

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)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления корпуса приспособления для агрегатного
станка

Обучающийся	<u>Е.И. Васильева</u> (Инициалы Фамилия)	<u></u> (личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент Д.Ю. Воронов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.А. Боргардт</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
	<u>М.А. Кривова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	

Тольятти 2025

Аннотация

Название выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления корпуса приспособления для агрегатного станка» состоит из введения, четырех глав, 3 рисунков, 4 таблиц, заключения, списка литературы из 26 источников, включая иностранные, одного приложения и графической части.

Целью данной работы является определение типа и разработка алгоритма технологического процесса изготовления объекта, разработка схем базирования заготовки на всех этапах, расчет припусков на обработку технического изделия, выявление экономического эффекта от технического решения.

Предметом выпускной квалификационной работы является разработка алгоритма технологического процесса изготовления объекта. Ключевым вопросом выпускной квалификационной работы является технологичность изготовления деталей конструкций, безопасность и экономическая эффективность производства.

Выпускную квалификационную работу можно разделить на несколько логически связанных частей, которые включают введение, технологическую часть, безопасность и экологичность технической продукции, экономический эффект и результаты.

В первой части подробно описывается анализ применения и материалов детали.

Во второй части описываются результаты процесса разработки и производства изделия с расчетами.

Третья и четвертая части состоят из анализа безопасности объекта и экономической эффективности соответственно.

Результаты наглядно показывают, что все поставленные задачи были решены в ходе разработки технологического процесса изготовления детали.

Abstract

The bachelor's thesis titled Technological process of production the machine comprises device body of a 65-page explanatory note, including 3 figures, 4 tables, a list of 26 references (including 6 foreign sources), 1 appendix, and a graphic section consisting of 6 A1 sheets.

The aim of this work is to determine the type and development of the algorithm of the technological process of manufacturing the object and schemes for the formation of the workpiece at all stages, the calculation of surcharges for the processing of the technical product, the determination of the economic effect of technical solution.

The subject of the work is the development of an algorithm for technological process of manufacturing the object.

The key issue is the manufacturability of constructions detail, safety and economic efficiency in production.

The work can be divided into several logically related parts, which are introduction, technological part, safety and environmental friendliness of technical production, economic effect and results.

The first part describes in detail of the application and detailed materials.

The second part describes the results of the development process product with calculations.

The third and fourth parts consist of an analysis of the security of the object and economic efficiency respectively.

The results show clearly that all the set tasks were solved during the work for technological process of the development manufacturing the detail.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Условия работы и назначение детали.....	7
1.2 Классификация поверхностей изделия.....	8
1.3 Анализ базового варианта технологического процесса.....	10
1.4 Постановка задач работы.....	11
2 Технологический раздел.....	13
2.1 Определение массы изделия и типа производства.....	13
2.2 Определение метода получения заготовки.....	16
2.3 Разработка техпроцесса изготовления.....	18
2.4 Расчет припусков и операционных размеров.....	20
2.5 Выбор оборудования. Разработка маршрута техпроцесса.....	23
3 Проектирование станочного приспособления.....	30
3.1 Сбор исходных данных.....	30
3.2 Расчет разжимного механизма и силового привода.....	32
3.3 Расчет погрешности установки заготовки в приспособление.....	33
3.4 Описание и работа конструкции приспособления.....	35
4 Проектирование режущего инструмента.....	37
4.1 Описание применения проектируемого инструмента.....	37
4.2 Обоснование выбора материала режущей и хвостовой части сверла.....	37
4.3 Расчет, назначение конструктивных размеров сверла.....	38
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	40
6 Экономическая часть.....	46
Заключение.....	50
Список используемой литературы и используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация	54
Приложение Б Спецификация.....	64

Введение

Технологические процессы современного машиностроения непрерывно развиваются и должны параллельно решать множество задач и охватывать большой спектр критериев производства, так как это одна из наиважнейших областей экономики любой страны. Достигнуть решения существующих задач, можно за счет увеличения производительности труда, снижения стоимости выпускаемой продукции, сбережения ресурсов труда и производства [21].

В связи с довольно стремительно развивающимся прогрессом научно-технической сферы в машиностроении, неизбежна модернизация и автоматизация производственных процессов. Машины выполняют разнообразные технологические процессы, позволяющие ускорить и облегчить многие сложные операции, связанные с точностью, качеством и сложными условиями труда.

Преимущество комплексов с единой системой управления в том, что такое оборудование легко и быстро перекомпонуется, с низкими затратами и в короткие сроки, не занимая дополнительных площадей и обеспечивают маневренность в ограниченном пространстве. Автоматизация станочного оборудования увеличивает производительность и качество выпускаемой продукции.

Снабжение узла оборудования поворотным делительным столом, фиксирующим положение инструмента, совершающий операции перемещения, имеющий механизм поворота в пространстве в вертикально-горизонтальной, вертикальной, горизонтальных плоскостях, в течении всего эксплуатационного времени, является неотъемлемой частью, обеспечивающей работу комплекса.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса патрона токарного станка с учетом заданной годовой программы выпуска (1000 деталей в год), обеспечивающего высокое

качество изделия, оптимизацию производственных затрат и соблюдение требований безопасности.

Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ исходных данных, определение типа производства;
- выбор стратегии разработки технологического процесса;
- проектирование заготовки;
- разработка технологического маршрута;
- выбор средств технологического оснащения;
- проектирование режущего инструмента и станочного приспособления;
- оценка безопасности, экологичности и экономической эффективности.

Исходные данные для выполнения работы включают материалы преддипломной практики и годовую программу выпуска. На основе этих данных будет выполнен комплексный анализ, включающий выбор оптимального типа производства, разработку технологического маршрута и плана изготовления, а также проектирование необходимого оборудования и оснастки. Графическая часть работы включает чертежи детали, заготовки, наладки, режущего инструмента, станочного приспособления, плана изготовления, что в совокупности составляет 6–7 листов формата А1.

Разработанный технологический процесс должен обеспечить высокую точность и качество изготовления корпуса поворотного стола, а также быть экономически обоснованным и безопасным в реализации. Результаты работы могут быть использованы на машиностроительных предприятиях для оптимизации производства аналогичных деталей, что подчеркивает практическую значимость данной выпускной квалификационной работы.

1 Анализ исходных данных

1.1 Условия работы и назначение детали

Главная деталь агрегатного оборудования, предоставляющая условия для его полноценной работы и осуществляющая функцию поворота приспособлений - «Корпус поворотного стола».

При изготовлении данной детали применим серый чугун марки СЧ20, с содержанием углерода 3,3 %.

Элементы входящие в состав серого чугуна марки СЧ20 [1]:

- углерод – 3,1 – 3,3 %,
- марганец – 0,5 – 0,8 %,
- кремний – 0,18 – 2,2 %,
- фосфор и сера (примеси) $\leq 0,2\%$,
- железо (основа) – 93 %.

В химическом составе СЧ20, преобладающие элементы – железо и углерод (3,3 %), в меньшей степени присутствуют – сера и фосфор. Данная комбинация химических элементов обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики СЧ20, делая ее востребованной в промышленности [22].

Данный сплав обладает определенным химическим составом, который обеспечивает его устойчивость к образованию флокенов и предотвращает риск возникновения хрупкости после процедуры отпуска. Благодаря адаптированности материала к широкому спектру температурных режимов данный тип чугуна поддается различным термическим процедурам, включая нормализацию, закалку и отпуск.

В нашем случае деталь предназначена для функционирования в металлорежущих станках в технологическом процессе производства и необходимость антикоррозионной устойчивости отсутствует. Рассматриваемый серый чугун марки СЧ20 соответствует технологическим требованиям для производства предлагаемой детали.

1.2 Классификация поверхностей изделия

При проектировании конструкторские поверхности отвечают за качественное исполнение и функционирование детали [8]. Служебное назначение позволит нам определить необходимые требования к обработке детали (рисунок 1).

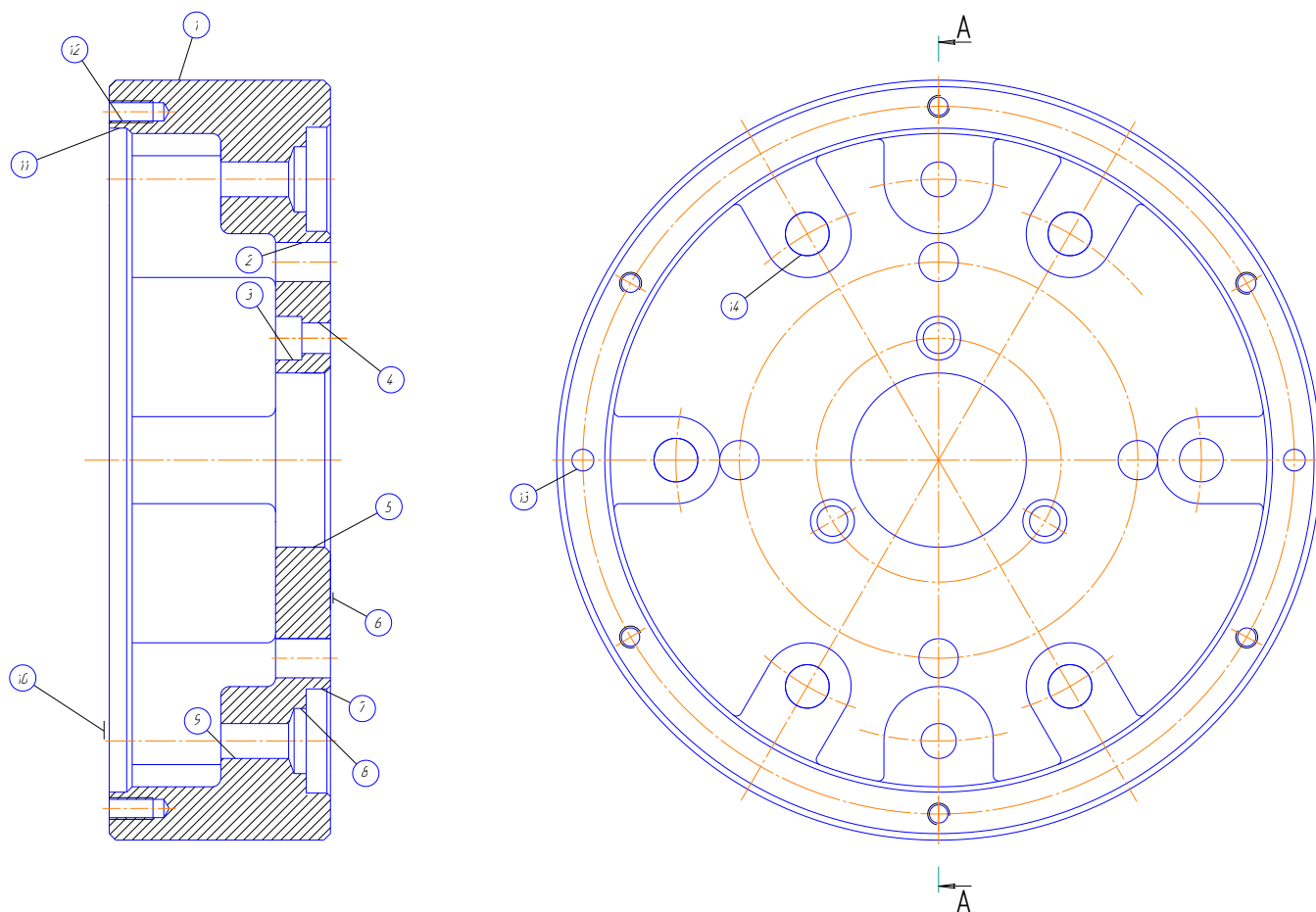


Рисунок 1 - Схема кодировки поверхностей детали

Таблица 1 представляет классификацию поверхностей детали корпуса, используемой в конструкторской документации для обеспечения качественного исполнения и функционирования изделия. В таблице приведены 14 поверхностей, каждая из которых характеризуется типом, формой, качеством точности и параметром шероховатости. Типы поверхностей включают свободные, исполнительные, основные и

вспомогательные конструкторские базы, а также поверхности с резьбой. Форма поверхностей преимущественно цилиндрическая (Ц), за исключением отдельных плоских (П) поверхностей и одной резьбовой. Квалитеты точности варьируются от Н7 до JS14, что определяет допуски на размеры, а шероховатость (Ra) изменяется от 0,8 до 12,5 мкм, отражая требования к качеству обработки поверхности в зависимости от её служебного назначения.

Таблица 1 - Классификация поверхностей детали корпус

Тип рассматриваемой поверхности	Форма рассматриваемой поверхности	Квалитет рассматриваемой поверхности	Шероховатость рассматриваемой поверхности
свободная поверхность контура	цилиндр	точность JS14	качество Ra 12,5
вспомогательная база	цилиндр	точность Н7	качество Ra 0,8
свободная поверхность контура	цилиндр	точность JS14	качество Ra 12,5
исполнительная	цилиндр	точность Н12	качество Ra 12,5
основная база	цилиндр	точность Н7	качество Ra 0,8
вспомогательная база	плоская	точность Н9	качество Ra 2,5
свободная поверхность контура	цилиндр	точность Н7	качество Ra 0,8
свободная поверхность контура	цилиндр	точность JS14	качество Ra 12,5
исполнительная	цилиндр	точность Н8	качество Ra 6,3
основная база	плоская	точность Н9	качество Ra 2,5
основная база	цилиндр	точность JS14	качество Ra 12,5
исполнительная	резьба	-	качество Ra 6,3
исполнительная	цилиндр	точность Н7	качество Ra 0,8
исполнительная	цилиндр	точность JS14	качество Ra 12,5

Анализ таблицы показывает, что поверхности с высокой точностью (Н7, Н8, Н9) и низкой шероховатостью (Ra 0,8–2,5) относятся к основным и вспомогательным конструкторским базам, а также к некоторым исполнительным поверхностям, которые критически важны для обеспечения функциональности детали. Свободные поверхности, напротив, имеют более низкие требования к точности (JS14) и качеству обработки (Ra 12,5), что позволяет оптимизировать затраты на их изготовление. Такая классификация поверхностей детали корпуса служит основой для разработки

технологического процесса, обеспечивая соответствие изделия заданным конструкторским требованиям и минимизацию производственных издержек.

1.3 Анализ базового варианта технологического процесса

В качестве материала рассматриваемой детали конструктором предложен – СЧ 20. Материал конкретной детали говорит о необходимости применения литой заготовки. В работе разумно будет рассмотреть способ реализации получения исходного материала как оболочковое литье и заливка в формы из земли [23].

В реализованном в производстве процессе обработка деталей ведется с использованием оборудования универсальной группы, что ведет к большому числу операций обработки поверхностей и предлагает использовать известный инструмент и оснастку. Данный подход характеризуется относительно низкой производительностью и повышенной трудоемкостью.

В целях оптимизации производственного цикла предлагается модернизация технологического процесса путем внедрения станков с числовым программным управлением (ЧПУ), что позволит достичь максимальной концентрации операций на едином технологическом оборудовании. Параллельно рекомендуется использование специализированной оснастки, оснащенной механизированным силовым приводом, а также применение прогрессивного режущего инструмента. Указанные мероприятия обеспечат сокращение количества технологических операций, повышение точности обработки, снижение трудоемкости изготовления, увеличение производительности [11].

Реализация предложенных решений соответствует современным тенденциям автоматизации машиностроительного производства и направлена на повышение его эффективности.

1.4 Постановка задач работы

Для реализации целевых установок, сформулированных во введении, предусматривается последовательное решение комплекса взаимосвязанных задач.

Теоретико-методологический блок задач:

- систематизация и актуализация научно-технических знаний в области машиностроительных технологий с последующим их применением для проектирования инновационных технологических процессов;
- разработка оптимальных маршрутов обработки;
- проектирование специализированных средств технологического оснащения (СТО);
- внедрение ресурсосберегающих методик.

Формирование компетенций в области самостоятельной исследовательской деятельности через анализ патентных решений, моделирование технологических операций, ведение инженерной документации, освоение экспериментально-аналитических методов исследования технологий механосборочного производства, включающих метрологическое обеспечение процессов, верификацию режимов обработки и статистический контроль качества.

В соответствии с целевыми показателями проекта, для достижения заданного технико-экономического эффекта предусматривается:

- классификация типа производства (единичное, серийное, массовое) и разработка детерминированного алгоритма технологического процесса изготовления объекта;
- оптимизация выбора метода получения заготовки (литье, штамповка, аддитивные технологии) и построение рационального маршрута обработки функциональных поверхностей;
- проектирование систем базирования с учетом принципов

шеститочечной локации и минимизации погрешностей установки на всех технологических переходах;

- нормирование припусков на механическую обработку на основе расчетно-аналитических методов (ГОСТ 14.302-2019);
- конструкторская проработка геометрии заготовки с учетом коэффициента использования материала (КИМ), специализированного станочного приспособления, режущего и мерительного инструмента;
- обеспечение производственной безопасности через анализ вредных факторов, разработку мероприятий по охране труда, экологическую экспертизу проекта;
- количественная оценка экономической эффективности внедряемых решений (снижение себестоимости, рост производительности).

В проектной документации подлежит обязательной детализации анализ затратных составляющих: трудоемкости (нормо-часы), материалоемкости (коэффициент раскроя), энергопотребления (кВт/час).

2 Технологический раздел

2.1 Определение массы изделия и типа производства

Тип производства в технологическом процессе – это классификационная категория предприятия, обозначающая совокупности признаков, определяющих организационно - технологические параметры процесса, соблюдая зависимость от количества операций согласно ГОСТ, от стабильности, числа выпуска продукции. В машиностроении различают три типа производства.

Годовой объем технологического изделия предполагает выпуск 1000 деталей в год, масса детали «Корпус поворотного стола» более 10 кг, вес определен методом твердотельного моделирования программой САПР.

Возможность применения универсальных измерительных средств, хорошая обрабатываемость материала резанием, важность наличия поверхностей удобных для базирования и закрепления, применения рациональных методов получения заготовки, конструкционный функционал изделия позволяет совершать подвод и вывод режущего инструмента, использованы стандартизация и унификация элементов детали, реализована достаточная жесткость детали – основные определяющие критерии.

Обобщив вышесказанное, определим соответствие типу производства на основе годового выпуска изделия и его массы - среднесерийный тип производства.

Для начала произведем расчет времени повторения выпуска следующего изделия, где оборудование, задействованное в процессе, отработает за год – $F_d = 4015$, час; количество рабочих смен в сутки – $m = 1$; годовой объем выпуска изделий – $N = 1000$, по формуле (1):

$$T_с = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}. \quad (1)$$

$$T_6 = \frac{4015 \cdot 60 \cdot 1}{1000} = 240 \text{ мин.}$$

Согласно полученным данным, деталь будет выпускаться в условиях повторяющихся партий выпускаемых изделий, серийно. Форма организации производства, когда запуск деталей осуществляется партиями, принимается групповая. Для производства технического объекта необходимо применение оснастки и оборудования, также инструмента универсального назначения, приспособленные обрабатывать детали с крупногабаритными размерами.

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2)$$

где a – периодичность запуска деталей.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47 \text{ шт/мес.}$$

С учетом типа производства предполагается применение оснастки с механизированным силовым приводом и режущего инструмента со сменными многогранными пластинами [21].

«Согласно рекомендациям, принимаем следующую стратегию разработки ТП в области организации: вид стратегии - последовательная, в отдельных случаях циклическая; линейная, в отдельных случаях разветвленная; жесткая, в отдельных случаях адаптивная; форма организации ТП - единичная; повторяемость изделий - периодическое повторение партий.

В области выбора и проектирования заготовки: метод получения заготовки - прокат или горячая штамповка, выбор последовательности обработки - по таблицам с учетом коэффициентов удельных затрат, припуск на обработку – незначительный, метод определения припусков - расчет по переходам.

«Проектирование технологического маршрута (ТП):

- разработка специальных ТП на базе типовых (степень унификации);
- маршрутный ТП, в отдельных случаях, маршрутно-операционный (степень детализации разработки);

- экстенсивная, в отдельных случаях интенсивная концепции операций (принцип формирования маршрута);
- работа на настроенном оборудовании, с частичным применением активного контроля (обеспечение точности);
- базирование, с соблюдением принципа постоянства и, по возможности, принципа совмещения баз.

В области выбора средств технологического оснащения (СТО) выбираем оборудование универсальное, в том числе с ЧПУ, приспособления универсальные, нормализованные, специальные (режущие инструменты стандартные, нормализованные, специальные), средства контроля универсальные, специальные» [6].

«В области проектирования технологических операций: содержание операций одновременная обработка нескольких поверхностей за счет модернизации СТО, по загрузке оборудования будет периодическая смена деталей на станках, коэффициент закрепления операций от 20 до 40. Расстановка оборудования по типам и размерам станков, местами по ходу ТП. Настройка станков по измерительным инструментам и приборам или работа без предварительной настройки по промерам.

В области нормирования ТП:

- определение режимов резания по общемашиностроительным нормативам, иногда по эмпирическим формулам;
- нормирование, укрупненное по опытно-статистическим нормам, в отдельных случаях детальное пооперационное;
- квалификация рабочих достаточно высокая;
- технологические карты маршрутно-операционные карты.

Принятой стратегией мы будем руководствоваться при разработке ТП» [6].

2.2 Определение метода получения заготовки

Выбор метода изготовления заготовки для деталей машин обусловлен совокупностью факторов, включающих функциональное назначение и конструктивные особенности детали, физико-механические характеристики материала, технологические требования, а также масштаб производства, исключающий необходимость существенной модернизации оборудования и оснастки. Наиболее рациональным представляется использование исходной заготовки, геометрические параметры которой максимально приближены к конфигурации готового изделия, что минимизирует объем последующей механической обработки.

Обоснование выбора метода с учетом эксплуатационных свойств материала, массогабаритных характеристик детали и типа производства в качестве предпочтительного варианта заготовки целесообразно рассматривать отливку, полученную методом литья в земляные или оболочковые формы.

Изготавливаемая из серого чугуна марки СЧ 20 (ГОСТ 1412-85), данная деталь - "Корпус стола", обладает высокой литейной технологичностью, что обеспечивает отсутствие существенных затруднений при формировании как наружного контура, так и внутренних полостей. Наличие единственного сквозного отверстия дополнительно упрощает процесс. Конструктивная простота корпуса позволяет применять высокопроизводительные режимы механической обработки, а геометрические характеристики поверхностей делают возможным использование стандартного инструментального оснащения. Благодаря отличным обрабатываемым свойствам серого чугуна, изготовление корпуса может осуществляться на оборудовании нормального класса точности с применением типовых измерительных средств для контроля параметров [25].

«На основании анализа конфигурации детали, исходных данных и коэффициента относительной себестоимости, в качестве оптимального

варианта заготовки была определена отливка.

С целью оптимизации производственных издержек проведено сопоставление двух альтернативных методов получения заготовки: литье в земляные формы (традиционный метод) и литье в оболочковые формы (более прогрессивная технология)» [2].

«Используя коэффициент использования материала - $K_{им}$, определяем массу заготовок, полученных этими способами по формуле (3).

Для литья в землю $K_{им}$ равен 0,7, для литья в оболочковую форму $K_{им} = 0,9$.

$$Q = \frac{q}{K_{им}}, \quad (3)$$

где q – масса детали, кг.

$$Q(\text{в землю}) = \frac{42,6}{0,7} = 60,8 \text{ кг},$$

$$Q(\text{в обол.ф.}) = \frac{42,6}{0,9} = 47,3 \text{ кг}.$$

Определим стоимость заготовки по формуле [6]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} Q k_m k_c k_g k_n \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (4)$$

где C_i – базовая стоимость 1 т заготовки, руб.

k_m, k_c, k_g, k_n – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

$S_{отх}$ – цена за 1 т отходов.

Для отливок из чугуна при отливке в землю $C_i = 56520$ руб; для отливок из чугуна при отливке в оболочковую форму $C_i = 78940$ руб.

Для литья в землю и литья в оболочковую форму данные коэффициенты равны: $k_m = 1,1$; $k_c = 0,7$; $k_g = 0,74$; $k_n = 1,19$; $k_n = 1$.

Заготовительная цена на чугунную стружку, $S_{заг} = 24,8$ руб.» [2].

$$S_{заг(в\ земля)} = \left(\frac{56520}{1000} \cdot 60,8 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,74 \cdot 1,19 \cdot 1 \right) - (60,8 - 42,6) \frac{24,8}{1000} = 2330 \text{ руб.},$$

$$S_{заг(в\ обол.ф)} = \left(\frac{78940}{1000} \cdot 47,3 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,74 \cdot 1,19 \cdot 1 \right) - (47,3 - 42,66) \frac{24,8}{1000} =$$

$$= 2532 \text{ руб.}$$

Основываясь на проведенных расчетах, можно сделать вывод, что изготовление заготовки возможно реализовать методом литья в земляные формы, благодаря более дешевым затратам.

Чертеж заготовки отображен в графической части бакалаврской работы.

2.3 Разработка техпроцесса изготовления

Объем выпуска деталей 1000 шт. в год, при массе детали равной 42,6 кг. Заданным параметрам выпуска и указанной массе детали соответствует среднесерийный тип производства.

Технологический процесс изготовления детали корпуса разработан для среднесерийного производства с годовым объемом выпуска 1000 штук и массой детали 42,6 кг. Процесс направлен на обеспечение заданных параметров качества поверхностей, точности и шероховатости, указанных в технической документации.

Технологический маршрут обработки корпуса включает последовательность операций, представленных в таблице 2, с указанием методов обработки, используемого оборудования и характеристик поверхностей. Для каждой из 14 поверхностей детали определены:

- шероховатость (Ra): варьируется от Ra 0,8 (высокое качество) до Ra 12,5 (грубая обработка);
- точность (IT): от IT 7 (высокая точность) до IT 14 (низкая точность);
- последовательность операций: включает токарную обработку (Т), чистовую токарную обработку (Тч), точную токарную обработку

(Тт), шлифование (Ш), сверление (С), зенкерование (З), развертывание (Р) и нарезание резьбы (Резб.).

Основные этапы технологического маршрута:

- грубая обработка (поверхности 1, 3, 4, 8, 11, 14): проводится токарная обработка или сверление для достижения шероховатости $Ra\ 12,5$ и точности $IT\ 12-14$. Используются токарные или сверлильные станки;
- чистовая обработка (поверхности 5, 6, 10): включает токарную обработку с последующим шлифованием для получения шероховатости $Ra\ 0,8-2,5$ и точности $IT\ 7-9$. Применяются токарные станки с ЧПУ и шлифовальные станки;
- финишная обработка (поверхности 2, 7, 9, 13): предусматривает сверление, зенкерование и развертывание для достижения шероховатости $Ra\ 0,8-6,3$ и точности $IT\ 7-8$. Используются сверлильные и расточные станки;
- специальная обработка (поверхность 12): включает сверление и нарезание резьбы для получения шероховатости $Ra\ 6,3$ без указания точности.

Особенности процесса:

- для поверхностей с высокими требованиями к качеству ($Ra\ 0,8$, $IT\ 7$) применяются многоэтапные операции, включающие чистовую и финишную обработку [19];
- использование станков с ЧПУ обеспечивает точность и повторяемость при среднесерийном производстве;
- графическое представление плана обработки приведено в графической части выпускной квалификационной работы, где детализированы последовательность операций и схема обработки.

Разработанный технологический процесс оптимизирован для обеспечения качества деталей, минимизации трудозатрат и эффективного использования оборудования в условиях среднесерийного производства.

Таблица 2 - Методы обработки детали корпуса

№ поверхности	Шероховатость рассматриваемой поверхности, Ra	Точность поверхности, IT	Последовательность выполнения маршрута
1	качество 12,5	точность 14	точение
2	качество 0,8	точность 7	сверление → зенкерование → развертывание
3	качество 12,5	точность 14	сверление
4	качество 12,5	точность 12	сверление
5	качество 0,8	точность 7	точение → точение чистовое → точение тонкое → шлифование
6	качество 2,5	точность 9	точение → точение черновое → шлифование
7	качество 0,8	точность 7	сверление → зенкерование
8	качество 12,5	точность 14	точение → точение чистовое
9	качество 6,3	точность 8	сверление → зенкерование → развертывание
10	качество 2,5	точность 9	точение → точение чистовое → шлифование
11	качество 12,5	точность 14	точение
12	качество 6,3	-	сверление → резбонарезание
13	качество 0,8	точность 7	сверление → зенкерование → развертывание
14	качество 12,5	точность 14	сверление

2.4 Расчет припусков и операционных размеров

«Расчётно-аналитическим методом определим припуски на поверхность 5 - 80H7(^{+0,030}), являющуюся наиболее точной.

Качество поверхности после литья в землю:

$$R_z = 250 \text{ мкм}, h = 350 \text{ мкм}.$$

Качество поверхности после механической обработки:

- 1) Растачивание черновое - $R_z = 150 \text{ мкм}, h = 140 \text{ мкм};$
- 2) Растачивание получистовое - $R_z = 50 \text{ мкм}, h = 60 \text{ мкм};$
- 3) Растачивание чистовое - $R_z = 25 \text{ мкм}, h = 25 \text{ мкм};$
- 4) Растачивание тонкое - $R_z = 8 \text{ мкм}, h = 15 \text{ мкм}.$

Суммарное пространственное отклонение будем определять по формуле:

$$\Delta_i = k_y \cdot \Delta_{i-1}, \text{ мм}, \quad (5)$$

где k_y - коэффициент уточнения;

Δ_{i-1} - суммарное пространственное отклонение на заготовительной операции.

$$\Delta_i = \rho_{\text{кор}}, \text{ мм}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ – величина коробления заготовки, определяемая по формуле:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, \quad (6)$$

где d и l – длина и диаметр обрабатываемого отверстия;

Δ_k – величина удельного коробления заготовки, для корпусной детали, получаемой литьем.

Произведем расчеты:

$$\Delta_{i-1} = \sqrt{(0,8 \cdot 80)^2 + (0,8 \cdot 25)^2} = 67,1 \text{ мкм}.$$

- после растачивания чернового $\Delta = 0,06 \cdot 0,067 = 0,004$ мм;
- после растачивания получистового $\Delta = 0,04 \cdot 0,067 = 0,003$ мм;
- после растачивания чистового $\Delta = 0,02 \cdot 0,067 = 0,001$ мм;
- после шлифования чернового $\Delta = 0,02 \cdot 0,067 = 0,001$ мм.

Определим значение минимального припуска $2Z_{\min}$ после каждой операции по формуле (7):

$$2Z_{\min} = 2 \cdot \left[(R_Z^{i-1} + h^{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \right], \quad (7)$$

где R_z^{i-1} , h^{i-1} – высота неровностей и дефектный слой, образовавшиеся на обрабатываемой поверхности при предыдущей обработке;
 Δ_{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений с предыдущей операции;
 ϵ_i – погрешность установки (определяем по табл.13 [4] для закрепления в патроне).

$$2Z_{\min}^{010-1} = 2 \cdot [0,25 + 0,35 + \sqrt{0,067^2 + 0,22^2}] = 0,83 \text{ мм},$$

$$2Z_{\min}^{010-2} = 2 \cdot [0,15 + 0,14 + \sqrt{0,004^2 + 0,22^2}] = 0,51 \text{ мм},$$

$$2Z_{\min}^{010-3} = 2 \cdot [0,05 + 0,06 + \sqrt{0,003^2 + 0,22^2}] = 0,33 \text{ мм}.$$

Определяем предельные размеры для каждого перехода по формулам:

$$2D_{i-1 \max} = 2D_{i-1} - 2Z_{i \min}, \text{ мм.} \quad (8)$$

$$2D_{\max}^{010-3} = 80,03 \text{ мм},$$

$$2D_{\max}^{010-2} = 80,03 - 0,33 = 79,7 \text{ мм},$$

$$2D_{\max}^{010-1} = 79,7 - 0,51 = 79,19 \text{ мм},$$

$$2D_{\max}^{000} = 79,19 - 0,83 = 78,36 \text{ мм}.$$

Рассчитаем значения минимальных диаметров. Следующие минимальные размеры определяем по формуле (9):

$$D_{\min i} = D_{\max i} - TD_i. \quad (9)$$

$$2D_{\min}^{010-3} = 80 \text{ мм},$$

$$D_5^{010-2} = 80 - 0,63 = 79,37 \text{ мм},$$

$$D_5^{010-1} = 79,7 - 1,02 = 78,68 \text{ мм},$$

$$D_5^{000} = 79,19 - 1,66 = 77,53 \text{ мм}.$$

Определим предельные значения припусков по формуле (10):

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\max} + T2D_{i-1} + T2D_i, \quad (10)$$

$$2Z_{\max}^{010-1} = 0,83 + 0,25 + 0 = 1,08 \text{ мм},$$

$$2Z_{\max}^{010-2} = 0,51 + 0,13 + 0,25 = 0,89 \text{ мм},$$

$$2Z_{\max}^{010-3} = 0,33 + 0,05 + 0,13 = 0,51 \text{ мм.} \gg [3].$$

Таблица 3 - Припуски и операционные размеры на отверстие 80H7(^{+0,03}) мм

Переход	Элемент припуска, мкм				2Z _{min} , мм	Допуск TD, мм	Предельный размер заготовки		Предельный припуск, мм	
	Rz	h	ΔΣ	ε _y			D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}
Литье	250	350	64	-		0,25	78,36	78,11	-	-
Точение черновое	150	140	4	220	0,83	0,13	79,19	79,06	2,473	2,173
Точение получистовое	50	60	3	220	0,51	0,05	79,7	79,65	1,442	0,942
Точение чистовое	20	25	1	220	0,33	0,03	80,03	80	0,941	0,661

Методом аналитического расчета возможно реализовать уменьшение припусков обработки. В связи с этим, чтобы увеличить коэффициент использования материала и уменьшить затраты на изготовление детали, применим для проверочного расчета.

2.5 Выбор оборудования. Разработка маршрута техпроцесса

При формировании парка металлорежущих станков для реализации разрабатываемого технологического процесса необходимо руководствоваться комплексом взаимосвязанных технико-экономических параметров, обеспечивающих баланс между эксплуатационными характеристиками оборудования и требованиями к качеству обработки.

«На операциях 010, 030, 040 целесообразно применение станков с ЧПУ. Использование оборудования такого типа позволяет выполнить черновую и чистовую обработку поверхностей, обеспечивая достаточную точность и шероховатость» [3].

Технологический маршрут изготовления детали представлен в таблице 4, где описана последовательность операций, используемое оборудование, содержание технологических переходов, а также требования к точности поверхностей (IT) и шероховатости (Ra, мкм).

Основной акцент сделан на применении станков с ЧПУ для операций 010, 030 и 040, что обеспечивает высокую точность и качество обработки поверхностей за счет возможности выполнения черновой, получистовой, чистовой и тонкой обработки в рамках одного цикла.

Выполнение переходов при изготовлении изделия отображено в таблице 4.

Таблица – 4 Последовательность выполнения переходов при изготовлении

№ операции	Модель технологического оборудования	Содержание позиции	Точность (IT)	Ra, мкм
000 Заготовительная	литье в землю	-	-	50
010 Токарная	токарный автомат 16K40Ф305	загрузка/разгрузка точение черновое точение получистовое точение чистовое точение черновое точение получистовое точение чистовое точение тонкое	- 12 10 8 12 10 8 7	- 12,5 6,3 3,2 12,5 6,3 3,2 0,8
020 Фрезерная	фрезерный станок 6P12	фрезерование	9	2,5
030 Сверлильная	21104Н7Ф4	сверление зенкерование развертывание	12 9 7	6,3 2,5 0,8
040 Сверлильная	21104Н7Ф4	сверление зенкерование развертывание нарезка резьбы	12 9 7 -	6,3 2,5 0,8 6,3

Применение станков с ЧПУ на операциях 010, 030 и 040 позволяет оптимизировать процесс, обеспечивая высокую точность (IT7–IT12) и низкую шероховатость (Ra до 0,8 мкм), что соответствует требованиям черновой и чистовой обработки.

Выбор режущего инструмента для операций, указанных в технологическом маршруте, осуществляется с учетом типа обработки, материала заготовки, требуемых параметров точности и шероховатости, а также особенностей используемого оборудования. Основные критерии выбора.

Токарная обработка (операция 010):

- применяются твердосплавные резцы с пластинами из материалов, таких как карбид вольфрама с покрытием (например, TiCN или Al₂O₃), для чернового, получистового, чистового и тонкого точения;
- геометрия пластин подбирается для обеспечения высокой стойкости и качества поверхности (Ra 0,8–12,5 мкм);
- для тонкого точения используются резцы с радиусными пластинами для минимизации шероховатости.

Фрезерная обработка (операция 020):

- используются концевые или торцевые фрезы с твердосплавными пластинами, обеспечивающими точность IT 9 и шероховатость Ra 2,5 мкм;
- выбор инструмента учитывает скорость резания и подачу для эффективной обработки плоских поверхностей.

Сверлильная обработка (операции 030, 040):

- сверление: Применяются спиральные сверла из быстрорежущей стали (HSS) или с твердосплавными напайками для достижения точности IT 12;
- зенкерование и развертывание: Используются зенкеры и развертки с твердосплавными режущими кромками для получения точности IT 7–9 и шероховатости Ra 0,8–2,5 мкм;

- нарезка резьбы: Применяются метчики или резьбонарезные фрезы с покрытием для обеспечения качества резьбы и шероховатости Ra 6,3 мкм.

Общие требования к инструментам:

- высокая износостойкость и термическая стабильность для работы с материалами заготовки (например, сталь или чугун);
- соответствие стандартам ISO для режущих пластин и инструментов;
- оптимизация геометрии инструмента для минимизации вибраций и повышения качества обработки.

Приспособление должно обеспечивать точную реализацию теоретической схемы базирования на каждой технологической операции.

Для этого используются:

- опорные штыри и пластины для установки по плоскости;
- призматические элементы для базирования по наружным цилиндрическим поверхностям;
- центровые устройства для осевого базирования.

Конструкция приспособления должна гарантировать надежное закрепление заготовки в процессе обработки, обладать высокой скоростью действия. В условиях серийного производства предпочтительна автоматизация процесса зажима.

При выборе приспособления следует отдавать приоритет стандартным, нормализованным и универсально-сборным конструкциям, что позволяет сократить затраты на оснастку и повысить гибкость производства. Особое внимание уделяется совместимости с существующим парком оборудования и возможностью быстрой переналадки при смене номенклатуры деталей.

«Для выполнения переходов операции 010 принимаем следующие режущие инструменты:

- резец токарный проходной прямой с пластинами из быстрорежущей стали ГОСТ 18869-73;

- резец токарный подрезной прямой с пластинами из быстрорежущей стали ГОСТ 18871-73;
- резец токарный расточной прямой с пластинами из быстрорежущей стали ГОСТ 18882-73.

Для выполнения переходов операции 030 принимаем следующие режущие инструменты:

- сверло спиральное - 17 ГОСТ 10903-77, P6M5;
- сверло комбинированное специальное;
- зенкер цельный - 17,9 ГОСТ 12489-71, P6M5;
- зенкер цельный - 48 ГОСТ 3231-71 с пластинками из твердого сплава;
- развертка цельная - 18H7 ГОСТ 1672-80, P6M5.

Для выполнения переходов операции 030 принимаем следующие режущие инструменты [15], [16]:

- сверло спиральное - 14 ГОСТ 10903-77, P6M5;
- зенкер цельный - 20 ГОСТ 12489-71, P6M5;
- сверло спиральное - 20 ГОСТ 10903-77, P6M5;
- сверло спиральное - 8,5 ГОСТ 10903-77, P6M5;
- метчик M10 ГОСТ 3266-81, P6M5;
- сверло спиральное - 9,2 ГОСТ 10903-77, P6M5;
- развертка цельная - 10H7 ГОСТ 1672-80, P6M5.

Расчет режимов резания для операции 030 Сверлильная выполняется по [4]. Все расчеты отображены в таблице 5» [4].

Общие рекомендации:

- выбор материалов инструмента (твердосплавные, HSS с покрытием) основан на необходимости обеспечения высокой производительности;
- для станков с ЧПУ предпочтительны инструменты с оптимизированной геометрией и покрытиями;

Таблица 5 - Режимы резания

Переход	Глубина снимаемого слоя t , мм	Перемещение за оборот S , мм/об	Скорость скольжения кромки инструмента v , м/мин	Частота вращения инструмента n , об/мин	P_o , Н	N , кВт
1	8,5	0,7	28	524	5130	2,3
2	0,45	1	21,8	388	85	0,2
3	0,05	2,6	7,8	138	-	0,01
4	7,5	0,6	24,2	514	4000	1,6
5	0,5	2,6	4,9	97	-	0,05
6	1,0	1,3	17,1	113	245	0,3

«Таким образом, выбор режущего инструмента направлен на достижение заданных параметров точности (IT7–IT12) и шероховатости (Ra 0,8–12,5 мкм), а также на повышение эффективности и надежности технологического процесса» [2].

Расчет составляющих штучного времени по переходам представлен в таблице 6.

Таблица 6 - Расчет норм времени 030 операции

Переход	Длина рабочего хода L_p	Подача S , мм/об	Частота n , об/мин	T_o , мин.	Время на установку заготовки	Длина Х.Х., $L_{x.x.}$, мм	T_{bc} , мин	$T_{оп.}$, мин
1	25	0,7	524	0,068	0,2	9	0,03	0,098
2	25	1,0	388	0,064		9	0,026	0,09
3	25	2,6	138	0,07		9	0,035	0,105
4	50	0,6	514	0,16		8	0,09	0,25
5	30	2,6	97	0,12		7	0,08	0,2
6	13	1,3	113	0,09		0	0,038	0,128

«Основное время на 030 операции – $T_{оп} = 0,572$ мин.

Вспомогательное время на 010 операции – $T_{bc} = 0,299$ мин.

Оперативное время на 010 операции – $T_{он} = 0,871$ мин.

Время технического обслуживания и отдыха 6% от $T_{оп}$ равно 0,052 мин.

Штучное время на 030 операции – $T_{шт} = 0,923$ мин.

Подготовительно-заключительное время на 030 операции – $T_{ПЗ} = 9$ мин.

Штучно-калькуляционное время – $T_{шк} = 1,12$ мин» [10].

Разработанный технологический процесс оптимизирован для среднесерийного производства, что подтверждается расчетами норм времени и припусков, а также выбором стандартных и нормализованных приспособлений для базирования и закрепления заготовок.

Применение станков с ЧПУ на ключевых операциях (010, 030, 040) и автоматизированных приспособлений с механизированным приводом повышает точность и повторяемость обработки, снижая трудозатраты. Нормирование процесса, включая расчет режимов резания и штучного времени, выполнено с учетом общемашиностроительных нормативов, что обеспечивает баланс между производительностью и качеством. Таким образом, предложенная стратегия разработки технологического процесса и выбора оборудования гарантирует эффективное производство детали с учетом технических и экономических требований.

Таким образом, выбор режущего инструмента направлен на достижение заданных параметров точности (IT7–IT12) и шероховатости (Ra 0,8–12,5 мкм), а также на повышение эффективности и надежности технологического процесса.

3 Проектирование станочного приспособления

Нормирование технологического процесса для операции 030 заключается в расчете времени, необходимого для выполнения технологических переходов, с учетом всех составляющих штучного времени. Расчет норм времени представлен в таблице 6, которая содержит данные по каждому переходу, включая длину рабочего хода (L_p), подачу (S), частоту вращения (n), основное время (T_o), время на установку заготовки, длину холостого хода ($L_{х.х.}$), вспомогательное время ($T_{вс}$) и оперативное время ($T_{оп}$) [18].

«Принимаем к расчету приспособление для 040 Сверлильной операции, на которой производится сверление двух отверстий 16 мм и четырех отверстий 18 мм на сверлильном станке с ЧПУ 21104Н7Ф4 (рисунок 2).

3.1 Сбор исходных данных

Вид и материал заготовки – литая заготовка (СЧ 20 ГОСТ 1421-85).

Вид обработки – чистовая. Силы резания: максимальная осевая сила резания на операцию была определена в разделе 2.

Тип приспособления - одноместное специальное безналадочное [19].

Момент, стремящийся повернуть заготовку в цанге определяем формулой:

$$M_p = P_0 \cdot L, \quad (11)$$

где L – длина от центра базового отверстия до обрабатываемого отверстия.

Исходя из условия равенства M_p и M_z определяем M_p .» [3].

$$M_p = 4000 \cdot 134 = 419420 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

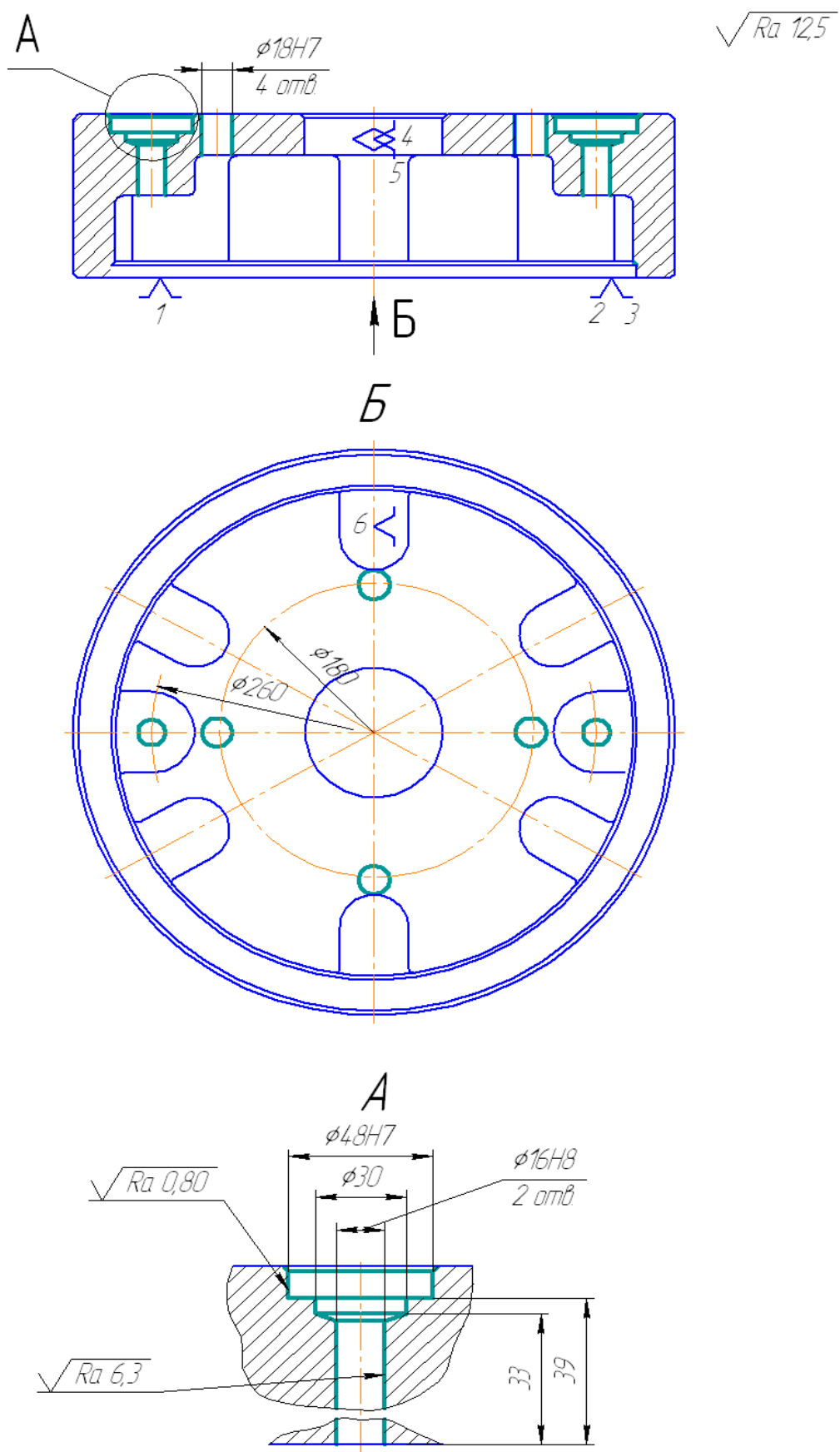


Рисунок 2 - Эскиз обработки

3.2 Расчет разжимного механизма и силового привода

«Схема закрепления заготовки представлена на рисунке 2.

Величина усилия Q на штоке силового привода равна [5]:

$$Q = (Q_1 +) \operatorname{tg} (\alpha + 2\varphi), \quad (12)$$

где Q_1 - сила, разжимающая лепестки цанги до их соприкосновения с поверхностью заготовки;

Q_2 - сила разжима заготовки всеми лепестками цанги;

α - половина угла конуса цанги, $\alpha = 7,5^\circ$;

φ - угол трения, $\varphi = 4^\circ$;

$$Q_1 = \frac{3E \times J \times f_n \times z}{(10I)^3}, \quad (13)$$

где E - модуль упругости стали, идущей на изготовление цанги, МПа;

I - расстояние от плоскости задела лепестка цанги до середины зажимающего конуса цанги, мм;

f_n - стрела прогиба лепестка, равная половине зазора между цангой и заготовкой (до начала зажима), мм;

z - число лепестков цанги,;

J - момент инерции в сечении заделанной части лепестка.

$$J = \frac{D^3 S}{8} \left(\alpha + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin \alpha_1}{\alpha_1} \right), \quad (14)$$

где α_1 - половина угла сектора лепестка цанги, $\alpha_1 = 60^\circ$;

D - наружный диаметр лепестков цанги, $D = 80$ мм;

S - толщина лепестка цанги, $S = 3$ мм.

$$J = \frac{80^3 \cdot 3}{8} \left(7,5 + \sin 60 \cos 60 - \frac{2 \sin 60}{60} \right) = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Таким образом, для трехлепестковых цанг имеем:

$$Q_1 = \frac{3 \cdot 2,2 \cdot 10^5 \cdot 2,27 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 3}{(10 \cdot 40)^3} = 3,5 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

$$Q_2 = \frac{1}{f} K_3 \times \sqrt{\frac{M_p^2}{J^2} \times P_0^2}, \quad (15)$$

где K_3 – коэффициент запаса, $K_3 = 1,5$.

$$Q_2 = \frac{1}{0,1} \times 1,5 \sqrt{\frac{24,63^2}{40^2} \times 4000^2} = 2,9 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Следовательно, $Q = (3,5 \cdot 10^4 + 2,9 \cdot 10^4) \operatorname{tg}(7,5^\circ + 2 \cdot 4^\circ) = 1,78 \cdot 10^4 \text{ Н}.$

Для создания исходного усилия Q будем использовать гидравлический силовой привод, где средой является масло техническое под давлением $P_r = 2,5 \text{ МПа}$ [5].

Диаметр поршня гидравлического привода рассчитывается по формуле:

$$D_p = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P_r}}, \quad (16)$$

где Q – исходное усилие, Н;

P_r – давление рабочей среды, МПа.

$$D_p = 1,13 \sqrt{\frac{1,78 \cdot 10^4}{2,5}} = 95 \text{ мм}.$$

3.3 Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении

«Погрешность установки заготовки на станке определяется [5]:

$$\varepsilon_{yc} = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_y^2} \quad (17)$$

где ε_B – погрешность базирования, возникающая в том случае, если измерительная база обрабатываемого размера не используется в качестве технологической базы. В нашем случае $\varepsilon_B = 0$, т. к. в качестве технологической базы используем ось, реализованную наружной цилиндрической поверхностью стержня клапана.

ε_3 – погрешность закрепления, то есть смещение измерительной базы под действием сил зажима. Так как при закреплении заготовка смещается только по оси – в направлении, перпендикулярном выдерживаемому размеру, то $\varepsilon_3 = 0$;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность приспособления, зависящая от точности изготовления его элементов, при использовании приспособления в серийном производстве, $\varepsilon_{пр}$ определяется [14] [21]:

$$\varepsilon_{пр} = t \sqrt{\lambda \times \varepsilon_H^2 + \lambda_2 \times \varepsilon_C^2 + \varepsilon_{YC}^2} \quad (18)$$

где t – коэффициент, определяющий долю возможного брака (%);

ε_{YC} – погрешность при изготовлении приспособления и сборки его установочных элементов, примем $\varepsilon_{YC} = 0,01$ мм;

ε_C – погрешность из-за ошибок установки приспособления на станке, примем $\varepsilon_C = 0,01$ мм;

ε_H – погрешность из-за износа установочных элементов:

$$\varepsilon_H = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times \frac{N_\phi}{N} \quad (19)$$

где I_0 – средний износ установочных элементов, $I_0 = 0,025$ мм при заданных параметрах;

K_1, K_2, K_3, K_4 – соответственно коэффициенты, учитывающие влияние материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок заготовки.

$$\varepsilon_H = 0,025 \times 0,91 \times 1 \times 1,32 \times 1 \times \frac{2000}{1000 \times 10^3} = 0,0006 \text{ мм}.$$

λ_1, λ_2 - коэффициенты, зависящие от кривой распределения.

$$\varepsilon_{IP} = 3 \sqrt{\frac{1}{3} 0,0006^2 + \frac{1}{9} 0,01^2 + 0,01} = 0,02 \text{ мм}.$$

ε_y - погрешность установки приспособления на рабочем органе станка, находится по формуле:

$$\varepsilon = a_1 + a_2 + a_3, \quad (20)$$

где a_1, a_2 , - величины смещений соответственно корпуса патрона, гильзы и цанги при их установке на рабочий орган станка, $a_1 = 0,0095$ мм.

Погрешность a_2 определяется как допуск на соосность расположения осей корпуса патрона и гильзы, $a_2 = 0,02$ мм.

Погрешность a_3 определяется как допуск на соосность расположения осей гильзы и цанги, $a_3 = 0,016$ мм.

$$\varepsilon_y = 0,0095 + 0,02 + 0,016 = 0,0455 \text{ мм},$$

Окончательно определяем погрешность установки приспособления:

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,02^2 + 0,0455^2} = 0,048 \text{ мм}.$$

Найденное значение ε_{yc} не должно превышать допуска перпендикулярности базовой поверхности к базовому отверстию – 0,05 мм. Видим, что $0,048 < 0,05$ мм. Это означает, что станочное приспособление обеспечит заданную точность размеров» [5].

3.4 Описание и работа конструкции приспособления

Разработанное приспособление предназначено для установки заготовки

при сверлильной операции, обеспечивая точную ориентацию и надежную фиксацию заготовки в соответствии с теоретической схемой базирования. Приспособление позволяет выполнять сверление двух отверстий 16 мм и четырех отверстий 18 мм.

Основой конструкции является базовый корпус 1, который служит опорной поверхностью для заготовки. Ориентация заготовки, включающей корпус цанги 2 и саму цангу 3, осуществляется с помощью базового корпуса 1, конусной втулки 4 и втулки 5. Гидроцилиндр 19, расположенный под плитой корпуса 1, обеспечивает силовое воздействие. Шток 6 гидроцилиндра передает усилие на конусную втулку 4 через сухари 7, что позволяет управлять процессом фиксации заготовки.

Принцип работы приспособления:

- базирование заготовки: заготовка устанавливается на плоскость базового корпуса 1, обеспечивая точное позиционирование;
- зажим заготовки: при подаче рабочей жидкости в верхнюю полость гидроцилиндра 19 поршень 9 перемещается вниз. Это движение передается через шток 6 и сухари 7 на конусную втулку 4, которая разжимает эластичные лепестки цанги 3. В результате заготовка центрируется и надежно фиксируется;
- раскрепление заготовки: для освобождения заготовки рабочая жидкость нагнетается в нижнюю полость гидроцилиндра 19, что приводит к обратному движению поршня 9 и снятию усилия с конусной втулки 4, освобождая заготовку.

Применение данного приспособления обеспечивает высокую точность и повторяемость при выполнении сверлильных операций, минимизируя отклонения и повышая производительность обработки.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Описание применения проектируемого инструмента

Конструктивные размеры комбинированного ступенчатого сверла с диаметрами ступеней 16, 30, 48 мм рассчитываются исходя из глубины обрабатываемых отверстий и требований к стойкости, жесткости, прочности и виброустойчивости инструмента. Для обеспечения оптимальных эксплуатационных характеристик предпочтительно выбирать сверло минимальной длины, соответствующее необходимой глубине обработки и серии.

4.2 Обоснование выбора материала режущей и хвостовой части сверла

Основная масса сверл изготавливается из быстрорежущих сталей, что обусловлено их оптимальным сочетанием прочности, износостойкости и термостойкости. Однако при обработке высокотвердых конструкционных сталей (45...56 HRC) и некоторых видов пластмасс применяются твердосплавные сверла, обеспечивающие необходимую стойкость.

В данном случае обрабатываемым материалом является чугун, что обуславливает выбор быстрорежущей стали Р6М5К5 (ГОСТ 19265-73) в качестве материала режущей части. Эта марка обладает повышенной теплостойкостью и износостойкостью за счет легирования кобальтом, что особенно важно при обработке чугуна, склонного к абразивному износу инструмента [13].

Учитывая высокую стоимость быстрорежущей стали, изготовление цельного сверла из Р6М5К5 экономически неоправданно. Поэтому принято следующее конструктивное решение, исполнение режущей части в виде коронки из быстрорежущей стали, припаянной к стеблю. Стебель изготовлен

из более дешевой легированной стали, что снижает себестоимость инструмента без ухудшения его прочностных характеристик. Крепежно-приводная часть представляет собой трубу, обеспечивающую внутренний подвод охлаждающей жидкости (СОЖ) для эффективного теплоотвода и удаления стружки, передачу крутящего момента от шпинделя станка к режущей части [12].

«Преимущества предложенной конструкции заключается в экономичности и соответственно снижении расхода дорогостоящей быстрорежущей стали, функциональности, так как внутренний подвод СОЖ повышает эффективность обработки и стойкость инструмента и технологичности модульная конструкция упрощает ремонт и замену изношенных элементов» [7].

Данное решение соответствует современным тенденциям проектирования металлорежущего инструмента, направленным на оптимизацию ресурсов при сохранении требуемых эксплуатационных характеристик.

4.3 Расчет, назначение конструктивных размеров сверла

«Длину каждой ступени определяет глубина обрабатываемых отверстий. Общая длина сверла характеризуется его серией. В связи с тем, что длина рабочей части сверла определяет его стойкость, жесткость, прочность и виброустойчивость, желательно во всех случаях выбирать сверло минимальной длины. Серия сверла должна быть выбрана таким образом, чтобы $l_{o \text{ ГОСТ}} \geq l_{o \text{ расч.}}$ » [11].

«Расчетная длина рабочей части сверла l_o , равна расстоянию от вершины сверла до конца стружечной канавки, может быть определена по формуле:

$$l_o = l_p + l_{\text{вых}} + l_d + l_v + l_{\text{п}} + l_k + l_{\text{ф}}, \quad (21)$$

где l_p - длина режущей части сверла $l_p = 110$ мм;

$l_{\text{вых}}$ - величина выхода сверла из отверстия $l_{\text{вых}} = 10$ мм;

l_d - толщина детали или глубина сверления $l_d = 60$ мм;

l_{π} - запас на переточку $l_{\pi} = \Delta l \cdot (i + 1)$;

Δl - величина, срезаемая за одну переточку, измеренная в направлении оси, $\Delta l = 1$ мм.;

i - число переточек $i = 100$.

$$l_{\pi} = 1 \cdot (100 + 1) = 101 \text{ мм};$$

$$l_0 = 110 + 10 + 60 + 101 = 280 \text{ мм}.$$

Диаметры отверстий коронки d_c выбирается в зависимости от диаметра сверла и инструментального материала [11]:

$$d_c = 7 \text{ мм.}, d_c = 5 \text{ мм}.$$

Ширина направляющих $f_d = 2$ мм.

Высота направляющих $h_d = 0,1$ мм» [11].

Выбор указанных размеров обеспечивает соответствие сверла требованиям ГОСТ, гарантирует необходимую жесткость и стойкость инструмента при обработке чугуна, а также минимизирует вибрации и повышает точность сверления.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В современном производственном цехе организован процесс механической обработки деталей с использованием передового оборудования, включающего станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и универсальные станки.

Данный процесс ориентирован на достижение высокой точности, производительности и качества выпускаемой продукции, при этом особое внимание уделяется безопасности труда работников.

«Рабочие места в цехе организованы с учетом эргономики, функциональности и безопасности. Каждое рабочее место представляет собой комплекс, включающий станок, оснастку, инструментальные шкафы, системы подачи материалов и удаления отходов, а также средства индивидуальной защиты (СИЗ)» [5].

Рабочие зоны четко разграничены для предотвращения пересечения потоков персонала и оборудования, что минимизирует риск аварийных ситуаций.

Каждое рабочее место оснащено:

- локальным освещением: светильники с регулируемым углом наклона и интенсивностью света, обеспечивающие оптимальную видимость обрабатываемой детали и исключающие блики;
- системами вентиляции: местные вытяжные устройства для удаления металлической пыли, паров смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и других загрязняющих веществ;
- подачей сжатого воздуха: используется для очистки станков и деталей от стружки, а также для работы пневматического инструмента;
- электроснабжением: все станки подключены к промышленной сети напряжением 380 В с заземлением и защитой от перегрузок.

Рабочие места регулярно проходят проверку на соответствие нормам охраны труда. Для удобства операторов предусмотрены антивибрационные коврики, снижающие нагрузку на опорно-двигательный аппарат, а также стулья с регулируемой высотой для работы в положении сидя при настройке оборудования.

В цехе применяются два основных типа станков: станки с ЧПУ; универсальные станки.

Все станки оборудованы системами автоматической подачи СОЖ, защитными кожухами и экранами, предотвращающими разлет стружки, а также датчиками контроля исправности. Для повышения энергоэффективности часть оборудования оснащена частотными преобразователями, которые регулируют потребление электроэнергии в зависимости от нагрузки.

Технологический процесс предусматривает использование смазочно-охлаждающей жидкости (5% раствор СОТС ВЭЛС-1) и моющего раствора на основе тринатрийфосфата, который подогревается до 60-70 градусов.

Инструмент хранится в специальных шкафах с маркировкой, что облегчает его учет и подбор.

Для продления срока службы инструмента применяются системы контроля износа и своевременной замены. Операторы проходят обучение по правильной установке и настройке инструмента, чтобы минимизировать вероятность поломок.

Готовая продукция упаковывается в специальные контейнеры, устойчивые к механическим повреждениям, и транспортируется на склад с помощью электропогрузчиков.

Погрузчики оснащены системами управления, обеспечивающими плавное движение и точное позиционирование. Для предотвращения повреждений деталей применяются прокладочные материалы, такие как пенопласт или картонные вставки. Все транспортные операции выполняются

в соответствии с графиком, что исключает накопление продукции в цехе и оптимизирует логистику.

При организации такого производства особое внимание уделяется безопасности работников.

Основные риски включают: возможность травм от движущихся частей станков и разлетающейся стружки, опасность поражения электрическим током, воздействие химических веществ и металлической пыли; шумовую и вибрационную нагрузку.

Главными причинами травматизма на рабочем месте чаще всего становятся недостаточное обучение персонала, нарушения правил эксплуатации оборудования, отсутствие или неисправность защитных ограждений, пренебрежение средствами индивидуальной защиты.

Для минимизации этих рисков на предприятии принимаются комплексные меры:

- все станки оборудуются защитными кожухами и экранами;
- регулярно проводятся инструктажи по технике безопасности;
- обеспечивается контроль за исправностью оборудования;
- работники снабжаются необходимыми средствами защиты;
- поддерживаются оптимальные санитарно-гигиенические условия.

Такой системный подход позволяет создать безопасные условия труда при сохранении высокой производительности производства.

Обучение и повышение квалификации:

- регулярно проводятся тренинги по оказанию первой помощи и действиям в чрезвычайных ситуациях;
- организуются курсы повышения квалификации для операторов ЧПУ, включая работу с новыми системами управления;
- внедряется система наставничества для новых сотрудников.

Для обеспечения стабильной и безопасной работы цеха внедрена система мониторинга и контроля, включающая:

- проверки состояния оборудования: ежедневные осмотры операторами и плановые технические проверки инженерами;
- контроль условий труда: измерение уровней шума, вибрации, освещенности, концентрации пыли и паров;
- анализ травматизма: ведется учет всех инцидентов, проводится анализ причин и разрабатываются корректирующие меры;
- обратная связь от персонала: созданы каналы для подачи предложений по улучшению безопасности, включая анонимные опросы.

Организация рабочего места в цехе механической обработки представляет собой сложный процесс, требующий интеграции современного оборудования, строгого соблюдения технологических норм и комплексного подхода к обеспечению безопасности труда.

Применение станков с ЧПУ и универсального оборудования, использование передовых режущих инструментов и СОЖ, а также оптимизация логистических процессов позволяют достигать высокой производительности и качества продукции.

В то же время особое внимание уделяется минимизации профессиональных рисков, включая травмы, воздействие химических веществ, шум и вибрацию.

Комплекс мер, включающий технические, организационные, организационные и санитарно-гигиенические меры, обеспечивает создание безопасных условий труда. Регулярное обучение персонала, контроль состояния рабочих мест и внедрение современных технологий позволяют поддерживать высокий уровень безопасности при сохранении эффективности производства [24], [26].

Такой системный подход к организации рабочего места и технологических операций не только отвечает требованиям современных стандартов, но и способствует устойчивому развитию предприятия,

повышению удовлетворенности сотрудников и снижению производственных рисков.

Таблица 7 - Идентификация опасных и вредных производственных факторов при изготовлении детали

Наименование опасного производственного фактора	Виды работ, оборудование, выполняемые операции
физические факторы: - передвигающиеся заготовки; - повышенная температура обрабатываемого материала; - повышенный уровень шума; - повышенный уровень вибрации; - опасный уровень напряжения в электрической цепи;	на операциях 010, 020, 030, 040 выполняя механическую обработку, т.е. при работе на токарном, фрезерном, сверлильном станках.
химические факторы: - общетоксический; - действующий через дыхательные пути	на операциях 020 фрезерной, 030,040 сверлильной при использованиях сож, на 060 моечной.
биологические факторы, т.е. биологические объекты, воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания отсутствуют.	—
психофизиологические факторы: - физические перегрузки; - нервно-психические перегрузки (монотонность труда)	на операциях механической обработки при перевыполнении нормы, при работе на станках

Воздействие на человека вибраций определяется их амплитудой и частотой [9].

Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие, которое ведет к снижению работоспособности, в первую очередь умственной, так как уменьшается концентрация внимания, увеличивается число ошибок, развивается утомление [17].

Такое состояние неблагоприятно отражается на сердечно-сосудистой системе: изменяется частота сердечных сокращений, повышается или понижается артериальное давление, повышается тонус и снижается кровонаполнение сосудов головного мозга.

Оформим перечень мероприятий позволяющих минимизировать отрицательное воздействие на здоровье человека в таблице 8.

Таблица 8 - Снижение воздействия на человека ОВПФ [20]

ОВПФ	Мероприятия по снижению	Технические средства
пары СОЖ	вентиляция (общеобменная, местная)	магистральные воздуховоды, вентиляторы, местные отсосы
повышенный уровень вибрации	специальные звукопоглощающие конструкции, средства индивидуальной защиты	виброизоляторы, рукавицы с вибропоглощающими упругими прокладками, обувь с амортизирующими подошвами
повышенный уровень шума	средства индивидуальной защиты	беруши, наушники
передвигающиеся изделия, материалы, заготовки	средства индивидуальной защиты	очки, спецодежда
повышенное значение напряжения в электрической цепи	заземление, средства индивидуальной защиты	рукавицы токоизоляционные, спецодежда
недостаточное искусственное освещение рабочей зоны	местное освещение, дополнительные источники света	лампочка, фонарик

Работа над разделом позволила сделать следующий вывод. Для нормальной и безопасной работы на участке изготовления детали осуществляется целый комплекс мероприятий по технике безопасности, обеспечивающий безаварийную эксплуатацию оборудования, безопасность обслуживающего персонала и окружающей среды.

6 Экономическая часть

В данном разделе представлено сравнение базового и проектируемого вариантов технологического процесса обработки детали, включающего токарную обработку и сверление отверстий.

Сравнение проводится по операциям 010 (токарная обработка), 030 и 040 (сверление отверстий), так как именно эти операции подвергаются изменениям в проектируемом варианте. Основные характеристики вариантов приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Токарная обработка выполняется на универсальном станке 16K40. Тип производства - серийный. Условия труда - нормальные. Форма оплаты труда – повременно-премиальная. Сверление отверстий на операциях 030, 040 выполняется на универсальном станке 24110Н7. На операции 030 обработка ступенчатого отверстия выполняется за шесть переходов, шестью различными инструментами. Тип производства - серийный. Условия труда - нормальные. Форма оплаты труда – повременно-премиальная.	Токарная обработка выполняется на станке с ЧПУ 16K40Ф305. Тип производства - серийный. Условия труда - нормальные. Форма оплаты труда – повременно-премиальная. Сверление отверстий на операциях 030, 040 выполняется на станке с ЧПУ 24110Н7. На операции 030 обработка ступенчатого отверстия выполняется за три перехода, тремя различными инструментами. Тип производства - серийный. Условия труда - нормальные. Форма оплаты труда – повременно-премиальная.

Базовый вариант:

- токарная обработка (операция 010) выполняется на универсальном токарном станке 16K40. Тип производства – серийный, условия труда – нормальные, форма оплаты труда – повременно-премиальная;
- сверление отверстий (операции 030 и 040) осуществляется на универсальном станке 24110Н7. На операции 030 обработка ступенчатого отверстия выполняется за шесть переходов с

использованием шести различных инструментов. Тип производства – серийный, условия труда – нормальные, форма оплаты труда – повременно-премиальная.

Проектируемый вариант:

- токарная обработка (операция 010) выполняется на станке с ЧПУ 16K40Ф305, что позволяет повысить точность и производительность обработки. Тип производства – серийный, условия труда – нормальные, форма оплаты труда – повременно-премиальная.
- сверление отверстий (операции 030 и 040) осуществляется на станке с ЧПУ 24110Н7. На операции 030 обработка ступенчатого отверстия оптимизирована и выполняется за три перехода с использованием трех различных инструментов, что сокращает время обработки и количество используемого инструмента. Тип производства – серийный, условия труда – нормальные, форма оплаты труда – повременно-премиальная.

«Основное различие между вариантами заключается в применении оборудования с ЧПУ в проектируемом варианте, что обеспечивает повышение эффективности технологического процесса за счет сокращения числа переходов и инструментов, а также увеличения автоматизации. Расчеты в дальнейшем будут проводиться только по операциям 010, 030 и 040, так как именно они изменяются в проектируемом варианте» [6].

В разделе 6 представлена методология экономического обоснования внедрения разработанного технологического процесса изготовления корпуса изделия из серого чугуна марки СЧ20 методом литья в землю. Основные характеристики материала и технологические параметры процесса подробно изложены в разделе 1 работы.

Для расчетов применялась методика, описанная в источнике [10], которая включает три ключевых направления.

Для экономического обоснования целесообразности внедрения

разработанного технологического процесса использована методика [10].

Расчет прямых капитальных затрат: стоимость оборудования (станки с ЧПУ, универсальные станки); затраты на технологическую оснастку; стоимость производственных площадей; расходы на монтаж и наладку.

Определение сопутствующих инвестиций: затраты на проектирование; расходы на подготовку производства; обучение персонала.

Расчет оборотных средств: стоимость материалов; затраты на энергоресурсы; расходы на эксплуатацию.

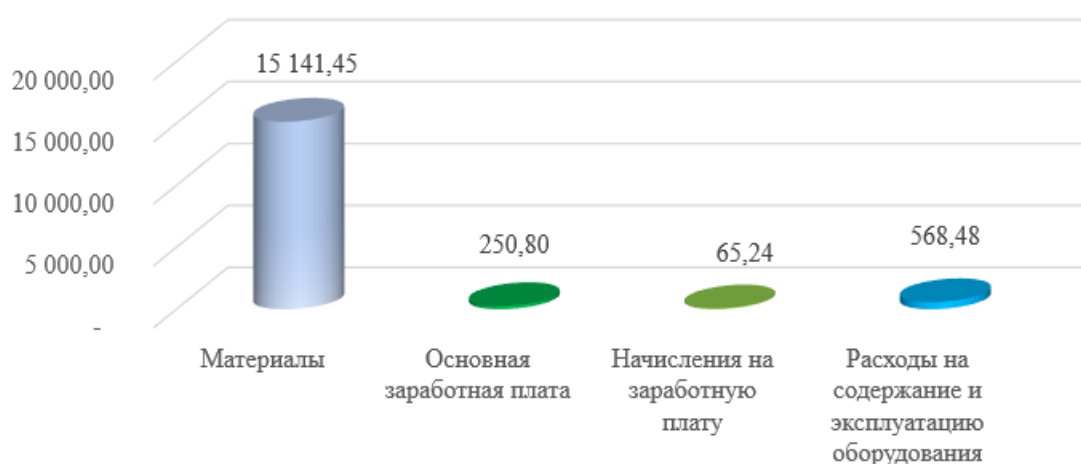


Рисунок 3 – Элементы технологической себестоимости, руб.

Расчеты выполнены с использованием Microsoft Excel, что обеспечило автоматизацию вычислений, минимизацию ошибок, возможность многовариантного анализа и визуализацию результатов.

На диаграмме распределения капитальных вложений (рисунок 3) показано, что основную долю затрат (около 60%) составляют приобретение оборудования и технологической оснастки, 25% инвестиций направлены на подготовку производства и модернизацию инфраструктуры, а оставшиеся 15% приходятся на оборотные средства и непредвиденные расходы.

На рисунке 3 представлена диаграмма распределения капитальных вложений, из которой следует, что основную долю затрат (около 60%)

составляют: приобретение оборудования и закупка технологической оснастки.

Значительная часть инвестиций (25%) направлена на подготовку производства, модернизацию инфраструктуры, а оставшиеся 15% составляют оборотные средства и непредвиденные расходы.



Рисунок 4 – Значение элементов капитальных вложений, руб.

Проведенные расчеты демонстрируют: общую сумму капитальных вложений в размере 2365545 рублей; срок окупаемости – 3,2 года; чистый дисконтированный доход - 856211 рублей; экономический эффект – около 240 000 рублей.

Полученные экономические показатели подтверждают целесообразность внедрения разработанного технологического процесса (рисунок 4). Дополнительно стоит отметить, что внедрение данного процесса позволит не только достичь экономической эффективности, но и повысить производственные показатели предприятия за счет модернизации оборудования и оптимизации технологических операций. Это создаст основу для дальнейшего развития производства и повышения конкурентоспособности продукции на рынке.

Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работы осуществлено комплексное исследование и разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус поворотного стола». Проведенный анализ позволил сформировать оптимальное технологическое решение, обеспечивающее соблюдение всех требований к качеству готового изделия при одновременной минимизации производственных издержек.

Проектирование специализированного станочного приспособления, отличающегося минимальной величиной погрешности базирования. Конструктивные решения были верифицированы посредством расчетных методов, включая: определение суммарной погрешности установки, анализ силовых факторов при обработке, оценку жесткости технологической системы.

Всестороннее исследование вопросов промышленной безопасности, в ходе которого был проведен количественный анализ опасных производственных факторов (шум, вибрация, запыленность), разработана система организационно-технических мероприятий по охране труда, выполнены расчеты эффективности предложенных защитных мер.

Научно-методическое обоснование повышения работоспособности режущего инструмента, включающее исследование влияния геометрических параметров на стойкость инструмента, анализ современных методов упрочнения режущих кромок, разработку рекомендаций по оптимизации режимов резания.

Экономический анализ, основанный на методах сравнительной оценки технико-экономических показателей, продемонстрировал существенную эффективность предложенных решений. Расчет чистого дисконтированного дохода (NPV) подтвердил экономическую целесообразность внедрения изменений с прогнозируемым годовым экономическим эффектом в около 240 000 рублей при сроке окупаемости 3,2 года.

Полученные результаты имеют значительный потенциал для практической реализации в условиях серийного машиностроительного производства и могут служить основой для дальнейших исследований в области оптимизации технологических процессов механической обработки.

Разработанные решения и рекомендации могут быть адаптированы для применения на других предприятиях машиностроительной отрасли, что способствует повышению общей производственной эффективности и конкурентоспособности. Кроме того, предложенные подходы к оптимизации технологических процессов и обеспечению промышленной безопасности открывают перспективы для создания унифицированных методик, применимых в различных производственных условиях.

Внедрение результатов данной выпускной квалификационной работы также способствует повышению экологической устойчивости производства за счет оптимизации расхода ресурсов и снижения воздействия вредных производственных факторов, что соответствует современным требованиям к устойчивому развитию и может быть использовано для дальнейшего совершенствования производственных систем.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. – 5-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1979. – 728 с.
2. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1995. 320 с.
3. Верещака А.С. Разработка методов комплексной поверхностной обработки. М. : Информэлектро, 1988. – 259 с.
4. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных специальных вузов. М. : Высшая школа, 1972. – 256 с.
5. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина. Тольятти : 2016. – 68 с.
6. Горфинкель В.Я. Экономика предприятия. М. : ЮНИТИ, 1996.
7. Дальский А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин. М. : Машиностроение, 1975. – 223 с.
8. Добрыдnev И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыдnev. М. : Машиностроение, 1985. – 184 с.
9. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 1985. – 824 с.
10. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога машиностроителя. М. : Машиностроение, Т 2. 1985. – 496 с.
11. Маталин А.А. Технология машиностроения. Л. : Ленингр. отд-ние : Машиностроение, 1985. – 496 с.
12. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. М. : Машиностроение, 1981. – 279 с.
13. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н Проектирование металлорежущих инструментов. М. : Машгиз, 1962.
14. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп.

М. : Машиностроение-1, 2001. – 912 с.

15. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение-1, 2001. – 944 с.

16. Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер. / Р. Таймингс. М. : Додэка-XXI, 2008. – 336 с.

17. Юдина Е.Я. Охрана труда в машиностроении. М. : Машиностроение, 1983.

18. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов. М. : Машиностроение, 1987. – 352 с.

19. Ящерицын П.И., Скорынин Ю.В. Технологическая и эксплуатационная наследственность и ее влияние на долговечность машин. Мн. : Наука и техника, 1978. – 120 с.

20. Ткачук К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982. – 231 с.

21. Davim J.P. Modern Machining Technology. A practical guide Woodhead Publishing, 2011. 412 p. (English).

22. Davim J.P. (ed.) Sustainable Machining. Springer, 2017. 82 p.

23. Davim J. Paulo (editor). Machining. Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008. 361 p.

24. Jackson Mark. Machining with Abrasives Springer, New York, 2011. 439 p. ISBN 978-1-4419-7301-6.

25. Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. – ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

26. Linke B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. – XVII, 265 p. – ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

Таблица А.1 – Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

777 3 112 02 00001

Продолжение таблицы А.1

2023-11-22 09:00

Продолжение таблицы А.1

56

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

62

Продолжение таблицы А.1

63

Приложение Б Спецификации

Таблица Б.1 – Спецификация к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № дробл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист	Лист	Листов
A1				Документация												
				Станочное приспособление	1											
				Детали												
б/ч		1		Втулка	1											
б/ч		2		Сухарь	2											
б/ч		3		Конусная втулка	1											
б/ч		4		Корпус	1											
б/ч		2		Корпус цанги	1											
б/ч		5		Цанга	1											
б/ч		6		Шток	1											
б/ч		7		Крышка	1											
б/ч		8		Поршень	1											
б/ч		9		Гидроцилиндр	1											
				Стандартные изделия												
		12		Гайка М27 ГОСТ 5946-70	1											
		11		Винт М10х22 ГОСТ 1491-80	3											
		12		Шайба 10 ГОСТ 9649-78	3											
		13		Шайба 10 ГОСТ 11648-75	3											
		14		Винт М10х35 ГОСТ 1491-80	4											
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата												
Разраб.	Васильева				Станочное приспособление											
Проб.	Воронов															
Н.контр.																
Утв.	Логинов				ТГУ, гр. ТМбдо-2101а											

Продолжение таблицы Б.1

Копировал

Формат А4