

Аннотация

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса распределителя системы пневмостабилизации вертикально-фрезерного CNC-станка согласно конструкторским и технологическим требованиям.

Работа выполнена в логике проекта конструкторско-технологического обеспечения производственных процессов машиностроительного производства. Для этого в работе выдержана последовательная структура разделов, где первый раздел посвящен анализу исходных данных и оценке характеристик базового процесса изготовления корпусных деталей пневмопривода производственных и станочных систем. Выполнен анализ типовых технологических процессов корпусных деталей. Выявлены лимитирующие операции типовых технологических процессов, а также выполнен анализ служебного назначения детали, определены требования по качеству ее изготовления.

Определены параметры технологичности детали и заготовки, выполнен выбор типа производства и определена стратегия проектирования варианта технологического процесса. Выполнен анализ исходной геометрии детали, и исходя из протяженности ее поверхностей сделаны рекомендации по применению схем базирования. Определена последовательность установки детали в приспособлении и применяемом оборудовании, способного обеспечить заданные показатели качества ответственных за выполнение служебного назначения детали поверхностей.

Второй раздел посвящен проектированию заготовки и определению маршрутов обработки поверхностей детали. Определены лимитирующие операции, снижающие эффективность спроектированного варианта технологического процесса. Выполнен расчет припусков на обработку, определена номенклатура оборудования и средств технологического оснащения процесса изготовления детали.

Третий раздел работы посвящен проектированию содержания технологических операций. Выполнены расчет режимов обработки детали на операциях спроектированного процесса изготовления детали. А также, в качестве решения вопросов обеспечения производительности и качества обработки детали на лимитирующих операциях было спроектировано станочное приспособление для выполнения переходов растачивания отверстия детали, а также спроектирован режущий инструмент для лимитирующей операции растачивания.

В завершении работы выполнены этапы оценка спроектированного процесса изготовления детали по вопросам безопасности и экологичности ее выполнения, а также определены технико-экономические расчеты, для сравнения показателей спроектированного варианта технологического процесса и базового. Это позволило сделать заключение о целесообразности проектирования.

Работа включает 64 страницы пояснительной записки включая приложения и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	5
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	7
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	7
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	9
1.3 Анализ типа производства	11
1.4 Задачи работы.....	12
2 Разработка технологии изготовления	14
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	14
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	19
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	23
2.4 Проектирование операций технологического процесса	26
2.5 Расчет припуска на поверхность	31
3 Разработка специальной технологической оснастки	34
3.1 Разработка зажимного приспособления	34
3.2 Разработка специального инструмента.....	38
4 Безопасность и экологичность технического объекта	46
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	46
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	47
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	48
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	49
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	51
5 Экономическая эффективность работы	53
Заключение	57
Список используемых источников.....	59
Приложение А Технологическая документация.....	63
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	65

Введение

Изготовление деталей на станках до настоящего времени, несмотря на последние достижения в использовании методов литья и обработки металлов давлением, является основным способом изготовления продукции машиностроения. Процесс формообразования поверхностей деталей осуществляется на металлорежущих станках путем снятия слоя материала и удаления его в виде стружки. В результате обработки обеспечивается заданная точность геометрических параметров, формы и расположения поверхностей и требуемое состояние поверхностного слоя. Поэтому дальнейшее повышение эффективности процесса резания, особенно в условиях автоматизированного производства, является актуальной задачей.

Современный станок является сложным сочетанием сложных узлов и элементов, однако его компоновка является результатом обобщения большого объема данных и информации по вопросам обеспечения точности, жесткости, баланса силовых смещений, контактных свойств и многое другое. В качестве приводных двигателей в приводах металлорежущих станков применяются электродвигатели переменного тока. В регулируемых электроприводах постоянного и переменного тока в качестве автономных источников питания используются, как правило, электронные преобразователи. Разработка эффективных систем управления электродвигателями является важной технической задачей производства, качество исполнения которой определяется уровнем производства компонентов пневматических и гидравлических приводов конструкции станка.

Тем не менее, несмотря на существенные преимущества процессов механической обработки резанием, проблема повышения эффективности остается открытой. Эта проблема в настоящее время решается в ходе параллельного развития станкостроения и инструментальной промышленности. Решению данной проблемы способствуют повышение

качества режущего инструмента как важного звена технологической системы и интенсификация режимов обработки, создание и разработка высокоточного станочного оборудования.

Необходимость создания высокоточного станочного оборудования требует учета динамических и тепловых процессов, протекающих в приводе главного движения. В станках, для регулирования скорости в относительно небольших пределах, активно используют распределители и их механизмы.

Рассматривая режимы работы распределительной гидравлической и пневматической аппаратуры современных станков, можно определить, что рабочие режимы данных узлов непрерывно растут. Также на работу данных устройств оказывает существенное влияние переменные свойства материалов обрабатываемых заготовок, постоянное усложнение их конфигурации и геометрии. Следовательно, решение проблемы обеспечения качества исполнительных узлов и механизмов распределительной гидравлической, пневматической и других видов аппаратуры современных станков в ЧПУ, на этапе их изготовления в производственных условиях является актуальной задачей современного машиностроения.

Таким образом, целью данной выпускной квалификационной работы актуальна и заключается в проектировании технологического процесса изготовления корпуса пневмораспределителя станка.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Под служебным назначением будем понимать характер выполняемых деталью функций в узле и требования к их выполнению.

В пневмоприводе станков распределитель используют в качестве источников энергии для разгрузки насосов и увеличения этим их срока службы; рекуперации мощности в энергосберегающих системах машин циклического действия и уменьшения пульсации (пиков) давления в переходных режимах. Распределитель обеспечивает работу системы управления золотниками пневмоцилиндра. Система пневмоуправления (рисунок 1) обеспечивает автономное питание и позволяет после отключения двигателя 1 осуществить еще цикл включений золотников 5 и 3 пневмораспределителя 1.

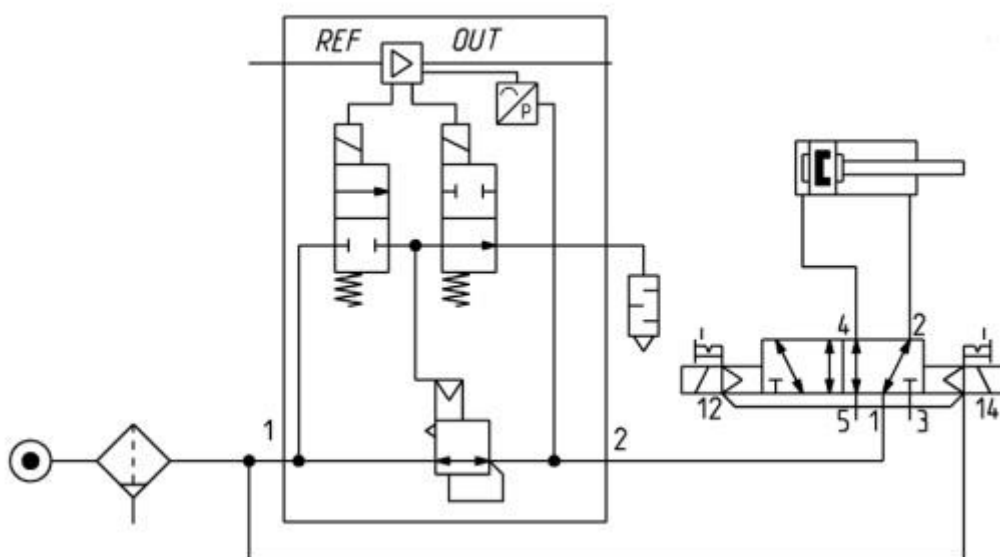


Рисунок 1 – Система пневмораспределения станка с ЧПУ

«В станках с ЧПУ применяют пневмораспределители для регулирования потребляемого расхода среды, которые могут значительно превышать средний расход воздуха в пневмосистеме. В процессе эксплуатации распределитель накапливает энергию в виде определенного объема под давлением в моменты ее малого потребления двигателями и компенсирует недостаток расхода в моменты большого потребления в системе» [5]. Распределитель крепится непосредственно на коробке скоростей и работает следующим образом. По команде управляющей программы ЧПУ давление масла поступает в одну из рабочих полостей корпуса распределителя (далее корпус, рисунок 2).

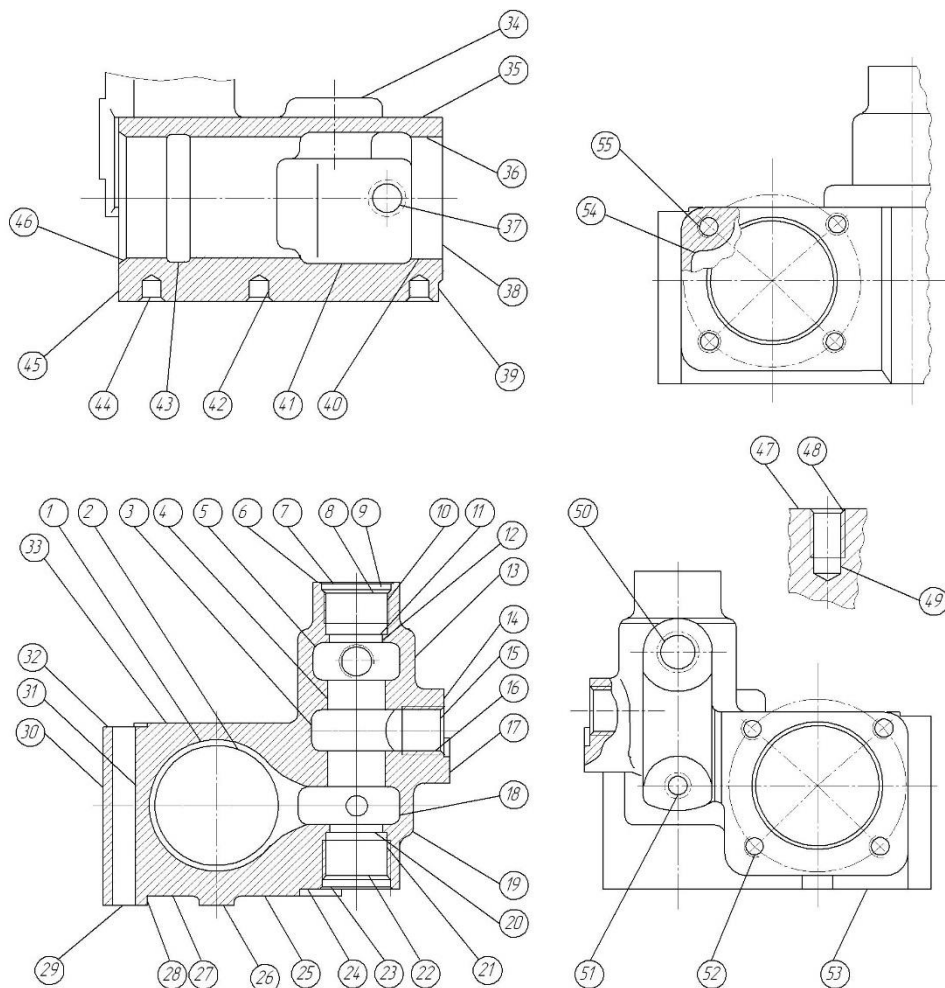


Рисунок 2. Классификация поверхностей корпуса

Крепясь с помощью болтов к стойке станка, корпус обеспечивает защиту внутренних деталей механизма от внешней среды, и выполнен в этой связи из легкого и прочного материала устойчивого к воздействию влаги.

По итогам анализа проведена систематизация его поверхностей пневмораспределителя, выполнена их классификация (таблица.1).

Таблица 1 - Классификация поверхностей корпуса

№ поверхности	Вид поверхности
1-9,11-13,15,17-20,22,25-28, 30-35,37,39,40,41,43,44,46,47, 54,55	свободные
6,23,36,38,45	базы, основные конструкторские
10,14,16,21,24,26,29,50,51	базы, вспомогательные конструкторские
42,48,49,52,53	исполнительные

При подаче воздуха осуществляется перемещение золотникового устройства, энергия поступательного движения которого преобразуется во вращательный момент центрального вала расположенного во внутренней полости корпуса. Возникающий момент импульса через вал передается рычагу, установленному на опорах качения в корпусе. Для обеспечения плавности работы в полость корпуса заливают 0,19 л минерального масла.

1.2 Анализ технологических показателей детали

В условиях автоматизации производства предъявляются высокие требования к надежности пневматических систем станков ЧПУ. В этой связи для выполнения оценки технологических показателей корпуса определим состав материала заготовки [1].

Корпус изготовлен из сплава алюминия АК9Т ГОСТ 4784-2019, относящийся к литейным сплавам. «Сплав содержит 1,9 – 2,5% Cu, 1,4 – 1,8 % Mg, 0,4 – 0,8% Mn, 0,8 – 1,3% Ni, 0,8 – 1,3% Fe, 0,5 – 1,3% Si, остальное – Al. Сплав предназначен для изготовления деталей типа дисков, плит, полос, прутков, профилей, панелей, шин, труб, катанки, проволоки, поковок и штампованных поковок) методом горячей или холодной деформации, а также слябов и слитков.

Твердость сплава 60 НВ. Механические свойства – коэффициент обрабатываемости $K_0=0,7$. Предел вязкости $\sigma_B = 34 - 38 \text{ кГ/мм}^2 = 340 - 380 \text{ МПа}$. Относительное отклонение $\delta = 4 - 8 \%$. Сплав подвергают термообработке Т6 – закалка, включающей в себя нагрев в течении 1,5 ч. до 515 C° , выдержку 2 ч., охлаждение 5 мин. в воде, далее неполное искусственное старение – нагрев 1,5 ч. до 90 C° и выдержка 2ч. , затем охлаждение на воздухе. Твердость материала после термообработки составляет 90 НВ. Применяемый материал - сплав АК9Т соответствует условиям работы [3].

Точность размеров, формы и расположения поверхностей конструкторских баз 8 – 9 квалитет, шероховатость обрабатываемых поверхностей Ra 1,6 – 12,5 мкм. Исходя из требований по эксплуатации подобных деталей, данные требования следует считать обоснованными и позволяет применять при мехобработке твердосплавный режущий инструмент. Поэтому с точки зрения обрабатываемости заготовку следует считать технологичной.

Протяженность поверхностей позволяет использовать измерительные базы в качестве технологических, сведя к нулю погрешности базирования при установке заготовки в приспособлении. Точность и шероховатость базовых поверхностей улучшаются в процессе обработки, и обеспечивает работу с минимальными припусками» [14].

Таким образом, с точки зрения базирования и закрепления деталь можно считать технологичной.

1.3 Анализ типа производства

«Анализ типа производства на основе исходных данных, и наиболее подходящей, в данном случае, технологической последовательности операций, определим исходя из расчета массы детали и заданной годовой программы выпуска» [14]. В данном случае при массе 2,32 кг и программе выпуска 10000 штук тип производства среднесерийный.

Среднесерийный тип производства характеризуется изготовлением серий (партий) однородной продукции. «Для этого организация производственного процесса осуществляется посредством применения в пределах серии производственных процессов с одинаковой структурой и длительностью производственного цикла. В зависимости от частоты перехода производства с изготовления одной серии продукта на другую различают также среднесерийное производство с поточным циклом производства типовых изделий партиями» [14]. Данный способ организации наиболее характерен для деталей типа корпус распределителя.

«Поточный метод организации производства — метод, основанный на ритмичной повторяемости согласованных во времени и в пространстве основных, вспомогательных и обслуживающих производственных операций, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных по ходу технологического процесса. Периодически изготавливается относительно ограниченная номенклатура продукции в количествах, определяемых партиями их выпуска и запуска. Производство с поточным циклом характерно для современного производства» [14].

«Для серийного типа производства характерны закрепление за группой станков типовой обработки или сборки деталей одного наименования или ограниченного количества наименований. Детали имеют родственные в конструктивно-технологическом отношении параметры. Технологический процесс изготовления детали разбивается на операции и на станке выполняется одна или несколько родственных операций, при этом детали

передаются с операции на операцию поштучно или небольшими передаточными партиями в соответствии с заданным ритмом работы поточной линии, благодаря чему достигается высокая степень параллельности и непрерывности технологического производства» [1].

«Широко применяется специальный межоперационный транспорт, выполняющий не только функции перемещения обрабатываемых деталей, но и поддержания ритма производства. Одним из главных условий эффективности поточного производства является непрерывность потока, которая обеспечивается непрерывностью протекания отдельных технологических процессов, непрерывной подачей деталей между станками по операциям» [14]. Это обеспечивается за счет применения типовой литой заготовки, между операциями в последовательности согласно производственному процессу в целом (т.е. прямоочность и синхронность выполнения смежных операций).

1.4 Задачи работы

Анализ базового технологического процесса обработки корпуса позволил выявить несколько недостатков, снижающих производительность и точность обработки детали. В этой связи основное содержание и задачи работы будут направлены на решение этих недостатков.

В качестве недостатков можно отметить низкую синхронность технологических операций ввиду разной длительности операций, ручной загрузки деталей в приспособления, вследствие чего условия непрерывности не выполняются, поэтому в мероприятия по разработке эффективного технологического процесса в данной работе ставятся задачи:

- выполнить расчетным путем выбор экономически целесообразный вариант метода получения заготовки, определить величину припусков и спроектировать заготовку;

- совершенствование технологической оснастки, применения прогрессивной конструкции режущего инструмента на лимитирующих операциях. Это позволит синхронизировать циклы технологических операций, для чего также в работе ставится задача расчета норм технологического времени на изготовление детали;
- путем разработки технологического процесса, операции которого имеют максимальное приближение норм времени на выполнение каждой операции выполнить технико-экономическую оценку вводимых изменений с учетом выполнения существующих требований по безопасности производства.

В результате выполнения данного раздела был выполнен анализ состава материала, из которого изготовлена деталь. Согласно рекомендациям проведен анализ технологичности поверхностей детали и выполнена классификация поверхностей детали, ее служебного назначения и баз. Выполнен анализ типового технологического процесса корпуса распределителя, что позволило определить лимитирующие операции технологического процесса, определить мероприятия для снижения потерь времени и производительности процесса изготовления.

Результаты анализа позволили сформулировать задачи, которые будут решены в последующих разделах данной работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Расчет ведем по методике изложенной в источнике [4], согласно ГОСТ 26645-85. «При выборе возможных методов получения заготовки будем принимать во внимание форму и протяженность размеров детали, их точность и допуск, марку и механические свойства материала» [1].

«При проектировании заготовки корпуса необходимо учитывать то, что все детали узла размещаются внутри корпуса, поэтому качество внутренних полостей должно быть соответствующим» [8].

«Определяем класс точности размеров и ряд припусков на механическую обработку отливки. Выбираем 7-ой класс точности и 3-ий ряд припусков. На основе чего назначаем по данным таблицы 2 допуски на размеры детали, а по таблице 3 припуски на размеры детали, в зависимости от их номинала» [7].

Размеры заготовки сведены в таблице 3.

Таблица 3 - Размеры допуски и припуски заготовки

Размер детали,мм	Допуск,мм	Припуск,мм	Размер отливки,мм
1	2	3	4
170	±0.7	3	173
150	±0.7	3	153
96	±0.7	3	98
33	±0.64	3	36
115	±0.7	2.6	117.6
7,5	±0.44	2.4	9.9
11,50	±0.44	2.6	14.1
71.5	±0.7	3	74.5
40.2	±0.56	2.8	43
25	±0.5	2.6	27.6
42.6	±0.64	3	45.6
∅72	±0.7	3x2	66
∅65	±0.7	3x2	59

Продолжение таблицы 3

Ø37	±0.56	2.8x2	31.4
Ø32	±0.56	2.8x2	26.4
91.8	±0.7	3	94.8
43.8	±0.64	3	46.8
56	±0.64	3	59
32	±0.5	2.6	34.6

«Назначаем исходя из технических требований и соблюдения простоты изготовления литейной модели – уклоны 2 градуса и направление их в сторону увеличения размеров и литейные радиусы в пределах 3 мм, в зависимости от способа литья и номинальных размеров» [1].

«Определяем коэффициент использования материала K_m , определяемый по формуле:

$$K_m = \frac{q}{Q} \quad (1)$$

где, q – масса детали, Q – масса заготовки, кг» [1].

Масса детали известна по заданию и составляет 2,35 кг.

«Значение коэффициента использования металла равно 0,82, что для метода литья в землю вполне приемлемо» [2].

Для проектирования заготовки получаемой в металлическое формы используем данные источника [3]. «Определяем класс точности размеров и ряд припусков на обработку отливки. В нашем случае это 5-ый класс точности размеров отливки и 2-ой ряд припусков на мех обработку. Назначаем допуски и припуски на размеры детали» [3]. Размеры отливки сводим в таблицу 4.

При назначении припусков руководствуемся рекомендациями [3]. Припуски на заготовку должны назначаться исходя из соображений минимальной необходимости. Учитываются значения шероховатости на

поверхности и требования по точности обработки каждой поверхности детали, которая определена на этапе классификации. Если поверхность является исполнительной то величину припуска определяют с величиной напуска не более 10% от выбранного значения припуска.

Таблица 4 - Размеры допуски и припуски заготовки

Размер детали,мм	Допуск,мм	Припуск,мм	Размер отливки,мм
170	±0.56	1.3	171.3
150	±0.40	1.2	151.2
96	±0.44	1.3	97.3
33	±0.28	1.0	34
115	±0.24	1.0	116
7,5	±0.28	1.0	8.5
11,50	±0.44	1.3	12.80
71.5	±0.36	1.2	72.7
40.2	±0.32	1.2	41.2
25	±0.40	1.2	26.2
42.6	±0.44	1.3	43.9
∅72	±0.44	1.3x2	74.6
∅65	±0.36	1.2x2	63,6
∅37	±0.36	1.2x2	34.6
∅32	±0.40	1.3x2	29,4
91.8	±0.40	1.3x2	93,4
43.8	±0.40	1.3x2	46.4
56	±0.36	1.2x2	58,4
32	±0.36	1.2x2	34.4

«Припуски на все размеры даны на сторону (радиус). Напуски на размеры заготовки в верхней части формы увеличены, а остальные симметричны. Литейные уклоны назначаем исходя из технических требований и соблюдения единообразия. Литейные радиусы принимаем в зависимости от способа получения заготовки и номинальных размеров. Принимаем литейные уклоны равными 2 градуса и литейные радиусы соответственно по 2 мм» [1]. «Далее определяем «коэффициент использования материала:

$$K_m = \frac{2,35}{2,60} = 0,91,» \quad (1)$$

Полученное значение коэффициента использования материала равно 0,91 является характерным при литье в кокиль» [1].

«Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки выполняем на основе исходных данных, технико-экономических показателей каждого из предлагаемых методов получения заготовки для данной детали. Исходными данными для расчета являются: годовая программа выпуска» [1] Согласно методике «технологическая стоимость изготовления заготовки рассчитывается формуле (3.3):

$$C_T = C_{заг} \cdot Q + C_{мех} \cdot (Q - q) - C_{отх} \cdot (Q - q) \quad (2)$$

где, C_m – технологическая стоимость изготовления заготовки, руб;

$C_{мех}$ – стоимость мехобработки, руб/кг;

$C_{отх}$ – стоимость одного килограмма отходов, руб/кг;

$C_{заг}$ – стоимость одного килограмма отходов, руб/кг» [1].

«Составляющие технологической себестоимости можно определить по формулам:

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k \quad (3)$$

где, C_c – текущие затраты на один килограмм стружки, руб/кг.

E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений,

C_k – капитальные затраты на один килограмм стружки, руб/кг.

$$C_{заг} = C_{от} \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_n \quad (4)$$

где, $C_{от}$ – базовая стоимость килограмм отливок, руб/кг;

K_m – коэффициент, учитывающий точность отливки;

K_c – коэффициент, учитывающий сложность отливки;

K_g – коэффициент, учитывающий массу отливки;

K_n – коэффициент, учитывающий группу серийности отливки» [1].

«Для машиностроительных предприятий значения коэффициентов $C_c = 0,188$ руб/кг., $C_k = 0,566$ руб/кг. Тогда стоимость механической обработки для каждого из методов составит:

$$C_{\text{мех}} = 0,188 + 0,2 \cdot 0,566 = 0,301 \text{ руб/кг.} \text{» [1]}$$

«Полученные значения составляющих стоимости заготовок, получаемых различными методами, используем для определения технологической себестоимости каждого из методов» [1].

Стоимость заготовки, получаемой методом литья в земляные формы.

$$C_{\text{л}} = 0,934 \cdot 2,85 + 0,301 \cdot (2,85 - 2,35) - 0,146 \cdot (2,85 - 2,35) = 2,739 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки, получаемой методом литья в металлические формы.

$$C_{\text{к}} = 0,961 \cdot 2,60 + 0,301 \cdot (2,60 - 2,35) - 0,146 \cdot (2,60 - 2,35) = 2,537 \text{ руб.}$$

«Экономически выгодно получать заготовку для корпуса используя метод литья в металлические формы (кокиль). Причем ее себестоимость заметно выше, чем у отливки, получаемой литьем в земляные формы, но благодаря более низкому коэффициенту использования металла (меньшим отходам в стружку), в итоге она стоит дешевле» [1].

Выполненный в данном разделе расчет «технико-экономических показателей, определил в качестве метода получения заготовки метод литья в металлические формы» [1].

Чертеж, спроектированной на основе расчетов, заготовки с указанными техническими требованиями, приведен в графической части проекта.

2.2 Разработка плана изготовления детали

«План изготовления проектируется на основе маршрутов изготовления, которые в условиях среднесерийного типа производства формируются на основе типовых маршрутов, содержащихся в литературе» [13], [14].

Согласно этому «протяженность маршрута обработки определяется от требуемой точности обработки, шероховатостью обрабатываемой поверхности, материалом детали и требуемой твердостью» [13].

При разработке технологического маршрута будем учитывать следующие технико-конструктивные особенности детали корпус распределителя. «Первыми обрабатываются поверхности (базы), на которые устанавливается заготовка — в приспособлении или на станке для обработки других поверхностей. Точность обработки поверхности на каждом последующем переходе или операции должна повышаться, а шероховатость — уменьшаться. Очередность обработки поверхностей с разной точностью устанавливаем так, чтобы в первую очередь обрабатываются наименее точные поверхности, а в последнюю очередь наиболее точные» [13]. Менее точные поверхности 40,43,45,46,47 будем обрабатывать на последующих операциях. Исходя из этого определяем очередность обработки поверхностей, что позволит нам скорректировать припуск на обработку поверхностей 18,19,20,23, назначив его минимальным, но достаточным для выполнения переходов, где обрабатываются поверхности, которые имеют максимальный припуск 40,43,45,46,47. В дальнейшем это позволит нам решить задачи нормирования плана изготовления детали, и синхронизировать операции технологического процесса. Полученные результаты сведены в таблицу 5. При выборе маршрута обработки каждой поверхности руководствуемся рекомендациями источника [1].

Таблица 5 - Последовательность обработки поверхностей детали

№ поверхности	Шероховатость, Ra, мкм	Последовательность обработки	Последовательность операций
1	2,5	фрезерование, черновое	3,4
6	2,5	расточивание,	3,4
7	12,5	расточивание	3
8	12,5	расточивание	3,4
9	12,5	расточивание,	3,4
10	12,5	расточивание	3
14	12,5	расточивание	3
15	12,5	расточивание	3
19	3,2	фрезерование,	3
20	12,5	расточивание, расточивание получистовое	3,4
21	2,5	расточивание, расточивание получистовое,	3,4
22	12,5	расточивание	3
23	12,5	расточивание	3
26	3,2	фрезерование	1
30	3,2	фрезерование	1
32	2,5	фрезерование, фрезерование черновое	1
33	3,2	фрезерование	1
34	2,5	фрезерование, фрезерование черновое	1
35	2,5	фрезерование, фрезерование черновое	2,4
36	2,5	расточивание, расточивание получистовое	2,4
37	12,5	расточивание	2
38	12,5	расточивание, расточивание получистовое	2,4
39	12,5	расточивание	2
41	12,5	фрезерование	2
42	2,5	расточивание, расточивание получистовое	2,4
44	2,5	расточивание, расточивание получистовое	2,4
46	12,5	расточивание	2

51	10	сверление	2
52	6H	резьбонарезание	2
53	6H	резьбонарезание	4

Величина шероховатости должна снижаться от одного перехода к последующему не более чем в два раза.

Далее выполняем «систематизацию обрабатываемых размеров детали, назначаем последовательность обработки поверхностей и определяем маршрут обработки детали» [14]. «На основании выбранной последовательности обработки размеров соответствующих поверхностей определяем структуру операций проектируемого техпроцесса изготовления корпуса распределителя» [13]. Результаты сводим в таблицу 6.

Таблица 6 - Структура операций плана изготовления детали

№ опер.	Наименование и модель оборудования	Наименование операции, позиции	Номер обрабатываемой поверхности
000	формы металлические	заготовительная	
010	центр обрабатывающий, приспособление универсальное, головки фрезерные, сверлильные.	фрезерно-сверлильная, позиция 1	26, 30,32, 33, 34, 59, 60, 62, 63, 65, 66
020	центр обрабатывающий, приспособление универсальное, головки фрезерные, сверлильные, расточные.	фрезерно-расточная, позиция 1 позиция 2 позиция 3	35, 36,37,38, 39, 41, 42, 44, 46, 51, 52, 61, 64,67
030	центр обрабатывающий, приспособление универсальное, головки фрезерные, расточные.	фрезерно-расточная, позиция 1 позиция 2 позиция 3	1, 6, 7, 8, 9,10,14,15,19, 20, 21, 22, 23
040	центр обрабатывающий, приспособление универсальное, головка сверлильная, патрон резьбонарезной.	резьбонарезная, позиция 1 позиция 2 позиция 3	1, 6, 8, 9, 20, 21, 35, 36, 38, 42, 44, 55, 56
050	стол контрольный	контрольная	
060	машина моечная	моечная	

«Для каждой операции формируется эскиз ее выполнения, на котором определяются все обрабатываемые поверхности, наносится схема базирования и выполняемые на операции размеры. Кроме этого, на плане изготовления указываются допуски на операционные размеры, а также допуски формы и расположения поверхностей, назначаемые по методике и справочным данным» [18].

«При базировании заготовки на операциях необходимо соблюдать принципы базирования и использовать типовые схемы базирования черновых технологических баз, используемых при первом установе заготовки» [13].

Черновые технологические баз используем только на первом установе заготовки. Это плоскости 1, 7 и приливы 13, 19 и поверхность 7, 14 (см. рисунок 1). Это объясняется тем, что при «использовании универсально-сборного приспособления так обеспечивается наиболее устойчивое положение заготовки, достигается наибольшая точность взаимного расположения поверхностей и возможность обработки чистовых баз. Также обеспечивается устойчивое положение заготовки» [13].

С другой стороны, применять в качестве баз поверхности 37, 21, нецелесообразно, это «требует применения спецотнастки и не обеспечивает должной точности взаимного расположения поверхностей при мехобработке и по ним проходит плоскость разъема литейной формы. Выбранные черновые базы позволяют спроектировать достаточно простую конструкцию приспособления, реализующую данную схему базирования. При этом направление действия сил резания и направление усилий зажима будет противоположно» [13].

При выборе чистовых баз «необходимо использовать одни технологические базы на всех операциях обработки, т.е. выполнять принцип постоянства баз» [14]. При обработке рабочих поверхностей корпуса чистовыми базами являются:

- явные базы – отверстия 42, 31 «получаемые при обработке на начальной операции, реализуемые при контакте с установочными элементами приспособления» [14].

- искусственная база – отверстие 49, «получаемое при обработке на начальной операции и реализуемая при контакте с установочным элементом приспособления» [14].

- естественные базы – плоскости 29, 26. «Реализуется при контакте с прижимным элементом приспособления» [14].

«Такая схема обеспечивает единство баз, при выполнении всех требований по взаимному расположению обрабатываемых поверхностей и необходимую точность обработки. Такой выбор баз обеспечивает, наряду с точностью, простоту конструкции проектируемого приспособления» [14].

Чертеж составленного плана изготовления детали, с учетом рекомендаций источника [13] изображен на листе графической части работы.

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Выборе оборудования для спроектированного варианта технологии изготовления корпуса распределителя будем проводить, соблюдая принципы приоритетности путем соотнесения технологического обеспечения производства. Это системность, означающая постановку и решение задач достижения конечного результата с четом комплекса обеспечивающих мероприятий по станочному, инструментальному, материальному, энергетическому, информационному, организационному, кадровому и нормативно-методическому обеспечению. Это поэтапность выполнения технологических операций, базирующаяся на поэтапном перевооружения собственной производственно-технологической базы. Это использование мирового опыта, предполагающего анализ и внедрение наиболее эффективных станочных систем и гибких производственных комплексов при организации высокотехнологичных производств. Это применением

прогрессивной оснастки и инструментального обеспечения для высокой синхронизации норм машинного времени при обработке детали, что наряду с параметрами производительности, гибкости, должны обеспечивать выполнение требований по точности и шероховатости.

Обеспечение приведенных требований, определяет эффективность реализации плана изготовления корпуса распределителя, связано с большими трудностями и возможно только при реализации комплекса мероприятий, основанных на применении новейших технологических систем и максимальном использовании возможностей имеющихся технических средств.

Результаты выбора оборудования и технологической оснастки приведены в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Номенклатура средств технического оснащения

№, наименование операции	СТО			
	Оборудование	Оснастка		
		Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
000. заготовительная	литейная установка	металлические формы		эталон
010. фрезерно-сверлильная	центр, обрабатывающий FC400P"Комп уст"	приспособление зажимное универсальное	фреза P6M5, сверло P6M5, зенкер-развертка P6M5, резец расточной T15K6	штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический пробка резьбовая
020. фрезерно-расточная	центр обрабатывающий ИС500ПМ1Ф4	приспособление зажимное универсальное	фреза P6M5, сверло P6M5, метчик P6M5, зенкер-развертка P6M5, резец расточной BK6, оправка расточная, цанга	штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический пробка резьбовая
030. фрезерно-расточная	центр обрабатывающий ИС500ПМ1Ф4	приспособление зажимное универсальное	фреза P6M5, сверло P6M5, резец расточной BK6, цанга	штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический пробка резьбовая

Продолжение таблицы 7

040. резьбонарезная	центр обрабатывающий ИС500ПМ1Ф4	приспособление зажимное универсальное	метчик Р6М5, сверло Р6М5, метчик Р6М5, зенкер-развертка Р6М5, резец расточной ВК6, оправка резьбонарезная, цанга	штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический, пробка резьбовая
050. моечная	Машина моечная		-	-
060. контрольная	Стол контрольный		-	-

Эффективным решением, направленным на решение задач, принятых в данной работе, является стабилизация отклонений входных и выходных технологических параметров следующими способами: разработкой и совершенствованием технологических процессов получения заготовок и инструмента со стабильными техническими характеристиками и уменьшением разброса параметров оборудования и инструментальной оснастки, что будет решено на последующих этапах выполнения работы.

Выбранная в данном разделе номенклатура средств технологического оснащения будет использована в дальнейшем, в рамках реализации мероприятий, направленных на решение выявленных недостатков типовой технологии изготовления детали.

«В случае если в ходе проектирования технологических операций будет выявлено, что какое-либо оборудование или средства оснащения не могут обеспечить необходимые параметры качества обработки, оптимальных режимов резания или их использование не обеспечивает требуемых параметров обработки необходимо их заменить или модернизировать» [18].

На основании полученных результатов вносим соответствующие данные в маршрутную карту и операционные карты (приложение А).

2.4 Проектирование операций технологического процесса

При проектировании операции определяем «исходную информацию методах обработки, оборудовании приспособлениях, режущих инструментах, средствах контроля для наиболее полной ее реализации на производстве» [13].

В спроектированном технологическом процессе изготовления корпуса распределителя все операции выполняются преимущественно на одном станке. Это позволяет обеспечить высокой синхронизации операции по нормам времени. Технологический процесс разделен на четыре простые операции, а они в свою очередь разделены на рабочие позиции с малым количеством переходов. Обработку детали ведем на станках автоматах, полуавтоматах и агрегатных станках.

Изложенный подход применим к операции 030 «Фрезерно-расточная». Операция включает растачивание поверхностей 6, 7,8, 9, 10, 20, 21, 22, 23, 24. Фрезерование поверхностей 1, 19.

«Заготовку устанавливают на плите с установочными элементами. На одном приспособлении устанавливают по одной заготовке» [13].

Характеристики станка, автоматическая смена инструмента, привод главного движения $N = 21$ кВт (50 Гц, 380 В), привода стола $N = 1,27$ кВт, давление гидромагистрали $N = 45$ кВт. Масса $M = 11$ тонн. Габаритные размеры $6500 \times 6000 \times 4000$ мм.

«Определяем глубину резания, которая равна максимальному припуску на выполнение данной операции и может быть ограничена техническими возможностями станка. В этом случае глубина резания назначается из условия обеспечения станком требуемой мощности резания. Далее по статистическим данным назначается подача на выполнение операций с учетом стандартных подач доступных на используемом оборудовании» [16].

«Затем определяется скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (5)$$

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик инструментального материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки» [16].

«По полученной расчетной скорости резания, определяется частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (6)$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или режущего инструмента, мм» [16].

«Расчётное значение частоты вращения округляют до ближайшего по паспорту станка и пересчитывают заново скорость резания, которую и принимают за фактическую» [16].

«Расчёт норм времени на выполнение операций выполняем с применением расчетно-аналитического метода. Согласно методике на первом этапе рассчитывается длина рабочего хода инструмента на всю операцию по формуле:

$$L_{р.х.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (7)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{s \cdot n}, \quad (8)$$

где s – подача, мм/об» [20].

Для определения технико-экономических характеристик проектируемого процесса выполним нормирование технологических операций и определим нормы штучного времени $T_{шт.}$

Соответственно, определив нормы времени на каждой операции технологического процесса – далее сможем определить суммарное время на обработку одной детали, для заданных условий производства.

Результаты расчета режимов резания на всех операциях детали приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Расчет режимов резания

Номер и наименование операции	Позиция	Параметр				
		Глубина, мм	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота, об/мин	Основное время, мин
000.заготовительная						
010. фрезерно-сверлильная.	1	1,2	0,034	268	6500	0,018
			0,24	132	300	0,72
		0,8	1,4	38	150	0,41
020. фрезерно-расточная.	1	1,2	0,11	293,5	4000	0,03
		2	1,2	0,13	1098,4	5000
			0,12	125	50	2
		0,5	0,7	125	50	2
		1,3	0,25	845,64	5500	0,068
	3	1,0	0,11	389	2500	0,023
		1,2	0,07	845,64	7000	0,03
030. фрезерно-расточная.	1	1,2	0,034	268	6500	0,018
	2	0,5	0,7	125	50	2
		1,3	0,25	845,64	5500	0,068

		0,5	0,7	125	50	2
		1,3	0,25	845,64	5500	0,068

Продолжение таблицы 8

	3	1,0	0,11	389	2500	0,023
		1,0	0,11	389	2500	0,023
040.резьбонарезная.	1	0,3	0,07	1360,8	4500	0,02
		0,3	0,19	913,68	4000	0,011
	2	0,3	0,13	1088,64	7000	0,11
		0,3	0,13	1088,64	8000	0,02
	3	0,2	0,07	881	8500	0,15
		0,1	0,05	881	8500	0,17
			0,12	125	50	2
		0,5	0,7	125	50	2

«Технические нормы времени в условиях мелкосерийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом» [2].

«Определяем норму операционного времени по формуле:

$$T_{II} = \sum_{i=1}^n T_O + \phi \cdot \sum_{i=1}^n T_O \quad (9)$$

где, $\sum_{i=1}^n T_O$ - сумма основного времени по переходам n , мин.,

ϕ - коэффициент вспомогательного времени, зависящий от типа производства и типа оборудования (в нашем случае $\phi = 2,5$)» [2].

«Суммарное время обработки детали определяем по формуле:

$$T_{об} = \sum_{i=1}^m T_{ит.-ki} \quad (10)$$

где, m – число операции изготовления детали,

i – норма штучно-калькуляционного времени каждой операции» [2].

Определяем по выражениям (1-10) значения норм времени для каждой операции технологического процесса и далее рассчитываем суммарное значение норм времени для обработки одной детали.

Результаты расчета $T_{ит-к}$, для операций заносим в таблицу 9.

Таблица 9 - Суммарная норма времени на обработку одной детали

№, наименование операции	Нормы времени, мин.				
	Подготовительное	Вспомогательное	Основное	Штучное	Калькуляционное
000.заготовительная.					
010. фрезерно-сверлильная	16	1,323	0,22	2,6	12,6
020. фрезерно-расточная	20	6,230	0,24	16,7	26,7
030. фрезерно-расточная	20	1,610	0,24	3,7	13,7
040. резьбонарезная	20	6,990	0,24	17,3	27,3
Итого				40,3	80,3

Используя формулу (10) определяем общее время обработки детали:

$$T_{об} = 12,6 + 26,7 + 13,7 + 27,3 = 80,3 \text{ мин.}$$

Соответственно, время на обработку данной детали составляет 80 мин.

В результате выполненных расчетов, на данном этапе были достигнуты результаты:

- путем разработки прогрессивного процесса изготовления корпуса распределителя, снижена протяженность и количество операций. Применена концепции современного производства «один станок-одна деталь»;
- выполнен выбор экономичного способа получения заготовки с минимальными припусками и напусками на обрабатываемые поверхности. Это позволило кратно снизить металлоемкость и расходы инструментальных материалов на обработку каждой детали, в пересчете на себестоимость единицы полуфабриката;

- рассчитано время обработки детали, что позволит оценить эффективность внедрения мероприятий в производстве в перерасчете на обработку всей партии деталей.

2.5 Расчет припуска на поверхность

«Величина припуска на механическую обработку зависит от ряда факторов, среди которых: материал заготовки, ее конфигурации и размеры, способ получения заготовки, требования к свойствам материала изделия после механической обработки, точность размеров и шероховатость поверхности. Расчет припусков производится двумя методами. Опытно-статистический метод основан на определении общего припуска по стандартам и таблицам, которые составлены на основе обобщения и систематизации производственного опыта» [11].

«Распределение общего припуска по операциям и переходам производится на основе опыта по таблицам в зависимости от методов и этапов обработки, геометрии, размеров и конструкции деталей» [11].

Припуск рассчитываем на поверхность 12 - отверстие $\varnothing 32H7(Ra 2,5)$. «Принимаем во внимание назначенный маршрут обработки данной поверхности.

Минимальное значение припуска на растачивание определяем по формуле:

$$2Z(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})_{min}, \quad (11)$$

где, Rz_{i-1} шероховатость на поверхности предыдущего перехода, мкм;

T_{i-1} - допуск на поверхности предыдущего перехода, мм;

ρ_{i-1} - пространственное отклонение предыдущего перехода, мм;

ε_i - погрешность установки при данной схеме базирования на данном переходе, мкм» [11,20].

Величина расчетного размера для i - ого перехода равна:

$$dp_i = d_{i+1} - 2z_{min}^{i+1}, \quad (12)$$

где, d_{i+1} – предельный диаметр последующего перехода, мм

z_{min}^{i+1} – минимальное значение припуска, мм

Предельные операционные размеры равны:

$$dp_{max} = d_{max_{min}}, \quad (13)$$

где, δ – допуск, мм» [11,20].

«Определяем общий номинальный припуск:

$$z_{Оном} = z_{B_{Д}} \quad (14)$$

где, $B_{Д}$ - допуск на размер детали, мм» [11,20].

«Величина номинального размера соответственно равна:

$$d_{Зном} = d_{Дном} - z_{Оном}, \quad (15)$$

где, $d_{Дном}$ – номинальный размер детали, мм;

$z_{Оном}$ – номинальное значение припуска на размер детали, мм» [19], [20].

Результаты расчета сводим в таблицу 9.

Таблица 9 - Расчет припуска на поверхность

Переход	Элементы припуска					Расчетный размер, мм	Допуск, мм	Предельный размер, мм		Предельные размеры припусков, мкм	
	R _z	T	ρ	ε	2Z _{min}			d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
заготовительный	40	90	78			35,785	0,250	29,535	30,785		
расточивание	12,8		2,7	180	1895	36,977	0,100	31,877	31,977	1192	1342
получистовой	10			9	44	37,021	0,062	31,959	32,021	44	82
чистовой	6,4				20	32,041	0,041	32,000	32,041	20	41
Итого										1256	1465

«По результатам нормирования технологических операций вносим расчетные данные в техническую документацию» [11], [20]. Заполняем маршрутную карту и операционные карты (приложение А). Результаты проектирования технологических наладок, представлены на листах графической части выпускной квалификационной работы.

В результате выполнения данного раздела произведен выбор и проектирование заготовки, разработан план изготовления детали, произведен выбор оборудования и технологической оснастки, спроектированы операции технологического процесса. Рассчитаны нормы времени на каждую операцию спроектированного технологического процесса. Данные результаты будут использованы на этапах проектирования технологических наладок графической части работы, а также при проектировании технологического оснащения. То есть, задачу разработки технологии изготовления детали на базе типового технологического процесса можно считать выполненной.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка зажимного приспособления

К зажимным приспособлениям относят устройства для закрепления обрабатываемых изделий на станках. Задачей, поставленной в работе, является обеспечение производительности обработки на лимитирующей операции 030 Фрезерная, ввиду применения приспособления с механическим зажимом детали вручную. Для решения недостатка выполним проектирование специального приспособления, чтобы обеспечить требуемую точность изготовления и высокопроизводительную работу всей номенклатуры изделий. Вопросы конструирования и расчета приспособлений на предприятиях машиностроения получили достаточно широкое научное обобщение. Традиционно для проектирования приспособлений используется типовая методика проектирования универсально-сборных приспособлений [26].

Обработка корпуса на операции 030 осуществляется с применением обрабатывающего центра, поэтому и «приспособление, применяемое в процессе изготовления детали должно соответствовать всем требованиям по точности обрабатываемых поверхностей» [26]. А именно качество IT9, шероховатость Ra 2,5, Ra 3,2 мкм.

«Станочное приспособление включает группу зажимных элементов из трех захватных механизмов, накрытых разъемной крышкой. Привод механизмов приспособления – гидравлический. В каждом приспособлении одновременно зажимается одна заготовка, располагающаяся на вертикальной стенке. Так обеспечивается требуемое положение заготовки относительно силовых узлов станка. Также выполняются требования по обеспечению достаточного пространства для доступа режущего инструмента к заготовке во время поворота приспособления относительно вертикальной оси вращения поворотного-делительного стола станка» [22], [25], [26].

Приспособление компонуют из стандартных универсальных элементов, изготовленных заранее с высокой точностью. Элементы приспособления используются многократно. После окончания эксплуатации приспособления разбирают, стандартные блоки очищают, проверяют на точность и пускают в повторную эксплуатацию. Допускается перекомпоновка конструкции приспособления. [21], [23]

Основу конструкции приспособления составляет опорная плита с базирующими элементами в виде цилиндрического и ромбического пальцев для фиксации детали, которые с возможностью регулировки.

На основе теоретической схемы базирования, разработана схема закрепления заготовки корпуса распределителя, согласно которой построена схема составляющих сил резания при расположении детали в приспособлении, рисунок 9.

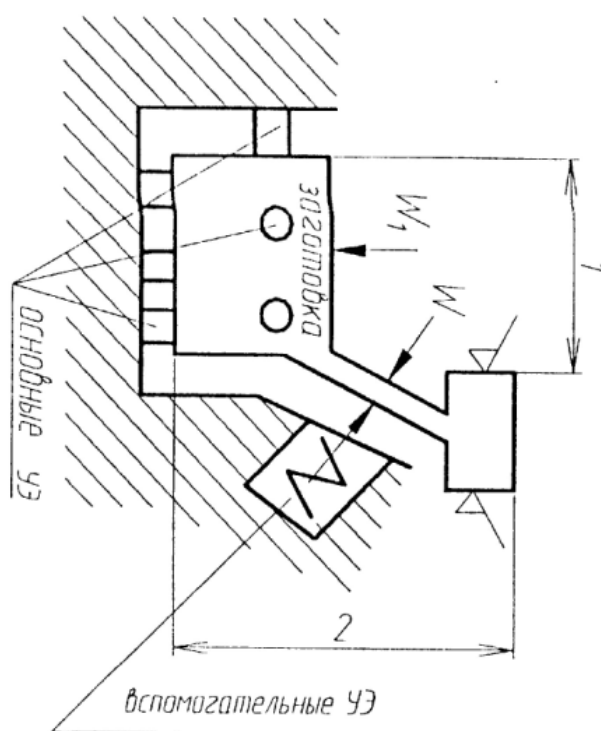


Рисунок 9 - Схема действия составляющих сил резания

«Выполняем расчет усилия зажима:

$$W = \frac{K(P_h l + P_v l_1)}{2l_2 + f_1 l + f_2 l_3}, \quad (16)$$

где K – коэффициент запаса, определяемый по данным справочника» [4]

$$\langle K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (17)$$

где $K_0=1,5$ гарантированный коэффициент запаса;

$K_1=1,2$ черновая обработка;

$K_2=1,6$ учитывает увеличение сил резания вследствие износа;

$K_3=1,2$ фрезерование;

$K_4=1,3$ характеризует постоянство силы развиваемого зажимным механизмом;

$K_5=1,1$ характеризует удобство зацепления зажимным механизмом;

$K_6=1,0$ учитывает наличие опрокидывающих моментов при установке на опоры.» [4].

$$W = \frac{4,9 \cdot (93 \cdot 50 + 8,5 \cdot 20)}{2 \cdot 90 + 0,12 \cdot 90 + 0,12 \cdot 50} = 120H$$

«Рассчитываем зажимное усилие, придаваемое силовому приводу:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (18)$$

где i – передаточное число силового механизма.

В нашем случае $i=3$ – числу прихватов» [4]. Величина усилия $Q=40 H$

«Выполняем расчет диаметра силового гидроцилиндра по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot n \cdot p}}, \quad (19)$$

где $Q=1309.83H$ – зажимное усилие, Н;

$\eta=0,8$ – КПД гидроцилиндра;

$p=1$ МПа – давление в гидроцилиндре» [4].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 40}{3.14 \cdot 0.8 \cdot 1}} = 7,9 \text{ мм}$$

«Нормированная величина диаметра поршня для станочных приспособлений, имеющих несколько зажимных механизмов, расположенных на удалении друг от друга» [4] имеет значение $D=25$ мм.

Для оценки спроектированного приспособления необходимо выполнить сравнительный расчет его погрешности и точности операционного размера детали. Это расстояние относительно диаметральной плоскости пальца, погрешность которого равна 0,01 мм. Допуск установочного пальца и центрирующей втулки равен 0,002 мм. Допуск на обработку $\omega=0,060$ мм. Зазор на установку заготовки $S_{max}=0,01$ мм.

«Исходя из схемы установки заготовки в приспособлении погрешность базирования при выполнении размеров будет равна $T_h=0,3$ мм или $0,060 < 0,3$ мм» [15].

Допуск на изготовление центрирующей втулки равен 0,02 мм что меньше регламентированного значения 0,01 мм. «Это значит погрешность детали, получаемая при обработке с применением данного приспособления, удовлетворяет техническим требованиям» [3].

Рассмотрим последовательность работы зажимных механизмов приспособления, рисунок 10.

Заготовка фиксируется следующим образом. В начале рабочего хода поршня в вертикальном направлении вдоль оси гидроцилиндра происходит центрирование заготовки по цилиндрическому пальцу. Палец входит в базирующее отверстие заготовки (диаметр 12Н7); 2), её угловая ориентация осуществляется при помощи второго срезанного пальца. После чего

заготовка опирается базовым торцом на опорную плиту приспособления, а три поворотных прихвата окончательно зажимают её.

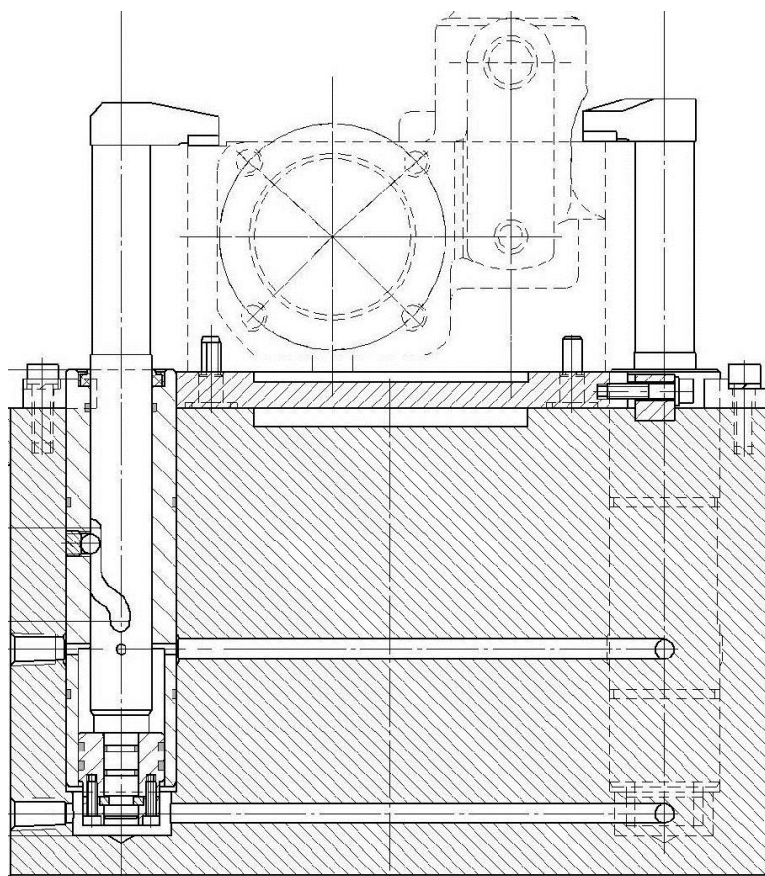


Рисунок 10 - Схема установки заготовки в приспособлении

Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б. Спроектированное приспособление требованиям по точности установки, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой.

3.2 Разработка специального инструмента

«В условиях серийного производства, на расточных операциях эффективно применение автоматизированное оборудование высокой точности, на котором обеспечивается высокопроизводительная обработка

деталей с применением прогрессивных методов. Это накладывает особые требования к режущему инструменту в связи с ростом интенсивности процессов обработки и сокращения времени на настройку станочного оборудования» [4], [9], [10], [19].

«В условиях среднесерийного производства для обработки корпусных деталей характерно применение расточных оправок, оснащенных резцовыми вставками» [17], [18], [19], [24], (см. рисунок 11).

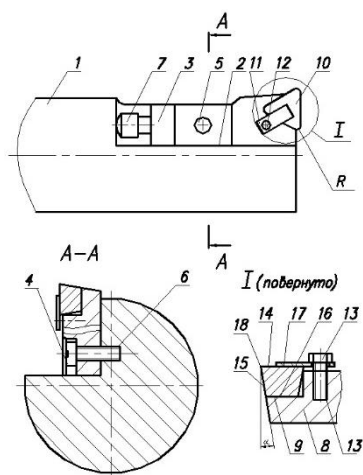


Рисунок 11 - Конструкция режущей части расточной оправки

«В процессе работы корпус оправки 1 крепится неподвижно в шпинделе станка. Рабочими движениями процесса растачивания является вращательное движение с заданной частотой и движение подачи с заданной скоростью. Оправка устанавливается соосно с отверстием заготовки (заготовкой) и после завершения рабочих ходов выводится из зоны резания вместе с силовыми узлами станка. Недостатками таких оправок является малый срок службы и производительность обработки вследствие конструктивных недостатков, износа режущих кромок пластины» [22].

«Обработка растачиванием производится резцовой головкой 1, содержащей один или несколько режущих элементов 2. Резцовая головка установлена с возможностью вращения в борштанге 3 с частотой n_n ,

большой, чем частота вращения детали n_d , причем вращение детали может быть попутным или встречным. В процессе работы для фиксации резцовой головки 1 от смещения в поперечном направлении и предотвращения поперечных колебаний на стебле закреплены направляющие шпонки 4» [17], [18], [19], [22].

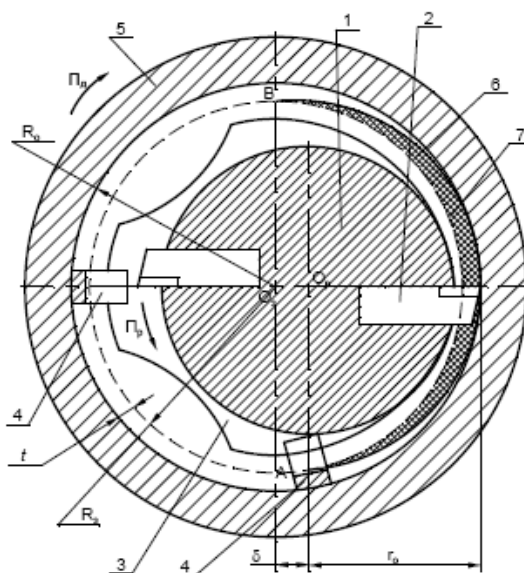


Рисунок 12 – Геометрическое место оправки внутри отверстия

«Ось вращения резцовой головки 1 смещена относительно оси заготовки 5 на некоторую величину δ , называемую эксцентриситетом, в результате чего срез металла при растачивании может происходить в зоне резания 2, расположенной в пределах дуги окружности обрабатываемого отверстия 3 от точки А до точки В. При изменении частоты вращения резцовой головки 4 сечение срезаемого слоя 6 будет меняться» [17],[18], [19], [22].

«Параметры зоны резания и полухорда a (рисунок 12) вычисляются согласно формуле (20):

$$a = \sqrt{R_3^2 - \left(\frac{R_0^2 - r_0^2 + \delta^2}{2 \cdot \delta} \right)}, \quad (20)$$

где R_3 - радиус при вершине заготовки, мм;

R_0 - радиус инструмента, мм;

r_d - радиус детали, мм;

δ – величина зазора между поверхностью детали и инструмента, мм;

Величину зазора между поверхностью детали и инструмента определим согласно формуле:

$$\delta = R_3 - r_d, \quad (21)$$

где R_3 – радиус заготовки, мм;

r_d – радиус отверстия детали, мм.

Величину радиуса заготовки рассчитаем согласно выражения (22).

$$R_3 = R_0 - t, \quad (22)$$

где R_0 – радиус обката отверстия заготовки, мм;

t – величина припуска на растачивание, мм.

Далее рассчитываем величины углов при вершине детали ψ_d и инструмента ψ_u .

$$\psi_d = 2 \cdot \arcsin \frac{a}{R_3}, \quad (23)$$

где R_3 – радиус заготовки, мм;

a - полухорда корпуса расточной оправки, мм.

$$\psi_u = 2 \cdot \arcsin \frac{a}{r_a}, \quad (24)$$

где r_a – радиус окружности, описываемой вершинами резцов, мм;

a - полухорда корпуса расточной оправки, мм» [17],[18], [19], [22].

«При вращении детали рабочая зона увеличится в окружном направлении, в связи с чем, принимая во внимание поворот детали, формулы (21-24) примут вид:

$$\psi_{\partial} = \psi + \xi = \psi \cdot \left(1 + \frac{r_{\partial}}{r_a}\right), \quad (23)$$

$$a = R_3 \cdot \sin \psi_{\partial}, \quad (24)$$

$$\psi_u = \arcsin \frac{a}{r_a}. \quad (25)$$

При вихревом растачивании в расточной оправке установлено одновременно z_u резцов, следовательно их траектории будут смещены по дуге окружности обрабатываемого отверстия относительно друг друга на угол η , который можно рассчитать, используя выражение:

$$\eta = \frac{2 \cdot \arcsin\left(\frac{a}{r_a}\right) \cdot r_{\partial}}{r_a \cdot z_u}, \gg [17] \quad (26)$$

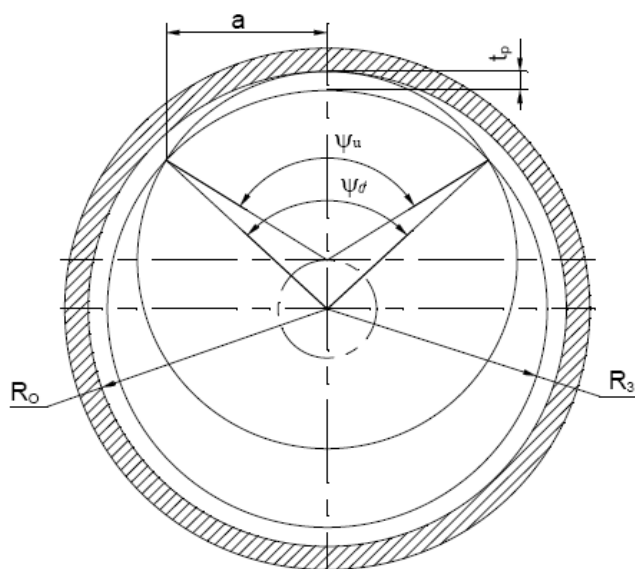


Рисунок 13 - Параметры резания при вихревом растачивании

«В процессе обработки происходит периодическое резание аналогичное фрезерованию. В результате осуществляется разделение стружки на отдельные фрагменты, а на обработанной поверхности образуются выступы (огранка) в виде заштрихованного сегмента (рис. 13). Задачей является минимизация высоты выступов h_g в зависимости от предъявляемых требований по точности и шероховатости. Высота выступов h_g может быть вычислена по формуле:

$$h_g = R_0 - \delta \cdot \cos\left(\frac{\eta}{2}\right) - \sqrt{r_a^2 - \delta^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\eta}{2}\right)}, \text{» [17]} \quad (27)$$

«Далее рассчитываем величины сил резания при растачивании:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p \quad (28)$$

где, C_p - постоянный множитель;

x, y, n — показатели степени, учитывающие характеристики режущего инструмента;

k_p — коэффициент условий выполнения операции;

V — скорость резания, определяем по таблицам [14].

«Коэффициент условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

$$k_p = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (29)$$

где: K_0 — гарантированный коэффициент запаса;

K_1 — коэффициент, учитывающий влияние неровностей

обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

K_4 – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

K_5 – коэффициент, учитывающий эргономические характеристики режущего инструмента» [26].

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5.$$

Далее рассчитываем мощность растачивания используя соотношение

$$N = P_z \cdot V \gg [17] \tag{30}$$

Используя выражения (20 - 30) и принимая в качестве исходных данные по шероховатости $R_a=2.5$ мкм, протяженности растачивания $L_p = 180$ мм и диаметре растачивания $D_p=65$ Н8, получаем значение силы резания $P_z=800$ Н, при мощности растачивания $N=1,2$ кВт [17],[18], [19], [22]. «Остальные параметры режущего инструмента определяем конструктивно». [22]

Конструкция оправки расточной представлена в графической части работы.

В результате выполнения данного раздела было разработано технологическое приспособление и режущий инструмент для спроектированного технологического процесса изготовления корпуса. Данные технические мероприятия, направлены на совершенствование базовой технологии изготовления детали. Для этого сначала были выявлены технически несовершенные операции. С целью устранения выявленных недостатков спроектировано станочное приспособление обеспечивающее автоматизацию процесса установки заготовок на токарных операциях и

расточная оправка для выполнения расточных переходов обработки отверстий на агрегатной операции.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе содержится анализ безопасности и экологичности технологического процесса изготовления корпуса распределителя [6].

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 11 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 11 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы вещества
изготовление корпуса распределителя	фрезерно-сверлильная	оператор станков с ЧПУ	FC400P, фреза P6M5, сверло P6M5, зенкер-развертка P6M5, резец расточной T15K6 P6M5 ГОСТ 9304-69 2223-0015	алюминиевый сплав АК9Т
	фрезерно-расточная		ИС500ПМ1Ф4 фреза P6M5, сверло P6M5, метчик P6M5, зенкер-развертка P6M5, резец расточной BK6, оправка расточная, цанга	
	фрезерно-расточная		ИС500ПМ1Ф4 фреза P6M5, сверло P6M5, резец расточной BK6, цанга	

Продолжение таблицы 11

	резьбонарезная		ИС500ПМ1Ф4 метчик Р6М5, сверло Р6М5, метчик Р6М5, зенкер- развертка Р6М5, резец расточной ВК6, оправка резьбонарезная, цанга	
--	----------------	--	--	--

Составлен паспорт технического объекта на основе анализа технологический процесса изготовления корпуса распределителя. Определены технологические операции, виды выполняемых на них работ. Определено наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию. Определено оборудование, применяемые средства технологического оснащения, приспособления, материалы и вещества.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 12 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса изготовления профессиональных рисках.

Таблица 12 - Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
фрезерно-сверлильная	химическое отравление, поражение электрическим током при неправильной эксплуатации оборудования, шум,	смазывающе-охлаждающая жидкость, оборудование, обрабатываемая заготовка, инструмент, станок
фрезерно-расточная		
фрезерно-расточная		
резьбонарезная		

Продолжение таблицы 12

	вибрации, загрязнение воздуха, стереотипные рабочие движения, применение поврежденного инструмента	
--	--	--

Вышеприведенные факторы угрожают безопасности исполнения операций технологического процесса воспроизведения, выступая в роли опасных и вредных производственных факторов. Показано, что источником возникновения опасного и вредного производственного фактора в разработанном варианте технологического процесса изготовления корпуса является рабочая зона, оборудование и средства производства. Необходимо предпринять меры по устранению влияния приведенных опасных факторов на работников.

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса воспроизведения. Методы и средства приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и вредный производственный фактор	Организационные методы, технические средства	Средства защиты
вибрации	инструктажи по охране труда, устройства и приспособления, гасящие вибрации	ботинки с амортизирующими подошвами, вибропоглощающие перчатки
акустические колебания в производственной среде и характеризующиеся	инструктажи по охране труда, приспособления, поглощающие и	противошумные вкладыши или наушники

Продолжение таблицы 13

повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	снижающие уровень шума до предельно допустимых значений	
поражение электрическим током	инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, системы аварийного отключения	резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием, спецодежда
химическое отравление (через дыхательные пути)	вентиляция, инструктажи по охране труда	спецодежда
загрязнение воздуха	вентиляция, инструктажи по охране труда	спецодежда
стереотипные рабочие движения	инструктажи по охране труда соблюдение периодических перерывов	-
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктажи по охране труда, устройства местного освещения	-

В данном подразделе выполнен анализ возникающих опасных и вредных производственных факторов. Определены организационные методы, технические средства для минимизации из вредного воздействия на персонал работников и средства их защиты. Организационные методы включают инструктажи по охране труда, установку устройств по искровой защите и заземлению оборудования, изоляцию токоведущих схем, а также системы аварийного отключения оборудования, в том числе при возникновении пожара.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 14-16 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 14 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
производственный участок	FC400P ИС500ПМ1Ф4	Д	неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя	взрывы, изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования

Результаты идентификации классов и опасных факторов возникновения пожара используем далее для определения сложности их тушения, выбора средств пожаротушения и оборудования, которое используется при пожаротушении. А также для определения состава сил и средств подразделений пожарной охраны и других служб, необходимых для тушения пожаров. Классификация опасных факторов пожара используется при обосновании мер пожарной безопасности, необходимых для защиты персонала и оборудования производственного участка.

Таблица 15 - Средства защиты и пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	оборудование	инструмент	Средства индивидуальной защиты	Пожарные сигнализация, связь, оповещение
огнетушители, ящики с песком, ведра	автомобили, передвижные огнетушители	система пожаротушения автоматическая	рукава, гидранты	ведра, лопаты	противогазы, спецодежда, пожарный щит	звуковые автоматические оповещатели

На основе полученных данных анализа опасных факторов пожара были определены комплексные средства защиты и пожаротушения на производственном участке, где будет реализован выпуск корпуса. Оснащение производственного участка предполагает не только установку средств защиты персонала, работающего на производственном оборудовании, но и

организацию системы противопожарных мероприятий с персоналом, задействованном в разработанном технологическом процессе.

Таблица 16 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности
технологический процесс изготовления корпуса распределителя	разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения

В данном подразделе выполнен анализ структурных элементов технологического процесса, перечислены источники угрозы возникновения пожара и средства для их устранения, были обнаружены опасные факторы возгорания и приведены мероприятия для уменьшения их влияния на образование очагов возгорания на технологическом участке. Определены предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Анализ структурных элементов технологического процесса изготовления корпуса распределителя позволил определить экологически опасные факторы объекта, негативно влияющие на окружающую среду на

производственном участке предприятия. Результаты занесены в таблицы 17 и 18.

Таблица 17 - Определение экологически опасных факторов объекта

Технологический процесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
изготовление корпуса распределителя	FC400P ИС500ПМ1Ф4	стружка, пыль, токсические испарения	стружка, пыль, технические жидкости, растворы	стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

Эти факторы также оказывают негативное антропогенное воздействие на персонал производственных структур. Это требует разработать мероприятия для снижения антропогенного из воздействия на предприятии. Разработанные рекомендации приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

воздействие	Технологический процесс изготовления корпуса распределителя
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

Опираясь на полученные в данном разделе результаты анализа исходных данных, были произведены исследования, экологичности и безопасности технологического процесса. Были рассмотрены и проанализированы технологические операции, а именно – фрезерно-сверлильная, фрезерно-расточная, резьбонарезная. Выявлены риски, которые могут появиться при исполнении операций технологического процесса воспроизведения корпуса, и опасные факторы и приведены методы и средства для их снижения.

Таким образом, можно сделать положительное заключение о достижении цели данного раздела.

5 Экономическая эффективность работы

«Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений» [12].

При написании бакалаврской работы было предложено изменить:

- Станочное приспособление для операции 030;
- Значения режимов резания и норм времени на операции 030
- Инструмент для выполнения расточных работ на операции 030.

Эти изменения привели к «сокращению трудоемкости выполнения описанных операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Необходимо выполнить оценку технико-экономических параметров процесса обработки корпуса, и подтвердить эффективность предложенных в работе изменений с экономической точки зрения, что и будет выполнено в этом разделе работы» [12].

Расчетные технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 010, 020, 030, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора «информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники: паспорт станка, данные предприятия по тарифам на энергоносители, сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники» [12].

С помощью программного обеспечения Microsoft Excel были рассчитаны «капитальные вложения по сравниваемым вариантам, технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций, калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам

технологического процесса, приведенные затраты и выбор оптимального варианта, показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [12, с. 15–23].

На рисунке 14, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 23355566,80 рублей.

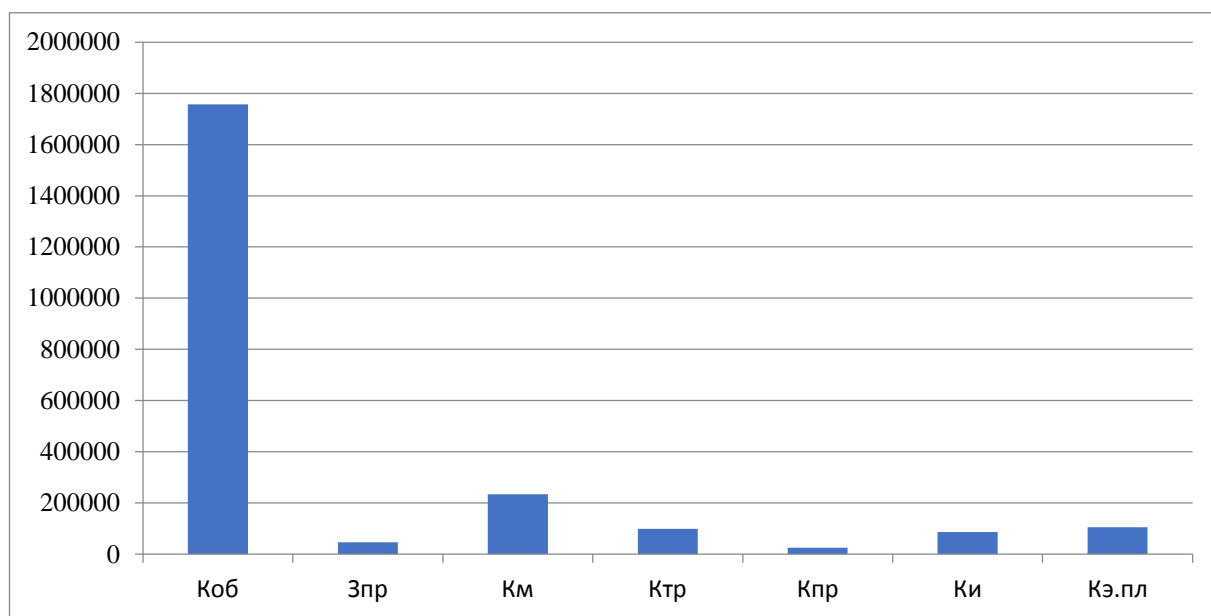


Рисунок 14 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 14, данные, «можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование (K_{OB}), величина которых составляет 76,45 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее 10 % от общей величины капитальных вложений» [6].

На рисунке 15 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «корпус распределителя», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

Как видно из рисунка 6, «значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, так как в процессе совершенствования технологического

процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения, а при определении разницы в себестоимости между вариантами она не окажет влияния» [12].

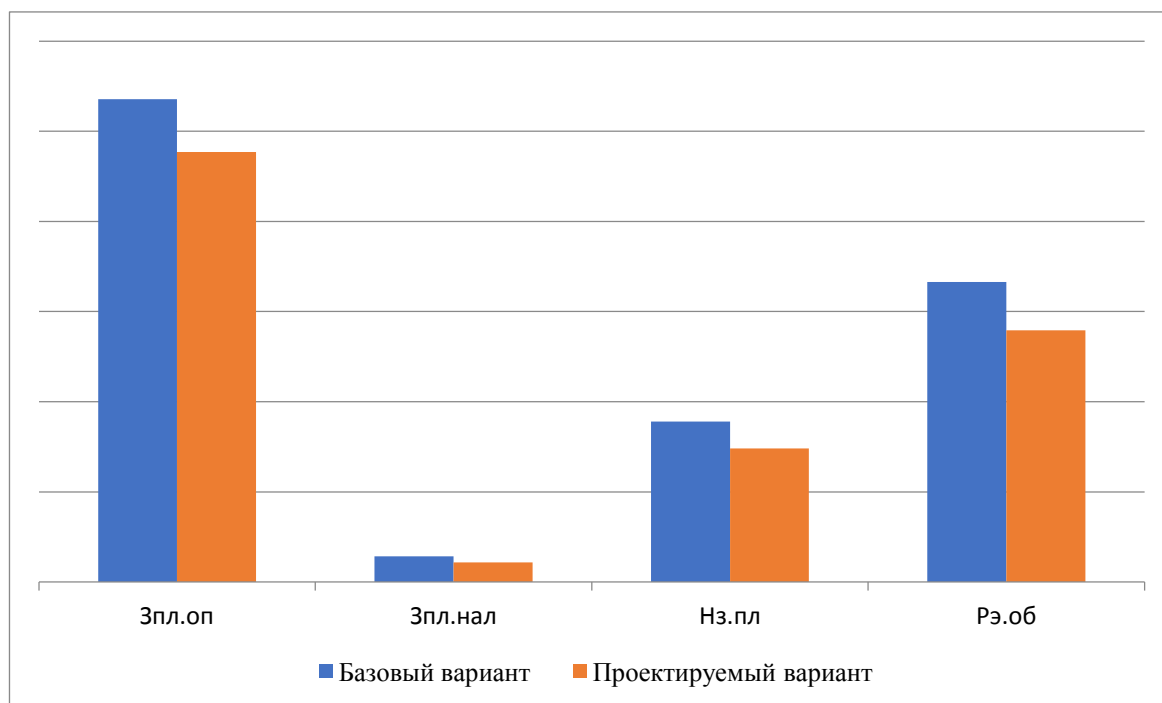


Рисунок 15 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «корпус распределителя», по вариантам, руб.

Анализируя диаграмму на рисунке 15, видно, что «две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости. Первая это заработная плата оператора ($З_{пл.оп}$), необходимая на оплату труда рабочих операторов, занятых на перечисленных выше операциях» [12]. Доля которой составляет 55,65 % для базового варианта и 53,48 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости. Вторая это расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 31,31 % для базового варианта и 36,54 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости.

«Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости» [12]. Результаты калькуляции себестоимости обработки

детали по операциям 030-040 технологического процесса, представлены на рисунке 16.

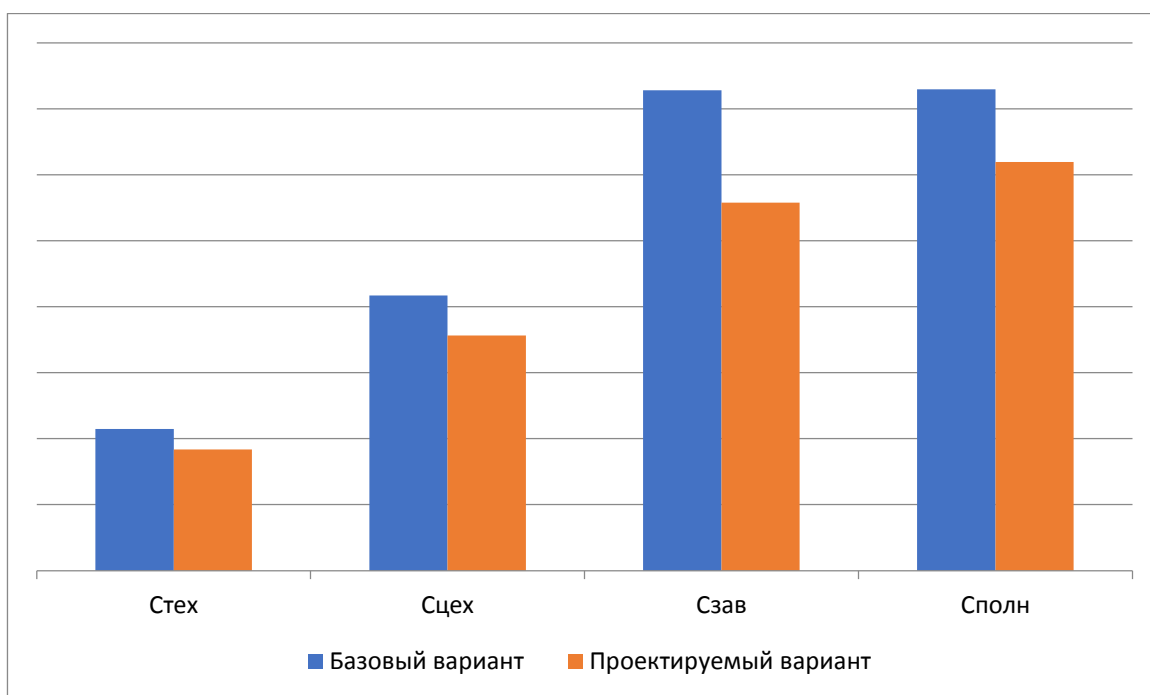


Рисунок 16 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 16, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 364,90 рубля, а для проектируемого варианта – 209,81 рубля.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 23355566,80 рублей, окупятся в течение 5-ти лет. «Такой срок является максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход» [12]. Величина данного показателя составляет 493933,54 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,22 рублей.

Заключение

В заключение следует отметить, что на основе проведенного анализа базовой технологии, а также теоретических исследований в области проектирования заготовки и совершенствования режущего инструмента и технологической оснастки в результате выполнения проекта разработан вариант прогрессивной технологии обработки корпуса сервомеханизма.

Предложено использовать более экономичный способ литья при получении заготовки корпуса, позволяющий снизить отходы металла в стружку и повысить точность взаимного расположения поверхностей детали.

В предложенном варианте технологии изготовления детали применили более прогрессивный вариант режущего инструмента с более совершенной геометрией режущей части, что позволило сократить затраты на режущий инструмент и приблизить условия обработки к более оптимальным.

Применение спроектированной конструкции станочного приспособления на лимитирующих операциях, на основе разработки наиболее точной и рациональной с точки зрения получаемых поверхностей, схемы базирования позволяет повысить точность обработки детали, сократить погрешность пространственного расположения поверхностей детали.

Выполненное в работе проектирование позволило создать технологический процесс с учетом динамических и статических процессов силового нагружения, протекающих в приводе главного движения станка с ЧПУ. Обеспечение параметров качества распределителя позволит обеспечить функционирование станочной распределительной аппаратуры в условиях воздействия переменных режимов работы.

Реализация предложенных мероприятий в работе, позволило сократить на 20% общую трудоемкость обработки и производственные затраты на изготовление детали, о чем говорит проведенный экономический анализ эффективности предлагаемых технических решений.

В итоге задачи, сформулированные в работе решены положительно.

Список используемых источников

1. Батршина Г. С. Проектирование 3D-моделей композиционных изделий в среде Компас-3D : учебно-методическое пособие / Г. С. Батршина. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 102 с. — ISBN 978-5-4497-1592-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119110.html> (дата обращения: 24.04.2022).

2. Калиниченко А. В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике : учебное пособие / А. В. Калиниченко, Н. В. Уваров, В. В. Дойников. — 4-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 580 с. — ISBN 978-5-9729-0494-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98400.html> (дата обращения: 27.04.2022).

3. Горяинов Д. С. Разработка технологии изготовления и программирование обработки на станках с ЧПУ и ОЦ : учебное пособие для СПО / Д. С. Горяинов, Ю. И. Кургузов, Н. В. Носов. — Саратов : Профобразование, 2022. — 105 с. — ISBN 978-5-4488-1404-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116290.html> (дата обращения: 19.04.2022).

4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. — Тольятти : ТГУ, 2018. — 203 с. [Электронный ресурс]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 19.04.2022).

5. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.

6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-

метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 19.04.2022).

7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 19.04.2022).

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 19.04.2022).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 19.04.2022).

11. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 19.04.2022).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 19.04.2022).

13. Крупенников О.Г. Высокие технологии в машиностроении : учебно-методическое пособие / О.Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 81 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/165090> (дата обращения: 19.04.2022).

14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 19.04.2022).

15. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

16. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 19.04.2022).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 23.04.2022).

18. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 23.04.2022).

19. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

20. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 23.04.2022).

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

23. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

24. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 23.04.2022).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiportal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 23.04.2022).

26. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75715> (дата обращения: 23.04.2022).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 31118-82 Форма 1

Дубл.				Изм.						Изм.							
Взам.				Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Подп.														1			
Разраб.		Иванов		Кафедра													
Проф.		Ледяшкин		ОТМП													
Этап				Технологический процесс из изготовления корпуса распределителя системы пневматической вертикально-фрезерного СЧС-станка										ДП			
Н. контр.																	
М 01		АК9Т ГОСТ 4784-2019															
М 02		Код	ЭВ	МД	ЕН	М _{контр.}	КМ _{контр.}	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МБ			
А		Цех	ЭЧ	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа							
Б		Код наименования обработки				СМ	Пар.	Р	УТ	Н _р	КОИД	ЕН	ОТ	К _{оп}	T _н	T _{оп}	
А 03					000	Заготовительная											
Б 04					Машина литейная												
А 05					010	4272. Фрезерно-сверлильная		3	15292	12	1	1	1	5	1	0,344	13,391
Б 06					381881. Обрабатывающий центр FC400P												
А 07		Фрезеровать плоскости в размер 7 ^{+0,05} ; сверлить отверстия Ø8 ^{+0,01} ; выдерживать размеры 28,21 ^{+0,005} , 58 ^{+0,01} , 62 ^{+0,01} , 10 ^{+0,01} , 14,3 ^{+0,002}															
Т 08		396181 приспособление ЧСП, 391801 фреза Р6М5 ГОСТ 26595-850, 391303 сверла Р5М5 ГОСТ 2034-80.															
Т 09		393311 штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ГОСТ 166-80, 393450 нутрометр микрометрический ИЧ-9 ГОСТ 577-88.															
А 10					020	4272. Фрезерно-расточная		3	15292	12	1	1	1	7	1	0,42	19,25
Б 11					381881. Обрабатывающий центр ИС500ПМ1Ф4												
А 12		Фрезеровать плоскости в размеры 15 ^{+0,05} ; сверлить отверстия Ø9 ^{+0,01} ; выдерживать размеры 182 ^{+0,1} , 155 ^{+0,1} , 15 ^{+0,11}															
Т 13		396181 приспособление ЧСП, 391801 фреза Р6М5 ГОСТ 26595-850, 391303 сверла Р5М5 ГОСТ 2034-80.															
Т 14		393311 штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ГОСТ 166-80, 393450 нутрометр микрометрический ИЧ-9 ГОСТ 577-88.															
Б 15					030	4272. Фрезерно-расточная		3	15292	12	1	1	1	7	1	0,38	18,12
Б 16					381881. Обрабатывающий центр ИС500ПМ1Ф4												
МК																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82 Форма 15																								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата															
															2									
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата															
										Обозначение документа														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции					Обозначение документа														
Б	Код наименования обработки				ОУ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{изд.}	Т ₁₁	Т _{изд.}									
Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение код										ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Носок.
01	Фрезеровать плоскости в размер 7 ^{+0,05} ; расточить отверстия $\Phi 8^{+0,01}$, выдержив размер 28,2 ^{+0,020} , 58 ^{+0,014} , 62 ^{+0,014} , 8 ^{+0,014} , 43 ^{+0,020}																							
02	396181 приспособление ЧСП, 391801 фреза Р6М5 ГОСТ 26595-850, 391303 сверла Р5М5 ГОСТ 2034-80.																							
03	393311 штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ГОСТ 166-80, 393450 нутромера микрометрический ИЧ-5, ГОСТ 577-68.																							
04	040 4272. Резьбонарезная 3 15292 12 1 1 1 1 7 1 0,22 17,95																							
05	381881. Обрабатывающий центр ИС500ПМФ4																							
06	Проверить торцы обработкой в размер 15 ^{+0,01} ; нарезать резьбу М9Х1х1,25, напроход																							
07	396181 приспособление ЧСП, 391801 фреза резьбовая Р6М5 ГОСТ 26595-850, 3.																							
08	393311 штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ГОСТ 166-80, 393450 нутромера микрометрический ИЧ-5, ГОСТ 577-68.																							
09	050 Контрольная.																							
10	394630. Контрольно измерительная машина "Оптон".																							
11	060 Моечная																							
12	Машина моечная.																							
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
МК																								

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Технологическая документация

Исполнители	Материал	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Исполнители	Лист	Листов
Левый, правый										
					<u>Документация</u>					
Сторона №	А1				Сборочный чертеж					
					<u>Детали</u>					
			1		Упор	4				
			2		Кронштейн	4				
			3		Опора	4				
			4		Корпус	4				
			5		Пробка резьбовая	4				
			6		Опора	4				
			7		Прихват правый	4				
			8		Прихват левый	4				
			9		Кожух	8				
			10		Планка	4				
			11		Планка	4				
			12		Стакан	4				
			13		Упор	4				
			14		Опора	2				
			15		Тяга	4				
			16		Пружина	4				
			17		Втулка	4				
			18		Поршень	4				
			19		Крышка	4				
			20		Втулка	4				
		21		Кольцо	8					
		22		Опора	2					
Исполнители	Имя	Фамилия	№ докум.	Лист	Дата					
	Разраб.	Иванов А.И.				Лит.	Лист	Листов		
	Проб.	Лебашкин А.Г.					1	2		
	Начинр.					ТГУ				
Этб.										

