

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления барабана вертикально-фрезерного
CNC-станка

Обучающийся	<u>А. Ю. Федин</u> (Инициалы Фамилия)	<u></u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u></u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u></u>
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u></u>

Аннотация

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного CNC-станка путем модернизации технологического оснащения, разработки конструкции прогрессивного режущего инструмента, технологического маршрута, для обеспечения выпуска годовой программы барабана в соответствии всем техническим требованиям в условиях машиностроительного производства.

Структурно работа выполнена из выстроенных в логике разделов проектного подхода при реализации технических проектов. В первом разделе выполнен анализ состояния вопроса изготовления детали в условиях современного производства, поставлены задачи работы. Выполнен анализ функционального назначения детали, исходя из анализа исходных данных и чертежа детали, определена стратегия реализации технологического маршрута, и тип производства. Проанализировано служебное назначение детали, характерные условия ее функционирования, определен ряд технологических параметров. Во втором разделе выполнен анализ типовых технологических процессов, характерных для разных типов машиностроительных производств, на основе чего в работе спроектирован технологический маршрут и пооперационная технология изготовления детали. Также в этом разделе выполнен анализ вариантов изготовления, заготовки детали, спроектирована заготовка детали. В третьем разделе предложены мероприятия, направленные на достижение результата спроектированного варианта технологии изготовления детали, предложено применить режущий инструмент с рациональной геометрией режущей части. В конструкторской части работы спроектировано приспособление для лимитирующей операции, обеспечивающее требуемую точность изготовления детали, и сокращение трудоемкости операции. Определены режимы

обработки детали с учетом применения спроектированного технологического оснащения для изготовления детали.

В четвертом разделе выполнена оценка предлагаемого варианта технологии изготовления детали по критериям обеспечения безопасности и экологичности ее реализации в условиях производства. Выполнен анализ вредных производственных факторов производства и предложены мероприятия по их устранению.

В пятом разделе выполнена оценка экономических факторов и показателей варианта спроектированной технологии изготовления. В заключении сделан вывод об эффективности выполненного в работе проектирования и результатов.

Работа включает 58 страниц 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.....	6
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	6
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	7
1.3 Анализ типа производства	10
1.4 Задачи работы.....	13
2 Разработка технологии изготовления	14
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	14
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	22
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	24
2.4 Проектирование операций технологического процесса	25
3 Разработка специальной технологической оснастки	29
3.1 Разработка токарного патрона	29
3.2 Разработка ступенчатого сверла.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	39
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	42
5 Экономическая эффективность работы	45
Заключение	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	57

Введение

Сегодня машиностроительная отрасль является базовой для развития других отраслей промышленности. Уровень развития смежных отраслей машиностроения определяется уровнем прогрессивности применяемых конструктивных решений, номенклатурой современных многофункциональных и многоцелевых металлорежущих станков с ЧПУ и применяемыми методиками оценки точности и стабильности реализуемых на них технологических процессов. В них изложены особенности современных металлорежущих станков с ЧПУ и основные требования к ним. Быстрая смена продукции, повышение конкурентоспособности изделий ставят задачу сокращения сроков ее проектирования и освоения производства в машиностроении. В этой связи работа посвящена актуальной задаче машиностроения - создание экономически эффективных производств машин и механизмов.

В выпускной квалификационной работе рассмотрена деталь – барабан вертикально-фрезерного станка с ЧПУ. Деталь обеспечивает установку и базирование высокоскоростного шпинделя станка, и надежную фиксацию шпинделя при перемещениях шпинделя согласно управляющей программы.

Деталь является ответственной деталью станка, и качество ее изготовления будет определять эффективность применения станка в производстве. Реализация технологии изготовления детали только на основе базовых подходов к организации производственного процесса, не обеспечит выполнение всех конструкторско-технологических требований детали. Наиболее перспективным направлением является применение современного оборудования при механической обработке и технологического оснащения.

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного CNC-станка обеспечивающего выпуск годовой программы деталей отвечающих всем техническим требованиям

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Деталь «барабан» представляет собой основной несущий элемент конструкции станка, а именно шпиндельного узла вертикально-фрезерного CNC станка, которые широко используются в современных производствах.

«Барабан» объединяет собственно мотор-шпиндель станка, детали и элементы его крепления к вертикальной станине станка в единый узел.

Обеспечивается фиксация, базирование и установка мотор-шпинделя CNC станка, который закрепляется во внутренней полости барабана.

«Барабан» представляет корпусную деталь, имеется плоское основание, которое имеет базовые отверстия с шероховатостью $Ra=10$ мкм. Исполнительные поверхности расположены в верхней части детали, которая имеет цилиндрическую форму. Конструктивно для обеспечения требуемой жесткости деталь имеет боковые ребра.

Цилиндрическая часть детали имеет внутреннюю полость, образованную соосно расположенными ступенчатыми отверстиями, с шероховатостью $Ra=6,3$ мкм и допуском по соосности отверстия $\varnothing 160H7$ равному $0,1$ мм. Внутренняя полость охватывает наружную поверхность шпинделя станка, и обеспечивая его базирование и воздушное охлаждение.

«Такая схема охлаждения обеспечивает возможность регулировки как по нижнему пределу температуры ввиду того, что на низких оборотах теряется производительность вентиляции, что приводит к перегреву двигателя, так и на повышенных оборотах – резко (в квадратичной зависимости) возрастает нагрузка на вал шпинделя, что одновременно с обычным падением момента на скоростях выше номинального дополнительно приводит к падению полезного момента на режущей кромке инструмента» [4].

Решение данной проблемы обеспечивается точной обработкой торцев

детали, с шероховатостью Ra=6,3 мкм, с выполнением требования по биению 0,3 мм.

Анализ показал, что «по своему функциональному назначению деталь является ответственной. Условия ее эксплуатации можно охарактеризовать как неагрессивные. В конструкции детали не требуется применения специальных материалов, а для ее изготовления и не требуется применения специальных методов механической и термической обработки» [5].

1.2 Анализ технологических показателей детали

При изготовлении детали рекомендуется использовать серый чугун марки СЧ-15 ГОСТ 1412-85, в качестве материала-заменителя предлагается серый чугун марки СЧ-18 ГОСТ 1412-85.

В процессе изготовления деталь подвергается термической обработке - графитизирующий отжиг, данная операция предусмотрена для разложения карбидов и снижения твердости поверхностного слоя. Согласно [25] отжиг осуществляется при температуре $T = 800 - 900$ °С, выдержкой 3 - 5 часов, а затем необходимо медленное охлаждение детали в нормальных условиях на воздухе.

Для определения технологичности выполним оценку технологичности детали. «Материал считается технологичным, он позволяет получить заготовку детали традиционными методами, обладает хорошей обрабатываемостью резанием и обеспечивает заданные свойства детали. Формирование данных свойств зависит от химического состава материала и его механических свойств. Барабан изготовлен из серого чугуна СЧ-18 ГОСТ 1412-85. Определенные согласно данным характеристики стали представлены в таблице 1 химический состав, в таблице 2 механические свойства» [25].

Исходя из служебного назначения узла, в который входит деталь и служебного назначения детали проведен анализ норм точности и технических условий детали.

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор
содержание %	3,5-3,7	2,0-2,4	0,5-0,8	0,17-0,20

Таблица 2 – Механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение после разрыва, %	Твердость по Бринеллю
190	155	15	5	210-228

Для обеспечения химической однородности и достижения требуемых механических свойств деталь подвергается термической обработке после литья - графитизирующий отжиг.

Основание выполнено с шероховатостью $R_a = 10$ мкм, что является достаточным для функционального назначения этой плоскости.

Торец отверстия $\varnothing 160H7$ выполнен с параметром шероховатости $R_a=6,3$ мкм, что соответствует служебному назначению этого отверстия.

При обработке восьми резьбовых отверстий М8 необходимо обеспечить зависимый позиционный допуск 0,1 мм.

Поверхности, которые не подлежат механической обработке, выполнены с 13-15 качеством.

Технические требования и нормы точности, достаточны для выполнения детали служебного назначения. Таким образом, все конструктивные элементы корпуса решают функциональные задачи, которые выдвигаются к корпусу и изделию в целом.

«Для того, чтобы выявить показатели точности ответственных поверхностей проведена классификация поверхностей детали по назначению согласно методике» [15].

«На рисунке 1 выполнен эскиз рассматриваемой детали. Наиболее ответственными поверхностями являются основные конструкторские базы 2, 3, вспомогательные конструкторские базы 1, 8, 9 и исполнительные поверхности 5, 10» [15]. Необходимо применение методов последовательных ходов с поочередным снижением параметров шероховатости и точности. Параметры точности баз 1, 8, 9 (рисунок 1) могут обеспечиваться методами получистовой и чистовой обработки плоских поверхностей, что позволяет сделать заключение о технологичности детали.

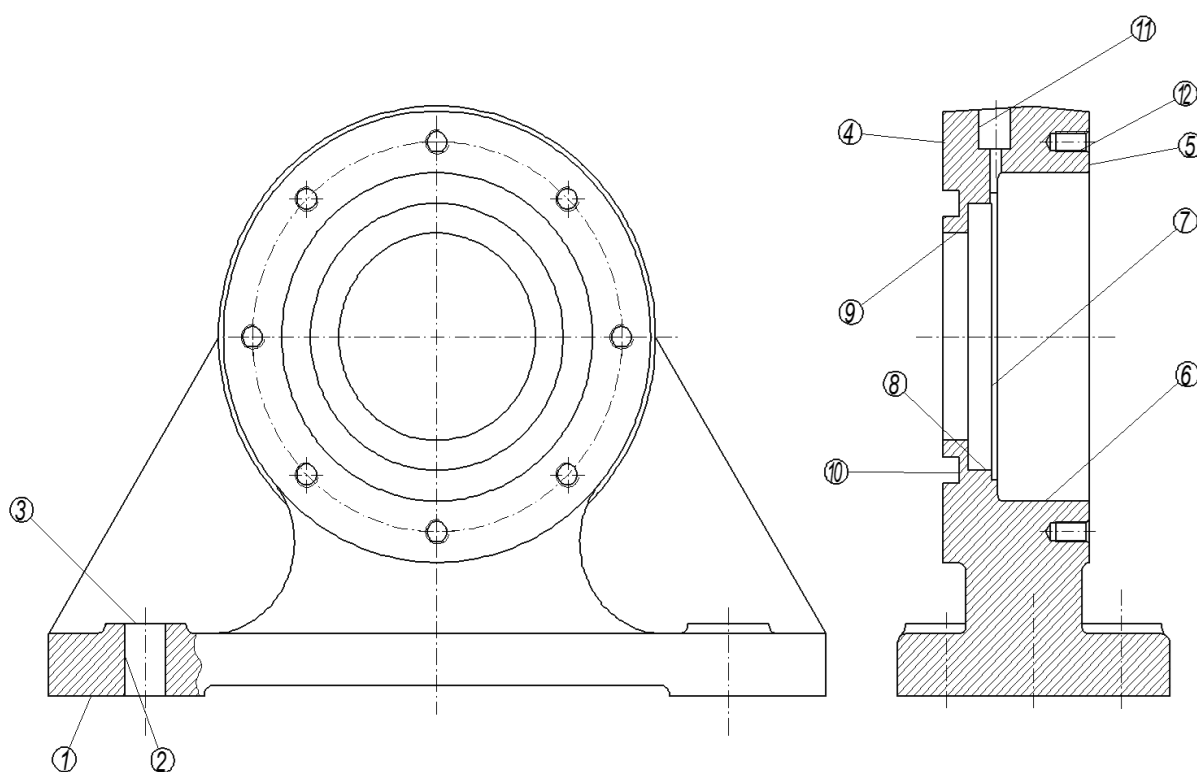


Рисунок 1 – Эскиз барабана шпиндельного узла

Поверхности баз имеют достаточную протяжённость и могут быть обработаны режущим инструментом типовой геометрии, пространственное расположение поверхностей детали правильное, равноудаленное и симметричное, что позволит применить типовое технологическое оснащение и захватные механизмы простой конструкции. Деталь имеет жесткое основание 1, расположенные на нем четыре базовых отверстия 2, и торцевую опорную плоскость 3. Это позволяет применить постоянную схему

базирования на всех технологических операциях процесса изготовления детали, кроме первой, где базы будут подготовлены. Сочетание данных показателей технологичности обеспечит возможность автоматизации процесса крепления и установки детали в приспособлении, исключив влияние ручного труда на производительность процесса в целом.

Таким образом, анализ технологичности детали указывает на возможность обработки ее заготовки путем использования производительного станочного оборудования с высокой степенью унификации средств технологического оснащения и автоматизации процесса изготовления.

1.3 Анализ типа производства

Определяем, предварительно, используя методику [14] - тип производства для последующего анализа и выбора характеристик производственного процесса, необходимых для реализации проектируемого варианта технологии изготовления детали. В качестве исходных данных необходимо иметь представление о массе детали и ее годовой программе производства. Деталь корпус барабана имеет вес 1,5 кг и программу выпуска 5000 деталей. В этом случае получаем тип производства – среднесерийный.

Характеристики среднесерийного типа производства определяем согласно данным [1].

Проведенный анализ указывает на необходимость разработки пооперационной последовательности технологических операций в последовательной стратегии. Так как деталь корпусная допускается выпуск последовательных партий детали. Соответственно допускается применение многоместной оснастки и многосторонней обработки деталей в рабочей зоне одной единицы станочного оборудования.

Рекомендуется применение простых методов получения заготовки, например, различные способы литья, штамповка, ковка, применяется прокат. Проектирование заготовки осуществляется определением величины напуска и

с учетом значений коэффициентов приведенных затрат материала. Корпус барабана относится к корпусным, и часть ее поверхностей выполнены свободными. Деталь имеет технологические приливы и ребра жесткости для выполнения своего служебного назначения. Таким образом, эти поверхности не проходят этап механической обработки лезвийным инструментом на станочной оборудовании, однако с них должны быть удалены заусенцы, остатки литников, приливы металла по плоскости разъёма литейной формы и стыков в закладных элементах формы.

Технологические припуски на механическую обработку поверхностей определяют на каждый переход в отдельности. Для этого используют либо результаты анализа статических данных, либо для ответственных поверхностей рассчитывают согласно табличным данным и расчетным формулам. Режимы обработки поверхностей детали определяются по эмпирическим формулам, при этом учитывается марка материала детали – чугун, теоретические аспекты связанные со спецификой его механической обработки, например, характер износа режущего инструмента, и его влияние на производительность работы станочного оборудования. При этом используются справочные данные, таблицы поправочных коэффициентов, номограммы влияния сил резания на скорость резания чугунов и др.

Процесс изготовления детали проектируется на основе типовой технологии, и для среднесерийного производства это маршрутная пооперационная технология. Технологический маршрут обработки проектируется с учетом применяемого станочного оборудования и его технологических возможностей, в этой связи выбирается переменная концентрация переходов на одной операции, это позволяет гибко реализовать производственный процесс, избежать простоя ввиду длительной обработки партии деталей на лимитирующих операциях.

Такая организация процесса требует проектирования структуры и содержания технологических операций с учетом соблюдения принципов постоянства и единства баз. Это определяет условия для нормирования

технологических операций, выбора количества необходимых единиц оборудования рабочего персонала, степени его загруженности. Здесь применяется опыт ведущих предприятий машиностроительной отрасли, используются табличные данные, статистическая информация, эмпирические формулы, для ответственных деталей рекомендуется использовать расчетное нормирование.

Особые требования предъявляются и к выбираемому оборудованию для реализации проектируемого варианта технологии изготовления детали. Оно должно обеспечивать настройку для обеспечения возможности установки заготовки в правильном пространственном положении, обеспечивать размещение технологического оснащения для обеспечения требований по точности обработки поверхностей детали.

В этой связи базирование заготовок должно производиться с учетом размеров рабочей зоны оборудования, назначения требуемых режимов механической обработки, режущий инструмент должен иметь возможность свободного подвода и отвода из зоны резания, для удаления стружки необходимо предусматривать подачу специальных растворов в зону обработки.

Этим требованиям соответствует современные обрабатывающие центры, многоцелевые станочные комплексы, робототехнические комплексы. Применяемые средства технологического оснащения, допускается применять универсальные, для лимитирующих операций - проектировать специально.

«Производственный участок формируется по групповому принципу расстановки оборудования. Производственные рабочие должны иметь высокую квалификацию, позволяющую им работать на универсальном оборудовании и производить настройку станков с числовым программным управлением, осуществлять операционный контроль» [15].

1.4 Задачи работы

Исходя из анализа исходных данных в задачи работы входит:

- определение параметров точности изготовления детали. Решение задачи направлено на определение поля рассеивания оценочных показателей точности;
- для полученных результатов оценки требований по точности изготовления детали выполнить проектирование содержания операций технологического процесса детали. Решение задачи должно обеспечить выполнение требований по точности изготовления на протяжении всей программы производства, на всем протяжении технологического процесса с выполнением заданных требований по заданному полю допуска;
- для достижения поставленных ранее задач необходимо разработать технические мероприятия, направленные на совершенствование базовой технологии изготовления детали;
- по итогам выполнения задач необходимо оценить экономические показатели спроектированной технологии и предложить мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности ее выполнения.

В результате выполнения данного раздела выполнен анализ служебного назначения детали, свойств ее материала и его состава. Выполнен анализ технологичности детали и определены требования к содержанию технологических операций. Это позволило сформулировать цель и задачи выполняемой работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Для решения задачи обоснования выбора метода получения заготовки используем методику экономического сравнения удельной величины их стоимости получения согласно [4]. Производим сравнение методов изготовления заготовок применяемых в среднесерийном производстве – литье в земляные формы и литье в кокиль. Однако принимая во внимание технологические показатели и используя данные [8], можно сделать вывод, что литье в землю будет более экономически выгодно, но менее точным. Метод получения литьем в кокиль имеет ряд ограничений по свойствам литейного металла. Чугун марки СЧ 15 и СЧ 18 при литье в кокиль приобретает структуру отбеленную структуру поверхностного слоя, толщина которого не превышает 2 – 3 мм, что допустимо для данной детали. Свободные поверхности детали не являются ответственными. Ответственные поверхности детали, проходящие механическую обработку, имеют достаточный припуск на получение отливки. Кроме того, литье в кокиль заготовок из чугуна по сравнению с литьем в песчаные формы снижает расход металла на 10— 11% и себестоимость на 10—20%. К преимуществам можно отнести более высокие показатели шероховатости отливки R_z 20 – 80 мкм, более высокие показатели по точности поверхностей и их взаимному расположению - по 14 качеству. Учитывая это принимаем, что метод литья в кокиль является более приемлемым для получения детали корпус барабана.

«Стоимость заготовки рассчитываем для способов получения заготовки литьем в землю и в кокиль, используя по формулу:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где C_i – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

k_T – коэффициент точности;

k_C – коэффициент сложности;

k_B – коэффициент марки материала;

k_M – коэффициент массы заготовки;

k_{II} – коэффициент объема производства;

$S_{ОТХ}$ – стоимость отходов механической обработки в виде стружки, руб.;

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

$$\langle Q = q \cdot K_P, \quad (2)$$

где K_P – коэффициент метода получения заготовки» [4].

«Массу детали определим зная номинальные значения размеров детали по ее чертежу графической части данной работы. Используя математические зависимости веса от объема детали – через плотность материала, рассчитаем массу заготовки для каждого из сравниваемых методов получения.

Масса заготовки получаемой литьем в кокиль равна.

$$Q = 1,56 \cdot 1,2 = 1,9 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$Q = 1,68 \cdot 1,2 = 2,2 \text{ кг.}$$

Выбираем поправочные коэффициенты, определяем базовую стоимость получения заготовок и стоимость отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1) используя справочные данные» [4].

Стоимость заготовки получаемой литьем в кокиль равна.

$$\begin{aligned} S_{ЗАГ} &= (66,11 \cdot 1,9 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (1,8 - 1,2) = \\ &= 88,90 \text{ р.} \end{aligned}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$\begin{aligned} S_{ЗАГ} &= (78,3 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (2,0 - 1,2) = \\ &= 127,75 \text{ р.} \end{aligned}$$

Таким образом, расчеты показали, что заготовка полученная методом

литья в металлические формы (кокиль) будет в случае изготовления детали более экономична, чем заготовка полученная литьем в земляные формы.

Согласно [8] делаем вывод, что «учитывая материал, конфигурацию детали и серийность производства в качестве метода получения заготовки детали «барабан» принимаем метод получения заготовки в металлические формы (кокиль)» [8].

Проектирование заготовки, получаемой литьем в металлические формы, выполняем по рекомендациям [7]. Последовательность проектирования заключается в последовательном выполнении ряда этапов. На первом этапе определяется последовательность обработки каждой поверхности. Исходными данными являются результаты анализа, выполненные в разделе 1. Далее определяются припуски на механическую обработку каждой поверхности и соответствующие им напуски. Затем назначают технические требования и определяют характеристики проектируемой заготовки, допуски на размеры ответственных поверхностей, определяют литейные уклоны, радиусы и шероховатость. Параметр шероховатости поверхности заготовки влияет на параметры черновой обработки, выбор режущего инструмента и рабочие режимы оборудования.

Последовательность технологических переходов обработки для каждой поверхности устанавливает технологический маршрут детали [11]. Согласно методике, протяженность технологического маршрута обработки детали определяется состоянием поверхностного слоя заготовки, требуемой точности обработанных поверхностей детали, шероховатостью, свойствами обрабатываемого материала и его твердостью [11]. При выборе последовательности переходов учитываем, что каждый переход позволяет номинально снизить величину качества на два, а параметр шероховатости обработанной поверхности повышается максимум на четыре порядка [13].

Полученные результаты сведены в таблицу 3 данной работы.

Таблица 3 – Маршруты обработки поверхностей

Вид поверхности, ее протяженность, мм	Квалитет	Шероховатость	Наименование перехода
плоскость 400x140	14	Ra 10	фрезерование черновое, фрезерование чистовое
отверстие Ø21	14	Ra 10	фверление
плоская Ø42	14	Ra 10	цекование
плоская Ø200	14	Ra 6,3	фрезерование черновое, фрезерование чистовое
цилиндрическая внутренняя Ø160, Ø130	7	Ra 2,5	расточивание черновое, растачивание чистовое, растачивание тонкое
цилиндрическая внутренняя Ø140, Ø101	14	Ra 20	расточивание черновое
цилиндрическая внутренняя Ø143	8	Ra 2,5	расточивание черновое, растачивание чистовое
цилиндрическая внутренняя Ø16	11	Ra 10	сверление, рассверливание
резьба М12	7	Ra 6,3	сверление, зенкерование нарезка резьбы метчиком

Определение припусков осуществляем с учетом размера поверхности, данных таблицы 3, а именно параметров шероховатость и квалитет. «Для точных поверхностей в среднесерийном производстве рекомендовано использовать расчетно-аналитическую методику определения припуска» [21]. Расчет ведем для поверхности 6.

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (3)$$

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [21].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (4)$$

где Rz – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (5)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [21].

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (6)$$

где Td_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

Td_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7)$$

Проводим расчеты минимального, максимального и среднего припуска для каждого перехода» [21].

$$\llcorner z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,050 + \sqrt{0,010^2 + 0,012^2} = 0,066 \text{ мм.}$$

$$z_{1max} = z_{1min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (1,6 + 0,25) = 1,714 \text{ мм.}$$

$$z_{2max} = z_{2min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,443 \text{ мм.}$$

$$z_{3max} = z_{3min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = 0,422 \text{ мм.}$$

$$z_{4max} = z_{4min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094 \text{ мм.}$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1max} + z_{1min}) = 0,5 \cdot (1,714 + 0,801) = 1,258 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2max} + z_{2min}) = 0,5 \cdot (0,443 + 0,268) = 0,356 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3max} + z_{3min}) = 0,5 \cdot (0,422 + 0,292) = 0,357 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм} \llcorner [21].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (8) \llcorner [21]$$

«Для перехода предшествующего термическому переходу минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (9) \llcorner [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (10) \llcorner [21]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{i \text{ max}} + d_{i \text{ min}}). \quad (11) \gg [21]$$

«Выполняем расчеты.

$$d_{4 \text{ min}} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ max}} = 32,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{4 \text{ max}} + d_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (32,018 + 32,002) = 32,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ min}} = d_{4 \text{ min}} + 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 32,002 + 2 \cdot 0,066 = 32,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ max}} = d_{3 \text{ min}} + Td_3 = 32,150 + 0,039 = 32,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{3 \text{ max}} + d_{3 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (32,189 + 32,150) = 32,170 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{то min}} = d_{3 \text{ min}} + 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 32,189 + 2 \cdot 0,292 = 33,229 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{то max}} = d_{\text{то min}} + Td_{\text{то}} = 33,229 + 0,160 = 33,389 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{то ср}} = 0,5 \cdot (d_{\text{то max}} + d_{\text{то min}}) = 0,5 \cdot (33,389 + 33,229) = \\ = 33,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ min}} = d_{\text{то min}} \cdot 0,999 = 33,229 \cdot 0,999 = 33,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ max}} = d_{2 \text{ min}} + Td_2 = 33,188 + 0,100 = 33,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{2 \text{ max}} + d_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (33,288 + 33,188) = 33,238 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ min}} = d_{2 \text{ min}} + 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 33,288 + 2 \cdot 0,268 = 33,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ max}} = d_{1 \text{ min}} + Td_1 = 33,824 + 0,250 = 34,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{1 \text{ max}} + d_{1 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (33,074 + 34,824) = 33,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ min}} = d_{1 \text{ min}} + 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 33,074 + 2 \cdot 0,801 = 34,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ max}} = d_{0 \text{ min}} + Td_0 = 34,676 + 1,600 = 36,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ ср}} = 0,5(d_{0 \text{ max}} + d_{0 \text{ min}}) = 0,5(36,276 + 34,676) = 35,476 \text{ мм} \gg [21].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = d_{0 \text{ min}} - d_{4 \text{ max}}. \quad (12) \gg [21]$$

$$2z_{min} = 34,676 - 32,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (13)» [21]$$

$$2z_{max} = 3,658 + 1,600 + 0,016 = 5,274 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14)» [21]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.}$$

Для остальных поверхностей припуски выбираем табличным методом, при этом используем таблицы с данными эмпирических расчетов и статистических данных [19]. Используя эти данные и зная номинальные значения протяженности каждой поверхности детали по чертежу, далее рассчитываем соответствующие им размеры заготовки. На основании полученных расчетов происходит проектирование заготовки по размерам.

Рассчитанные значения размеров заготовки приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

№ поверхности	Номинальный размер, мм	Параметры размера заготовки	
		Суммарным припуск на обработку, мм	Расчетный размер заготовки, мм
1	400x140	0,9	400,9x140,9
2	Ø21	0,9	Ø21,9
3	Ø42	0,9	Ø42,9
4,5	Ø200	0,9	Ø200,9
6, 8	Ø160, Ø130	0,9	Ø160,9, Ø130,9
7,9	Ø140, Ø101	0,9	Ø140,9, Ø101,9
10	Ø143	0,9	Ø143,9
11	Ø16	0,9	Ø16,9
12	резьба М12	—	—

В таблице 4 учтено, что поверхность 12 резьбовая на заготовке будет отсутствовать, она появляется только в результате механической обработки отверстия 11.

Используя значения размеров заготовки в таблице 4, определяем по данным [7] технологические параметры и характеристики заготовки барабана. Точность Т4, сложность С1, чугун группы 2, разъем металлических литевых форм плоский, литниковая система отсутствует (расположена внутри верхней крышки кокиля). Индекс распределения поля допуска Н7. Остальные параметры заготовки определяем с использованием данных [7]. «Смещение по поверхности разъёма металлических литейных форм 0,1 мм, изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности 0,4 мм, минимальная величина радиусов скруглений 1,5 мм, величина остаточного облоя 0,5 мм, отклонения от соосности 0,01 мм» [7]. Приведенные параметры, а также спроектированная заготовка детали «барабан» представлены на чертеже заготовки, в графической части работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

План изготовления детали проектируется на основании критериев варианта технологического процесса [12].

План изготовления проектируем на основе типового маршрута изготовления корпусных деталей класса сложности С1-С2. При формировании плана изготовления учитываем особенности формирования внутренних поверхностей детали и их параметров точности, шероховатости, требуемую твердость. Их достижение осуществляется на протяжении процесса обработки детали поэтапно ввиду необходимости снижения затрат на стружку материала, износа режущего инструмента, обеспечения жесткости станочного оснащения, а также ряда технических ограничений методов лезвийной обработки.

Операция объединяет комплекс поверхностей равной точности и шероховатости. Это технологические базы – поверхность 1.

Поверхности 2, 3, так как они могут быть обработаны, без изменения схемы базирования детали. Торцовые поверхности 4, 9, 10 необходимо обработать без изменения схемы базирования детали для обеспечения требуемого взаимного расположения.

Поверхности 5,6,7,8,12 необходимо обработать без изменения схемы базирования детали для обеспечения требуемого взаимного расположения относительно технологической базы – отверстия 11.

Обработку торца 4, отверстия 9 и канавки необходимо обработать без изменения схемы базирования детали для обеспечения требуемого взаимного расположения относительно технологической базы – отверстия 11.

Чистовое и тонкое растачивание поверхностей 6, 8, сверление отверстий, зенкерование отверстий поверхности 12, необходимо выполнить без изменения схемы базирования детали для обеспечения требуемого взаимного расположения относительно технологической базы – отверстия 11.

Результат формирования маршрута изготовления барабана приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут изготовления шестерни

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	Технологические переходы и их выходные параметры
1	плоскость 400x140	14	Ra 10	фрезерование черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм фрезерование чистовое IT 10, Ra 10 мкм
2	отверстие Ø21	14	Ra 10	Сверление IT 10, Ra 10 мкм
3	плоская Ø42	14	Ra 10	Цекование IT 10, Ra 10 мкм
4,5	плоская Ø200	14	Ra 6,3	фрезерование черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм фрезерование чистовое IT 9, Ra 6,3 мкм

Продолжение таблицы 5

6, 8	цилиндрическая внутренняя Ø160, Ø130	7	Ra 2,5	расточивание черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм расточивание чистовое, IT 10, Ra 6,3 мкм расточивание тонкое IT 9, Ra 2,5 мкм
7,9	цилиндрическая внутренняя Ø140, Ø101	14	Ra 20	расточивание черновое IT 12, Ra 12,5 мкм
10	цилиндрическая внутренняя Ø143	8	Ra 2,5	расточивание черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм расточивание чистовое IT 9, Ra 2,5 мкм
11	цилиндрическая внутренняя Ø16	11	Ra 10	сверление, IT 12, Ra 12,5 мкм Рассверливание IT 10, Ra 10 мкм
12	резьба M12	7	Ra 6,3	сверление, IT 12, Ra 12,5 мкм зенкерование IT 10, Ra 10 мкм нарезка резьбы метчиком IT 9, Ra 6,3 мкм

«Одинаковые по выходным параметрам точности методы обработки с одинаковыми достигаемыми параметрами шероховатости объединяются в единую операцию». [18].

Графическое отображение плана изготовления оформляется в соответствии с рекомендациями [18]. Маршрут изготовления также отображается в маршрутной карте (приложение А, таблица А.1).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Выбор моделей станочного оборудования произведем с использованием данных [10], [22]. Далее определяем марку станочной оснастки с использованием данных [22], [23]. Выбор конкретных типоразмеров инструмента произведем с использованием данных [2], [22]. Выбор типов и наименований контрольных средств произведем с использованием [3], [22].

«Для обработки установочной базы барабана используем вертикально -

фрезерный станок DMTG модели TD500A. Для обработки крепежных отверстий используется радиально-сверлильный станок модели Z3080. Для обработки внутренних цилиндрических поверхностей - многоцелевой станок модели с ЧПУ модели 1000VBF» [10], [22].

«Для фрезерной операции используется станочное приспособление тискового типа. Деталь базируется на опорных пальцах и крепится посредством зажима. Для сверлильной операции используются тиски станочные 7200-0230 ГОСТ 14904-80» [22], [23].

«Для фрезерования плоской базовой поверхности выбираем фрезу торцевую со вставными ножами с пластинками из твердого сплава: Фреза 2214 – 0335 BK8 ($\varnothing 160$) ГОСТ 1092–80. Вспомогательный инструмент, который используется во время фрезерной операции: для крепления фрезы применяется оправка с базовым конусом 7:24: Оправка 6232-0138 ГОСТ 26541-85» [22], [23].

«Перечень средств контроля для изготовления включает следующие наименования: Штангенциркуль ШЦ II - 0-160-0,05 ГОСТ 166-80.» [22].

«При применении в технологическом процессе многооперационного станка обработка детали проводится в автоматическом режиме, т.е. оператор должен будет установить и закрепить заготовку и снять готовую деталь. Всю обработку станок осуществляет по подготовленной управляющей программе» [22]. При закреплении детали на агрегатной операции, применяется автоматизированное станочное приспособление с гидроцилиндром, зажим и разжим детали осуществляется автоматически. На основании выбора технологического обеспечения операций изготовления детали «барабан» вносим данные в маршрутную карту и операционные карты (Приложение А, таблица А.1).

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«При проектировании технологии изготовления детали выполняем

проектирование операций технологического процесса. Для этого используем содержание операций, используемое станочное оборудование, средства технологического оснащения. Результат проектирования это режимы резания и нормы на выполнение операций» [16].

Для условий среднесерийного производства, режимы резания определим по данным [16]. На основе табличных данных и эмпирических формул определяем глубину резания, на каждый переход технологической операции, здесь во внимание принимаем значение припуска определенное для каждой поверхности ранее. По максимальному значению припуска определяются его минимальные значения, на основе технических ограничений выбранного для данной операции станка. Далее исходя из геометрии режущего инструмента выбираем по табличным данным величину подачи, и «считаем скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (15)$$

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].

Частоту вращения шпинделя определим, используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (16)$$

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

«Полученное значение частоты вращения округляем до ближайшего по значения по паспорту станка и корректируем скорость резания, которую и принимаем в дальнейших расчетах как фактическую» [16].

«Нормы на выполнение операций определяются с применением расчетно-аналитического метода. Рассчитаем длину рабочего хода инструмента необходимую для выполнения операции по формуле» [20]:

$$\langle L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (17)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{\text{рез}}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Используя значение $L_{\text{р.х.}}$, определяем основное время на обработку:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где S – подача, мм/об» [20].

Результаты расчетов режимов резания используются при оформлении технологической документации технологического процесса изготовления детали (таблица 6).

Таблица 6 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Операция	Переход	Глубина, мм	Скорость, м/мин	Подача, мм/об	Частота, об/мин	Основное время, мин
005	1	2	94,2	0,5	1250	0,022
	2	3	98,1	0,5	315	0,57
	3	1,5	98,1	0,5	315	0,57
010	1	3	98,1	0,5	315	0,337
	2	3	98,1	0,5	315	0,337
	3	0,5	124,6	0,5	400	0,175
	4	3	98,9	0,5	630	0,048
015	1	8	31,7	0,23	630	0,64
	2	1	12,6	0,7	200	0,07
020	1	0,2	160,8	0,42	800	0,268

В ходе разработки данного раздела произведен выбор и проектирование

заготовки, разработан план изготовления детали, произведен выбор оборудования и технологической оснастки, спроектированы операции технологического процесса» [20]. Особое внимание уделялось вопросам наладки применяемого станочного оборудования, для этого все операции технологического процесса были укрупнены. Содержание лимитирующих операций было уточнено путем выбора рациональной стратегии обработки детали, с одного уснова и применением одних установочных баз. Технологические переходы на каждой операции содержат простые траектории движения режущего инструмента и могут быть и позволяют эффективно применить программную обработку деталей при точении, фрезеровании, сверлении, зубонарезании и шлифовании. Представлена технологическая классификация оборудования и инструмента. Показаны современные методы управления геометрическими и технологическими параметрами обработки при построении рабочих ходов инструмента.

На основании полученных результатов по режимам резания и нормированию технологических операций вносим соответствующие данные в маршрутную карту и операционные карты (приложение А, таблица А.1). Также проводим проектирование технологических наладок, представленных на листах графической части данной выпускной квалификационной работы.

В ходе разработки данного раздела произведен выбор и проектирование заготовки, разработан план изготовления детали, произведен выбор оборудования и технологической оснастки, спроектированы операции технологического процесса. Таким образом, задачу разработки технологии изготовления детали на базе типового технологического процесса можно считать выполненной.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка токарного патрона

Лимитирующей операцией с точки зрения концентрации переходов, точности изготовления поверхностей является операция 050 «Агрегатная». Недостатком данной операции является сложность применения стандартного приспособления, например, универсально-сборного типа, ввиду сложности его настройки, и трудоемкости наладки. В условиях среднесерийного производства согласно требованиям на обрабатываемых центрах необходимо применять приспособление, обеспечивающие автоматизацию зажима и установки детали в рабочей зоне станка. Для выполнения данного требования спроектируем автоматизированное технологическое приспособление для данной операции. [9], [26].

Операционный эскиз агрегатной операции на рисунке 2.

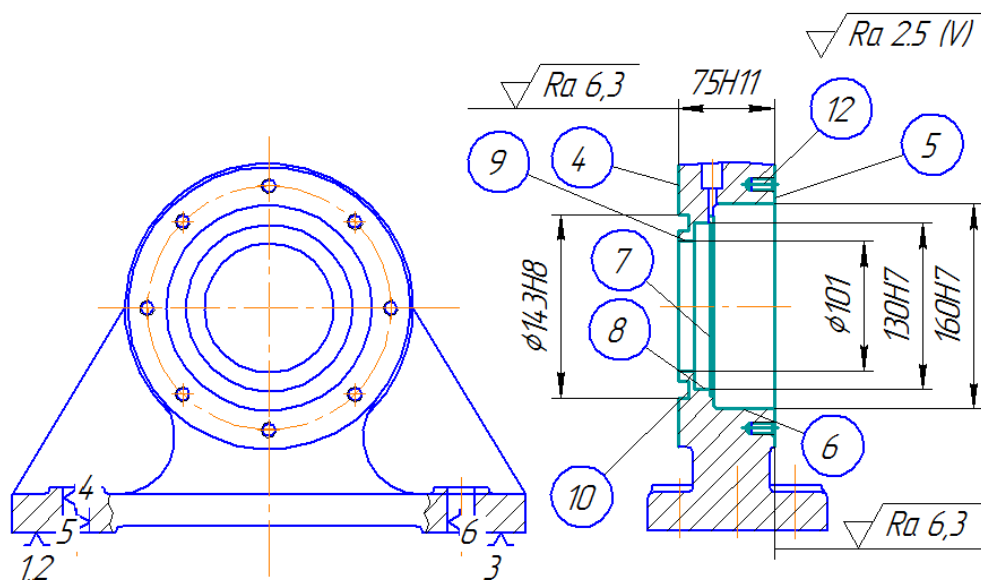


Рисунок 2 – Операционный эскиз агрегатной операции

Схема закрепления детали реализуется посредством установки детали на опорной плоскости приспособления (базы 1,2,3, рисунок 2), и двух

базирующих пальцев, цилиндрического (базы 4,5) и ромбического (база 6). Применение такой схемы позволяет реализовать принцип постоянства единства технологических и конструкторских баз, что позволит выполнить обработку детали на данной операции без погрешности приспособления.

Определим усилия зажима действующие на деталь при обработке. На деталь действует сила резания P_2 , равная 320 Н и прижимная сила P_1 , равная 960 Н, с учетом коэффициента запаса 2,5. Расчет проводим для черного растачивания. Силу зажима находим по формуле:

$$\langle W = \frac{k \cdot P_2 - P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} \quad (19)$$

где, k – коэффициент запаса, $k=2,5$ » [9];

P_1 - усилие прижима, Н;

P_2 - усилие резания, Н;

« f_1 – коэффициент трения с деталью; $f_1 = 0,7$ » [26];

« f_2 – коэффициент трения с основанием, $f_2 = 0,16$ » [26].

$$W = \frac{2,5 \cdot 320 - 960 \cdot 0,16}{0,7 + 0,16} = 752 \text{ Н.}$$

Усилие прижима создается приводом приспособления, и посредством рычагов преобразуется кинематически в усилие зажима. Соответственно для создания этого усилия, в свою очередь необходимо спроектировать привод приспособления и усилие зажима, развиваемое приводом. Усилие зажима привода приспособления определим по формуле:

$$\langle Q = \frac{(L_1 + L_2) \cdot W}{2L_2 \cdot \eta}, \quad (20)$$

где η – коэффициент потерь на трение;

n - усилие прижима, Н; $n = 0,9$;

L_1 – плечо усилия прижима, мм;

L_2 – плечо усилия развиваемое приводом, мм» [26].

$$Q = \frac{(55 + 45) \cdot 752}{2 \cdot 45 \cdot 0,9} = 928 \text{ Н.}$$

Согласно рекомендациям [26] выбираем стандартный гидроцилиндр одностороннего действия по ГОСТ 30362.1-96. Схема установки гидроцилиндра посредством двух установочных пальцев. Определяем номинальный диаметр установочного пальца определяем по формуле:

$$\llcorner d = c \cdot \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]}}, \quad (21)$$

где c – коэффициент, для метрической резьбы принимается $c = 1,4$ [5];

$[\sigma]$ – усилие развиваемое гидроцилиндром, равное 49 мПа [26].

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{928}{49}} = 6 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем размер цилиндрического установочного пальца $\varnothing 10$. Определяются размеры, влияющие на точность размеров и допусков положения обрабатываемой заготовки на данной операции.

Диаметр базирующей части цилиндрического пальца принимается равным $\varnothing 21$ мм, допуск $g6$. Диаметр ромбического пальца принимается равным $\varnothing 21$ мм, допуск $g6$. Допуск параллельности плоскостей основания приспособления принимается равным 0,05 мм на длине 100 мм.

«Допускаемая погрешность ω для данного приспособления равна минимальному припуску на чистовую обработку, то есть $160 \pm 0,04$ мм» [9].

Растачивание выполняется обрабатывающем фрезерном центре с ЧПУ, поэтому необходимо, чтобы выполнялось условие точности:

$$\llcorner T_3 \geq \omega = \frac{1}{K_C} \sqrt{\omega_{B3}^2 + \omega_{П}^2 + \omega_{BП}^2 + \omega_{HI}^2 + \omega_B^2 + \omega_{ПТ}^2} \quad (22)$$

где T_3 - допуск на размер, равен 0,08 мм;

K_C - коэффициент статическую погрешности, равен 0,8 [26];

ω_{B3} - погрешность установки заготовки, поскольку технологическая

база совпадает с измерительной, то погрешность равна нулю» [26];

$\omega_{П}$ - погрешность устройства, мм;

$\omega_{ВП}$ - погрешность установки приспособления;

$\omega_{ни}$ - погрешность установки инструмента, равно $\omega_{bn} = 0,03$ мм, поскольку после каждой смены инструмента станок автоматически определяет вылет инструмента;

ω_{ϵ} - биение шпинделя станка, равно $\omega_{\epsilon} = 0,02$ мм [9];

ω_{nm} - погрешность начальной точки станка $\omega_{nm} = 0,03$ мм.

Для расчета допустимой погрешности ω проектируемого приспособления необходимо рассчитать значение погрешности установки:

$$\omega_{ВП} = \frac{S_{МАХ} - T_{ЗНОСУ}}{2}, \quad (23)$$

где $S_{МАХ}$ - максимальный зазор между цилиндрическим пальцем устройства и отверстием стола, мм;

$T_{ЗНОСУ}$ - допуск на износ сопряжения цилиндрический палец - отверстие стола станка, мм.

Поскольку сопряжение цилиндрический палец - отверстие стола станка выполнены по переходной посадке $F7/p6$, величина допуска равна $T_{ЗНОСУ} = 0,02$ мм. Величина зазора $S_{МАХ}$ определяется согласно:

$$S_{МАХ} = ES_{ОТВ} - EI_{ПАЛ} = 0,041 - 0,022 = 0,019 \text{ мм}, \quad (24)$$

где $ES_{ОТВ}$ - верхнее отклонение диаметра отверстия, мм;

$EI_{ПАЛ}$ - нижнее отклонение диаметра пальца, мм.

$$S_{МАХ} = 0,041 - 0,022 = 0,019 \text{ мм}.$$

Проведя необходимые расчеты, подставим полученные значения в

выражение (22):

$$0,08 \geq \frac{1}{0,8} \sqrt{0 + 0,016^2 + 0,0195^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 0,03^2} = 0,066 \text{ мм.}$$

Условие точности выполняется, поэтому делаем вывод, что спроектированное приспособление обеспечивает требуемую точность обработки детали.

Деталь устанавливается по плоскости 1 и цилиндрической поверхности пальца 4 и по ромбовидной поверхности пальца 5. Деталь прижимается зажимом 2 с помощью винтового механизма 8, гайки 9 и пружины 6 с осевым усилием, которое развивает гидроцилиндр 11 приспособления, как показано на рисунке 3.

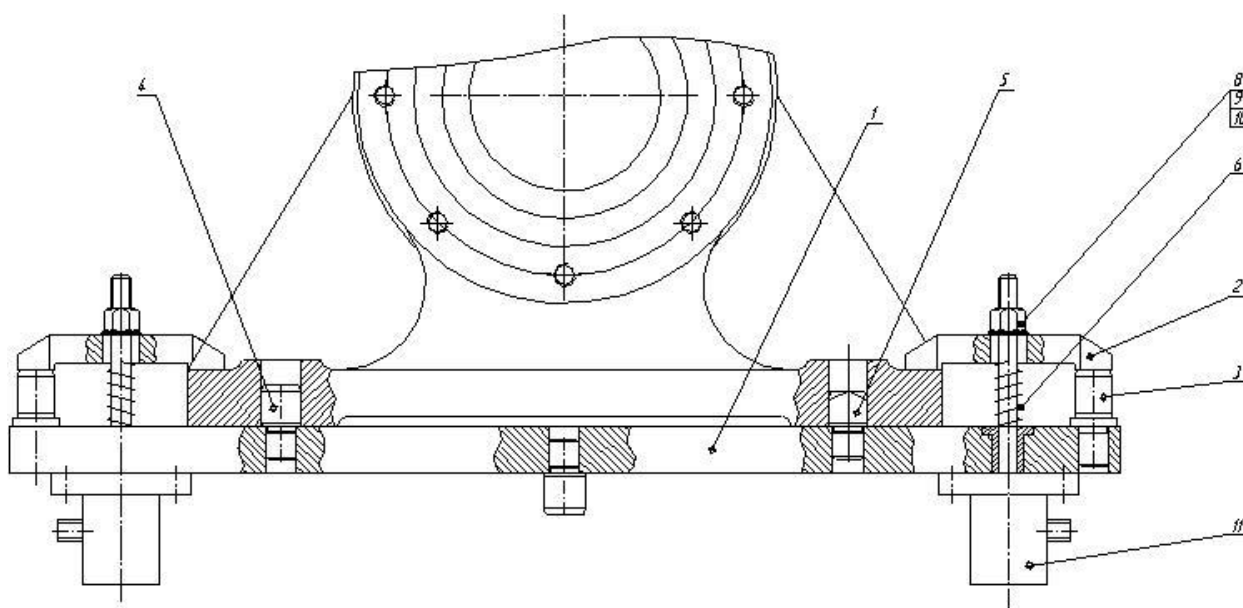


Рисунок 3 - Схема станочного приспособления

Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б.

«Спроектированное приспособление обеспечивает автоматизацию зажима и установки детали на станке и отвечает требованиям по точности обработки» [9], таким образом, задачу его проектирования можно считать достигнутой.

3.2 Разработка ступенчатого сверла

Выполним проектирование инструмента для обработки его базирующих отверстий $\varnothing 21$ расположенных в его основании с использованием методики и справочных данных [9, 17]. Данные отверстия используются в качестве установочных баз на агрегатной операции, которая является лимитирующей в спроектированном технологическом процессе.

Режущий инструмент представляет собой комбинацию из двух типоразмеров сверла $\varnothing 21$ и калибрующей части $\varnothing 42$. «Режущая часть изготовлена из быстрорежущей стали Р6М5, хвостовик инструмента - из стали 40Х» [9]. На рисунке 4 изображена геометрия режущей части инструмента.

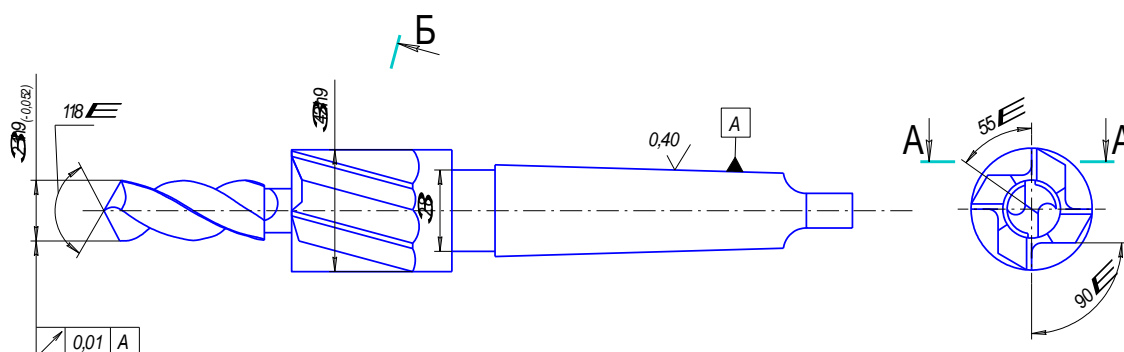


Рисунок 4 – Геометрия сверла ступенчатого

Диаметр сверла принимаем «равным диаметру обрабатываемого отверстия с учетом допуска» [9]. Из ГОСТ12509-85 принимается для сверла $D = 21$ мм. Диаметр калибрующей части принимается равным $D = 42$ мм по ГОСТ885-82 [24].

Диаметр сверла $D = 21$ мм. «Угол наклона винтовой канавки $W = 30^\circ$. Задний угол $\gamma = 12^\circ$. Передний угол $\alpha = 30^\circ$. Длина рабочей части сверла $l_o = 55$ мм. Длина рабочей части цековки $l = 55$ мм. Длина хвостовика $l_1 = 124$ мм. Общая длина инструмента $L = 260$ мм» [17], [24].

Для обеспечения условия непрерывности схода стружки углы двух ступеней сверла должны быть рассчитаны так, чтобы обеспечивать равный угол наклона стружечных канавок в обеих ступенях инструмента, с поправкой на разницу диаметров обеих ступеней [17]. Кинематический угол наклона α_k , «определяется из выражения:

$$tg \alpha_k = tg \alpha_0 \cdot \cos \theta_f, \quad (25)$$

где α_k – кинематический угол наклона стружечной канавки, град;

α_0 – теоретический угол наклона стружечной канавки, град;

θ_f – угол наклона наружной стружечной канавки к внутреннему радиусу сверла, град» [17].

$$tg \alpha_k = tg 20^\circ \cdot \cos 6^\circ = 0,3235.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_k = 19^\circ 54' 16''$.

«Аналогично производим расчеты переднего угла α_1 для первой ступени сверла:

$$tg \alpha_1 = \frac{tg \alpha_0 \cdot \cos \theta_f}{\cos \gamma}. \quad (26)$$

$$tg \alpha_1 = \frac{tg 20^\circ \cdot \cos 6^\circ}{\cos 12^\circ} = 0,3293.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_1 = 20^\circ 21' 58''$.

Угол наклона стружечной канавки $\alpha_{0\phi}$ второй ступени рассчитываем по формуле:

$$tg \alpha_{0\phi} = \frac{tg \alpha_k}{\cos \theta_f}. \quad (30)$$

$$tg \alpha_{0\phi} = \frac{tg 20^\circ}{\cos 6^\circ} = 0,3264.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_{0\phi} = 20^\circ 2' 48''$.

Далее определим разницу углов $\Delta\alpha$ используя выражение:

$$\Delta\alpha = \alpha_{0ф} - \alpha_0 \quad [17] \quad (31)$$

$$\Delta\alpha = 20^\circ 2'48'' - 20^\circ = 2'48''.$$

«Расчеты показали, что разница в углах не значительная» [17], поэтому принимаем углы стружечных канавок двух секций ступенчатого сверла равными $\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_k = 20^\circ$.

В ходе выполнения данного раздела «разработаны технические мероприятия, направленные на совершенствование базовой технологии изготовления детали. Для этого сначала были выявлены технически несовершенные операции. С целью устранения выявленных недостатков спроектированы приспособления для установки заготовок на агрегатной операции и сверло ступенчатое для обработки уступочных баз детали, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой» [17].

Конструкция спроектированного инструмента представлена в графической части работы.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ.

Целью раздела является выполнение анализа конструкторско-технологических характеристик объекта исследования которым является разработанный во втором разделе работы технологический процесс, выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов, негативно влияющих на факторы безопасности и экологичности производства, и предложить комплекс средств и мероприятий, направленных на сокращение антропогенного влияния на производственные условия [6].

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 7 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 7 – 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 барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ	фрезерная	оператор станков с ЧПУ	фрезерный центр MillStar 660, фреза T15K10 ГОСТ 19045-80 приспособление УСП ГОСТ 69078-89	чугун серый СЧ 18

Продолжение таблицы 7

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы вещества
	агрегатная		фрезерный центр DMG Mori , фреза T15K10 ГОСТ 19045-80 приспособление УСП ГОСТ 69078-89 оправка расточная P6M5, метчик P6M5, сверло T15K10 ГОСТ 19045-80	

Определив состав оборудования, технологического оснащения и содержания технологических операций выполним анализ составленного паспорта технологического объекта на предмет идентификации профессиональных рисков.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 8 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках.

Таблица 8 - Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
фрезерная агрегатная	химическое отравление, шум, вибрации, поражение электрическим током, неправильная эксплуатация оборудования, загрязнение	смазывающе-охлаждающая жидкость, оборудование, обрабатываемая

Продолжение таблицы 8

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
	воздуха, стереотипные рабочие движения, применение поврежденного инструмента, нарушение организации рабочего места, искрообразование	заготовка, инструмент, станок, технологическое оснащение

Анализ профессиональных рисков выявил источник возникновения опасных и вредных факторов технологического процесса изготовления барабана фрезерного станка.

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, на характер выполнения операций технологического процесса изготовления детали [6]. Методы и средства приведены в таблице 9.

Таблица 9 - 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, вибропоглащающие перчатки
акустические колебания в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктажи по охране труда, приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений	противошумные вкладыши или наушники

Продолжение таблицы 9

Опасный и вредный производственный фактор	Организационные методы, технические средства	Средства защиты
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
стереотипные рабочие движения	инструктажи по охране труда соблюдение периодических перерывов	-
загрязнение воздуха	вентиляция, инструктажи по охране труда	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктажи по охране труда, устройства местного освещения	-
применение поврежденного инструмента	инструктажи по охране труда соблюдение периодических перерывов	-
искрообразование	инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, системы аварийного отключения	резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием, спецодежда

В данном подразделе на основе анализа опасных и вредных производственных факторов приведены организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 10-12 содержат

информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 10 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
производственный участок	фрезерный центр MillStar 660, фрезерный центр DMG Mori	Д	неисправность электрооборудования возгорание промасленной ветоши, искры и пламя	изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования

На основе анализа опасных факторов пожара было предложено применять средства защиты и пожаротушения на участке, где будет реализован выпуск барабана фрезерного станка.

Оснащение производственного участка предполагает использование первичных средств защиты персонала, установку специального производственного оборудования [6].

Таблица 11 - 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

В комплекс средств защиты также входят специальные мероприятия и инструктаж с персонала, задействованном на производстве. Также включены первичные средства пожаротушения, мобильные средства пожаротушения,

стационарные установки системы пожаротушения, средства индивидуальной защиты, пожарные сигнализация, связь, оповещение.

Таблица 12 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности
технологический процесс изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ	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 на основе анализа спроектированного технологического процесса определены виды реализуемых организационных мероприятий и предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности. Мероприятия включают пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Для определения структуры факторов влияния на экологичность и безопасность технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ выполним анализ структурных элементов и факторы их опасного воздействия на окружающую среду. Результаты анализа приведены в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 - Определение экологически опасных факторов объекта

Технологический процесс	Структурные элементы техпроцесса	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
технологический процесс изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ	фрезерный центр MillStar 660, фрезерный центр DMG Mori	стружка, пыль, токсические испарения	стружка, пыль, технические жидкости, растворы	стружка, пыль, технические жидкости, растворы, вегошь

Далее определим характер воздействия факторов на персонал участка. Разработаем мероприятия для снижения антропогенного из воздействия на предприятии. Рекомендации приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

воздействие	Технологический процесс изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

Выполненный анализ исходных данных позволил произвести, исследования технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ. В результате были рассмотрены и проанализированы базовые технологические операции спроектированной технологии - токарная операция, протяжная операция, зубодолбежная операция, фрезерная операция, шлифовальная операция.

Определены основные производственные риски, носящие определяющий характер на исполнение технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ.

Выполнены анализ опасных факторов и выбраны методы и средства для снижения их негативного влияния персонал. Далее был выполнен анализ используемых структурных элементов, перечислены угрозы, источники возможного очага возгорания на участке.

Выполнен выбор оборудования для случая необходимости его устранения. Также определили экологически опасные факторы и выбрали мероприятия для снижения их влияния на экологическую безопасность и антропогенное воздействие на персонал. Определены виды реализуемых организационных мероприятий и предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности. Отдельно стоит отметить необходимость разработки и реализации 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.

Таким образом, можно сделать заключение, что поставленные в разделе работы цели - достигнуты.

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:

- оборудование сверлильной операции 030;
- оборудование агрегатной операции 050;
- оборудование на фрезерных операциях 020, 060;
- режимы резания агрегатной 050 и сверлильной 030 операциях» [12].

Предложенные в работе изменения содержания технологических операций, применяемое оборудование и технологическое оснащение привели «к сокращению трудоемкости выполнения операций, что с технологической точки зрения определяет эффективность данного изменения» [12]. В рамках раздела 5 бакалаврской работы для этого необходимо выполнить оценку экономической эффективности.

Все необходимые технические параметры, такие как: «основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 030 – 060, 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].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2504277,0 рублей.

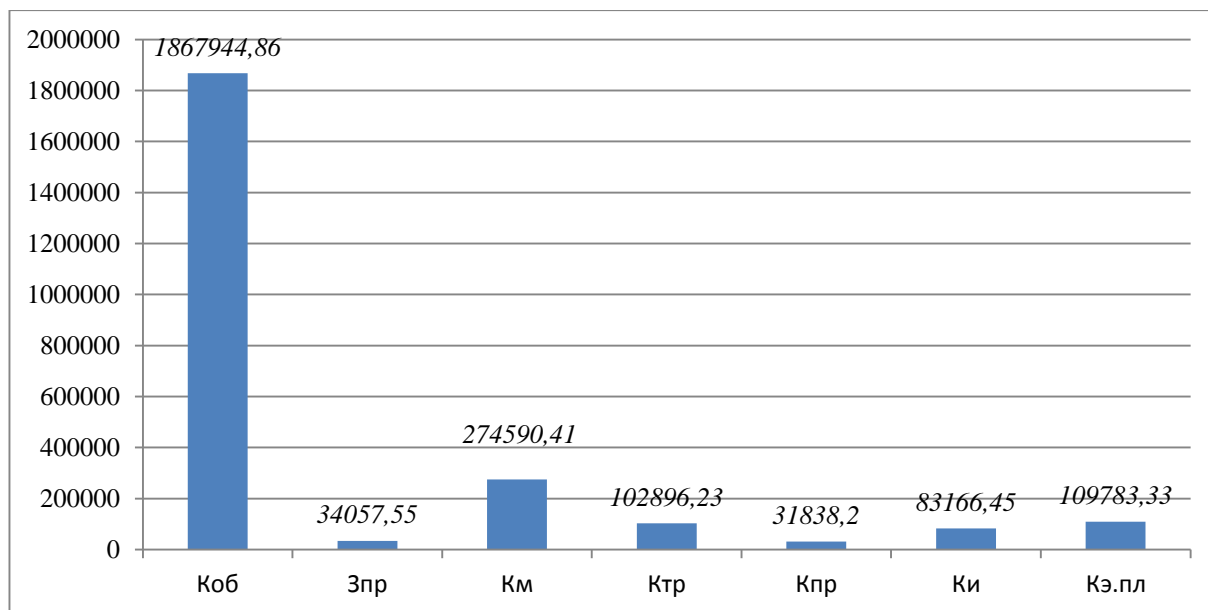


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что «самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование ($K_{об}$)» [12], величина которых составляет 75,85 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее 11 % от общей величины капитальных вложений.

На рисунке 6 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали барабан, по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

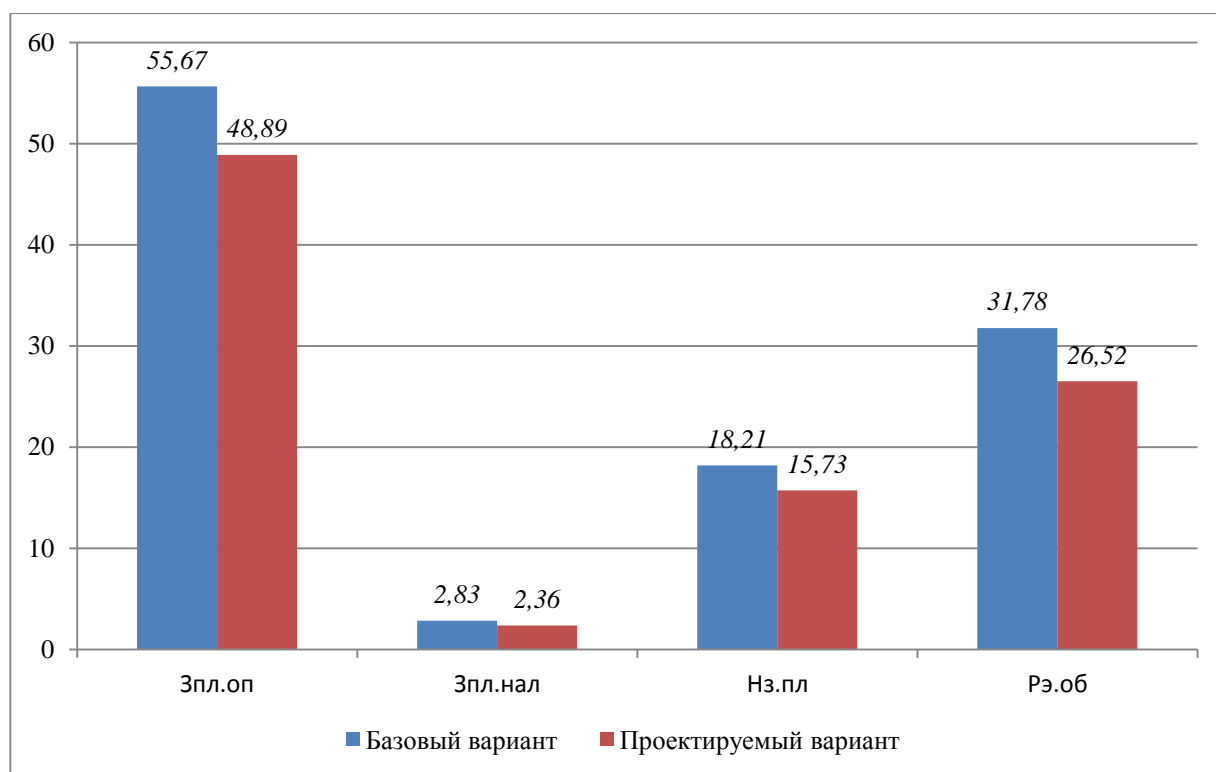


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Барабан», по вариантам, руб.

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].

Анализируя диаграмму на рисунке 6, 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 зарплаты составляет 52,55 % для базового варианта и 51,58 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости» [12]. «Вторая величина калькулирует расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 32,81 % для базового варианта и 33,34 %

для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости» [12].

«Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по операциям всего технологического процесса, представлены на рисунке 7» [12].

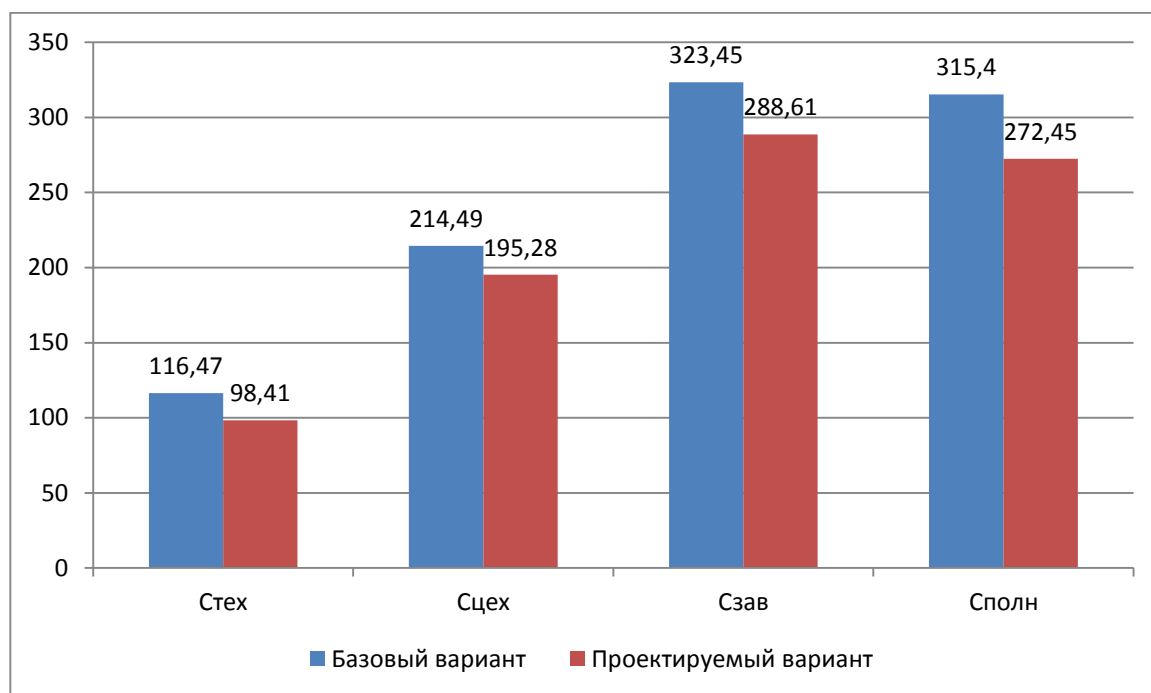


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 315,4 рубля, а для проектируемого варианта – 272,45 рубля. Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 2504277,0 рублей, окупятся в течение 4-х 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 392843,94 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,29 рублей.

Заключение

Работы выполнены в виде построенных в логике проектного подхода результатов при реализации технических проектов. В первом разделе сформулированы задачи и выполнен анализ состояния вопроса изготовления детали в условиях современного производства. Выполнен анализ функционального назначения детали, исходя из анализа исходных данных и чертежа детали, определена стратегия реализации технологического маршрута, и тип производства. Проанализировано служебное назначение детали, характерные условия ее функционирования, определен ряд технологических параметров. Во втором разделе выполнен анализ типовых технологических процессов, характерных для разных типов машиностроительных производств, на основе чего в работе спроектирован технологический маршрут и пооперационная технология изготовления детали. Также в этом разделе выполнен анализ вариантов изготовления, заготовки детали, спроектирована заготовка детали. В третьем разделе предложены мероприятия направленные на достижение результата спроектированного варианта технологии изготовления детали, предложено применить режущий инструмент с рациональной геометрией режущей части. В четвертом разделе выполнена оценка предлагаемого варианта технологии изготовления детали по критериям обеспечения безопасности и экологичности ее реализации в условиях производства. Выполнен анализ вредных производственных факторов производства и предложены мероприятия по их устранению.

В завершении, пятый, раздел работы позволил выполнить комплексную оценку экономических факторов и показателей спроектированной технологии изготовления детали. Был сделан положительный вывод о результатах проектирования.

Таким образом, можно судить о решении задач поставленных в работе в полном объеме.

Список используемых источников

1. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 15.04.2022).

2. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 18.04.2022).

3. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.

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: 15.04.2022).

5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, 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: 10.05.2022).

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: 16.04.2022).

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: 19.05.2022).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.09.2021).

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: 16.04.2022).

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: 12.05.2022).

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: 18.04.2022).

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: 23.05.2022).

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: 13.05.2022).

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: 07.05.2022).

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: 26.05.2022).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.05.2022).

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: 23.05.2022).

Приложение А Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Эльс																							
Эльс																							
Эльс																							
Разработчик:		Федин																					
Проверил:		Левашкин																					
Эльс:																							
Исполнитель:																							
<i>ТГУ, кафедра ОТМП</i>																							
<i>Технологический процесс изготовления барабана вертикально-фрезерного CNC-станка</i>																							
ПО 1 <i>СЧ-18</i>																							
		Код		СД		ПС		СП		ПРС		КМТ		КВ заготовка		Профиль и размер		КД		ПС			
ПО 2		12		166		1550кз		1		0.533		0.95		24		278 x 1755 x 123		1		1540кз			
Обозначение документа																							
А		Цел		Эч		РН		Опер		Код, наименование операции													
Код, наименование и обозначение																							
В																							
А03		XX XX XX		000		Заготовительная																	
А04																							
А05		XX XX XX		005		4101 Фрезерная				18217		22		1Р		1 1 1		200		1		0.5	
Обрабатывающий центр MillStar SV660																							
396171 Приспособление специальное																							
Фрезеровать поверхности 3, 6 в размеры 37 0.31 32 0.26																							
391802 Фреза тарцовая ВК6 ГОСТ100 89-71																							
Фрезеровать поверхности 3, 6 в размеры 36.5 0.195, 31.5 0.165																							
398110 Фреза цилиндрическая Т15К6 24А40С16К5 ГОСТ 18118-79																							
Фрезеровать поверхности 2, 5 в размеры 35.5 0.125, 30.5 0.105																							
391802 Фреза тарцовая ВК6 ГОСТ 12489-71																							
Фрезеровать поверхности 2, 5 в размеры 35 0.065, 30 0.08																							
398110 Фреза тарцовая Т15К6 Ø80 24А40С16К5 ГОСТ 18118-79																							
МК																							

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Л	Дел	Уг	РП	Двер	Код, наименование операции			Обозначение документа							
					Код, наименование оборудования	СП	ПРОФ	Р	СТ	КР	КОМЛ	СП	ОП	Конт	Толл
117	398110 Фреза торцовая Т15К6				∅90	24А40С16К5	ГОСТ 18118-79								
10															
119	XX	XX	XX	010	4262	Агрегатная	18632	22	1Р	1	1	1	200	1	05
020	Специальный фрезерный станок ДМБ														
121	396171 Приспособление специальное														
022	Фрезеровать поверхности 9, 10 и 11, 12 в размеры 21 0,3, 25 0,3														
123	391802 Фреза концевая ВК6 ГОСТ 17025-71.				фреза дисковая ВК6			ГОСТ 1474-73							
	Расточить отверстие 1				∅60 ^{+0,02}										
	392110 Резец расточной Р9К5 ГОСТ 18882-73.														
020	Фрезеровать поверхности 13 шириной 5 ^{+0,1} на глубину 50														
127	391802 Фреза дисковая ВК6				ГОСТ 3964-69										
020	Сверлить отверстия 7, 8				выдвиг для размер			напроход ∅74 0,37							
129	391210 Сверла спиральные Р6М5				ГОСТ 10113-77										
10															
121	XX	XX	XX	015	4101	Агрегатная	18217	22	1Р	1	1	1	200	1	05
012	Обработка вращающийся центр Mills tar SV660														
101	396171 Приспособление специальное														
014	Расточить отверстие 15				∅60 ^{+0,02}										
015	392110 Резец расточной Р9К5 ГОСТ 18882-73.														
10	396171 Приспособление специальное														
127	Расточить отверстие 12 в размер				∅25 0,065										
010	Точить торец 22 в размер				25 ^{+0,02}										
129	392110 Резец расточной Р9К5 ГОСТ 18882-73.														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цел.	Уч.	РН	Опер.	Над. наименование операции			Обозначения документа									
					Код. наименование операции	СП	ПРОФ	Р	УТ	КР	КОМЛ	СН	ОП	КШП	ТООЗ	ТШП	
040					Расточить отверстие 14 $36^{+0,02}$ выдерживая размер 25 , напраход												
141					391210 Резец расточной Р6М5 ГОСТ 10903-77												
42																	
443					XX XX XX	020	4122 Сверлильная	17335	22	1Р	1	1	1	200	1		05
041					Обрабатывающий центр MHLStar SV660												
141					396171 Приспособление специальное												
040					Сверлить отверстие 14 12 мм выдерживая угол 45 , напраход												
141					391210 Сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 103 73-77												
40					Зенкеровать отверстие 4 в размер $\varnothing 25,7 \pm 0,026$												
449					391610 Зенкер Р6М5 ГОСТ 5.7 74-89-71												
050					Развернуть отверстие 4 в размер $\varnothing 26^{+0,021}$												
151					391720 Развертка Р6М5К5 ГОСТ 1672-80												
052					Нарезать резьбу М6 в отверстии 4 напраход												
151					391720 Метчик Р6М5К5 ГОСТ 1672-80												
54																	
451																	
050																	
151																	
050																	
159																	
100																	
061																	
102																	
МК																	

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Технологическая документация

Вид документа		Код документа	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1				<u>Приспособление</u>		
				<u>Детали</u>		
Состав №		1		Плита	1	
		2		Корпус	1	
		3		Призма	2	
		4		Направляющая	1	
		5		Зажим	1	
		6		Винт	1	
		7		Упор	1	
		8		Опора	3	
		9		Винт	1	
		10		Эталон	1	
		11		Цифровой индикатор	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
Виды и номера		13		Винт 1H12 x 125-6g x 605835X16 ГОСТ 7808-70		
		14		Винт М10-6g x 14.5835X.01 ГОСТ 11644-80	1	
		15		Винт М10-6g x 65.5835X.01 ГОСТ 11738-78	4	
		16		Гайка М10-6H.12.40X.16 ГОСТ 5915-70	3	
Имя, № листа						
		Имя	Лист	№ докум.	Дата	
		Разраб.	Федун		2018.01	
		Прош.	Лебедин			
		Надзира.				
	Этп.					
				Приспособление	Лит.	Лист
						Листов
						1 2

Копировать

Формат А4

