущий инструмент для, оформлена документация технологического процесса.

Произведено обеспечение требований безопасности проектного варианта технологического процесса.

В ходе анализа были выделены основные критерии оценки технологически процессов для условий конкурентоспособного производства.

ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ ВКР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разраб.		Уварова Е.М.		17.05	
Провер.		Кульгин В.Л.		17.05	
Реценз.					
Н. Контр.		Сталецова Г.В.		28.05	
Утверд.		Гузев В.И.		30.05	
Обеспечение эффективности технологического процесса детали «Кронштейн» для условий конкурентоспособного производства					
			Лит.	Лист	Листов
				6	109
			ЮУрГУ Кафедра ТАМ		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	11
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	11
1.2 Служебное назначение детали типа 17-01-100 «Кронштейн» и технические требования, предъявляемые к детали.....	12
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения.	12
1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы, её актуальность в современных производственных условиях	14
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	16
2.1 Анализ существующей конструкторско-технологической подготовки действующего производства.....	16
2.1.1 Отработка конструкции детали на технологичность.....	16
2.1.2 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса	18
2.1.3 Анализ пооперационных схем базирования и технологической оснастки	19
2.1.4 Выводы по анализу действующего производства.....	24
2.2 Выбор вида организации производства для проектных вариантов.	25
2.3 Выбор вида технологического процесса для проектных вариантов	26
2.4 Разработка проектного варианта №1 технологического процесса изготовления детали «Кронштейн»	27
2.4.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	27
2.4.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	29
2.4.3 Формирование операционно – маршрутной технологии первого проектного варианта технологического процесса.....	37

2.4.4	Размерно – точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	41
2.4.5	Расчет режимов резания, норм времени и себестоимости на все операции проектного варианта технологического процесса	44
2.5	Разработка проектного варианта №2 технологического процесса изготовления детали «Кронштейн»	65
2.5.1	Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	65
2.5.2	Выбор основного технологического оборудования.....	65
2.5.5	Выводы по разделу	77
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	79
3.1	Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки для проектного варианта №1	79
3.2	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента для проектного варианта №1	80
3.3	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля для проектного варианта № 1	83
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА №1	86
4.1	Анализ возможности направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.....	86
4.1.1	Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций	86
4.1.2	Возможность встраивания основного оборудования в ГПС.....	87
4.1.3	Концентрация переходов на операциях механической обработки	87
4.1.4	Габаритные размеры детали	87
4.1.5	Наличие поверхностей для захвата промышленным роботом .	87
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.	88

4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы.....	90
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе.....	96
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы.....	98
5	ОРГАНИЗАЦИОННО – ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ	100
5.1	Разработка планировки участка механической обработки, встроенного в основной цех, с учетом возможности его автоматизации для проектного варианта №1 технологического процесса	100
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ.....	102
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.....	102
6.2	Мероприятия по электробезопасности	103
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности	104
7	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПРОЕКТИРОВАННЫХ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВЫВОДЫ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	105
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:	109
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	110
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	111

ВВЕДЕНИЕ

Последнее время производство детали «Кронштейн» растет. Это связано с тем, что завод изготовитель – ЧТЗ – УРАЛТРАК расширяет свое производство и применяет эти детали в военном производстве. .

Цель выпускной квалификационной работы – изучить действующий технологический процесс обработки детали «Кронштейн», а также спроектировать два новых проектных варианта с целью повышения эффективности и конкурентоспособности производства.

Задачи выпускной квалификационной работы – выбор способа получения заготовки, разработка плана и методов механической обработки поверхностей детали с указанием последовательности технологических операций, выбор основного технологического оборудования, расчет режимов резания, норм времени и себестоимости, выбор технологической оснастки и приспособлений, анализ автоматизации технологического процесса, выбор автоматизированного оборудования, разработка планировки механического участка, оформление документации технологического процесса.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Блок пускового агрегата (рисунок 1.1) предназначен для запуска дизельного двигателя.

Блок пускового агрегата состоит из:

13 – опора; 19 – кронштейн; 21 – валик; 23 – корпус распределительных шестерен; 25 – шестерня; 26 – корпус сапуна; 28 – крышка; 32 – головка цилиндров; 35 – крышка; 37 – заглушка; 40 – крышка; 44 – шестерня; 45 – защита; 46 – вал; 50 – заглушка.

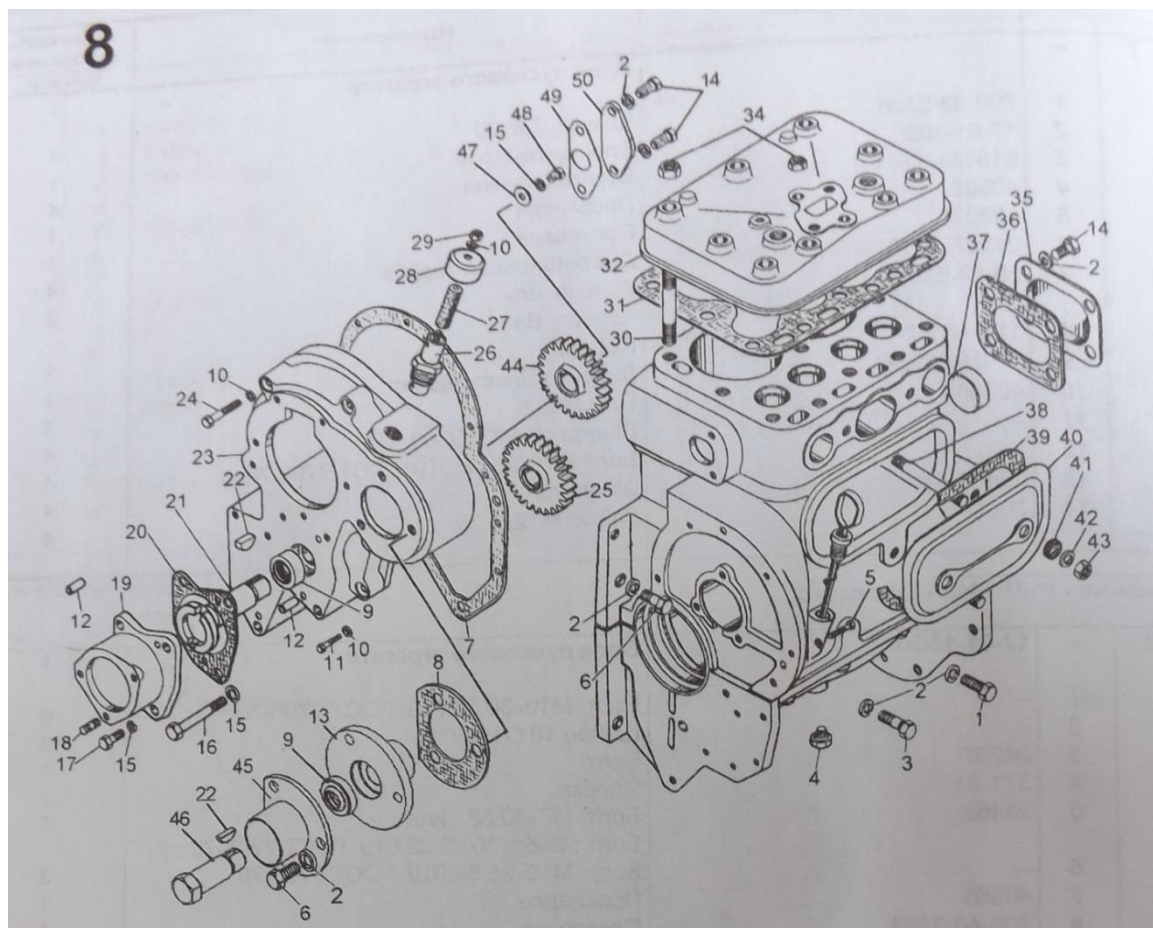


Рисунок 1.1 – Блок пускового двигателя

1.2 Служебное назначение детали типа 17-01-100 «Кронштейн» и технические требования, предъявляемые к детали

Сборочная деталь пускового двигателя бульдозера – Кронштейн 17-01-100 (рисунок 1.2), выполняет функцию герметизации. А также служит для соединения пускового двигателя с основным двигателем.

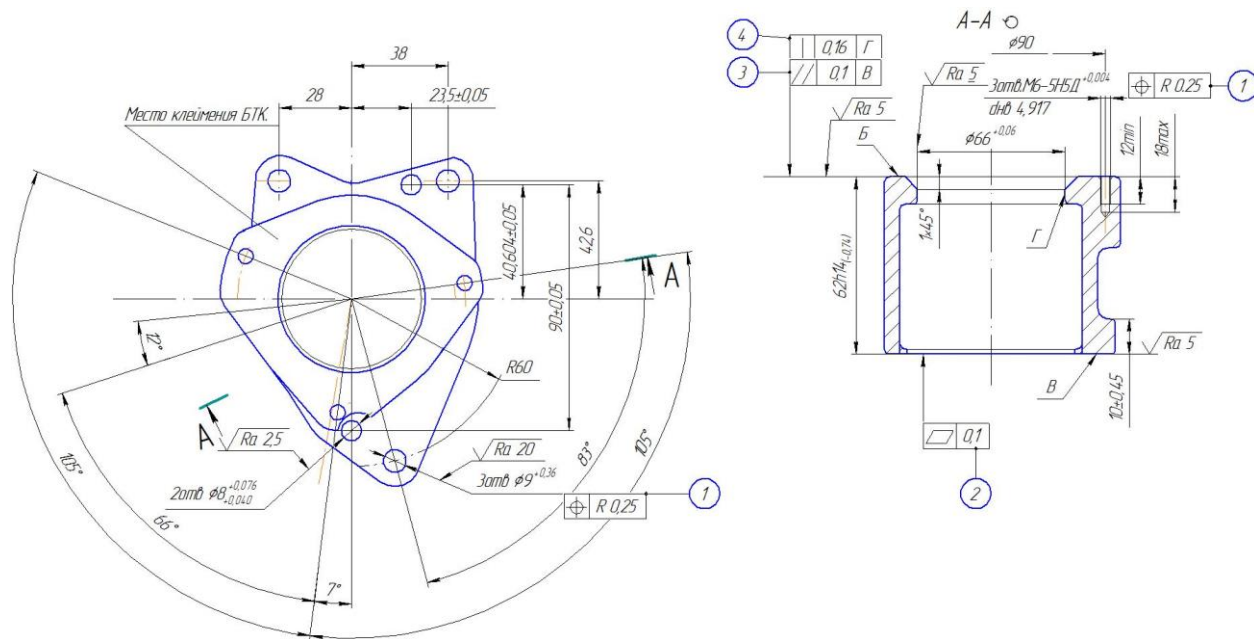


Рисунок 1.2 – Кронштейн

Технические требования:

Материал – СЧ20 ГОСТ 1412 – 82.

Требование по точности – неуказанные предельные отклонения размеров h14.

Шероховатость основных и базовых поверхностей – Ra = 5 мкм.

Требования по форме поверхности – все необходимые допуски формы и расположения поверхности расположены на чертеже.

1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения

В настоящее время отечественные и зарубежные передовые технологии ни в чем не уступают друг другу, так как машиностроение в XXI является материальной базой для реализации научно-технического прогресса всех передовых стран мира. От уровня развития машиностроения и от степени совершенства машин в

значительной степени зависит производительность общественного труда и благосостояния народа, поэтому развитие инновационной сферы машиностроения так важно для всех стран.

Новые технологии и решения, активно применяющихся в отечественном и зарубежном производстве, следующие: электроэрозионная обработка, ультразвуковая обработка, электрохимическая обработка, лазерная обработка, обработка токами высокой частоты, метод индукционного нагрева материалов, нанотехнологии (наноструктурированные материалы различного назначения; тонкие пленки, приповерхностные слои, гетероструктуры; фуллерены, фуллериты, нанотрубки на их основе; технология нанесения нано-покрытий на металлорежущие инструменты с целью повышения их характеристик), технология финишной обработки поверхностей заготовок с применением высокоточных прецизионных станков, замена СОЖ на устройство охлаждения ионизированным воздухом и др.

Рассмотрим более подробно как обстоят дела в отечественном машиностроении. В последнее время в России ежегодно разрабатывается около 300 проектных технологических процессов обработки для деталей различных классов. Из числа созданных за последние пять лет около 12% не имеет аналогов в мире и столько же соответствует лучшим зарубежным образцам. Более четверти общего числа созданных за последние пять лет новых технологических процессов машиностроения приходится на станкостроение и инструментальное производство. Кроме того, создано значительное число новых технологий в области конструкционных материалов, заготовительного производства, сварки, модификации поверхностей, а также специальных видов технологий.

Основной целью развития машиностроительной отрасли России в ближайшее время является обеспечение растущего спроса на её высококачественную продукцию на внутреннем и мировом рынках на основе ускоренного инновационного обновления отрасли, повышения её экономической эффективности, экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения, конкурентоспособности продукции.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1.4 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы, её актуальность в современных производственных условиях

Тема работы: обеспечение эффективности технологического процесса изготовления детали «Кронштейн» для условий конкурентоспособного производства.

Направление темы: анализ эффективности и конкурентоспособности технологических процессов механической обработки.

Цель: обеспечение конкурентоспособности промышленного производства изделий за счет применения эффективных и экономически обоснованных вариантов технологических процессов с учетом технологических и конструкторских особенностей действующего производства.

Проблемы

1. обеспечение гибкости и универсальности проектируемых технологических процессов;

2. оценка эффективности и конкурентоспособности возможных проектных технологических решений.

Задачи:

анализ существующих проектных решений по разработке ТП;
разработка критериев оценки проектных вариантов технологических процессов с учетом конструкторских и технологических особенностей;
формирование проектной технологической документации изготовления изделия.

Актуальность темы:

Разработка технологического процесса это сложная комплексная задача, которая носит многовариантный характер. Варианты решений различаются по своим технико-экономическим параметрам. Поэтому проблемой современного машиностроения является выбор варианта технологического процесса из нескольких возможных.

Эту задачу решают различными способами:

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1. В.Л. Кулыгин, И.А. Кулыгина. «Анализ эффективности проектных вариантов технологических процессов с учетом технологических и конструкторских параметров». В статье рассматриваются теоретические и практические основы структурного подхода к анализу проектных решений эффективных технологий изготовления различных машиностроительных изделий для условий действующего производства в целях определения оптимального соотношения производительности труда и себестоимости выпускаемой продукции с учётом имеющихся технологических и конструкторских параметров.

2. В.С. Антонюк, В.А. Держук, П.А. Усачов. «Анализ технико-экономической эффективности выбора рационального технологического процесса изготовления изделия». Предложен метод выбора рационального технологического процесса изготовления изделия на основе анализа технико-экономической эффективности с использованием квалиметричных методов.

3. Калимов О.В. к.э.н., доцент, Попов М.А, Родионова И.Н. к.т.н., доцент. «Влияние качества технико-экономического анализа технологического процесса на эффективность производства». Наиболее целесообразные варианты технологического процесса находят при проведении технико-экономического анализа. В современном производстве от качества проведения технико-экономического обоснования зависит эффективность производства. В данной статье рассматривается проблема значимости технико-экономического анализа действующего производства на основе типового техпроцесса, действующего на машиностроительном предприятии.

При проведении подробного анализа проектных решений выбирается наиболее эффективный технологический процесс с учетом всех особенностей данного действующего производства. Однако эти решения не полностью учитывают технологические и конструкторские параметры, которые необходимо учесть для обеспечения конкурентоспособности и технологической гибкости производства.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ существующей конструкторско-технологической подготовки действующего производства

2.1.1 Отработка конструкции детали на технологичность

Данная деталь корпусного типа (Рисунок 2.1). Рабочий чертеж детали «Кронштейн» содержит все необходимые данные, которые дают полное представление об обрабатываемой детали. Деталь содержит множество механически необрабатываемых поверхностей.

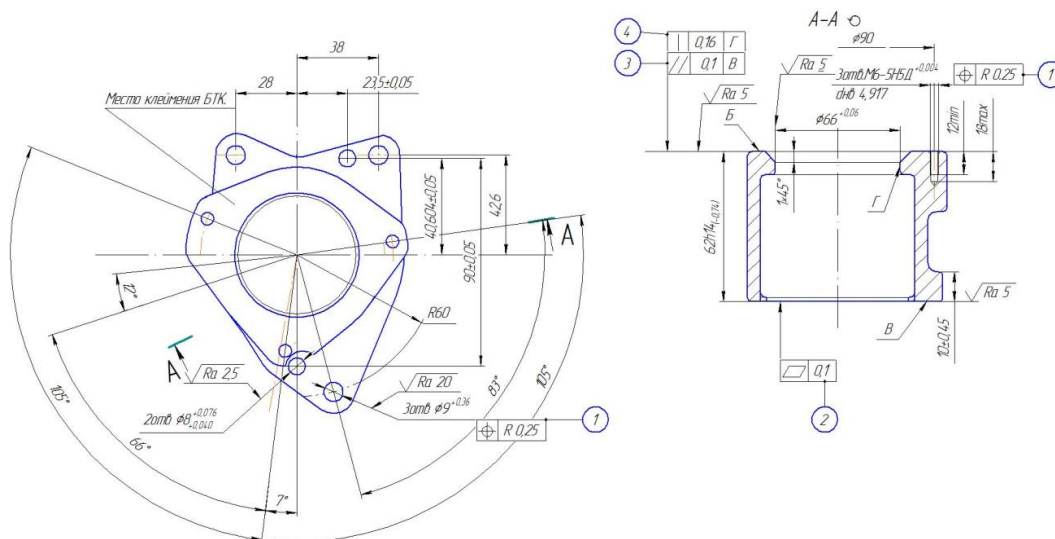


Рисунок 2.1 – Чертеж детали «Кронштейн»

Для изготовления детали «Кронштейн» используется материал СЧ20 ГОСТ 1412-85. Серый чугун с пластинчатым графитом для отливок.

Отличительной особенностью СЧ20 являются высокие литейные свойства. Временное сопротивление при растяжении $S_B=200$ Мпа (кгс/мм²). Химический состав СЧ20 приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав СЧ20

Массовая доля элементов, %				
Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
			Не более	
3,3 – 3,5	1,4 – 2,4	0,7 – 1,0	0,2	0,15

Для материала СЧ20 не подходят методы пластического деформирования ввиду малой пластичности. Потому в качестве метода получения заготовки выбираем литьё.

Для данной детали подходят следующие способы литья:

1. литье в кокиль;
2. литье по выплавляемым моделям;
3. литье в песчано – глинистые формы.

Каждый из способов характеризуется своими точностными и экономическими особенностями.

Проанализируем точность размеров, шероховатость поверхностей и требования, предъявляемые к поверхностям.

Технические требования:

Материал – СЧ20 ГОСТ 1412 – 82.

Требование по точности – неуказанные предельные отклонения размеров $h14$.

Шероховатость основных и базовых поверхностей – $Ra = 5$ мкм.

Требования по форме поверхности – все необходимые допуски формы и расположения поверхности имеются на чертеже.

Проанализировав данные, приведенные в таблице, можно сделать следующие выводы:

1. К поверхностям детали не предъявляется высоких требований по точности и шероховатости. Наиболее точная поверхность – отверстие $\varnothing 66+0,06$.

2. Точность и шероховатость различных поверхностей детали конструктивно и экономически обоснованы и соответствуют современным возможностям для их технологической обработки.

3. Механически обрабатываемые поверхности детали представляют собой стандартные и унифицированные конструктивные элементы, что позволяет избежать применения специальной оснастки и специального режущего инструмента.

4. Конструкция детали обеспечивает удобное закрепление заготовки в приспособлении.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5. Механически обрабатываемые поверхности детали являются легко доступными для обработки.

Анализ показал, что деталь является технологичной.

2.1.2 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Целью размерного анализа является выявления возникновения брака, замыкающих звеньев, а также проследить выполнение размеров. Анализ действующего технологического процесса приведен на рисунке 2.2, 2.3.

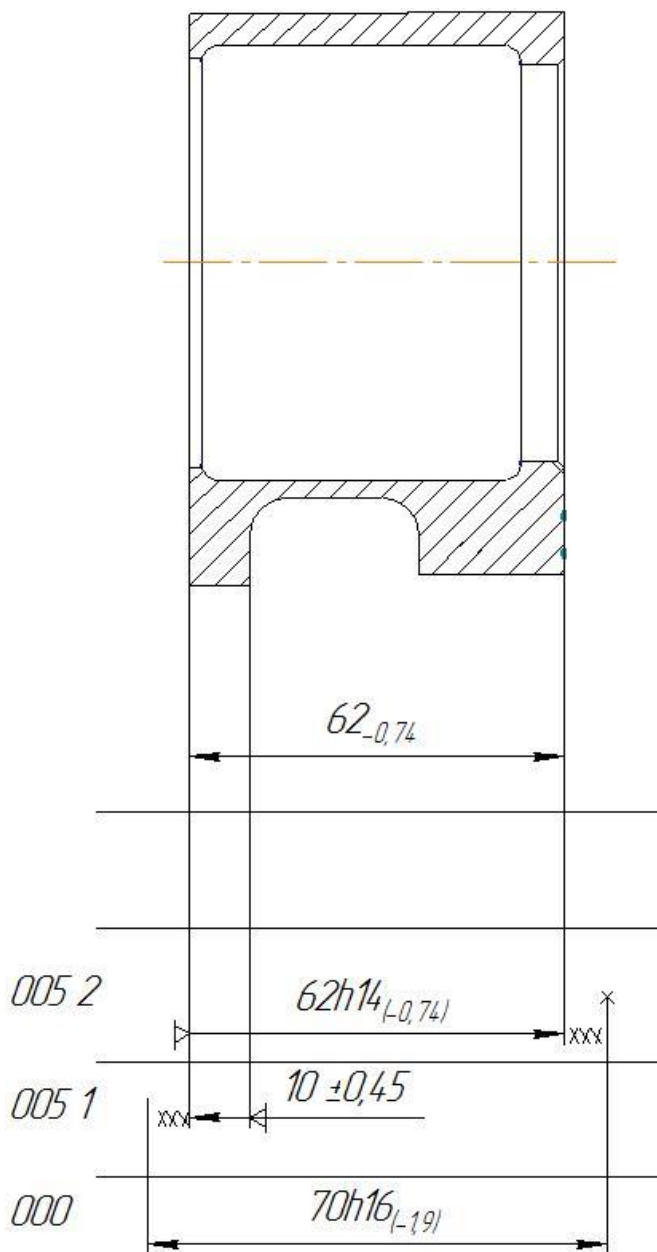


Рисунок 2.2 – Размерный анализ действующего технологического процесса

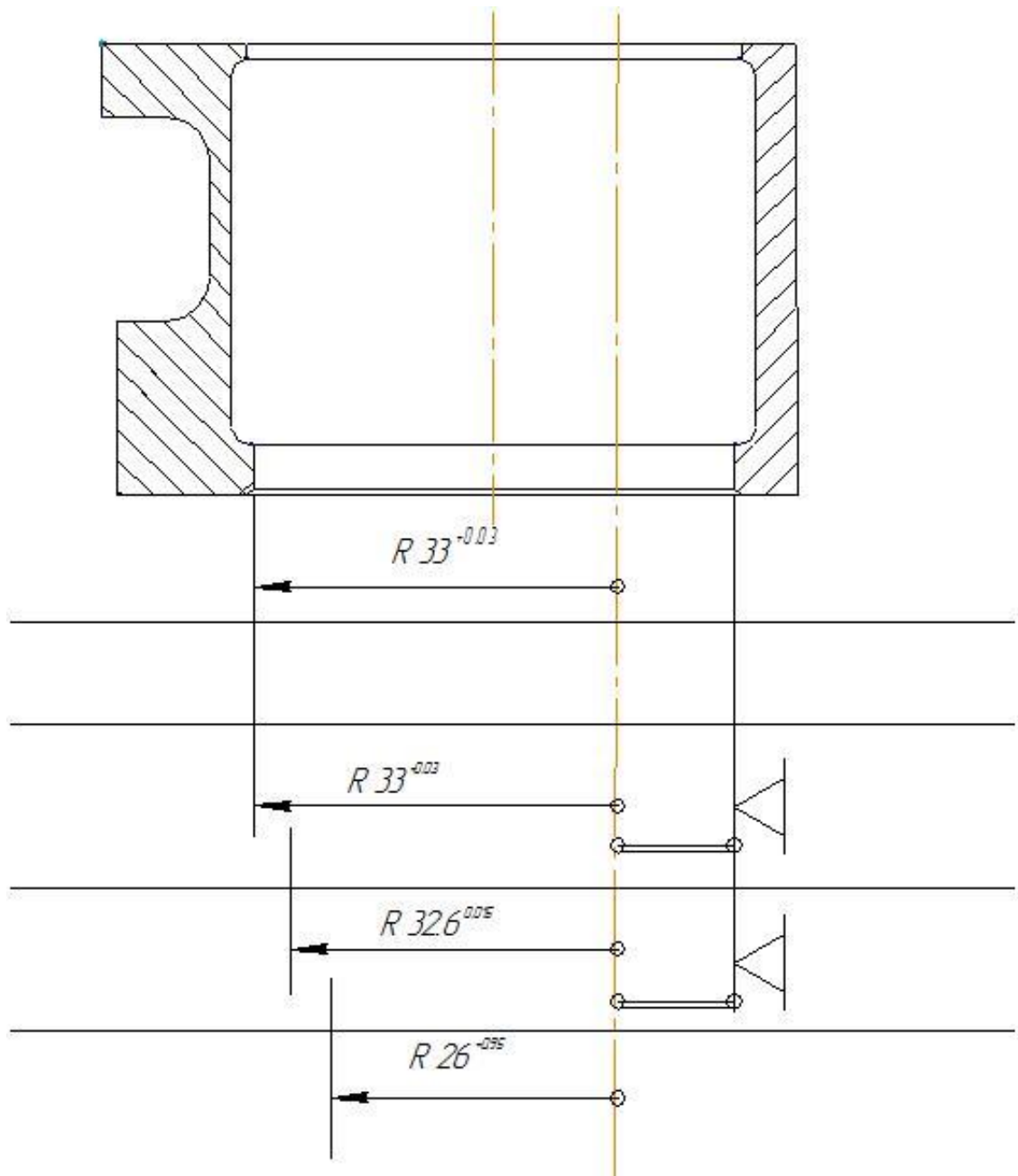


Рисунок 2.3 – Диаметальный анализ действующего технологического процесса

Анализ показал, что простановка баз и размеров некорректна, поэтому невозможно посчитать припуски.

2.1.3 Анализ пооперационных схем базирования и технологической оснастки

Операция 005 (рисунок 2.4) выполняется на фрезерном станке ЛГ-22. Фрезеровать поверхности «В» и «Б», выдержав допуск плоскости и допуск

параллельности. Базирование: фрезерное приспособление Т9672-1479, схема наладки Т9672 – 1486.

Режущий инструмент: фреза 250 Т9335 – 049, фреза 350 Т9335 – 052, ножи ВК8 К03330 – 46, оправка 622 – 0040 ГОСТ 13785 – 68.

Контроль: скоба 62h14 (ГОСТ 18356-73), ШЦ-1-125-0,1-2 (ГОСТ 166-89), плита 2 – кл 2 400 х 400 (ГОСТ 10905 – 86), щуп №2 кл.точн. – 1 (ТУ 3936 – 011 – 5948), штатив Ш – 118 – 8 ГОСТ 10197 – 70, индикатором ИЧО – 2 кл.1 (ГОСТ 577-68).

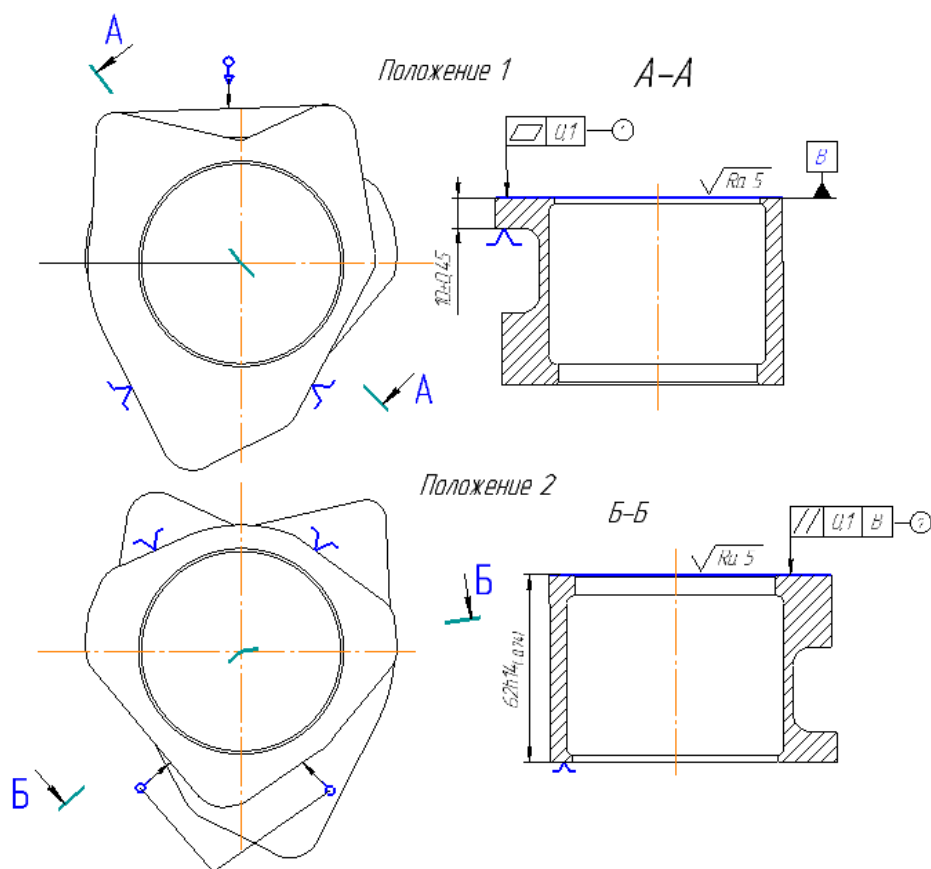


Рисунок 2.4 – Операция 005

На операции 010 (рисунок 2.5) необходимо зенкеровать отверстие 1 и зенковать фаску 2. Эта операция выполняется на вертикально-сверлильном станке 2Н159. Базирование: расточное приспособление Т9648 – 670.

Режущий инструмент: зенкер комбинированный 65,2 Н12 Т9347 – 8364, зенкер (переточка) – Т9347 – 8364 – 01, нож ВК8 Т9309 – 671.

Вспомогательный инструмент: оправка Т9441 – 2336.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Контроль: пробка 65,2Н12 Пр. Т8136 – 0024 ГОСТ 14815 – 89, пробка 65,2Н12 Не. Т8136 – 0124 ГОСТ 1416 – 69, шаблон 1,5х45° Т05424 – 35.

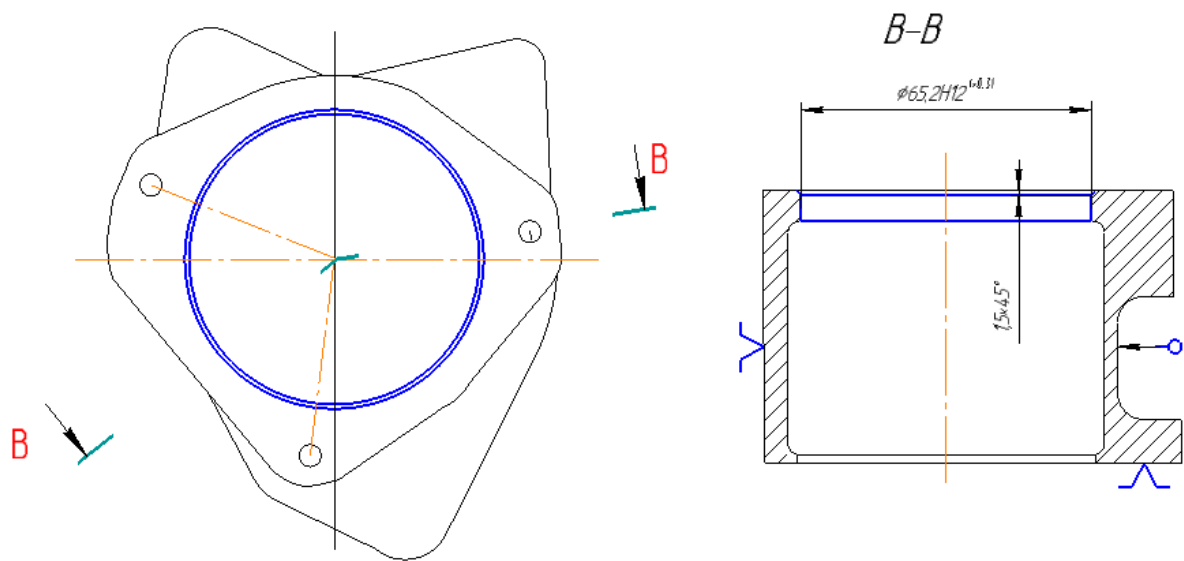


Рисунок 2.5 – Операция 010

Операция 015 (рисунок 2.6) выполняется на вертикально-сверлильном станке 2Н135БС 732. Данная операция выполняется в двух положениях. В первом сверлят 3 отверстия – 1, переустанавливают и сверлят еще 2 отверстия – 2.

Базирование: схема наладки Т9647 – 2442СБ, 5-ти шп. Головка Т9647 – 2440, зажимное приспособление Т 9688 – 4027, плита кондукторская Т9647 – 2441, фланец Т9674 – 2524.

Режущий инструмент: сверло 5,1 2300 – 2246 ГОСТ 886 – 77, сверло-развертка Т9354 – 3829.

Вспомогательный инструмент: втулка 6112 – 0541 ГОСТ 22843 – 77, втулка 7930 – 1249 МН1732 – 61, втулка 7930 – 1246 МН1732 – 61.

Контроль: пробка 5,04^{+0.16} Т8133 – 0963 ГОСТ 14810 – 69, пробка 8D9 8133 – 0918 ГОСТ 14810 – 69.

Операция 020 (рисунок 2.7) производится на алмазно-расточном станке ОС 1724. На данной операции необходимо расточить отверстие 1, выдержав допуск перпендикулярности.

Базирование: расточное приспособление Т9649 – 1188СБ.

Режущий инструмент: резец ВК4 Т9317 – 1187.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Вспомогательный инструмент: оправка Т9615 – 965, эталон для настройки резца Т9579 – 9998, призма для настройки резца Т9579 – 9997.

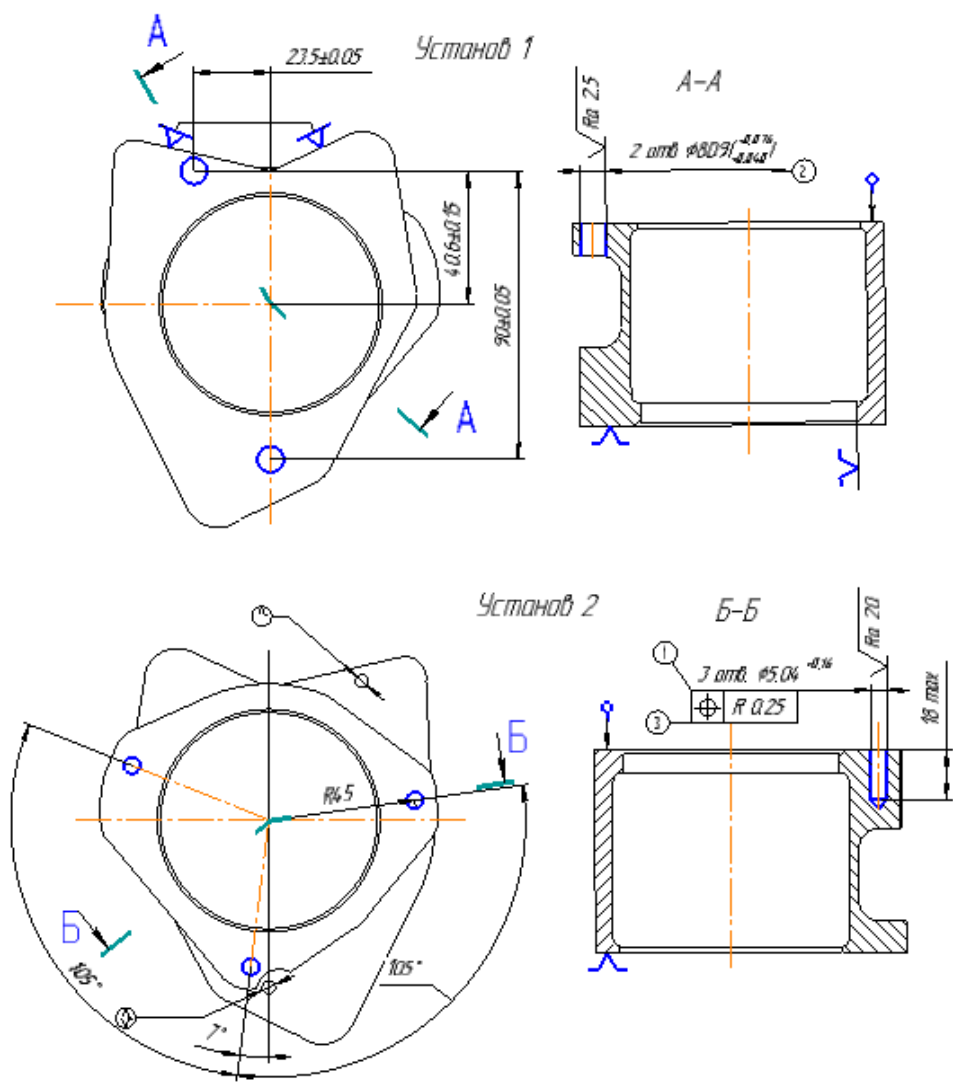


Рисунок 2.6 – Операция 015

Контроль: Пробка 66^{+0.06} Пр Т9579-9997 ГОСТ 14815-69, Пробка 66^{+0.06} Не Т8136 – 0124 ГОСТ 14816 – 69, Калибр Т9532-3260 ГОСТ 882-75, щуп № 2 кл. точн – 2 ТУ3436 – 011 – 59489947 – 2007, приспособления для проверки координат Т9578-1136.

Операция 025 (рисунок 2.8) выполняется на вертикально-сверлильном станке 2С135С594. На данной операции нужно сверлить 3 отверстия 1, выдержав позиционный допуск 2.

Базирование: схема наладки Т9647 – 244 СБ, 6-ти. Шп. Головка Т9647 – 2445, зажимное приспособление Т9688 – 4030, плита конд. Т9647 – 2449, подставка Т9698 – 32691.

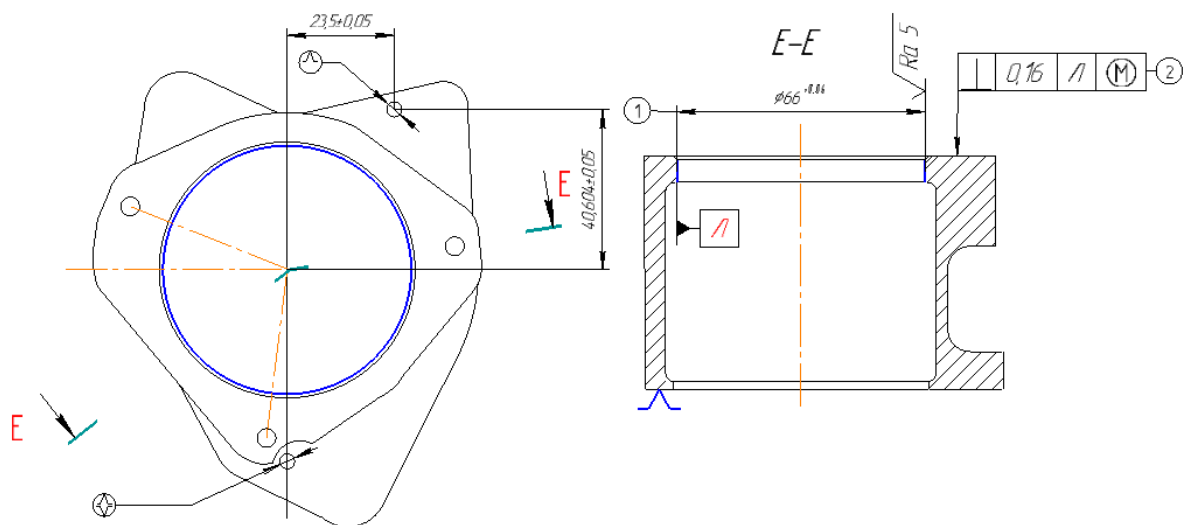


Рисунок 2.7 – Операция 020

Режущий инструмент: сверло 9,2 2301 – 0021 ГОСТ 10903 – 77, фланец переходн. Т9647 – 2525.

Контроль: Пробка 9Н14 8133 – 0920 ГОСТ 14810 – 69.

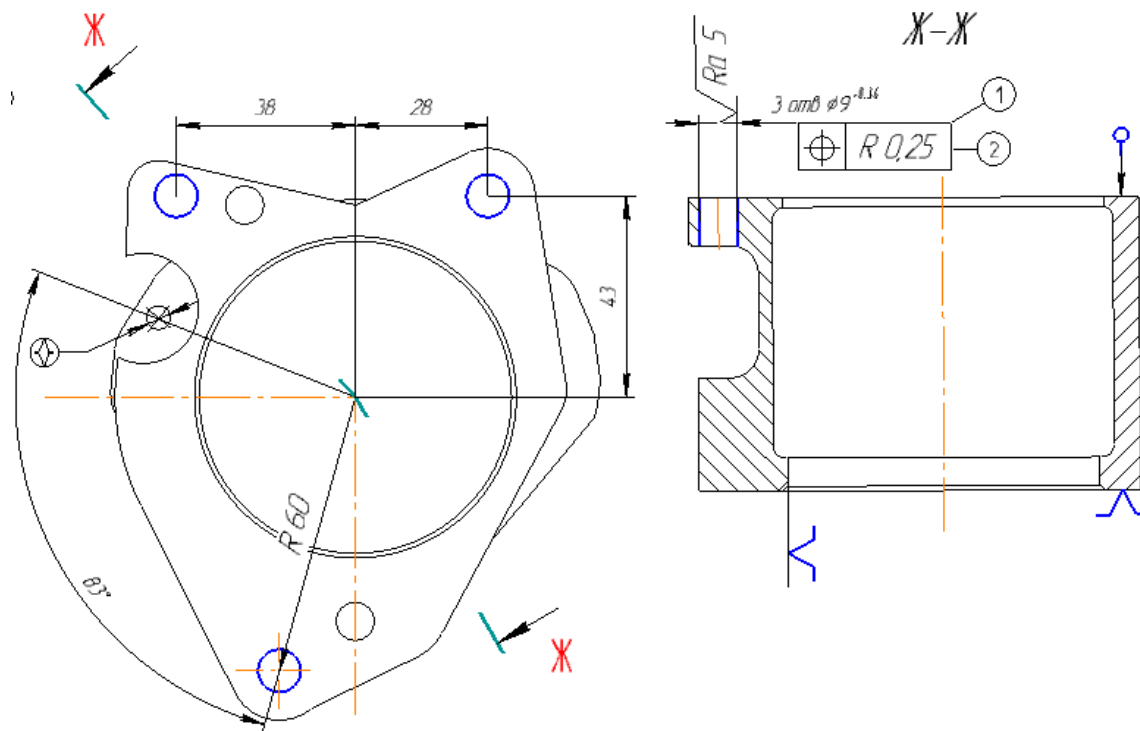


Рисунок 2.8 – Операция 025

Операция 030 (рисунок 2.9) осуществляется на специальном резьбонарезном агрегате Т9647-2488.

Базирование: зажимное приспособление Т9688 – 4025, 3-х шп. Головка Т9647 – 2444, плита конд. Т9643 – 7716, установка резьбонарезная Т9647 – 2448, подставка Т9698 – 32689.

Режущий инструмент : метчик М6Н2 2620 – 1157 ГОСТ 3266 – 71.

Вспомогательный инструмент: патрон Т9475 – 647.

Контроль: Пробка М6 5Н 8221 – 3030 ГОСТ 17758 – 72, Калибр 12 min Т9537 – 372.

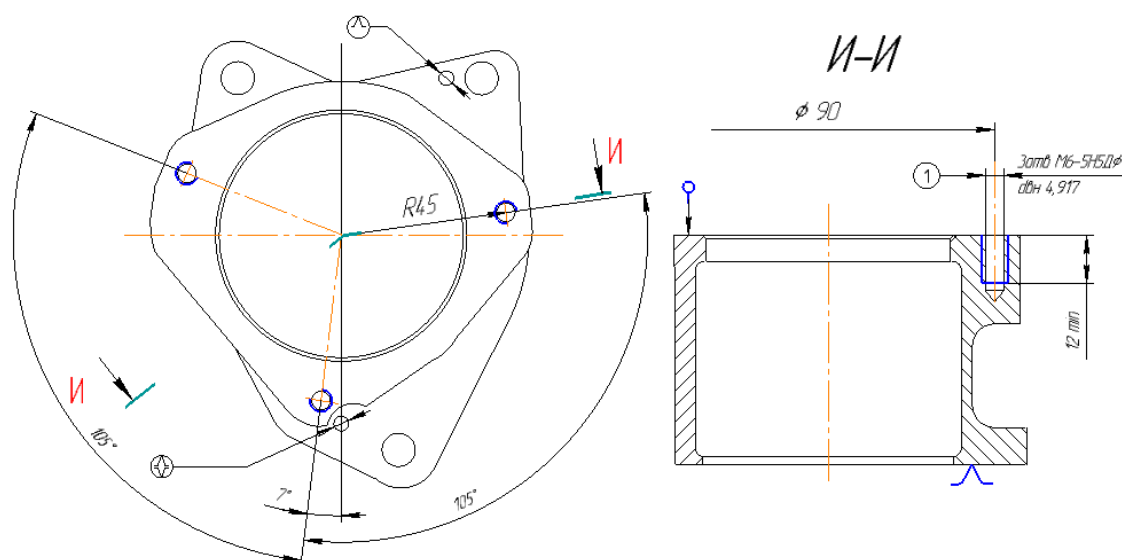


Рисунок 2.9 – Операция 030

Операция 035 – слесарная. Осуществляется на специальном слесарном столе 74691 – 01.

Базирование: приспособление Т9690 – 919506, оправка Т9815 – 3032.

Контроль: калибр Т9539 – 4779, молоток Т850 – 0116 ГОСТ 2310 – 77

2.1.4 Выводы по анализу действующего производства

Размерный анализ действующего технологического процесса показал, что простановка баз и размеров некорректна на операции 005 положение 1, невозможно посчитать припуски. А также невозможно сделать вывод о целесообразности данного технологического процесса.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

В действующем технологическом процессе применяется большое число специального инструмента и приспособлений. Это приводит к сложной переналадке оборудования для производства типовых изделий.

2.2 Выбор вида организации производства для проектных вариантов

Наиболее целесообразным является производить данную деталь в условиях серийного производства.

Серийное производство является наиболее распространенным типом производства. На машиностроительных предприятиях серийного типа изготавливается достаточно большая номенклатура изделий, хотя и более ограниченная, чем в единичном производстве. Часть изделий являются родственными по конструктивно-технологическим признакам.

Другим признаком серийного производства является повторяемость выпуска изделий. Это позволяет организовать выпуск продукции более или менее ритмично.

Выпуск изделий в больших или относительно больших количествах позволяет проводить значительную унификацию выпускаемых изделий и технологических процессов; изготавливать стандартные или нормализованные детали, входящие в конструктивные ряды, большими партиями, что уменьшает их себестоимость.

Относительно большие размеры программ выпуска однотипных изделий, стабильность конструкции, унификация деталей позволяют использовать для их изготовления наряду с универсальным специальное высокопроизводительное оборудование и специальную оснастку.

Поскольку в серийном производстве выпуск изделий повторяется, экономически целесообразно разрабатывать технологические процессы обработки и сборки детально; представлять каждую операцию в виде переходов; устанавливать режимы обработки, точные названия станков и специальной оснастки и технические нормы времени.

Организация труда в серийном производстве отличается высокой специализацией. За каждым рабочим местом закрепляется выполнение нескольких

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

определенных операций. Это позволяет рабочему хорошо освоить инструмент, приспособления и весь процесс обработки; приобрести навыки и усовершенствовать приемы обработки.

Так как в серийном производстве применяется большое количество сложного оборудования и специальной оснастки, наладка оборудования осуществляется специальными рабочими-наладчиками.

Особенности серийного производства обуславливают экономическую целесообразность выпуска продукции по циклически повторяющемуся графику. При этом возникают необходимые условия для установления строгого порядка чередования изделий в цехах, на производственных участках и рабочих местах.

2.3 Выбор вида технологического процесса для проектных вариантов

В соответствии с ГОСТ 14.301-83 по характеру технологических операций различают единичные, типовые и групповые технологические процессы. Единичные технологические процессы предназначены для изготовления продукта одного наименования, назначения или типоразмера. Типовой технологический процесс применяется для совокупности однородных по технологическим и конструктивным признакам деталей и сборочных единиц. Он разрабатывается на типового представителя и содержит максимально возможный перечень операций для данной совокупности деталей (сборочных единиц) данного технологического класса. Групповой технологический процесс разрабатывается на комплексный предмет, содержащий все конструктивные элементы данной группы.

Для данного изделия необходимо следует разработать единичный технологический процесс.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2.4 Разработка проектного варианта №1 технологического процесса изготовления детали «Кронштейн»

2.4.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Исходя из конструктивных особенностей детали «Кронштейн», её материала, размеров и технических требований, предъявляемых к готовому изделию, выбираем способ получения заготовки.

Для начала выберем, исходя из физико – механических свойств материала детали, метод получения заготовки.

Существует 2 метода получения заготовок:

- литье
- обработка давлением (пластическое деформирование)

Материал детали – серый чугун Сч20 имеет малую пластичность, потому методы пластического деформирования к нему не применимы. В тоже время чугун Сч20 обладает хорошими литейными свойствами.

Исходя из вышесказанного, в качестве метода получения заготовки выбираем литьё.

Существует несколько способов литья:

- литьё в песчаные формы;
- литьё в кокиль;
- литьё под давлением;
- литьё по выплавляемым моделям;
- литьё в оболочковые формы;
- литьё по газифицируемым моделям;
- центробежное литьё.

Исходя из конструктивных особенностей детали, в нашем случае применимы следующие способы литья:

1. литьё в песчаные формы;
2. литьё в кокиль;
3. литьё по выплавляемым моделям.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2.4.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

В настоящее время существует большое множество современных станков с ЧПУ, которые могут осуществлять обработку различных поверхностей за одну операцию, что значительно сокращает время на обработку. Применение многоцелевых станков позволяет: удешевить процесс производства изделий; сокращение штучного времени; нет необходимости в высококвалифицированных специалистах; удобны для переналадки оборудования для производства других деталей.

Так как задачей проектирования технологического процесса изготовления детали «Кронштейн» является создание автоматизированного и современного технологического процесса с целью повышения эффективности и конкурентоспособности производства, то применение многоцелевых станков позволит добиться поставленной цели.

Двухшпиндельный токарный станок с ЧПУ ВК202S

Параллельный двухшпиндельный токарный станок (рисунок 2.11) оснащен системой ЧПУ SINUERIK 840D (SIEMENS). При помощи двух шпинделей одновременно могут обрабатываться две части одной заготовки, либо синхронно две разные заготовки. Данный станок имеет функцию автоматического измерения и автоматической коррекции ошибок. Направляющие выдерживают высокие статические нагрузки, улучшают стабильность и точность обработки. Данный токарный станок имеет манипулятор для захвата и подачи деталей, что позволяет выстроить цепь из нескольких токарных станков работающих без обслуживающего персонала. Характеристики станка приведены в таблице 2.1, 2. 2, 2.3.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



Рисунок 2.11 – Двухшпиндельный токарный станок с ЧПУ BK202S

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики BK202S

Параметры	Значение
Количество шпинделей, шт	2
Расстояние между шпинделями, мм	400
Диаметр патрона, мм	Ø165
Число инструментальных мест, шт	2x8
Конец шпинделя	A2-5
Диаметр отверстия шпинделя, мм	Ø90
Скорость вращения шпинделя, об/мин	50 – 5000
Мощность привода шпинделя, кВт	2x11/15 (30 минут)
Наибольший диаметр, мм обработки	Ø200
Наибольшая длина обработки, мм	100
Режим обработки	1. Две части заготовки обрабатываются по очереди 2. Две части заготовки обрабатываются одновременно.

Окончание таблицы 2.1 – Основные технические характеристики ВК202S

Перемещение по X, мм	135 (линейная направляющая)
Скорость перемещения по оси X, м/мин	30
Двигатель оси X	3,5 кВт, 11 Нм
Перемещение по Z, мм	170 (направляющая, распределяющая статическое давление)
Скорость перемещения по оси Z, м/мин	30
Двигатель оси Z	3,5 кВт, 11 Нм
Стабильность позиционирования, мм	X:0,007, Y:0,008
Круглость, мм	0,003

Таблица 2.2 – Характеристики портального погрузочно-разгрузочное устройства ЧПУ (доп. Комплектация)

Параметр	Погрузчик – 1, погрузочный патрон – 2, устройство для поворота на 180° – 1, патрон устройства для поворота на 180° – 2
Наибольший допустимый вес, кг	2x5
Наибольшие допустимые габариты, мм	Ø200x100
Ось X наибольшее перемещение, мм	2400
Ось Y наибольшее перемещение, мм	690
Ось Z наибольшее перемещение, мм	145
Угол поворота вращающейся головки, °	180

Таблица 2.3 – Инструментальный магазин (доп. Комплектация)

Число инструментальных мест, шт	14
Высота стека, мм	400
Скорость замены инструмента, м/мин	9
Скорость подъема, м/мин	450
Вес заготовки, кг	40
Габариты заготовки, мм	Ø 40 – Ø 200

Станок вертикально-фрезерный Optimum F150 CNC TC Premium (рисунок 2.12)

Технические характеристики станка приведены в таблице 2.4.

Отличительные особенности Optimum F150 TC:

- мощный, точный, скоростной и надежный станок;
- инновационная система ЧПУ Siemens Sinumerik 828D;
- жесткая тяжелая конструкция;
- станок F150 TC обеспечивает высокую производительность;
- линейные направляющие на всех осях обеспечивают высокую скорость установочных перемещений;
- автоматический сменщик инструментов на 16 инструментальных позиций (рисунок 2.13);
- высокая надежность: станина изготовлена из высококачественного серого чугуна марки MEEHANITE;
- прецизионно отшлифованный стол с четырьмя Т-образными пазами;



Рисунок 2.12 – Optimum F150 CNC TC Premium

- многочисленные ребра жесткости основания исключают перекос станка F150 TC при больших нагрузках;
- прецизионно отшлифованные предварительно нагруженные высокопроизводительные шариковые винты Ø32 x P8 x C3 по всем трем осям;
- прямой привод серводвигателей с высоким крутящим моментом по всем трем осям;
- система подачи СОЖ с баком емкостью 210 литров;
- транспортер для удаления стружки (рисунок 2.14);
- чистящий пневмопистолет для очистки зоны резания ;
- чистящий пневмопистолет для очистки зоны резания ;
- телескопические защитные кожухи на всех трех осях;
- разъемы RJ45, USB и электропитание 220 В;

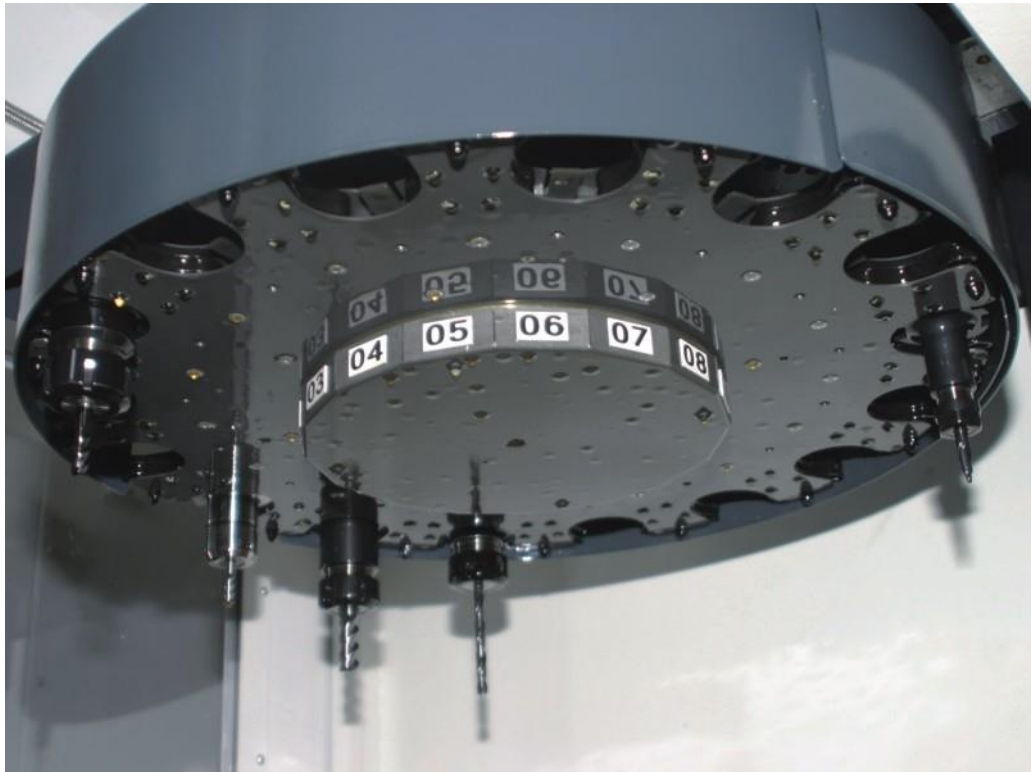


Рисунок 2.13 – Сменщик инструмента

– 2 года гарантии на систему ЧПУ Siemens.

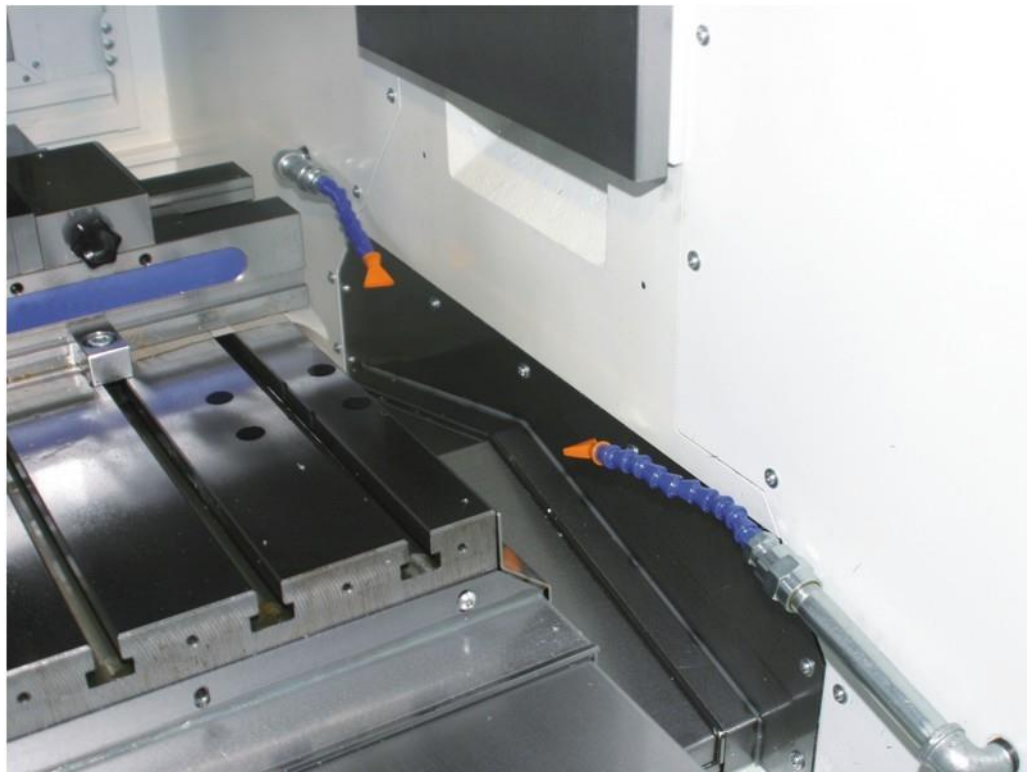


Рисунок 2.14 – Система удаления стружки

Таблица 2.4 – Технические характеристики фрезерного станка Optimum с ЧПУ F150 TC

Модель	F150 TC
Технические характеристики	
Электропитание	
Общая потребляемая мощность	25 кВт 380 В~50 Гц
Привод шпинделя	12 кВт (S1: 9 кВт)
Крутящий момент шпинделя	57 Нм
Насос подачи СОЖ	1,27 кВт
Шпиндель	
Конец шпинделя	ISO 40 DIN 69871
Максимальный диаметр торцевой фрезы	63 мм
Максимальный диаметр концевой фрезы	32 мм
Точность	
Повторяемость	0,005 мм
Позиционирование	32 мм
Сменщик инструмента	
Количество инструмента	16
Максимальный диаметр инструмента	89 мм
Максимальная масса инструмента	8 кг
Время смены инструмента	3,5 с
Перемещения	
Ось X	760 мм
Ось Y	430 мм
Ось Z	460 мм
Крутящий момент приводов осей	
Ось X	6 Нм

Продолжение таблицы 2.4 – Технические характеристики фрезерного станка
Optimum с ЧПУ F150 TC

Ось Y	6 Нм
Ось Z	11 Нм
Подача по осям	
Рабочая подача (оси X, Y, Z)	10000 мм/мин
Быстрый ход (X, Y, Z)	24000 мм/мин
Число оборотов	
Число оборотов шпинделя	10 – 10000 об/мин
Координатный стол	
Расстояние шпиндель – стол	102 – 562 мм
Вылет оси шпинделя	480 мм
Размер стола, Д * Ш	900 * 410 мм
Размер T – пазов, ширина / количество / между	16 мм / 4 / 102 мм
Максимальная нагрузка на стол	350 кг
Габаритные размеры	
Длина	3000 мм
Ширина, мм	2050
Высота	2420
Емкость бака СОЖ	210 литров
Масса станка	3020 кг

Рекомендуемые дополнительные принадлежности:

- 4 ось – управляемый круглый стол с 3-кулачковым патроном и задней бабкой;
- 4/5 ось – управляемый круглый стол с 3-кулачковым патроном;
- высокоскоростной шпиндель 12 000 об/мин;
- система внутреннего охлаждения инструмента с подводом СОЖ через шпиндель, давление 70 бар, размер отверстий фильтра 0,025 мм;

- кондиционер электрошкафа;
- гидравлические станочные тиски OPTIMUM HCV;
- прецизионные модульные станочные тиски OPTIMUM PNM.

2.4.3 Формирование операционно – маршрутной технологии первого проектного варианта технологического процесса

Маршрутный технологический процесс:

000 Заготовительная операция – литье в металлические формы

001 Транспортная операция

005 Фрезерная с ЧПУ

вертикально – фрезерный станок Optimum с ЧПУ F150 TC

010 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

двухшпиндельный токарный станок с ЧПУ BK202S

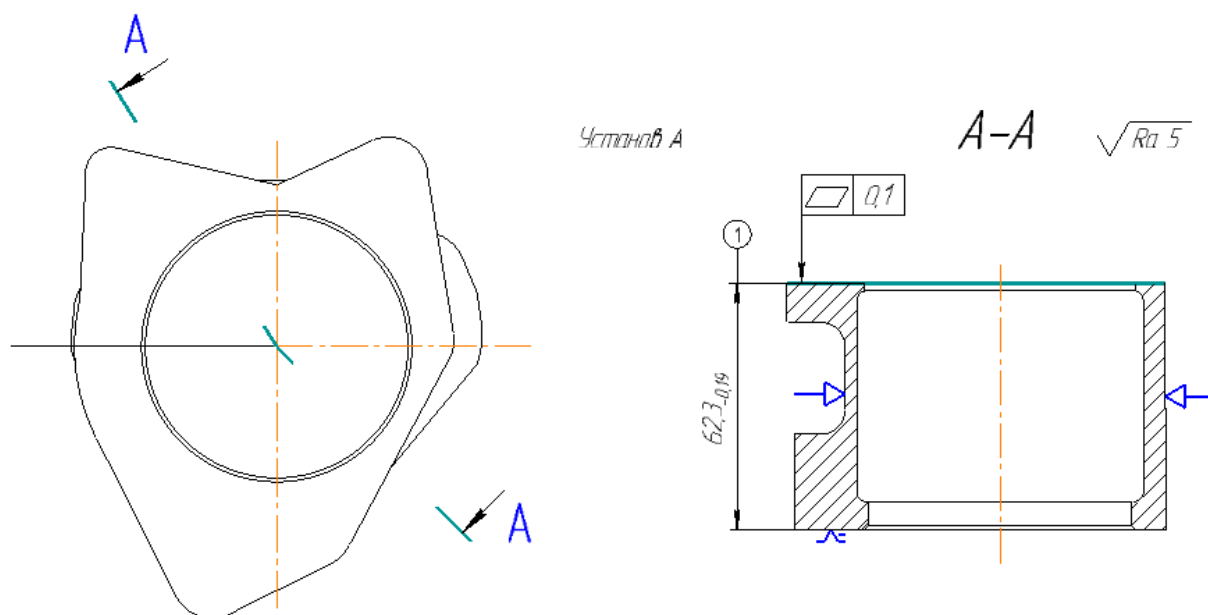
011 Моечная операция

015 Контрольная операция

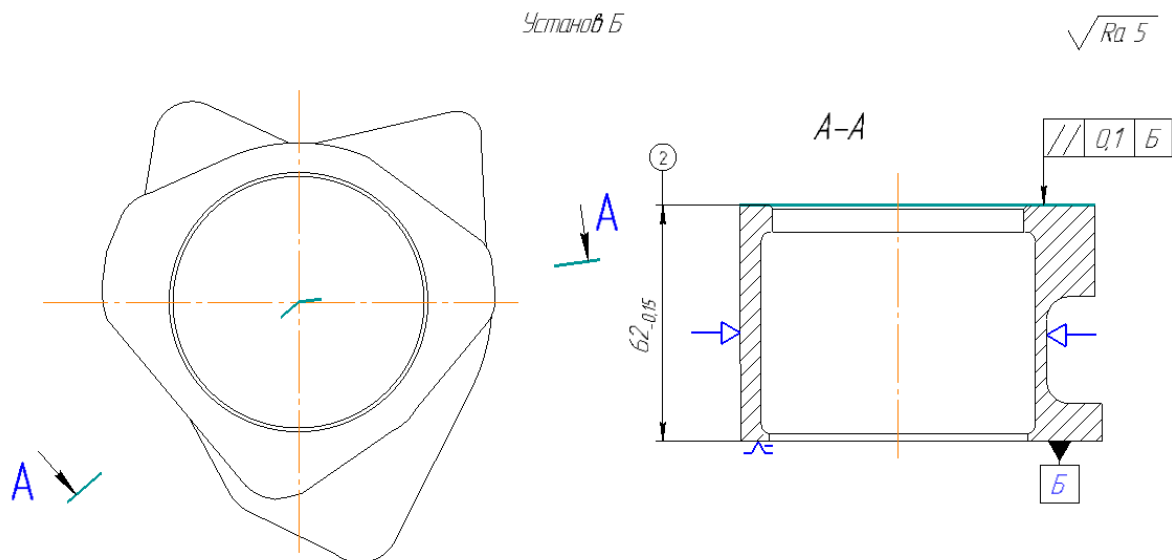
Операционный технологический процесс:

Операция 005 установ А – фрезерно – вертикальная.

Фрезеровать поверхность, выдерживая размер 1



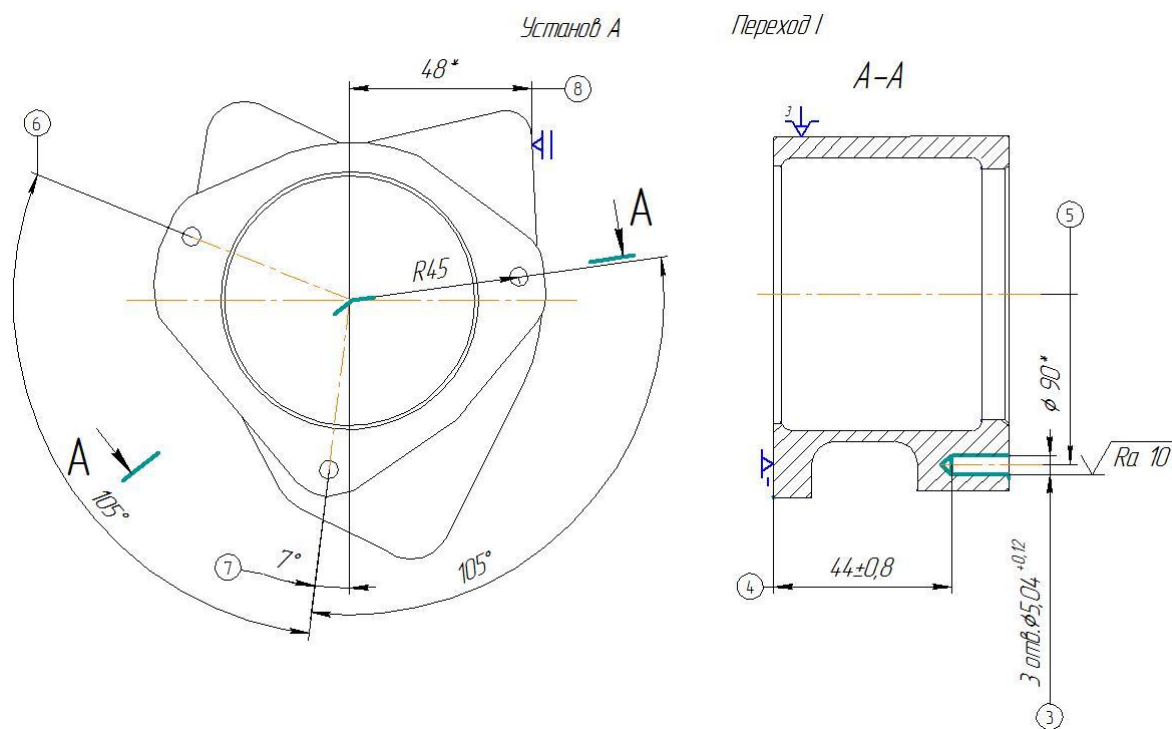
Установ Б



Операция 010 – Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

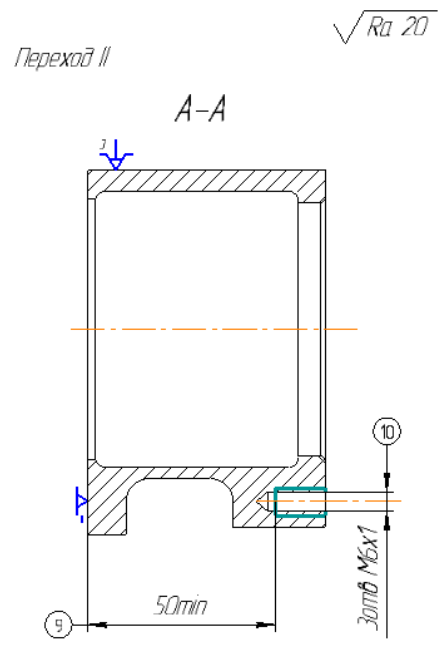
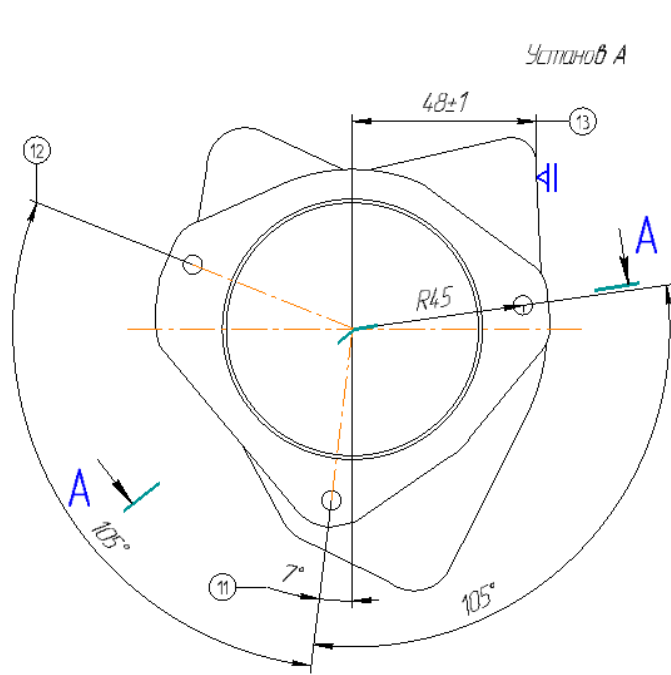
Установ А

Переход I

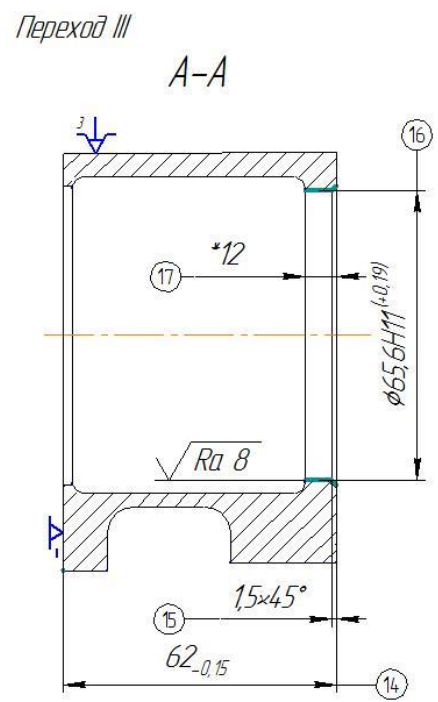
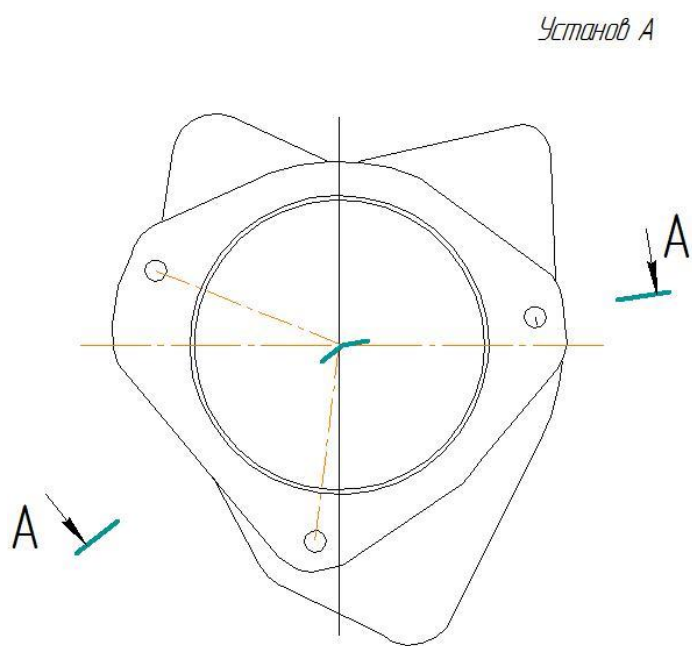


Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Переход II



Переход III

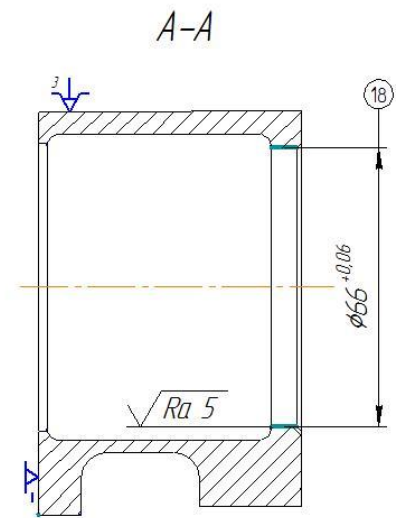
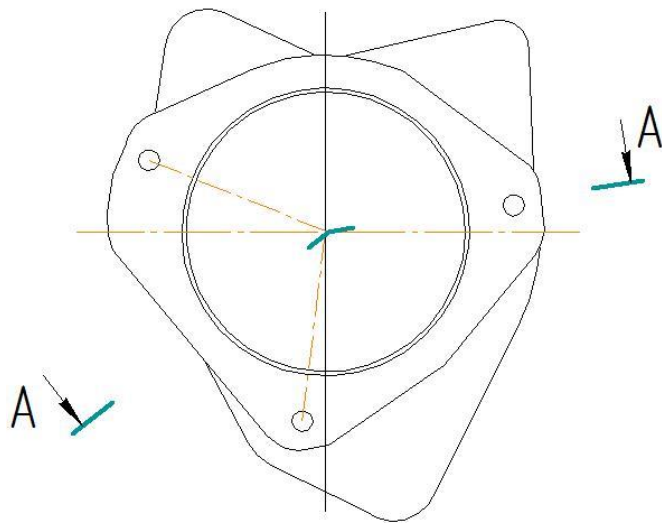


Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Переход IV

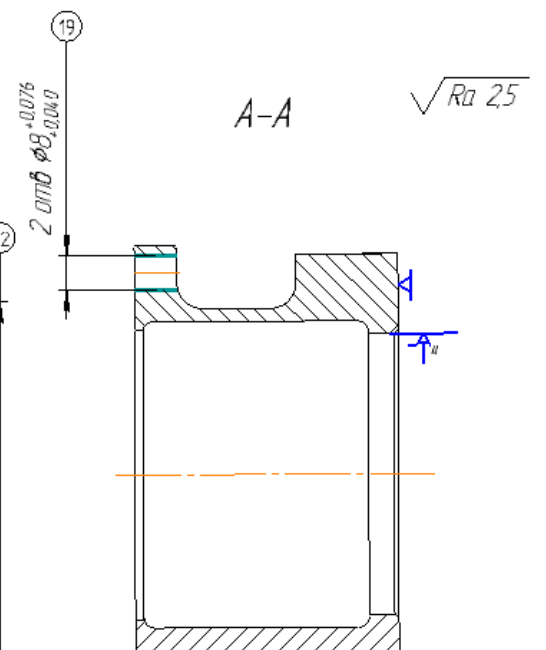
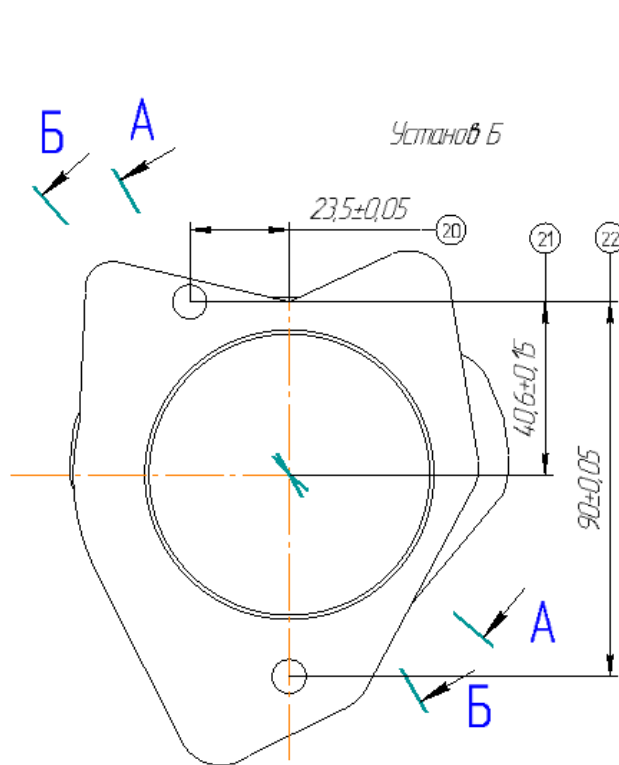
Установ А

Переход IV



Установ Б

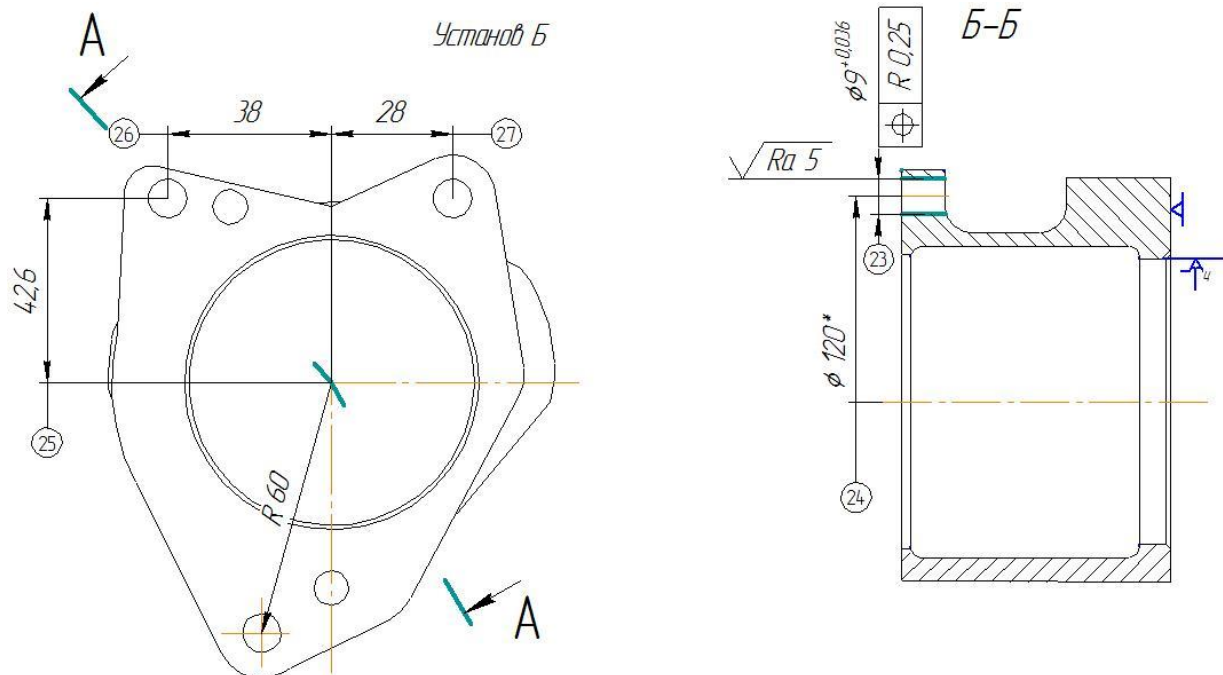
Переход I



Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ

Переход II



2.4.4 Размерно – точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Целью анализа является проверка технологического процесса на выполнение размеров, а также целесообразность применения его в производстве. Размерный анализ приведена на рисунке 2.15, 2.16.

Уравнение припуска [17 18]:

$$[17\ 18] = - (18-27) + (17-27) = - (18-27) \pm 0,095 + (17-27) \pm 0,15$$

$$[17\ 18]_{\min \text{ необх.}} = Rz + Df$$

$$[17\ 18] = 0,04 + 0,150 = 0,190 \text{ мм}$$

$$[17\ 18] = \min + W/2 - \Delta_0 = 0,190 + 0,245 - (-0,055) = 0,49 \rightarrow 0,5 \text{ мм.}$$

Уравнение припуска [28 27]:

$$[28\ 27] = - (18+28) + (18-27) = - 62_{-0,15} + (18-27) \pm 0,095$$

$$[28\ 27]_{\min \text{ необх.}} = Rz + Df = 0,02 + 0,04 = 0,06 \text{ мм.}$$

$$[28\ 27] = 0,06 + 0,17 - (-0,02) = 0,25 \rightarrow 0,3 \text{ мм.}$$

Исходя из уравнений припусков, найдем значения линейных размеров:

$$0,3 = - 62 + (18\ 27) \rightarrow (18\ 27) = 0,3 + 62 = 62,3 \text{ мм.}$$

$$0,5 = - 62,3 + (17\ 27) \rightarrow (17\ 27) = 0,5 + 62,3 = 62,8 \text{ мм}$$

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист 41
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Анализ показал, что все замыкающие звенья выполняются, так как выполняется условие $W < T$.

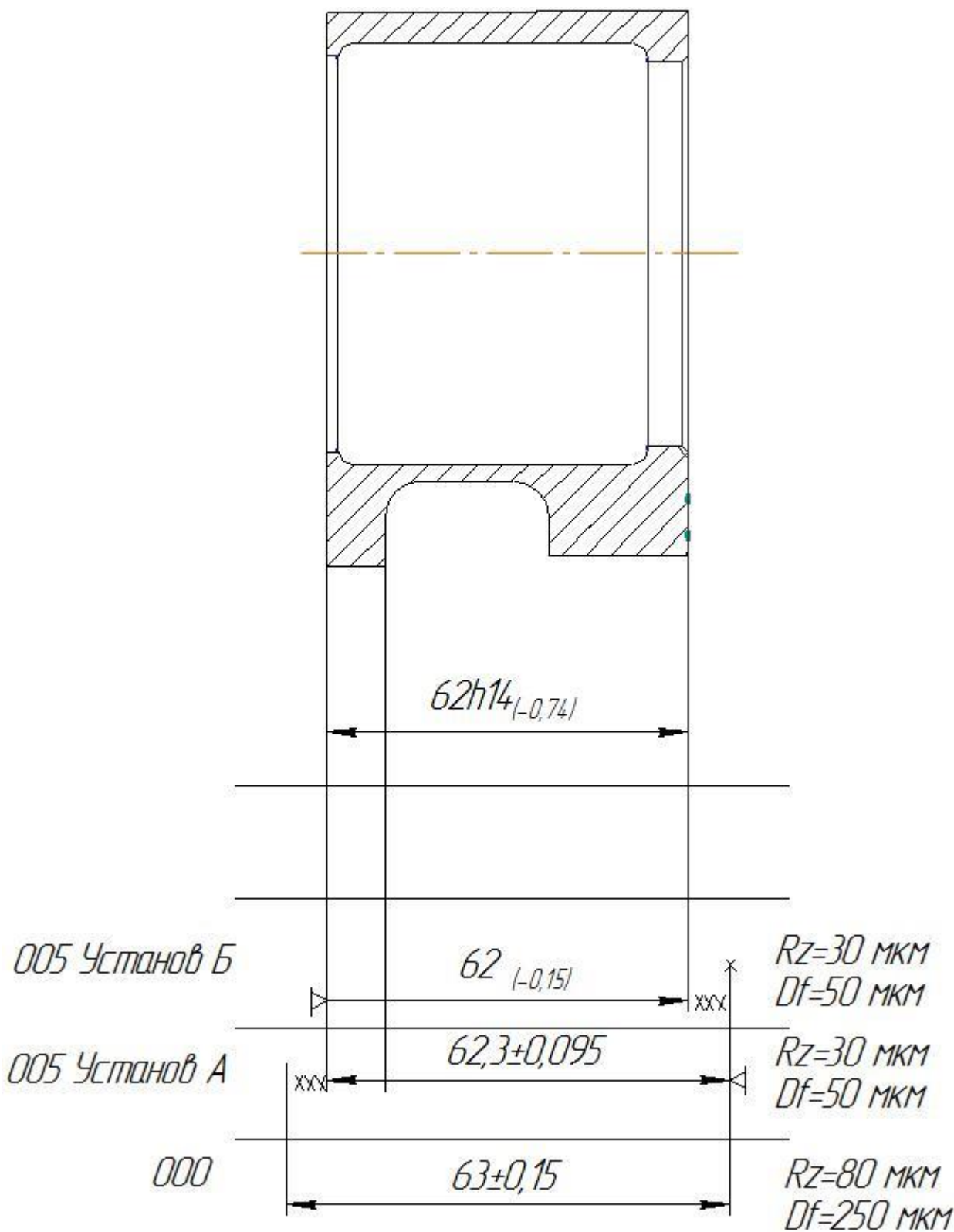


Рисунок 2.15 – размерный анализ проектного варианта технологического процесса

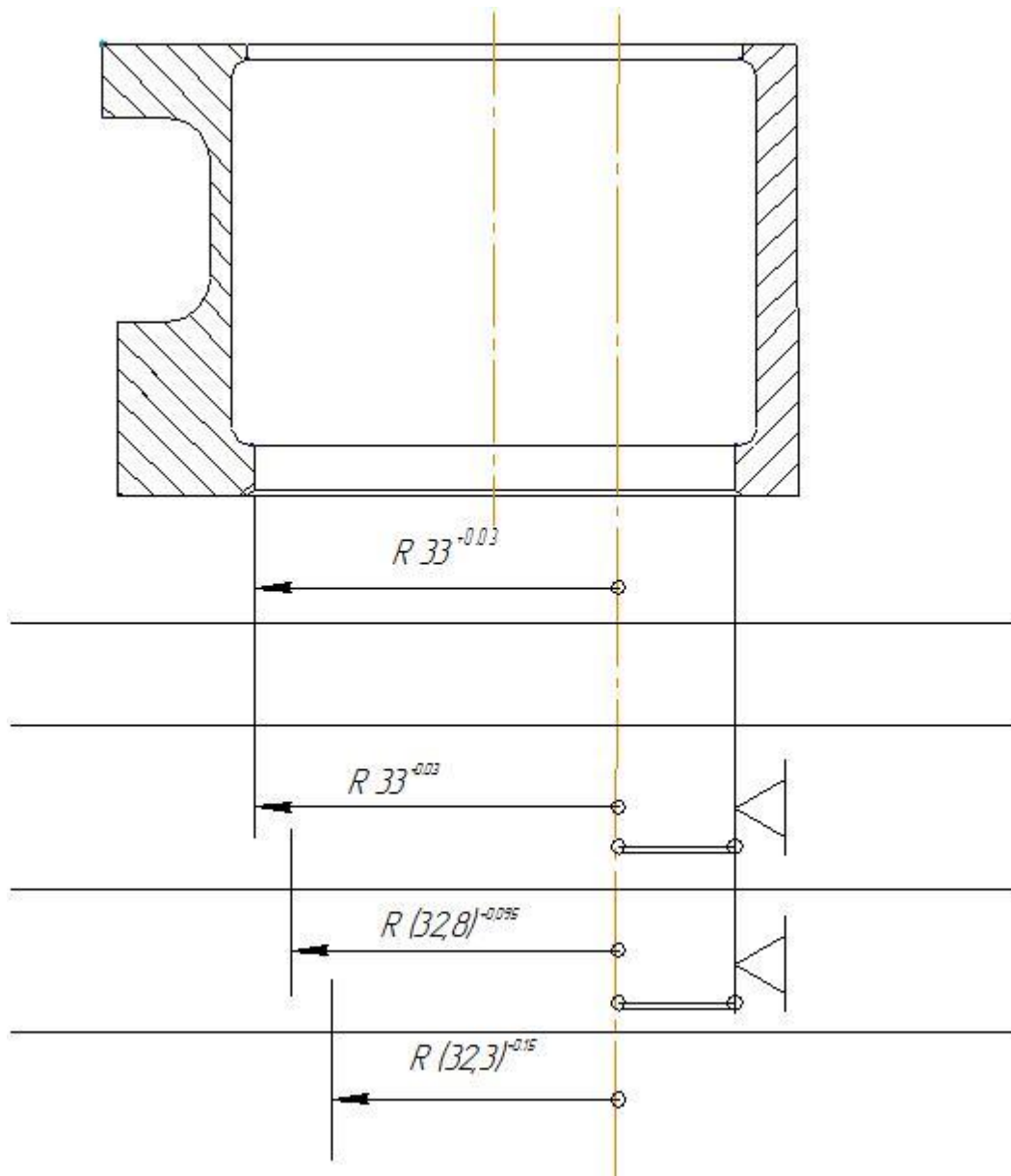


Рисунок 2.16 – Диаметальный анализ проектного варианта технологического процесса

Уравнение припуска [18 17]:

$$[18\ 17] = + (18-018) - (17-018)$$

$$[18\ 17]_{\text{min необх.}} = Rz + Df$$

$$[18\ 17] = 0,03 + 0,04 = 0,07 \text{ мм}$$

$$[18\ 17] = \text{min} + W/2 - \Delta_0 = 0,07 + 0,0625 - (-0,0325) = 0,165 \rightarrow 0,2 \text{ мм.}$$

Уравнение припуска [17 16]:

$$[17\ 16] = + (17-018) - (16-018)$$

$$[17\ 16]_{\text{min необх.}} = Rz + Df = 0,08 + 0,250 = 0,33 \text{ мм.}$$

$$[17\ 16] = 0,33 + 0,1225 - (-0,0275) = 0,48 \rightarrow 0,5 \text{ мм.}$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Исходя из уравнений припусков, найдем значения линейных размеров:

$$0,2 = 33 - (17\ 018) \rightarrow (17\ 018) = 33 - 0,2 = 32,8 \text{ мм.}$$

$$0,5 = 32,8 - (16\ 018) \rightarrow (16\ 018) = 32,8 - 0,5 = 32,3 \text{ мм.}$$

Анализ показал, что все замыкающие звенья выполняются, так как выполняется условие $W < T$

2.4.5 Расчет режимов резания, норм времени и себестоимости на все операции проектного варианта технологического процесса

Расчет режимов резания и норм штучного времени для операции 010 установ

А переход 4 – точение

Исходные данные:

Деталь

Наименование детали – кронштейн (рисунок 2.17)

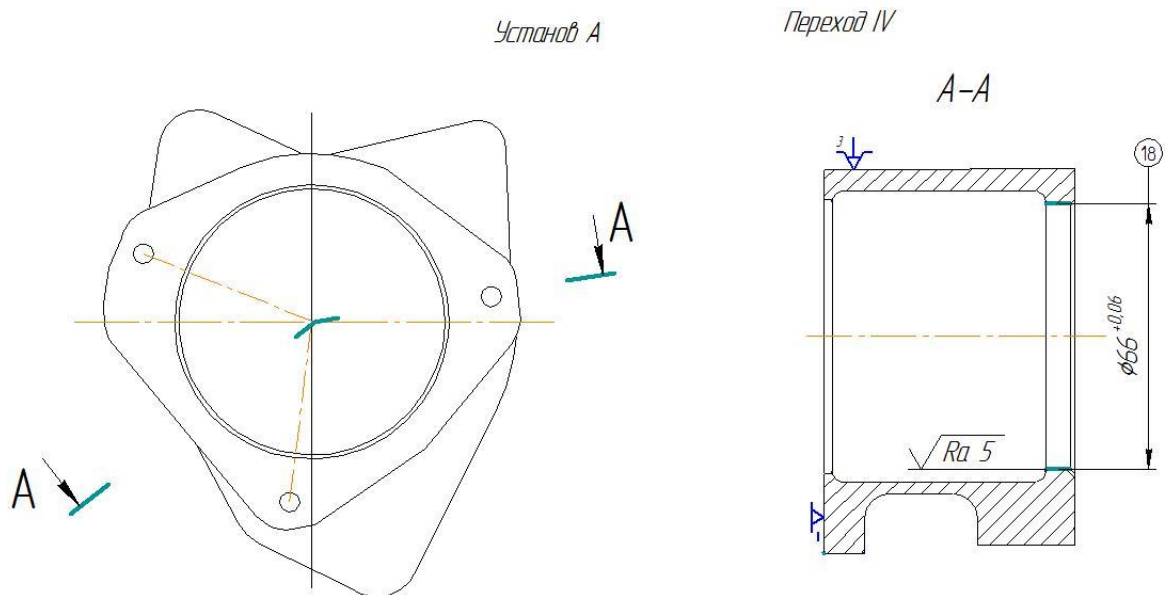


Рисунок 2.17 – Операция 010

Материал – СЧ20 (НВ 1900).

Точность обработки поверхности: IT9.

Шероховатость обработки поверхности: Ra 5.

Заготовка

Метод получения заготовки – литье в металлические формы 12 степень точности.

Состояние поверхности – без корки

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Масса – 1,53 кг.

Операция

Базирование – в трех кулачковом патроне. Содержание операции – точить отверстие 5.

Выбор стадий обработки

По карте 1 справочника машиностроительных нормативов определяют стадии обработки. Для получения размеров отверстия, соответствующих 9 качеству, из заготовки 12 качества необходимо вести обработку в одну стадию: чистовая.

Выбор глубины резания

По карте 2 определяют минимально необходимую глубину резания для чистовой стадии обработки.

При чистовой стадии обработки: для отверстия 5, диаметр которого соответствует интервалу размеров от 50 до 80 мм, рекомендуется глубина резания $t = 0,8$ мм.

Выбор инструмента

По приложению 1, 5 и исходя из условий обработки принимают параллелограмную форму пластины из твердого сплава ВК4. По приложению 6 выбирают способ крепления пластины – двухплечим прихватом за выемку. По приложению 7 и исходя из условий обработки выбирают углы в плане:

$$\varphi = 45^\circ \quad \varphi_1 = 0^\circ.$$

По приложению 8 определяют остальные геометрические параметры режущей части: задний угол $\alpha = 8^\circ$; передний угол $\gamma = 12^\circ$; форма передней поверхности – плоская без фаски; ширина фаски вдоль главного режущего лезвия $f = 0$ мм; радиус скругления $\rho = 0,02$ мм; радиус вершины резца $r_b = 0,6$ мм. Нормативный период стойкости находим по приложению 13. $T = 30$ минут.

Выбор подачи

Рекомендуемые значения подач чистовой стадии обработки выбирают по карте 6: $S_{от} = 0.24$ мм/об. По карте 8 определяют поправочные коэффициенты на подачу чистовой стадии обработки для измеренных условий в зависимости от:

– механических свойств обрабатываемого материала – $K_{S_M} = 1,0$;

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- схемы установки заготовки – $K_{S_y} = 1,20$;
- радиуса вершины резца – $K_{S_r} = 0,85$;
- качества точности обрабатываемой детали – $K_{S_k} = 0,80$.

Окончательно подачу чистовой стадии обработки определяют по формуле:

$$S_o = S_{O_r} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_y} \cdot K_{S_r} \cdot K_{S_k}$$

$$S_o = 0,24 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 0,85 \cdot 0,80 = 0,196 \text{ мм/об}$$

Расчитанные подачи проверяют по осевой и радиальной составляющим силы резания, допустимым прочностью механизма подач станка.

По карте 32 определяют табличные значения составляющих сил резания:

$$P_{xT} = 440 \text{ Н}, P_{yT} = 120 \text{ Н}.$$

По карте 33 определяют поправочные коэффициенты на силы резания для измененных условий в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{p_{Mx}} = K_{p_{My}} = 1,00$;
- главного угла в плане $K_{p_{\phi x}} = 0,70$ $K_{p_{\phi y}} = 2,0$;
- главного переднего угла $K_{p_{\gamma x}} = K_{p_{\gamma y}} = 0,90$;
- угла наклона режущей кромки $K_{p_{\lambda x}} = K_{p_{\lambda y}} = 1,00$.

Окончательно составляющие силы резания определяют по формулам:

$$P_x = P_{xT} K_{p_{Mx}} K_{p_{\phi x}} K_{p_{\gamma x}} K_{p_{\lambda x}} = 440 \cdot 1,00 \cdot 0,70 \cdot 0,90 \cdot 1,00 = 277,2 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{yT} K_{p_{My}} K_{p_{\phi y}} K_{p_{\gamma y}} K_{p_{\lambda y}} = 120 \cdot 1,00 \cdot 2,00 \cdot 0,90 \cdot 1,00 = 216 \text{ Н}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания для чистовой стадии обработки определяют по карте 22:

при $t=0,8$ мм и $S_o=0,196$ мм/об $v_T = 355$ м/мин.

По карте 22 определяют поправочный коэффициент на скорость резания для чистовой стадии обработки в зависимости от инструментального материала $K_{vH} = 0,45$.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

По карте 22 определяют поправочные коэффициенты для измененных условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала – $K_{v_c} = 1,0$;
- вида обработки – $K_{v_o} = 1,0$;
- жесткости станка – $K_{v_j} = 0,70$;
- механических свойств обрабатываемого материала – $K_{v_m} = 1,0$;
- геометрических параметров резца – $K_{v_\phi} = 1,15$;
- периода стойкости режущей части – $K_{v_T} = 1,0$;
- наличия охлаждения – $K_{v_{ж}} = 1,0$.

$$K_v = K_{v_H} \cdot K_{v_c} \cdot K_{v_o} \cdot K_{v_j} \cdot K_{v_m} \cdot K_{v_\phi} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_{ж}}$$

$$K_v = 0.45 \cdot 1.0 \cdot 0.70 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.15 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.362$$

Окончательно скорость резания на чистовой стадии:

$$v = 355 \cdot 0.362 = 128.598 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле

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

$$n = \frac{1000 \cdot 129}{3.14 \cdot 65.2} = 630 \text{ об / мин.}$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = 128,98 \text{ м / мин}$$

По карте 25 для получения параметра шероховатости $R_a \leq 5$ мкм при обработке чугуна со скоростью резания v – весь диапазон резцом с радиусом при вершине $r_b = 0,6$ мм рекомендуется подача $S_{oT} = 0.35$ мм/об.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

По карте 26 определяют поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от параметра шероховатости обработанной поверхности для измененных условий в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{Sm} = 1,00$;
- инструментального материала $K_{Si} = 1,00$;
- вида обработки $K_{So} = 1,00$;
- наличия охлаждения $K_{Sж} = 1,00$.

Окончательно максимально допустимую подачу по параметру шероховатости для чистовой стадии обработки поверхности определяют по формуле

$$S_o = 0.35 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = 0.35 \text{ мм/об.}$$

Подача для чистовой стадии обработки поверхности, рассчитанные выше, не превышают этого значения.

Определение минутной подачи

Минутную подачу рассчитывают по формуле

$$S_M = n_\phi \cdot S_o,$$

$$S_M = 630 \cdot 0,196 = 123,48 \text{ мм/мин.}$$

Определение норм штучного времени

Норму штучного времени определяют по формуле

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{мех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100} \right),$$

Вспомогательное время складывается из составляющих, выбор которых осуществляется по части 1 нормативов:

$$T_{в} = T_{в. \text{ уст.}} + T_{в. \text{ он.}} + T_{в. \text{ из}},$$

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Вспомогательное время на установку и снятие детали $T_{в.уст.}=0,17$ мин (см. часть 1, карта 7, позиция 1, индекс б).

Время связанное с измерением $t_{изм} = 0,13 + 0,30 + 0,7 = 1,13$. Измерение диаметра отверстия – пробкой, отклонение от перпендикулярности – калибр, резьба – резьбовой калибр.

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.оп.}$, включает в себя время на включение и выключение станка, проверку возврата инструмента в заданную точку после обработки, установку и снятие щитка, предохраняющего от забрызгивания эмульсией (см. часть 1, карту 14, позиция 4, 6, индекс е):

$$T_{в.оп} = 0,12 + 0,04 = 0,16 \text{ мин.}$$

Суммарное вспомогательное время составит

$$T_{в} = 0,17 + 0,16 + 1,13 = 1,46 \text{ мин.}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени (см. часть 1, карту 16, позиция 39):

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

Основное время рассчитывается как:

$$T_o = \sum_1^i \frac{L_i}{S_{mi}},$$

$$T_o = \frac{12}{124} = 0,097 \text{ мин.}$$

Окончательно норма штучного времени равна

$$T_{ш} = (0,097 + 1,46) \cdot (1 + 0,10) = 1,7127 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Результаты расчета режимов резания для операции точения представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Режимы резания на операцию точения

Элементы режима резания	Стадия обработки
	чистовая
Глубина резания t , мм	0,8
Табличная подача S_{0T} , мм/об	0,24
Принятая подача S_0 , мм/об	0,196
Табличная скорость резания v_t , м/мин	128,6
Фактические обороты шпинделя n_f , об/мин	630
Минутная подача S_m , мм/мин	123,5

Расчет режимов резания и норм штучного времени для операции 005 фрезерования.

Исходные данные

Наименование детали – Кронштейн

Материал – серый чугун СЧ 20 НВ 1900

Точность обработки поверхности 1 – IT 11.

Шероховатость поверхностей – Ra 5 мкм.

Отклонение от параллельности – 0,1 мм относительно поверхности В, отклонение от плоскости 0,1 мм.

Заготовка

Метод получения заготовки – литье в металлические формы.

Масса – 1,53 кг.

Состояние поверхности – без корки.

Припуск на обработку поверхности – 1 – 2 мм.

Станок

Модель станка Optimum F150 CNC TC Premium

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Операция

Содержание операции – фрезеровать поверхность

Выбор стадии обработки

Точность размера между обработанными торцами соответствует 11 качеству.

По карте 54 определяем, что для получения размера $66h11_{-0.15}$ необходимо выполнение чистовой стадии обработки.

Выбор глубины резания

По карте 55 определяют глубину резания для чистовой стадии обработки $t=1,00$ мм.

Выбор инструмента

Из приложения 3, 10, 11 выбраны следующие параметры инструмента: для поверхности 1 – фреза торцевая $D=200$ мм, материал режущей части ВК8, число зубьев $z=40$, $\varphi=75$; для поверхности 2 - фреза торцевая $D=150$ мм, материал режущей части ВК8, число зубьев $z=24$, $\varphi=75$.

Выбор подачи

Подачу на зуб выбирают по карте 58 $S_{Z_T} = 0,58$. По картам 60 и 66 определяют поправочные коэффициенты на подачу для чистовой стадии обработки в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала – $K_{S_M} = 1,00$;
- материала режущей части фрезы – $K_{S_H} = 1,00$;
- отношения фактической ширины фрезерования к нормативной – $K_{S_B} = 1,00$;
- главного угла в плане – $K_{S_P} = 0,85$;
- способа крепления пластины – $K_{S_3} = 1,00$;
- схемы установки фрезы – $K_{S_C} = 0,50$;
- группы обрабатываемого материала – $K_{S_O} = 1,00$.

С учетом поправочных коэффициентов подача определяется по следующей формуле:

$$S_z = S_{Z_T} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_H} \cdot K_{S_B} \cdot K_{S_P} \cdot K_{S_C} \cdot K_{S_O}$$

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$S_z = 0.58 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 0.85 \cdot 1.00 \cdot 0.50 \cdot 1.00 = 0,2465 \text{ мм/зуб.}$$

Для чистовой стадии обработки производят проверку выбранной подачи по обеспечению требуемой шероховатости поверхности, $S_z=0.45$ (карта 61, поз 2, инд. Ж). С учетом поправочных коэффициентов в зависимости от твердости обрабатываемого материала ($K_{SM}=1.00$) подача по шероховатости равна

$$S_z = 0.45 \cdot 1.00 = 0.45 \text{ мм/зуб.}$$

Для чистовой стадии обработки окончательно принимают минимальное значение подачи $S_z = 0.45$ мм/зуб.

Выбор скорости резания

Скорость резания выбирают по карте 65.

Для чистовой стадии обработки $v_T = 88$ м/мин. Выбранная скорость резания корректируется с учетом поправочных коэффициентов в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала – $K_{VM} = 1,00$;
- материала режущей части фрезы – $K_{VI} = 1,00$;
- состояния поверхности – $K_{VP} = 1,00$;
- главного угла в плане – $K_{V\phi} = 0,95$;
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы – $K_{VB} = 1,30$;
- периода стойкости режущей части фрезы – $K_{VT} = 0,60$;
- способа крепления пластины – $K_{VP} = 1,00$;
- наличия охлаждения – $K_{VЖ} = 1,00$;
- группы обрабатываемого материала – $K_{VO} = 1,00$.

$$v = v_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{VP} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VB} \cdot K_{VT} \cdot K_{VP} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VO},$$

$$v = 88 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 0.95 \cdot 1.30 \cdot 0.60 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = 65,208 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя определяют по формуле:

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

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						52
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\text{Для поверхности 1 - } n = \frac{1000 \cdot 65}{3.14 \cdot 400} = 51,75 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Для поверхности 2 - } n = \frac{1000 \cdot 65}{3.14 \cdot 250} = 82,8 \text{ об/мин}$$

Определение минутной подачи

Минутную подачу рассчитывают по формуле:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n$$

Для фрезы диаметром 250

$$S_m = 0.25 \cdot 24 \cdot 82.8 = 496.8 \text{ мм/мин.}$$

Для фрезы диаметром 400

$$S_m = 0.25 \cdot 40 \cdot 52 = 520 \text{ мм/мин.}$$

Определение основного времени цикла автоматической работы станка по программе

На каждой стадии выполняется один рабочий ход. По приложению 24 определяют длину подвода, врезания и перебега фрезы.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле:

$$T_{01} = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_m},$$

где l_0 – длина обрабатываемой поверхности, $l_0 = 110$ мм (по чертежу); l_1 – длина подвода, $l_1 = 5$ мм; ($l_2 + l_3$) – длина врезания и перебега, $l_2 + l_3 = D + l_1 = 250 + 5 = 255$ мм; $400 + 5 = 405$ мм; S_m – минутная подача, мм/мин.

$$T_{01} = \frac{110 + 5 + 255}{496,8} = 0,74 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$T_{o2} = \frac{150 + 5 + 405}{520} = 1,08 \text{ мин.}$$

Таким образом, время цикла автоматической работы станка по программе

$$T_{ц.а.} = T_o.$$

Определение нормы штучного времени

Норму штучного времени определяют по формуле:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right),$$

Вспомогательное время складывается из составляющих, выбор которых осуществляется по части 1 нормативов:

$$T_{в} = T_{в.уст.} + T_{в.он.} + T_{в.из.},$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали $T_{в.уст.} = 0,11$ мин (см. часть 1, карта 13, позиция 1, индекс е).

Время на закрепление и открепление детали $T_{уст} = 0,03$ мин (часть 1, карта 13, позиция 31, индекс д).

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.он.}$ (см. часть 1, карту 14, позиция 4, 6, индекс е):

$$T_{в.он.} = 0,12 + 0,04 = 0,16 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на контрольное измерение односторонней предельной скобой $T_{из} = 0,08 + 0,12$ мин (часть 1, карта 15, позиция, индекс).

Суммарное вспомогательное время составит

$$T_{в} = 0,11 + 0,03 + 0,16 + 0,20 = 0,5 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени (см. часть 1, карту 16, позиция 39):

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

Окончательно норма штучного времени равна

$$T_{\text{ш1}} = (0,74 + 0,5) \cdot (1 + 0,10) = 1,364 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{ш2}} = (1,08 + 0,5) \cdot (1 + 0,10) = 1,738 \text{ мин.}$$

Расчет режимов резания и норм штучного времени для операции 010 установ А, переход 1 – обработки отверстия

Выбор варианта маршрута обработки

Маршрут обработки выбирают по карте 44 в зависимости от диаметра, точности и шероховатости обрабатываемого отверстия, состояния отверстия заготовки, вида устройства ЧПУ, необходимости подрезания дна или нарезания резьбы. В данном случае для диаметра 5,04 мм без подрезания дна 11 квалитета с шероховатостью $R_a - 10$ мкм маршрут обработки включает сверление.

Выбор глубины резания

Глубина резания для сверления принимается равной половине диаметра сверла.

$$T = 2,52 \text{ мм.}$$

Расчет диаметра обрабатываемого отверстия по переходам маршрута и выбор инструмента.

Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы резания осуществляется по картам 46...51 для ближайшего большего табличного значения диаметра инструмента.

Сверление при диаметре $D = 5,04$ мм, отношение длины рабочей части сверла к диаметру $l/D = 3,57$ ближайшие большие табличные значения $D_T = 6$ мм. $(l/D) = 8$. Для этих значений по карте 46, лист 1 определяют $S_{\text{от}} = 0.11$ мм/об;

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$v_T = 27.5$ м/мин; $P_T = 812$ кВт; $N_T = 0.30$ Н.

Величина частоты вращения шпинделя n_T для табличных значений скорости резания v_T определяют по формуле:

$$n_T = \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot D_T},$$

Табличные значения режимов резания корректируются в зависимости от измененных условий работы по формулам корректировки, приведённым в карте 52. Значения поправочных коэффициентов выбирают из карты 53.

Подачу корректируют по формуле $S_O = S_{OT} * K_{Sm}$ (карта 52)

Для серого чугуна (HB = 1900 Мпа) $K_{Sm} = 1.00$

С учетом коэффициента $S_O = 0.11 \cdot 1.00 = 0.11$ мм/об.

Скорость корректируют по формуле:

$$v = v_T \cdot K_{v_M} \cdot K_{v_3} \cdot K_{v_Ж} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_W} \cdot K_{v_{И}} \cdot K_{v_I}$$

По карте 53 выбирают коэффициенты:

$K_{v_M} = 1.00$ (для серого чугуна HB = 1900 Мпа);

$K_{v_3} = 1.00$ (для нормальной формы заточки инструмента);

$K_{v_Ж} = 1,00$ (обработка с охлаждением);

$K_{v_T} = 1,00$ ($T_{\phi}/T_H = 1,0$);

$K_{v_W} = 0,85$ (отливка с нормальной коркой);

$K_{v_{И}} = 2,2$ (материал инструмента – твердый сплав);

$K_{v_I} = 1,0$ (по ГОСТ 10902 – 77);

$$v = 27.5 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 0.85 \cdot 2.2 \cdot 1.00 = 51.425 \text{ м/мин.}$$

Скорректированную частоту вращения шпинделя рассчитывают по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 51.425}{3.14 \cdot 5.04} = 3249.5 \text{ об/мин.}$$

Значение минутной подачи S_m определяют по формуле:

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Sm = So \cdot n = 0.11 \cdot 3249.5 = 357.4 \text{ мм/мин.}$$

Корректировка табличных значений мощности резания и осевой силы

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

$$N = N_T \cdot K_{Ns} \cdot K_{Nr} / K_{Nm}$$

$$P = P_T \cdot K_{Ps} / K_{Pm}$$

По карте 53 выбирают поправочные коэффициенты

$$K_{Nm} = K_{Pm} = 1.00$$

$$N = 0.30 / 1.00 = 0.30$$

$$P = 812 / 1.00 = 812$$

Определение времени автоматической работы станка по программе

Длину рабочего хода определяют по формуле

$$L_{p.x.} = l_o + l_1 + l_2 + l_3,$$

где l_o – длина обрабатываемой поверхности; l_1 – длина подвода инструмента; l_2 – длина врезания инструмента; l_3 – длина перебега инструмента.

Эти значения определяют из приложения 23. С учетом этих данных

$$L_{p.x.} = 18 + 3,5 + 3,5 + 3,5 = 28,5 \text{ мм}$$

Основное время автоматической работы станка T_o определяют по формуле:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{Sm_{\phi}} = \frac{28,5}{357,4} = 0,0797 \text{ мин.}$$

Определение нормы штучного времени

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right)$$

Вспомогательное время складывается из составляющих, выбор которых осуществляется по части 1 нормативов:

$$T_{в} = T_{в.уст.} + T_{в.оп.} + T_{в.из.},$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали $T_{в.уст.} = 0$ мин (Учтено в операции точения).

Вспомогательное время, связанное с операцией $T_{в.оп.}$, включает в себя время на включение и выключение станка, проверку возврата инструмента в заданную точку после обработки, установку и снятие щитка, предохраняющего от забрызгивания эмульсией (см. часть 1, карту 14, позиция 4, 6, индекс е):

$$T_{в.оп} = 0,12 + 0,04 = 0,16 \text{ мин.}$$

Суммарное вспомогательное время составит

$$T_{в} = 0 + 0,16 = 0,16 \text{ мин.}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени (см. часть 1, карту 16, позиция 39):

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

Окончательно норма штучного времени равна

$$T_{ш} = (0,0797 + 0,16) \cdot (1 + 0,10) = 0,264 \text{ мин.}$$

Расчет нормы времени на операцию 015 – контрольная.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$T_{\text{изм}} = 0.09 + 0.045 + 0.045 + 0.70 = 0.88 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время складывается из: получение документации, наладка станка, инструктаж рабочего, изучение чертежа детали, подготовка рабочего места и т.д.

$$T_{\text{п.з.010}} = 9 + 2 + 2 + 2,5 + 0,15 + 6,5 = 22,15 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.005}} = 10 + 2 + 2 + 7 + 2 + 0,2 + 0,2 + 1 + 0,5 + 0,8 + 0,3 = 26$$

Расчет режимов резания для других операций производится аналогично.

Сводная таблица всех норм времени приведена в таблице 2.6, режимов резания в таблице 2.7.

Таблица 2.6 – Нормы времени

№ операции	№ перехода	$t_{в.}$, мин	$T_{о.}$, мин	$T_{шт.}$, мин	$T_{п.з.}$, мин
005 – вертикально- фрезерная	Установ А	0,5	1,08	1,738	
	Установ Б	0,3	0,74	1,144	
	Сумма времени	0,8	1,82	2,882	26
010 – комплексная с ЧПУ	переход 1 – сверлильный	0,16	0,0797	0,264	
	переход 2 – резьбонарезной	0,18	0,0336	0,235	
	переход 3 – сверлильный	0,16	0,096	0,2816	
	переход 4 – токарный	1,46	0,097	1,7127	
	Сумма времени	1,96	0,3063	2,4933	
010 - комплексная с ЧПУ	переход 1 – сверлильный	0,38	0,0372	0,4589	
	переход 2 – сверлильный	0,275	0,0419	0,34859	
	Сумма времени	0,655	0,0791	0,8075	22,15

Окончание таблицы 2.6 – Нормы времени

015		0,88			
Сумма времени		4,295	2,2054	6,1828	48,15
					Сумма времени = 60,88

Таблица 2.7 – Режимы резания

Элементы режима резания	№ операции						
	005 – вертикально- фрезерная		010 – комплексная с ЧПУ				
	А	Б	1	3	4	1	2
Стадия обработки	чистовая	чистовая			чистовая		
Глубина резания t , мм	1,00	1,00	2,52	0,84	0,8	4	4,5
Табличная подача S_{0T} , S_{zT} , мм/об	0,58	0,58	0,11	1,85	0,24	0,30	0,35
Принятая подача S_0 , S_z , мм/об	18	10,8	0,11	1,85	0,196	0,30	0,35
Табличная скорость резания v_t , м/мин	88	88	27,5	16,7	355	26,5	25,8

Окончание таблицы 2.7 – Режимы резания

Принятая скорость резания v , м/мин	65,208	65,208	51,425	31,229	128,598	49,56	48,25
Фактические обороты шпинделя n_f , об/мин	51,75	82,8	3249,5	151,61	630	1972,93	1707,22
Минутная подача S_m , мм/мин	520	496,8	357,4	280,47	123,48	591,88	597,53

Т.о. время на обработку детали «Кронштейн» составляет

$$T = 6,1828 \text{ мин.}$$

Исходные данные для расчета себестоимости проектного варианта №1 представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Расчетные данные первого технологического процесса

Наименование параметра	Значение
Общее время обработки одной детали, мин.	4,7115
Время обработки на фрезерном станке, мин.	3,32
Время обработки на обрабатывающем центре, мин.	1,3915
Стоимость инструмента и время работы Фреза $\varnothing 315$ H490 F90AX D315 – 16 – 17	20000 ($t=2,42$)
Стоимость инструмента и время работы Фреза $\varnothing 250$ H490 F90FX D250 – 12 – 60 – 17	18000 ($t=0,9$)
Стоимость инструмента и время работы Сверло SCD – 035 – 060 AG5	1500 ($t=0,24$)
Стоимость инструмента и время работы Метчик М6Н2 ГОСТ 3266 – 71	350 ($t=0,24$)
Стоимость инструмента и время работы Зенкер комбинированный. $T_0=0,096$	950 ($t=0,256$)

Окончание таблицы 2.8 – Расчетные данные первого технологического процесса

Стоимость инструмента и время работы Резец расточной специальный	4000 (t=0,257)
Стоимость инструмента и время работы Сверло SCD – 043 – 080 AG5	1250 (t=0,2)
Стоимость инструмента и время работы Сверло SCD – 049 – 100 AG5	1300 (t=0,2)
Общая стоимость оборудования	13850533,4
Стоимость станка Optimum F150 TC	4873034,4
Стоимость станка BK202S	8977499
Общее время на перемещение деталей с применением погрузчика, мин	6,7
Стоимость погрузчика Hangcha 1.0-1-1.8т	699000

Энергия на технологические цели:

$$P_{эл} = \frac{\sum M \cdot F_d \cdot T_3}{V_T},$$

где $\sum M$ – суммарная мощность действующих электроустановок (в кВт);

F_d – фонд времени работы оборудования;

T_3 – тариф на электроэнергию;

V_T – годовая программа выпуска изделий.

$$\sum M = 25 + 30 + 6,5 = 61,5 \text{ кВт}$$

$$P_{эл} = \frac{61,5 \cdot 3872,96 \cdot 3,2}{1000 \cdot 60} = 12,7 \text{ руб./деталь}$$

Основная заработная плата производственных рабочих:

В основе фонда заработной платы лежит прямой фонд заработной платы, включающий оплату труда сдельщиков по расценкам и повременщиков по тарифу.

$$Z_{пр} = \sum_{i=1}^m t_{ум} \cdot \frac{Ч_{cm}}{60} \cdot K_m \cdot (1 + \alpha) \cdot (1 + \beta)$$

где топ — число операций в технологическом процессе; тшт — норма штучного времени на выполнение i-ой операции, мин; $Ч_{cm}$ — тарифная ставка на i – ой операции, руб.; K_m – коэффициент, учитывающий оплату основного рабочего

при многостаночном обслуживании и определяемый по табл.1; α – коэффициент, учитывающий дополнительную заработанную плату; β – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (34,2%).

В таблице 2.9 представлена тарифная ставка производственных рабочих для различных операций.

Таблица 2.9 – Заработная плата производственных рабочих

№ операции	Наименование операции	Станок	Тшт, мин	Стар, руб/ч
005	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	F150 TC	2,882	165
010	Комплексная с ЧПУ	BK202S	3,3298	185

$$Z_{\text{пр}} = \frac{2,882 \cdot 165 + 3,3298 \cdot 185}{60} \cdot 1 \cdot (1 + 0,40) \cdot (1 + 0,342) = 34,179 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления на оборудование и дорогостоящую оснастку с длительным сроком службы.

$$A_{\text{отч}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{он}}} \frac{K_i \times H_{a_i} \times t_{o_i}}{100 \times F_{\text{д}} \times 60},$$

где K_i — первоначальная стоимость оборудования (оснастки) на i -ой операции, руб.; H_{a_i} — годовая норма амортизационных отчислений на оборудование (оснастку) на i -ой операции (%); t_{o_i} — основное (машинное) время на i -ой операции, мин; $F_{\text{д}}$ — действительный (эффективный) фонд времени работы оборудования (оснастки), ч.

Срок амортизации 5 лет.

Амортизация станков на минуту использования:

$$A_1 = \frac{4873034,4 \cdot 20 \cdot 2,882}{100 \cdot 1936,48 \cdot 60} = 24,174 \text{ руб / деталь}$$

$$A_1 = \frac{8977499 \cdot 20 \cdot 3,33}{100 \cdot 1936,48 \cdot 60} = 51,46 \text{ руб / деталь}$$

Затраты на инструмент:

$$S_{ин} = \sum_{i=1}^{m_{оп}} \sum_{j=1}^{n_{ин}} \frac{Ц_{инij} \times t_{умij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \times (n_j + 1)},$$

где $Ц_{инij}$ — цена инструмента j -го вида на i -ой операции, руб./ шт.; $t_{умij}$ — штучное время работы j -го инструмента на i -ой операции, мин; η_m — коэффициент машинного времени, определяемый как отношение $t_{маш}/t_{шт}$; T_{ij} — период стойкости инструмента j -го вида на i -ой операции, мин; $n_{ин}$ — номенклатура инструментов на i -ой операции; n_j — число переточек инструмента.

$$S_u = \frac{20000 \cdot 2,42 \cdot 0,45}{60} + \frac{18000 \cdot 0,9 \cdot 0,45}{60} + \frac{1500 \cdot 0,24 \cdot 0,5}{30} +$$

$$+ \frac{350 \cdot 0,24 \cdot 0,5}{30} + \frac{950 \cdot 0,256 \cdot 0,5}{30} + \frac{4000 \cdot 0,257 \cdot 0,5}{30} +$$

$$+ \frac{1250 \cdot 0,2 \cdot 0,5}{30} + \frac{1300 \cdot 0,2 \cdot 0,5}{30} = 521,74 \text{ руб / деталь}$$

Стоимость погрузчика на 1 деталь:

$$\frac{699000}{1000} = 699 \text{ руб / деталь}$$

Калькуляция технологической себестоимости приведена в таблице 2.10

Таблица 2.10 – Калькуляция себестоимости

№	Наименование	Затраты			
		на деталь, руб		На программу 1000 шт, руб	На программу 20000 шт.руб
		1000	20000		
1	Топливо и энергия на технологические цели	12,7	12,7	12700	254000

Окончание таблицы 2.10 – Калькуляция себестоимости

2	Основная заработная плата	34,179	34,179	34179	683580
3	Амортизация оборудования	75,634	3,7817	75634	75634
4	Расходы на инструмент	521,74	521,74	521740	10434800
5	Расходы на погрузчик	699	34,95	699000	699000
ИТОГО производственная себестоимость		1342,55	607,345	1342553	12147014

2.5 Разработка проектного варианта №2 технологического процесса изготовления детали «Кронштейн»

2.5.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Множество поверхностей детали не нуждаются в механической обработке и могут быть получены на заготовительной операции. Таким образом, литье в кокиль и по выплавляемым моделям позволяют получить заготовку необходимой конфигурации с заданной точностью. Но литье по выплавляемым моделям более дорогой способ получения заготовки и применяется в случае необходимости получения заготовки высокой точности. Поэтому в качестве способа получения заготовки выбираем литье в кокиль.

2.5.2 Выбор основного технологического оборудования

Вертикальный многоцелевой станок с ЧПУ (CNC) HAAS VM представлен на рисунке 2.18. Технические характеристики представлены в таблице 2.11.



Рисунок 2.18 – Вертикальный многоцелевой станок с ЧПУ (CNC) HAAS VM

Таблица 2.11 – Технические характеристики HAAS VM 6

Модель	HAAS VM 6
Технические характеристики	
Электропитание	
Общая потребляемая мощность	22,4 кВт
Крутящий момент шпинделя	122 Нм
Шпиндель	
Точность	
Повторяемость	0,005 мм
Позиционирование	0,0076 мм
Сменщик инструмента	
Количество инструмента	24+1
Максимальный диаметр инструмента	152 мм
Максимальная масса инструмента	5,4 кг
Время смены инструмента	2,8 с

Окончание таблицы 2.11 – Технические характеристики HAAS VM 6

Перемещения	
Ось X	1626 мм
Ось Y	813 мм
Ось Z	762 мм
Подача по осям	
Рабочая подача (оси X, Y, Z)	12 м/мин
Быстрый ход (X, Y, Z)	15.2 м/мин
Число оборотов	
Число оборотов шпинделя	12000 об/мин
Координатный стол	
Расстояние шпиндель – стол	102 – 864 мм
Размер стола, Д * Ш	1626x711 мм
Размер T – пазов, ширина / количество / между	16 мм / 4 / 102 мм
Максимальная нагрузка на стол	1814 кг
Емкость бака СОЖ	358 литров
Масса станка	9526 кг

Вертикально-сверлильный станок 2Н135 представлен на рисунке 2.19.

Технические характеристики:

Класс точности Н

Наибольший диаметр сверления в стали 45 ГОСТ 1050-74, мм 35

Размеры конуса шпинделя по ГОСТ 25557-82 Морзе 4.

Расстояние от оси шпинделя до направляющих колонны, мм 300.

Наибольший ход шпинделя, мм 250.

Расстояние от торца шпинделя, мм:

- до стола 30-750;

- до плиты 700-4120.

Наибольшее (установочное) перемещение сверлильной головки, мм 170.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Перемещение шпинделя за один оборот штурвала, мм 122.46.

Рабочая поверхность стола, мм 450x500.

Наибольший ход стола, мм 300.

Установочный размер Т-образных пазов в столе по ГОСТ 1574-75:

- центрального 18Н9;

- крайних 18Н11.

Расстояние между двумя Т-образными пазами по ГОСТ 6569-75, мм 100.

Количество скоростей 12.

Пределы частоты вращения шпинделя, 1/мин 31,5-1400.

Количество подач 9.

Пределы подач, мм/об 0.1-1.6.

Напряжение питающей сети, В 380/220

Габаритные размеры, мм:

- высота 2535

- ширина 825

- длина 1030

Масса станка, кг 1200



Рисунок 2.19 – Вертикально-сверлильный станок 2Н135

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Универсальный токарный станок ТУМ-35 представлен на рисунке 2.20. Предназначен для использования в условиях серийного и единичного производства для изготовления небольших и средней величины изделий из стали, чугуна, цветных металлов и пластмасс.

Технические характеристики:

- длина токарной обработки: 1000 мм,
- диаметр обработки над станиной: 350 мм,
- диаметр обработки над суппортом: 200 мм,
- диапазон оборотов шпинделя: 28 – 2500 об / мин.
- мощность 4 кВт;
- вес: 1500 кг.

Оснащён конусной линейкой.

Координатно-расточной станок Е450АФ30 представлен на рисунке 2.21. Технические характеристики представлены в таблице 2.12.



Рисунок 2.20 – Универсальный токарный станок ТУМ-35



Рисунок 2.21 – Координатно-расточной станок E450AФ30

Таблица 2.12 – Технические характеристики E450AФ30

Наименование параметра	Величина параметра
Размер рабочей поверхности стола, мм	1120x630
Наибольшее перемещение по осям X, Y, Z, мм	1000x630x260
ЧПУ	NC-110
Мощность, кВт	7
Габариты, мм	2850x3000x3500
Масса, кг	8000
Частота вращения шпинделя, об/мин	2000
Наиб. Диаметр сверления, мм	30
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин	6000
Допустимый вес обрабатываемого изделия, кг	600
Габариты станка ДхШхВ, мм	2832x3000x3500
Масса, кг	8250

2.5.3 Формирование операционно-маршрутной технологии для проектного варианта

Маршрутный технологический процесс:

000 Заготовительная операция – литье в металлические формы

005 Фрезерная с ЧПУ

вертикально – фрезерный станок Haas VN-3.

010 Токарная операция

токарный станок TUM-35

015 Вертикально-сверлильная операция

вертикально-сверлильный станок 2Н135

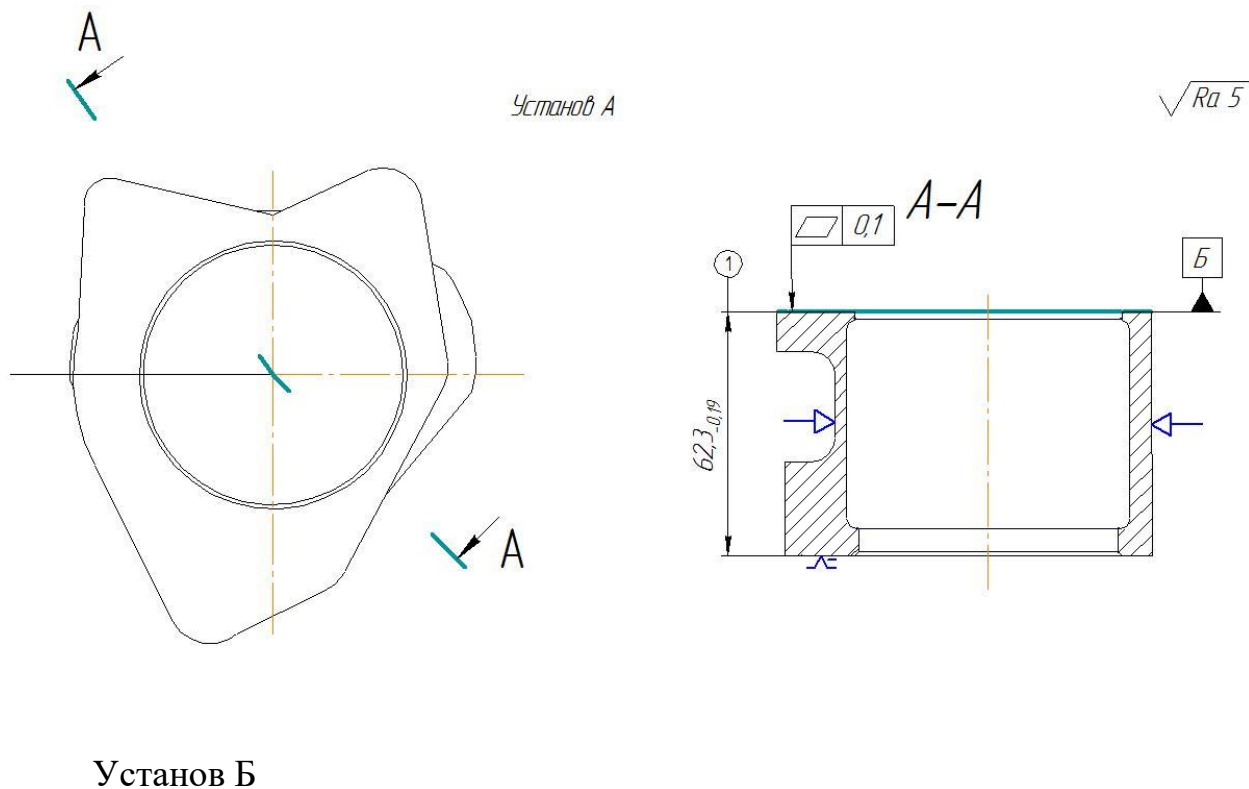
020 Координатно-расточная операция

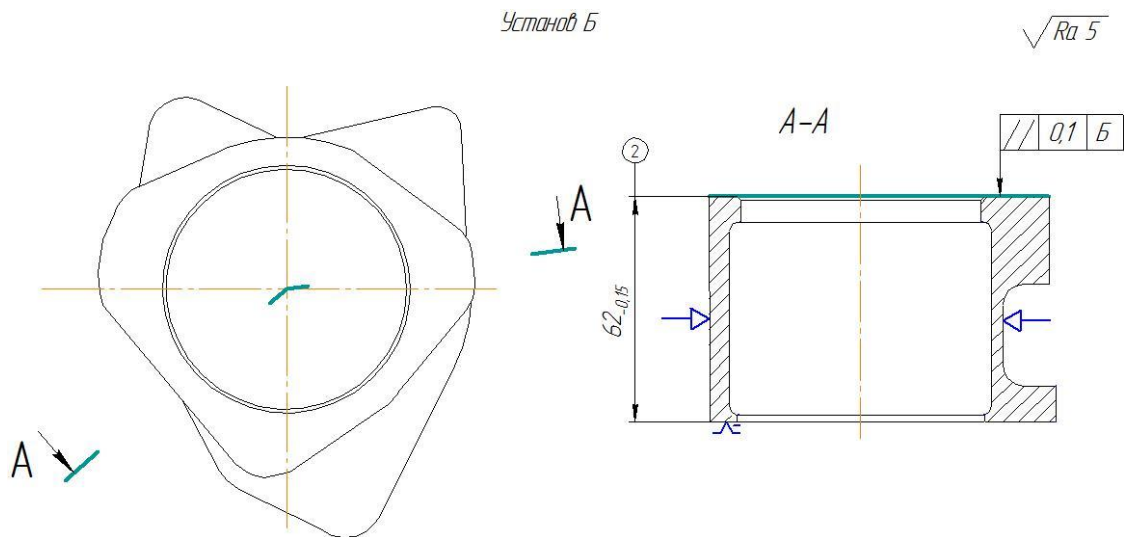
координатно-расточной станок 2E450AФ30

Операционный технологический процесс:

Операция 005 установ А – фрезерная с ЧПУ.

Фрезеровать поверхности. Операция выполняется в 2 установа. Базирование заготовки осуществляется с помощью пневматических тисов.

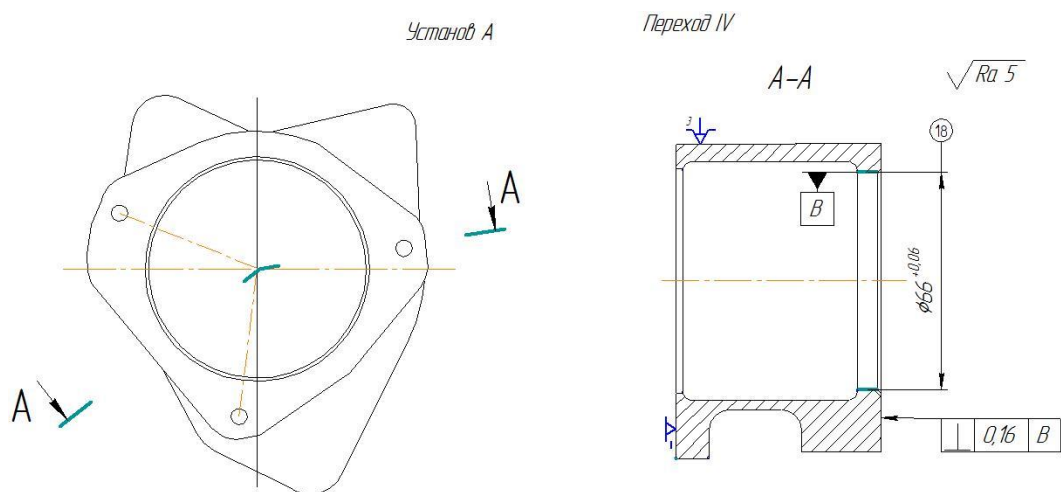




Операция 010 – Токарная – 2 перехода (на данной операции установка заготовки осуществляется в трех кулачковом патроне с упором по торцу, обработка ведется по переходам).

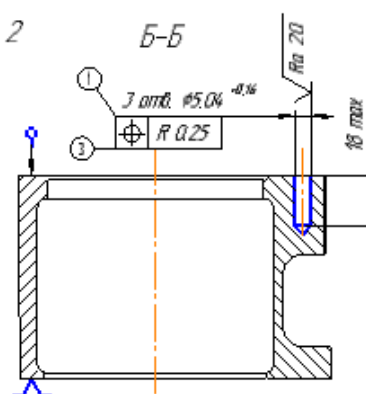
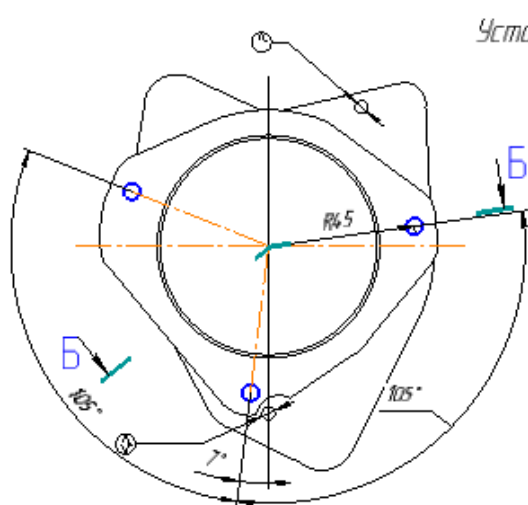
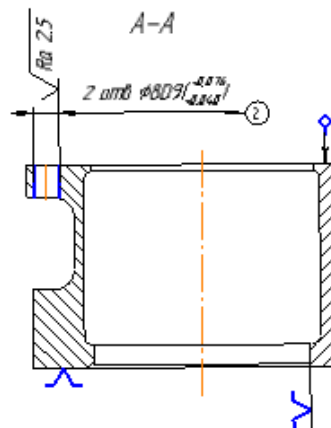
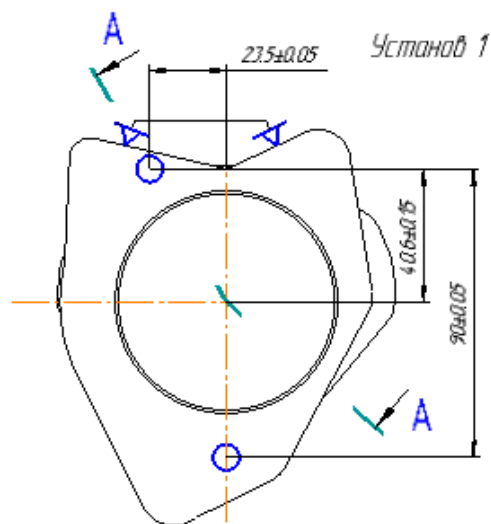
Переход I – зенкерование отверстия

Переход II



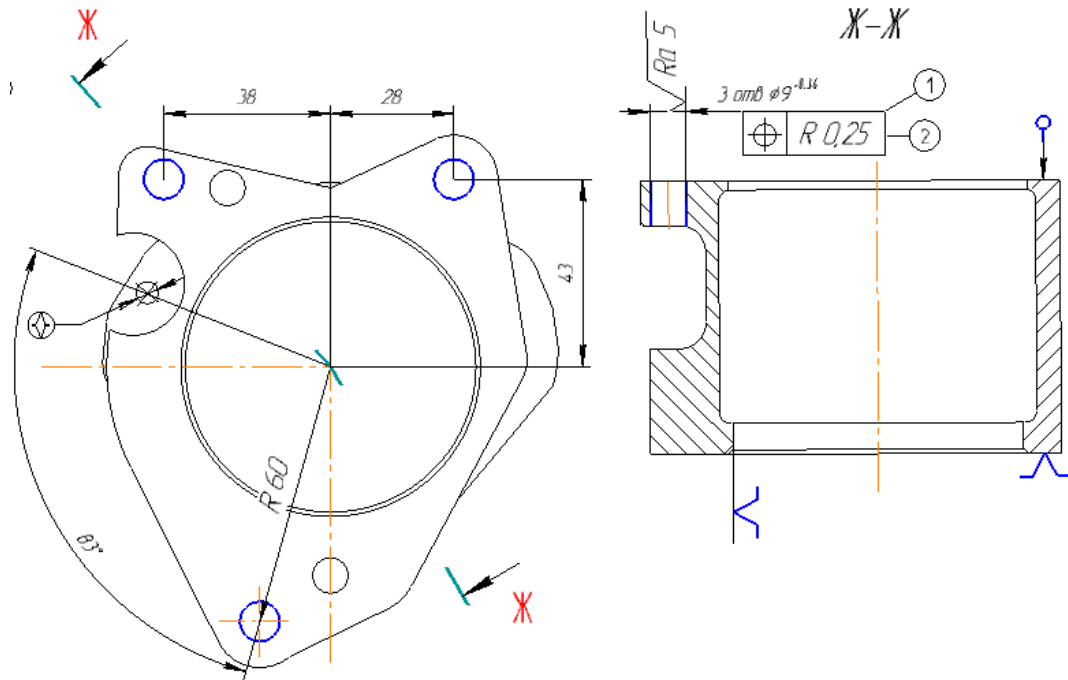
Операция 015 – Вертикально-сверлильная (установка заготовки на кондукторной плите с помощью зажимного приспособления, обработка поверхностей ведется в два установка: установ А – выполнить 2 отверстия 2; переустановить. Базирование по двум отверстиям, - выполнить 3 отверстия 1).

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



Операция 020 – Координатно-расточная (на данной операции установка заготовки осуществляется в трех кулачковый патрон с упором по торцу и угловой координацией на палец – выполняется обработка 3 отверстий 3).

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



2.5.4 Расчет режимов резания, норм времени и себестоимости на все операции проектного варианта технологического процесса

Расчет режимов резания, норм времени и себестоимости производится по аналогии с пунктом 2.4.5 данной работы. Результаты расчета приведены в таблице 2.13, 2.14, 2.15

Таблица 2.13 – Режимы резания

№ операции	№ перехода	$t_{в.}$ мин	$T_{о.}$ мин	$T_{шт.}$ мин	$T_{п.з.}$ мин
005 – вертикально- фрезерная с ЧПУ	Установ А	1,25	1,5	3,08	
	Установ Б	1,25	1,9	3,62	
	Сумма времени	2,5	3,4	6,7	26,8
010 – токарная	переход 1 – зенкерование	0,58	0,085	0,59	
	переход 2 – точение	0,74	0,013	0,76	
	Сумма времени	1,32	0,098	1,35	23,35

Окончание таблицы 2.13 – Режимы резания

015 – вертикально- сверлильная	переход 1 – сверлильный	1,12	0,036	1,16	
	переход 2 – сверлильный	0,35	0,043	0,3945	
	Сумма времени	1,47	0,079	1,5545	19,7
020 – координатно- расточная	переход 1 – сверление	0,77	0,033	0,805	
	Сумма времени	0,77	0,33	0,805	17,7
Итого:		6,06	3,907	10,4095	69,85
					Сумма времени: 89,42 мин.

Таблица 2.14 – Результаты расчета норм времени

№ операции	№ перехода	$t_{в.}$, мин	$T_{о.}$, мин	$T_{шт.}$, мин	$T_{п.з.}$, мин
005 – вертикально- фрезерная с ЧПУ	Установ А	1,25	1,5	3,08	
	Установ Б	1,25	1,9	3,62	
	Сумма времени	2,5	3,4	6,7	26,8
010 – токарная	переход 1 – зенкерование	0,58	0,085	0,59	
	переход 2 – точение	0,74	0,013	0,76	
	Сумма времени	1,32	0,098	1,35	23,35
015 – вертикально- сверлильная	переход 1 – сверлильный	1,12	0,036	1,16	

Окончание таблицы 2.14 – Результаты расчета норм времени

	переход 2 – сверлильный	0,35	0,043	0,3945	
	Сумма времени	1,47	0,079	1,5545	19,7
020 – координатно-расточная	переход 1 – сверление	0,77	0,033	0,805	
	Сумма времени	0,77	0,33	0,805	17,7
Итого:		6,06	3,907	10,4095	69,85
					Сумма времени: 89,42 мин.

Таблица 2.15 – Расчет себестоимости

№	Наименование	Затраты			
		на деталь, руб		На программу 1000 шт, руб	На программу 20000 шт.руб
		1000	20000		
1	Топливо и энергия на технологические цели	27,64	27,64	27640	12200
2	Основная заработная плата	56,16	56,16	56160	1123200
3	Амортизация оборудования	89,77	4,4885	89770	89770
4	Расходы на инструмент	620,5	620,5	620500	12410000
ИТОГО производственная себестоимость		794,07	607,29	794070	13635170

2.5.5 Выводы по разделу

Анализ проектных решений по определению эффективных технологий изготовления различных машиностроительных изделий для условий действующего производства ведётся по нескольким направлениям, основными из которых являются:

В качестве исходной заготовки для данных технологических процессов применяется литье в металлические формы. Основным критерием для выбора данного способа получения заготовок является марка материала, из которого изготавливается кронштейн – СЧ20. Получение заготовок другими способами из данной марки материала экономически не целесообразно и не эффективно.

Применение заготовок из литья позволяет обойтись без обработки многих поверхностей, что значительно влияет на стоимость детали.

2. Проектный вариант №1 технологического процесса более сгруппирован и технологически насыщен за счёт применением более современного и гибкого технологического оборудования. Для осуществления данного технологического процесса потребуется 2 рабочих станочника. Это позволяет сократить техническую норму времени на обработку за счет уменьшения вспомогательного времени связанного с межоперационной переустановкой деталей. Кроме того, использование современного оборудования дает возможность повысить качество продукции, что влечет за собой повышение эффективности производства. Но применение такого оборудования связано с применением более современного, но и более дорогостоящего режущего инструмента, что влечёт за собой определённое увеличение материальных затрат. Зато в этом проектном варианте применяется стандартная технологическая оснастка, что позволяет избежать дополнительных затрат при смене выпускаемых изделий и повысить технологическую гибкость производства.

3. Проектный вариант №2 технологического процесса является наиболее дифференцированным. Для его обслуживания потребуется 4 рабочих станочника. Для реализации этого проектного варианта было выбрано наиболее простое технологическое оборудование соответственно с меньшей стоимостью. Но это

повлекло за собой необходимость применения специальной технологической оснастки. Поэтому при смене выпускаемых изделий, может возникнуть необходимость проектирования и изготовления новых приспособлений, что приведёт к дополнительным материальным затратам. Применение специальных приспособлений также оказывает влияние и на технологическую гибкость производства, существенно её занижая.

Эффективность такого технологического процесса не является оптимальной для данного производства.

Поэтому проектный вариант №1 технологического процесса по оптимальному соотношению производительности труда и себестоимости выпускаемой продукции с учётом имеющихся технологических и конструкторских параметров является более эффективным для данного производства.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки для проектного варианта №1

Приспособления предназначены для расширения технологических возможностей станков, повышения их производительности и точности при обработке заготовок и облегчения условий работы на станке. Приспособления для закрепления режущего инструмента и заготовок должны обеспечивать быструю установку, надежность и правильность закрепления. Эти устройства должны быть удобны и безопасны в работе.

Выбор технологической оснастки для вертикально – фрезерного станка Optimum F150 CNC TC Premium – операции 005.

Для операции 005 для закрепления заготовок на столе используются станочные прецизионные тиски.

Тиски Power Vise Features PDV-125 (рисунок 3.1) предназначены для серийного и единичного производства на фрезерных станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах. Изготовлены из высококачественной инструментальной стали с закаленными и шлифованными направляющими поверхностями.



Рисунок 3.1 – Станочные тиски

Выбор технологической оснастки для токарного станка – операция 010.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

На операции 010 для установка А используются 3-х кулачковые патрон, а для установка Б применяют цанговый патрон (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Цанговый патрон

3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента для проектного варианта №1

Для обработки детали Кронштейн применяется разнообразный режущий инструмент.

Целесообразно использовать режущий инструмент, оснащенный твердым сплавом и композиционным материалом, например, для обработки стали можно применять марки твердого сплава Т5К10, Т15К6, Т30К4, а для чугуна и бронзы ВК2, ВК4, ВК6, ВК8. Инструменты с большим содержанием кобальта используют для черновой обработки Т5К10, ВК8, а с меньшим его содержанием для чистовой Т30К4, ВК2.

Габаритные размеры режущего инструмента следует выбирать в соответствии с техническими характеристиками станков.

На операции 005 обработка ведется торцевыми фрезами диаметром 250 мм и 400 мм. Выберем фрезу фирмы ISCAR (рисунок 3.6).

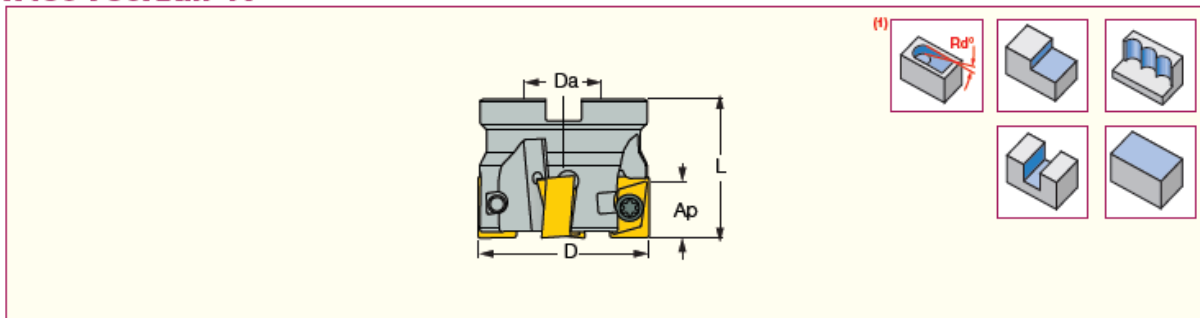
На операции 010 применяются сверла, резец, зенкер.

Для зенкерования отверстия применяется специальный режущий инструмент. Для зенкерования используется комбинированный инструмент зенкер-зенковка.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Для сверления отверстий применяется сверло фирмы Iscar серии SCD (рисунок 3.8).

H490 F90AX...-17



H490 F90AX...-17 Торцевые фрезы Ø 40-315 мм с двухсторонними пластинами

Обозначение	D	ap	Z	L	Da	Шаг	Тип шпинделя	Rd° (1)	Kg		Пластина
H490 F90AX D040-3-16-17	40		3	40	16		A	4.4	0.20	●	H490 ANKX 1706.. H490 ANCX 1706.. (1) H490 ANKX 1706 R15T-FF
H490 F90AX D050-3-22-17	50		3	40	22		A	3.8	0.45	●	
H490 F90AX D050-4-22-17	50		4	40	22	Мелкий	A	3.8	0.45	●	
H490 F90AX D063-4-27-17	63		4	50	27		A	2.0	0.25	●	
H490 F90AX D063-6-27-17	63		6	50	27	Мелкий	A	2.0	0.25	●	
H490 F90AX D080-5-27-17	80		5	50	27		B	1.5	0.80	●	
H490 F90AX D080-7-27-17	80		7	50	27	Мелкий	B	1.5	0.80	●	
H490 F90AX D100-5-32-17	100	16	5	50	32		B	1.0	1.40	●	
H490 F90AX D100-8-32-17	100		8	50	32	Мелкий	B	1.0	1.50	●	
H490 F90AX D125-7-40-17	125		7	63	40		B	--	2.20	●	
H490 F90AX D125-10-40-17	125		10	63	40	Мелкий	B	--	2.40	●	
H490 F90AX D160-8-40-17	160		8	63	40		C	--	3.60		
H490 F90AX D160-12-40-17	160		12	63	40	Мелкий	C	--	4.10		
H490 F90AX D200-10-60-17	200		10	63	60		C	--	6.70		
H490 F90AX D250-12-60-17	250		12	63	60		C	--	9.30		
H490 F90AX D315-16-60-17	315		16	63	60		C	--	17.0		

Рисунок 3.6 – Торцевая фреза

3.3 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля для проектного варианта № 1

Обеспечение качества выпускаемой продукции в современном производстве невозможно без гибких систем автоматизированного контроля.

На машиностроительных предприятиях необходимо внедрять новые методы и средства контроля, в том числе наиболее эффективные на сегодняшний день координатные измерительные машины различных компоновок и типоразмеров.

Контроль после вертикально – фрезерной операции 005 осуществляется штангенциркулем и скобой. В настоящее время существует большой модельный ряд штангенциркулей (цифровые, циферблатные, нониусные и т.д.) Необходимая точность обеспечивается этими штангенциркулями. Но для автоматизации производственного процесса лучше использовать цифровой штангенциркуль. По каталогу Мастер – сервис выберем штангенциркуль универсальный 16 EXV (рисунок 3.9). Для быстрого измерения существуют индикаторные измерительные скобы. Скоба модели 840FG фирмы Мастер (рисунок 3.10) – сервис предназначена для измерения цилиндрических деталей: валов, осей, стержней. Также в наличии широкий выбор сменных наконечников.

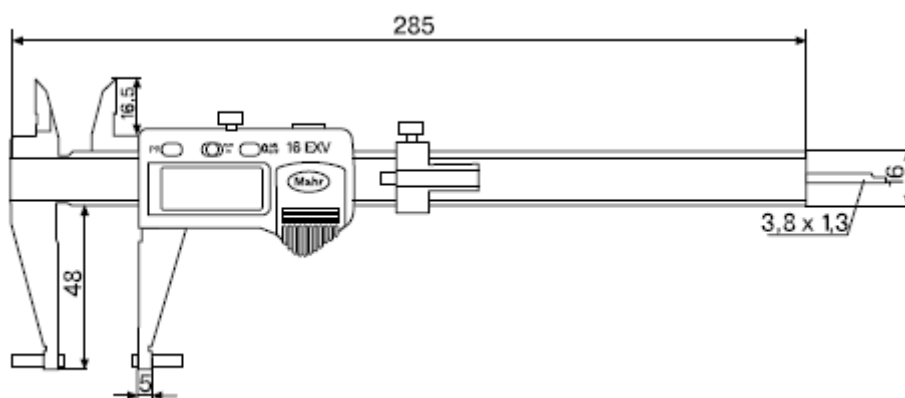


Рисунок 3.9 – Штангенциркуль универсальный 16 EXV

Контроль на 010 операции установка А осуществляется непосредственно на станке. Отверстие $66^{+0,006}$ мм контролируется гладким калибром – пробкой Пр, НЕ по ГОСТ 21401 – 75 (рисунок 3.11). Для контроля взаимного положения оси

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						83
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



Рисунок 3.10 – Индикаторная измерительная скоба 840FG

отверстия и торца применяется калибр – пробка односторонний. Резьба М6 – 5Н5Д контролируется калибром – пробкой для метрической резьбы ГОСТ 184 – 73 (рисунок 3.12).



Рисунок 3.11 – Гладкий калибр – пробка

Контроль отверстий после Установа Б ведется проходными и непроходными пробками. Контролируемые параметры сведены в таблице 3.1.



Рисунок 3.12 – Калибр – пробка для метрической резьбы

Таблица 3.1 – Контролируемые параметры

Номер операции	Контролируемый параметр	Измерительный инструмент
005	62 _{-0,15}	Штангенциркуль 16 EXV
	Отклонение от плоскостности 0,1 мм	Индикатор ИЧО – 2 кл.1 ГОСТ 577 – 68
	Отклонение от параллельности 0,1 мм	Индикаторная скоба 840FG
010	Ø 66 ^{+0,06} мм	Гладкий калибр пробка. ГОСТ 21401 – 75
	Взаимное расположение оси отверстия и торца 0,16	Калибр пробка односторонний
	резьба	Пробка для метрической резьбы ГОСТ 184 – 73

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА №1

4.1 Анализ возможности направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

Целью автоматизации технологического процесса является повышение производительности, качества и надежности изготавливаемых изделий.

С целью получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации необходимо произвести анализ проектного варианта технологического процесса. При проведении анализа необходимо учесть 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.

4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

На операции 010 – комплексная с ЧПУ закрепление детали «Кронштейн» осуществляется роботом. Для правильной установки и надежного базирования деталей роботом, необходимо чтобы накопители имели специальную форму ячеек и точное расположение заготовок.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						86
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Для производства детали «Кронштейн» используется следующее основное технологическое оборудование:

- двухшпиндельный токарный станок с ЧПУ ВК202S;
- вертикально – фрезерный станок с ЧПУ Optimum F150 CNC TC Premium.

Все станки с числовым программным управлением, поэтому они могут работать в условиях ГПС. Вертикально – фрезерный станок оснащен транспортером для удаления стружки, а также есть чистящий пневмопистолет для очистки зоны резания. Токарный станок имеет функцию автоматического измерения и автоматической коррекции ошибок.

4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

Концентрация технологических переходов на операциях большая. На каждой операции используется оптимальное число режущих инструментов.

4.1.4 Габаритные размеры детали

Габаритные размеры, масса и форма детали «Кронштейн» позволяют использовать стандартное оборудование и роботы для транспортировки и установки детали.

4.1.5 Наличие поверхностей для захвата промышленным роботом

Деталь «Кронштейн» имеет поверхности как для наружного, так и для внутреннего захвата промышленным роботом.

Анализ показал, что технологический процесс обработки детали «Кронштейн» возможно полностью автоматизировать.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Рассмотрим два возможных варианта расположения складской системы гибкой производственной системы. Для каждого варианта необходимо разработать схему расположения станочной системы, а также составить матрицу перемещений деталиустановок.

Первый вариант – расположение склада заготовок и готовых деталей в одном складском комплексе (рисунок 4.1). Для выявления всех суммарных перемещений составляются матрицы и графы ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС. Матрица перемещений приведена в таблице 4.1, графы перемещений штабелера приведены на рисунке 4.2.

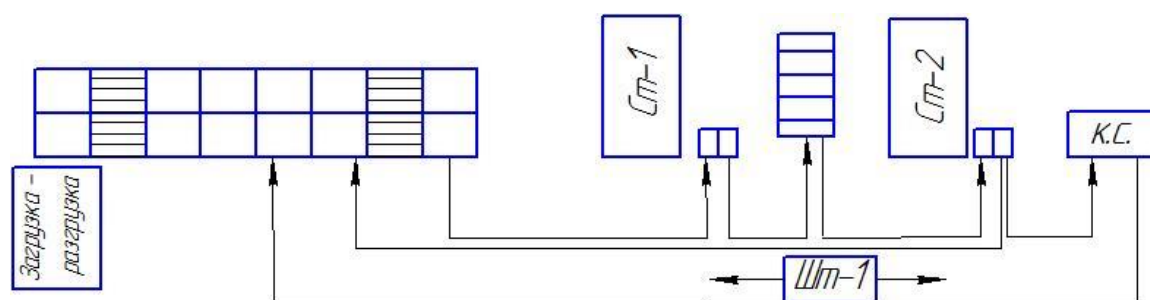


Рисунок 4.1 – Схема расположения станочной системы при одном складском комплексе

Таблица 4.1 – Матрица перемещений деталиустановок при одном складском комплексе

Объекты, к которым движется штабелер	Объекты, от которых движется штабелер				
	Стеллаж	Ст – 1	Стеллаж	Ст – 2	К.с.
Стеллаж	-	-	-	333	84
Ст – 1	417	-	-	-	-
Стеллаж	-	417	-	-	-
Ст – 2	-	-	417	-	-
К.с.	-	-	-	84	-

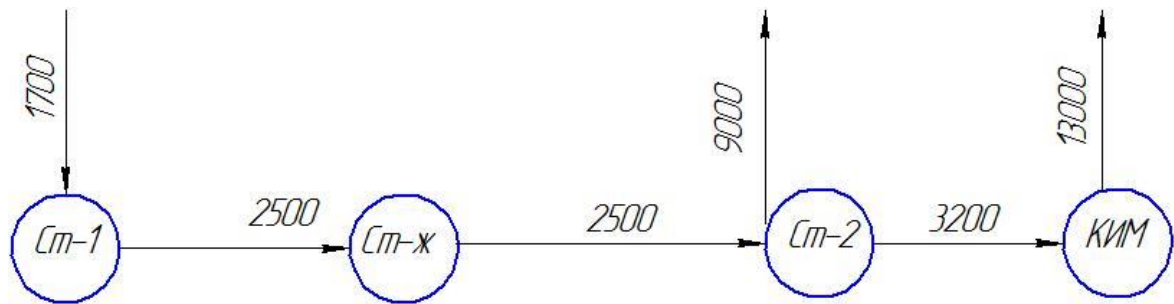


Рисунок 4.2 – Графы перемещений штабелера при одном складском комплексе

Оптимальным вариантом компоновки станочной системы в ГПС принимается вариант расположения станков, обеспечивающий минимальные суммарные перемещения подвижных транспортных механизмов АТСС.

Станки в ГПС могут быть сгруппированы по конструктивному признаку или по типовому технологическому маршруту обработки деталей. Для группировки будем использовать типовой признак. Схема расположения станочной системы изображена на рисунке 4.3.

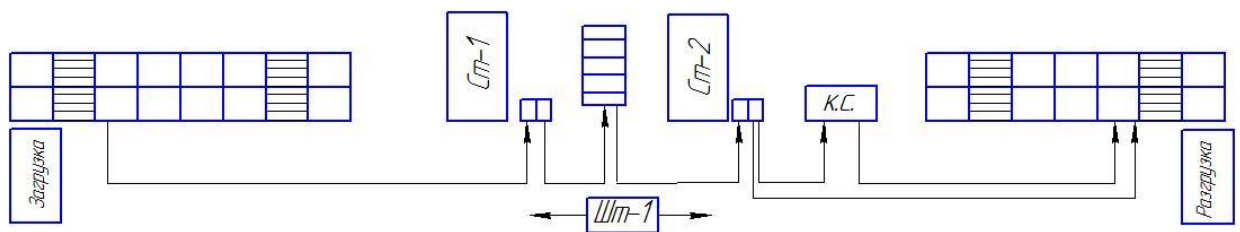


Рисунок 4.3 – Схема расположения станочной системы

Матрица перемещений приведена в таблице 4.2, графы перемещений штабелера приведены на рисунке 4.4.

Таблица 4.2 – Матрица перемещений деталиустановок

Объекты, к которым движется штабелер	Объекты, от которых движется штабелер				
	Ст – 1	Стеллаж	Ст – 2	К.с.	Стеллаж
Ст – 1	-	-	-	-	417
Стеллаж	417	-	-	-	-
Ст – 2	-	417	-	-	-
К.с.	-	-	84	-	-
Стеллаж	-	-	333	84	-

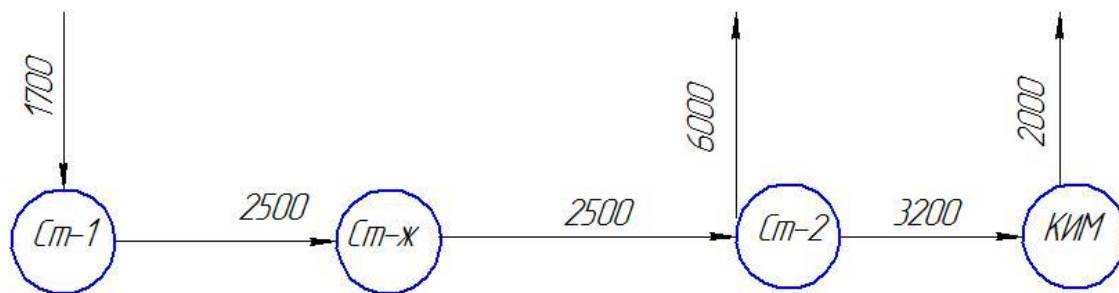


Рисунок 4.4– Графы перемещений штабелера

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

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 полуфабрикатов для последующей обработки, обеспечения основного оборудование режущим инструментом и обеспечения своевременного удаление отходов производства.

Автоматизированная система инструментального обеспечения

Для автоматической смены инструмента все станки оснащены автоматическим сменщиком инструментов на 16 позиций.

Все инструменты размещаются в складских комплексах (рисунок 4.5).

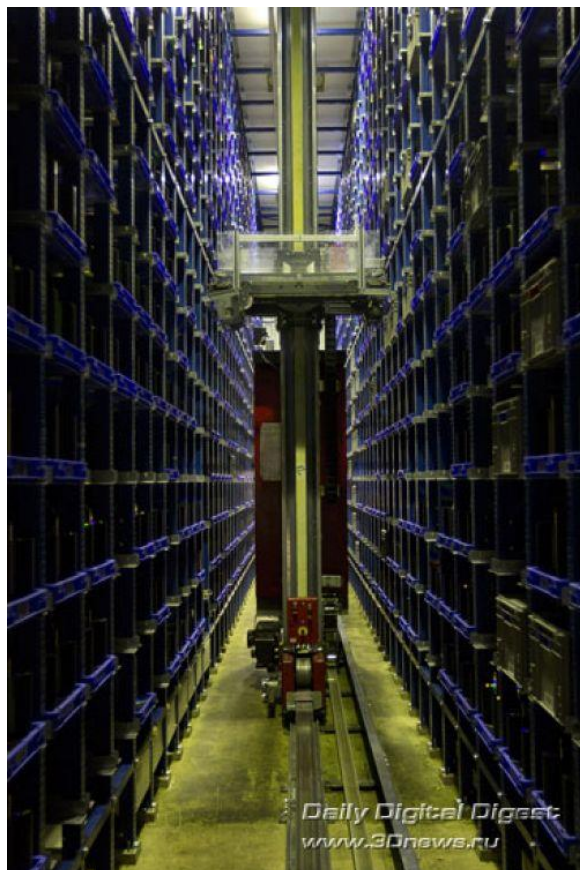


Рисунок 4.5 –Складской комплекс

Вспомогательное оборудование служит для обеспечения основного оборудования режущим инструментом, заготовками, осуществления окончательного контроля.

Система автоматизированного контроля

Выбор координатно – измерительной машины осуществляется по следующим критериям:

- по габаритным размерам;
- по точности.

Наиболее распространенными и универсальными являются машины фирмы DEA, Zeiss, Leitz.

Координатно-измерительная машина ACCURA 7/9/5 (П, АСП) фирмы Zeiss (рисунок 4.6).

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						91
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



Рисунок 4.6 – ACCURA 7/9/5

Отличительная особенность измерительной машины ACCURA – высокая точность всех измерений с использованием измерительной головки на базе технологии MASS.

Машина позволяет производить измерения методом, идеально подходящим для конкретной задачи. Активное сканирование с использованием технологии VAST и системы автоматической смены датчиков повышает гибкость и производительность при проведении измерений размеров, формы и положения.

Технические характеристики машины приведены в таблице 4.3.

Особенности машины ACCURA:

- гранитный стол;
- жесткая и легкая конструкция портала, изготовленного из термостабильного композитного материала;
- все оси оснащены 4-сторонними воздушными подшипниками;
- полностью закрытые направляющие оси X и оси Y с приводной стороны;
- линейки из церодура с патентованной термически нейтральной технологией;
- пассивный эластомерный гаситель вибраций;
- готовая разводка кабелей для контактных и оптических датчиков.

Таблица 4.3 – Технические характеристики ACCURA 7/9/5

Модель КИМ (особенности конструкции)	ACCURA 7/9/5 (П, АСП)	
Рабочая зона, мм:		
X	700	
Y	900	
Z	500	
Габариты КИМ, мм	1725 x 1538 x 2790	
Поворотные устройства	RDS (ППУ)	
Измерительные головки	VAST XXT (ИГС(П))	
Предельное значение погрешности, мкм:		
MPEE	1,6+L/333*	2,1+L/300*
MPEP/ MPERONt/ MPEtNP	1,7/-/2,5	1,7/-/2,5
Максимальная масса детали, кг	1200	
Программное обеспечение	Calypso на базе CAD; HOLOS; GEAR PRO	
Масса КИМ, кг	1600	
Дополнительное оснащение	Комплект для подключения к внутризаводской сети. Модульное оборудование магазина для автоматической смены датчиков.	

Предельное значение погрешности:

$MPE_p = \pm 1,7$ мкм

Допуск расположения контролируемой детали: // 0,1 мм.

$MPE_p = \pm 1,7 = 3,4$ мкм.

Для выбора координатно – измерительной машины, необходимо выполнить условие:

$$\Delta\text{КИМ} \leq 20\% \text{ TD},$$

Где $\Delta\text{КИМ}$ – предельное значение погрешности координатно – измерительной машины, TD – допуск контролируемого параметра.

Проверим выполнение условия: $0,0034 \text{ мм} \leq 0,1 \text{ мм} = 3,4\%$

Условие выполняется, следовательно, машина ACCURA 7/9/5 фирмы Zeiss соответствует всем критериям.

Выбор промышленного робота

Для установки деталей на станках используется промышленный робот IRB 1410 фирмы ABB (рисунок 4.7). Габаритные размеры приведены на рисунке 4.8, технические характеристики в таблице 4.4.

Преимущества IRB 1410:

- IRB 1410 создан для долгой и экономичной работы с длинными межсервисными интервалами и низким уровнем шума;
- высочайший уровень управления и точность следования заданному пути ($\pm 0.05 \text{ мм}$) гарантируют высокое качество работы;
- робот имеет большую рабочую зону и вылет руки манипулятора до 1.44 м. Грузоподъемность в 5 кг а также возможность установить оборудование весом до 18 кг на 3-ю ось;
- встроенный кабель для подачи электрода и специальные отверстия для быстрой и легкой установки оборудования на 3-ю ось.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



Рисунок 4.7 – Робот IRB 1410

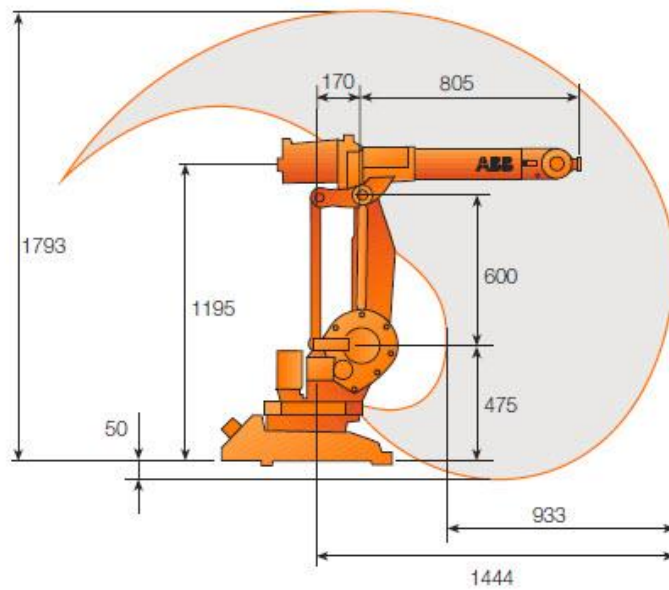


Рисунок 4.8 – Габаритные размеры робота

Таблица 4.4 – Технические характеристики

Робот версия	IRB 1410
Грузоподъемность, кг	5
Достигаемость, м	1.44
Защита	Сухая среда

Для захвата детали используется манипулятор 2-FINGER 85 фирмы Robotiq (рисунок 4.9). Технические характеристики манипулятора приведены в таблице 4.5.



Рисунок 4.9 – Манипулятор 2-FINGER 85

Таблица 4.5 – Технические характеристики манипулятора 2-FINGER 85

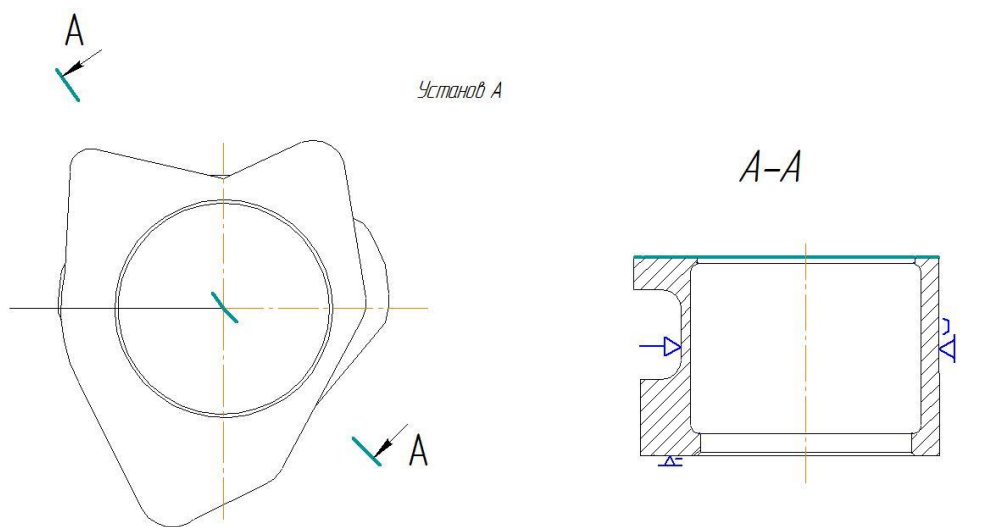
Диапазон захвата	0 – 85 мм
Усилие сжатия	60 – 200 Н.
Максимальная нагрузка	5 кг
Грузоподъемность	1,9 кг
Скорость сжатия	20 – 150 мм/с

4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе

Промежуточное базирование, как и базирование для выполнения основных технологических операций должно придавать требуемое положение детали в пространстве. Для этого необходимо определить у заготовки, полуфабриката, готовой детали конструктивные элементы, которые могут служить промежуточными базами. При отсутствии данных конструктивных элементов необходимо предусмотреть их изготовление в процессе механической обработки.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

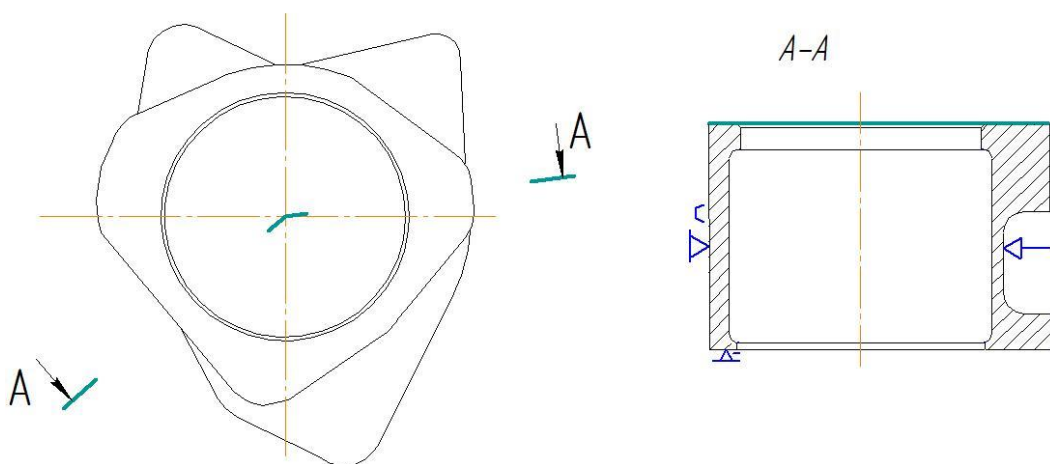
Схемы базирования заготовок на основном технологическом оборудовании приведены на рисунке 4.10.



Установ А

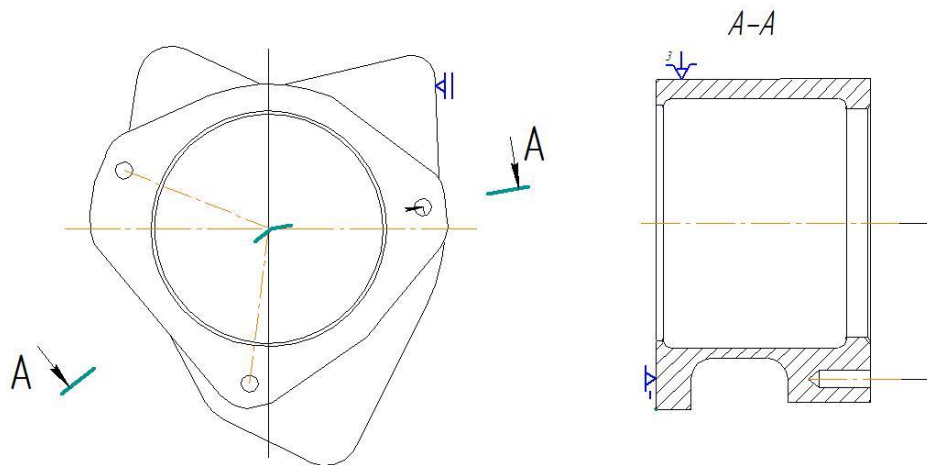
а)

Установ Б



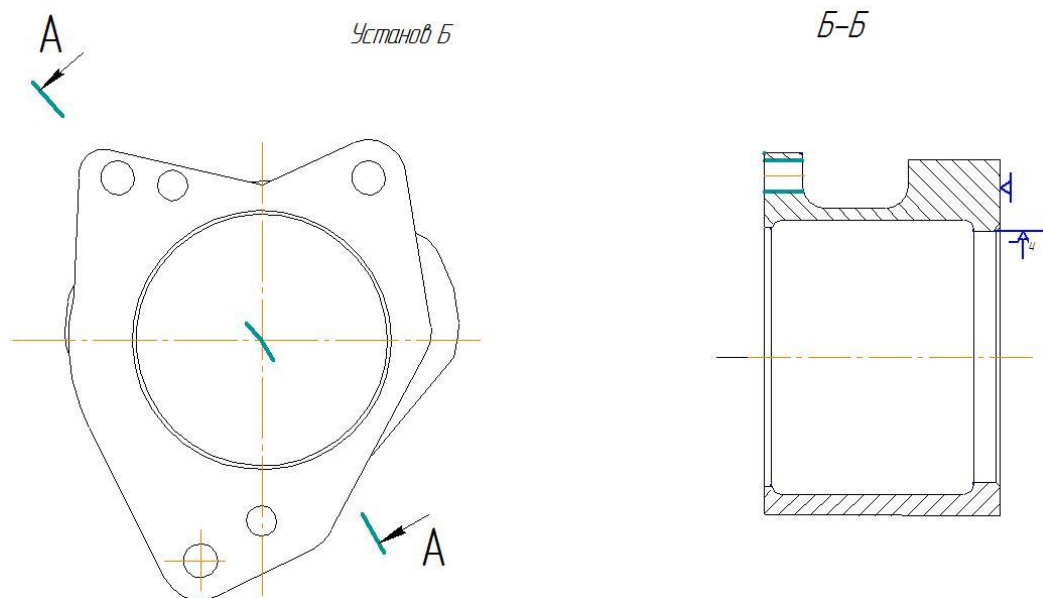
б)

Установ А



в)

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



г)

Рисунок 4.10 – Базирование заготовок на основном технологическом оборудовании на операциях фрезерования: а) – установ А; б) – установ Б, точения: в) – установ А; г) – установ Б

Базирование заготовки на манипуляторе осуществляется по следующим поверхностям (рисунок 4.11).

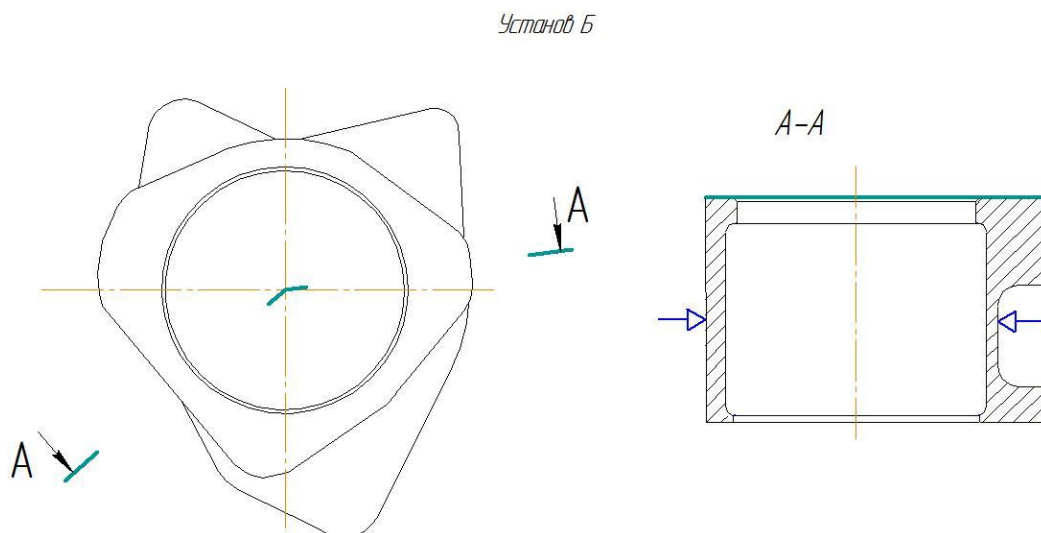


Рисунок 4.11 – Базирование заготовки на манипуляторе

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

Анализ производительности автоматизированной системы показал, что расположение складской системы по типовому технологическому маршруту, а также при расположении складской системы в начале и в конце гибкого

производственного участка, приводит к сокращению числа и времени перемещений штабелера.

Предварительная компоновка автоматизированной транспортно-складской системы ГПС приведена на рисунке 4.12.

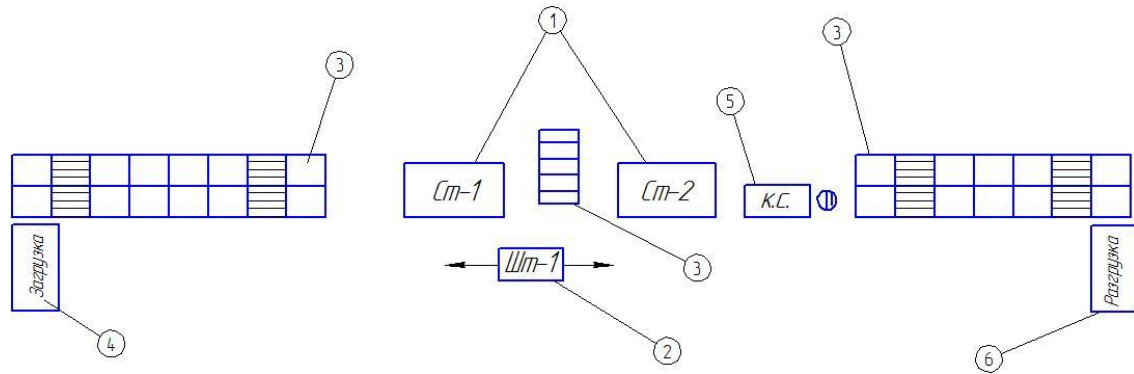


Рисунок 4.12 – Предварительная компоновка АТСС: 1 – станочная система; 2 – кран-штабелер; 3 – стеллажи-накопители; 4, 5, 6 – позиции загрузки, разгрузки и контроля

5 ОРГАНИЗАЦИОННО – ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

5.1 Разработка планировки участка механической обработки, встроенного в основной цех, с учетом возможности его автоматизации для проектного варианта №1 технологического процесса

Заготовка детали «Кронштейн» на межцеховом транспорте поступает из склада заготовок литейного цеха на механический участок. Через магистральный проезд заготовки доставляют на приемо-раздаточный стол – 3. С помощью крана-штабелера – 2 заготовки помещают в стеллажный склад – 1.

В соответствии с технологическим процессом заготовки поступают на 005 операцию на приемо-раздаточный стол – 3. Со стола с помощью робота, IRB-1410 – позиция 9, заготовки устанавливают на станок 1 – вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Optimum F150CNC TC Premium. После механической обработки заготовки поступают на межоперационный стеллаж-накопитель – 10. Со стеллажа 10 крана-штабелер перевозит заготовки на операцию 010 на приемо-раздаточный стол – 3. Со стола с помощью робота, IRB-1410 – позиция 9, заготовки устанавливают на станок 2 – двухшпиндельный токарный станок с ЧПУ BK202S.

После механической обработки заготовки перемещают на приемо-раздаточный стол – 3. Приемо-раздаточный стол соединяется с координатно-измерительной машиной (КИМ) с помощью рольганга – 17. КИМ обслуживается рабочим. После измерения детали поступают на склад готовой продукции – 5.

Через приемо-раздаточное окно рабочие на участке – 6 берут инструмент и оснастку. Настройка и комплектация инструмента/оснастки осуществляется рабочими на верстаке (В) и на приборе для настройки инструмента – 8. Инструменты хранятся на стеллаже – 7.

При проектировании участка предъявляются требования безопасности жизнедеятельности. На участке есть пожарный кран – 12, аптечка – 13, стенд пожарной безопасности – 14, пожарный щит – 15, пожарный ящик – 16. Также рассчитано освещение механического участка.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Планировки участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса приведена в приложении А.

Расчет освещения производственного помещения

Световой поток одной лампы на участке рассчитывают по формуле:

$$\Phi_{л} = \frac{100 \cdot E_{н} \cdot S \cdot Z \cdot \kappa}{N \cdot \eta},$$

где $E_{н}$ – необходимая освещенность рабочих мест операторов, $E_{н} = 300$ лк;

S – площадь освещаемого участка, $S = 72000 \text{ м}^2$;

N – количество ламп на участке, $N = 24$;

κ – коэффициент запаса, $\kappa = 1,5$;

Z – коэффициент минимальной освещенности, (для люминесцентных ламп $Z = 1,1$);

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 55$.

$$\Phi_{л} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 72 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{24 \cdot 55} = 2,7 \text{ клм.}$$

При высоте участка 12,25 м наиболее эффективны люминесцентные лампы, рассчитанному световому потоку соответствуют лампы TLD 36W – 1M/33 со световым потоком $\Phi_{л} = 2,8$ клм.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

В условиях научно-технического прогресса создание безопасных и безвредных условий труда, исключающих травматизм и профессиональные заболевания, является важной задачей.

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 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

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Электробезопасность должна обеспечиваться:

1) конструкцией электроустановок (согласно требованиям ССБТ, стандартам и ТУ на электротехнические изделия) и организацией их безопасной эксплуатации защитными устройствами:

а) ограждающие – щиты, изолирующие накладки, временные переносные заземления и предупредительные плакаты;

б) изолирующие:

– основные – диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолированной рукояткой и токоискатели, изолирующие штанги, токоизмерительные клещи и указатели высокого напряжения;

– дополнительные (усилить защитное действие основных) – диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки.

в) предохранительные защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т.д.

2) техническими способами и средствами защиты (в стандартах и ТУ) применяют отдельно или в сочетании друг с другом:

3) организационными и техническими мероприятиями:

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;

– оформление наряда или распоряжения на производство работ; - осуществление допуска к проведению работ;

– организация надзора за проведением работ; - оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на др. РМ;

– установление рациональных режимов труда и отдыха.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках следует выполнять:

– отключение установки (части установки) от источника питания;

– проверку отсутствия напряжения;

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						103
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

– меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы (механическое запираание приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий);

– заземление отключенных токоведущих частей;

– ограждение РМ или остающихся под напряжением токоведущих частей.

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Механический участок размещается в помещении пожарной опасности категории Д. Это помещения, в которых находятся и обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Пожары на участке возможны по следующим причинам:

- недостатки в эксплуатации технологического оборудования, системы электроснабжения, освещения, вентиляции, отопления главным образом из-за нарушения графиков их обслуживания и ремонта, это может привести к перегрузке оборудования и короткому замыканию в сетях электроэнергии;

- возможные нарушения требований пожарной безопасности в лаборатории, связанные с курением в не установленных местах, проведением сварочных и других работ без предварительной подготовки,.

На участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

- пожарный щит;

- пожарный ящик;

- пожарный кран.

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (1 шт.), применяется для тушения электроустановок.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						104
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

7 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПРОЕКТИРОВАННЫХ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВЫВОДЫ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Анализ проектных решений по определению эффективных технологий изготовления различных машиностроительных изделий для условий действующего производства ведётся по нескольким направлениям, основными из которых являются:

1. В качестве исходной заготовки для данных технологических процессов применяется литье в металлические формы. Основным критерием для выбора данного способа получения заготовок является марка материала, из которого изготавливается кронштейн – СЧ20. Получение заготовок другими способами из данной марки материала экономически не целесообразно и не эффективно.

Применение заготовок из литья позволяет обойтись без обработки многих поверхностей, что значительно влияет на стоимость детали.

2. Проектный вариант №1 технологического процесса более сгруппирован и технологически насыщен за счёт применением более современного и гибкого технологического оборудования. Для осуществления данного технологического процесса потребуется 2 рабочих станочника. Это позволяет сократить техническую норму времени на обработку за счет уменьшения вспомогательного времени связанного с межоперационной переустановкой деталей. Кроме того, использование современного оборудования дает возможность повысить качество продукции, что влечет за собой повышение эффективности производства. Но применение такого оборудования связано с применением более современного, но и более дорогостоящего режущего инструмента, что влечёт за собой определённое увеличение материальных затрат. Зато в этом проектном варианте применяется стандартная технологическая оснастка, что позволяет избежать дополнительных затрат при смене выпускаемых изделий и повысить технологическую гибкость производства.

3. Проектный вариант №2 технологического процесса является наиболее дифференцированным. Для его обслуживания потребуется 4 рабочих станочника. Для реализации этого проектного варианта было выбрано наиболее простое технологическое оборудование соответственно с меньшей стоимостью. Но это повлекло за собой необходимость применения специальной технологической оснастки. Поэтому при смене выпускаемых изделий, может возникнуть необходимость проектирования и изготовления новых приспособлений, что приведёт к дополнительным материальным затратам. Применение специальных приспособлений также оказывает влияние и на технологическую гибкость производства, существенно её занижая.

Эффективность такого технологического процесса не является оптимальной для данного производства. Поэтому проектный вариант №1 технологического процесса по оптимальному соотношению производительности труда и себестоимости выпускаемой продукции с учётом имеющихся технологических и конструкторских параметров является более эффективным для данного производства.

В ходе выполнения работы были выявлены критерии, позволяющие оценить проектные варианты технологического процесса. Критерии представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Критерии оценки технологических процессов

Наименование критерия	ТП №1	ТП №2
Количество операций	2	4
Количество оборудования	2	4
Количество рабочих	2	4
Технически обоснованная норма времени, мин	6,1828	10,4095
Себестоимость, руб (на деталь для партии 1000 шт.)	1342,55	794,07
Себестоимость, руб (на деталь для партии 20000 шт.)	607,345	708,2885

ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ

Лист

107

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был проведен анализ действующего технологического процесса для детали «кронштейн». В результате анализа были выявлены следующие недостатки:

- операционные карты и карты эскизов оформлены с ошибками;
- размеры на картах эскизов проставлены некорректно;
- в данном технологическом процессе используется большое число специального режущего инструмента, что приводит к трудностям переналадки.

В выпускной квалификационной работе были разработаны два проектных варианта технологического процесса.

Проектный вариант технологического процесса был разработан с применением современного оборудования, металлорежущего инструмента и измерительных средств, что приводит к быстрой переналадке оборудования для производства деталей другой номенклатуры. Все это позволило свести к минимуму численность рабочего персонала, автоматизировать производственный процесс, сократить время изготовления детали. Контроль готовой детали осуществляется на координатно-измерительной машине.

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	Лист
						108
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Челябинск.: Машиностроение, 2010. – 480 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением – М.: Экономика, 1990.
3. Шамин В.Ю. Технология машиностроения. Электронные методические указания по выполнению курсовой работы. Челябинск.: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 445 Кб.
4. Каширин, Н.А. Оформление технологических карт в курсовых и дипломных проектах / Н.А. Каширин, В.А. Батуев, И.М. Морозов. – Челябинск.: Издательство ЮУрГУ, 2006. – 77 с.
5. Кулыгин В.Л. Технология машиностроения / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2011. – 184 с.
6. Григорьев С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ / С.Н. Григорьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов. – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.
7. Аскалонова Т.А. Подготовка магистерской диссертации: учебное пособие / Т.А. Аскалонова, А.В. Балашов. – Старый Оскол.: ТНТ, 2012. – 248 с.
8. Кулыгин В.Л. Методология проектирования эффективных технологий изготовления машиностроительных изделий / В.Л. Кулыгин, И.А. Кулыгина. – Челябинск.: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 144 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графический материал

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	<i>Лист</i>
						110
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Статьи, ожидающие печать

					ЮУрГУ – 150405.2017.375.ПЗ	<i>Лист</i>
						111
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		