

Аннотация

Технологический процесс изготовления стакана консистометра.
Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства.
ТГУ Тольятти, 2021 г.

Выпускная квалификационная работа включает введение, пять разделов, заключение, список используемых источников и три приложения.

Во введении проводится краткий обзор области использования консистометра, обосновывается актуальность выбранной темы, формулируется цель выполнения выпускной квалификационной работы.

Первый раздел содержит краткий анализ имеющихся данных о служебном назначении детали и показателей технологичности рассматриваемой детали. На основе чего формулируются задачи работы.

Второй раздел является технологическим и содержит все необходимые сведения о проектируемом технологическом процессе. В частности, в данном разделе выбирается и проектируется заготовка детали, проектируется план изготовления детали, выбираются технологические средства оснащения техпроцесса и, с необходимой глубиной проработки, разрабатываются все технологические операции механической обработки.

Третий раздел является конструкторским и содержит результаты проектирования технологической оснастки и инструмента, направленные на совершенствование операций техпроцесса, которые по тем или иным причинам нуждаются в доработке.

Четвертый раздел содержит анализ безопасности выполнения проектируемого техпроцесса и его влияние на окружающую среду.

Пятый раздел содержит экономическую оценку предлагаемого варианта технологического процесса, а также мероприятий по его совершенствованию.

В заключении отражены основные результаты выполнения работы.

Данная работа содержит пояснительную записку в объеме 67 страниц и графическую часть в объеме 7 листов формата А1.

Abstract

Technological process of manufacturing the consistometer sleeve.
Department: Equipment and technologies of machine building production. TSU
Togliatti, 2021

The final qualifying work includes an introduction, five sections, a conclusion, a list of sources used, and three applications.

The introduction contains a brief overview the consistometer use field, the chosen topic relevance justification, and the final qualification work purpose formulates.

The first section contains the brief analysis the service purpose of part and the manufacturability indicators of the part under consideration. The work tasks are formulated on the basis of this.

The second section is technological and contains all the necessary information about the projected technological process. In particular, in this section, the workpiece of the part is selected and designed, the part plan for manufacturing is designed, the technological means of equipping the technical process are selected and, with the necessary detailed research, all technological operations of mechanical processing are developed.

The third section is a design section and contains the technological equipment and tools design results, aimed at improving the technical process operations, which for some reasons need to be improved.

The fourth section contains an analysis of the planned technical process safety and its impact on the environment.

The fifth section will contain an economic assessment of the technological process proposed version, as well as measures to improve it.

The conclusion reflects the main results of the work.

This work contains an explanatory note in the volume of 67 pages and a graphic part in the volume of 7 sheets of A1 format.

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.....	11
1.4 Задачи работы	12
2 Разработка технологии изготовления	14
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	14
2.2 Разработка плана изготовления детали	24
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	26
2.4 Проектирование операций технологического процесса	29
3 Разработка специальной технологической оснастки	31
3.1 Разработка цангового патрона	31
3.2 Разработка токарного резца.....	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта	40
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта	40
4.2 Идентификация профессиональных рисков	41
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	42
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	44
5 Экономическая эффективность работы	46
Заключение	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация.....	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	65

Введение

В строительной отрасли эксплуатационные характеристики бетонных конструкций зависят от характеристик цементного раствора, из которых они изготовлены. Определяющую роль в формировании данных характеристик играет время загустевания раствора, которое зависит от его консистенции.

Определение консистенции производится специальными приборами, которые называются консистометры. В основу работы данного прибора положен принцип определения крутящего момента, возникающего на лопастях измерительного устройства, при вращении стакана с помещенным в нем цементным раствором. При загустевании раствора момент увеличивается, тем самым увеличивая угол закручивания измерительной пружины, соединенной с валом лопастей. Деформация пружины посредством преобразующего устройства позволяет судить о консистенции бетонного раствора в данный момент времени.

Конструкция консистометра достаточно простая, однако, в связи с высокими эксплуатационными требованиями к данному устройству, необходимо обеспечить заданную точность изготовления его деталей и их технические характеристики. Решение данных задач возможно только на этапах изготовления деталей, узловой и полной сборки. Эффективность технологии изготовления каждой детали определяется, прежде всего, ее экономическими показателями в соответствии с имеющимися производственными условиями.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо решить задачу проектирования максимально эффективного, с точки зрения экономических показателей, технологического процесса изготовления стакана консистометра в конкретных производственных условиях с обеспечением заданных качественных и количественных показателей.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Основным функциональным назначением стакана консистометра является установка подшипников вала механизма привода вращения лопастного устройства. Стакан устанавливается в корпусе по наружной цилиндрической поверхности и торцу, что обеспечивает заданную точность его расположения в механизме консистометра.

Условия эксплуатации характеризуются незначительными нагрузками циклического характера, возникающими под действием крутящего момента от вращения лопастного устройства. Величина данного момента зависит от консистенции и химического состава испытываемого образца бетонного раствора и в пиковых значениях может привести к повреждению элементов лопастного устройства и его привода, в том числе и рассматриваемого стакана. Это накладывает определенные требования не только на размерные параметры детали, но и на характеристики ее материала и поверхностного слоя.

В соответствии с техническим паспортом консистометра его эксплуатация предусматривается в условиях нормальной температуры близкой к 20 градусам Цельсия в закрытых помещениях стационарных или передвижных лабораторий. При этом в процессе работы не происходит выделения большого количества теплоты, поэтому негативное влияние температурного режима на работу стакана отсутствует.

В процессе эксплуатации возможно попадание на деталь испытываемого раствора, который обладает достаточно агрессивными химическими свойствами, а также содержит в составе абразивные частицы. Это может привести к возникновению очагов коррозии и локальным повреждениям поверхностей в виде царапин и задиров.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что предполагаемые условия эксплуатации стакана являются умеренно агрессивными и не потребуют применения специальных сталей и сплавов, а также применения нестандартных и дорогостоящих методов изготовления детали.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Технологическими показателями детали согласно данным [24] являются: характеристики материала, характеристики конструкции детали, характеристики заготовки, характеристики базирования и закрепления на операциях механической обработки. Технологичность детали считается удовлетворительной, если деталь отвечает требованиям технологичности по всем четырем группам характеристик. В противном случае рекомендуется по возможности пересмотреть те характеристики, которые являются неудовлетворительными.

«Определение технологических характеристик материала детали основано на анализе его химического состава и физико-механических характеристик. Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71 имеет химический состав и физико-механические свойства, представленные в таблицах 1 и 2 соответственно» [29].

Таблица 1 – «Химический состав стали 40ХГНМ» [29]

Элемент	Углерод	Хром	Марганец	Никель	Молибден	Кремний
Содержание %	0,37-0,43	0,6-0,9	0,5-0,8	0,5-0,8	0,15-0,25	0,17-0,37

Также в химический состав рассматриваемой стали входят вещества не указанные в маркировке: сера и фосфор в объеме 0,035% каждый, а также медь в объеме 0,3%.

Таблица 2 – «Физико-механические свойства стали 40ХГНМ» [29]

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение, %	Твердость по Бринеллю
550	780	12	40	240-250

С точки зрения технологичности важны не сами характеристики материала, а коэффициенты обрабатываемости инструментальными материалами, которые обеспечиваются данными свойствами. В данном случае коэффициенты составляют 0,95 и 0,85 для быстрорежущей стали и твердого сплава соответственно [6]. Это говорит о высокой технологичности материала детали.

Технологические характеристики конструкции детали зависят от ее конфигурации, а также от служебного назначения поверхностей, что обуславливает их требуемую точность и требования к характеристикам поверхностного слоя.

Конструктивно деталь состоит из набора наружных и внутренних цилиндрических поверхностей в основном соосных друг относительно друга. При этом размеры всех конструктивных элементов детали приняты по стандартизированному нормальному ряду. Это позволяет применять для получения поверхностей детали стандартные методы механической обработки, такие как, точение, шлифование, сверление и так далее, а также универсальный и стандартизированный режущий инструмент [12].

Поверхности детали по служебному назначению классифицируются с использованием методики [1]. В соответствии с данной методикой выявляются наиболее ответственные поверхности, которые составляют основные и вспомогательные конструкторские базы, а также исполнительные поверхности. Данные поверхности необходимо проверить на соответствие их служебному назначению требований к точности их изготовления и геометрических характеристик. Количество данных поверхностей также

влияет на технологические характеристики конструкции детали. Чем их больше, тем данные характеристики хуже, так как для их получения требуются точные и дорогостоящие операции механической обработки.

На рисунке 1 приведен эскиз стакана, на основании которого и чертежа детали, приведенного в графической части работы, выполнена классификация поверхностей (таблица 3).

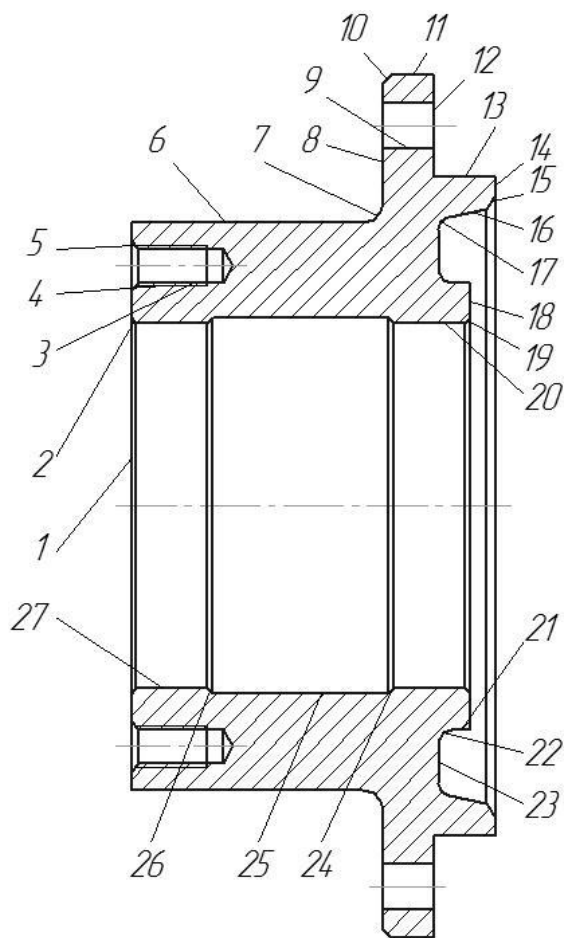


Рисунок 1 – Эскиз стакана

Таблица 3 – «Классификация поверхностей» [1]

Вид поверхности	Номер поверхности
«Основная конструкторская база» [1]	12, 13
«Вспомогательная конструкторская база» [1]	4, 9
«Исполнительная поверхность» [1]	20, 27
«Свободные поверхности» [1]	все остальные

Анализ приведенной классификации показывает, что количество ответственных поверхностей, требующих дорогостоящих высокоточных операций невелико. В данном случае снизить требования к этим поверхностям не представляется возможным, так как это ухудшит эксплуатационные характеристики всего узла, что недопустимо.

В целом технологические характеристики конструкции детали можно оценить как приемлемые.

Технологические характеристик заготовки для получения рассматриваемой детали зависят от метода ее получения, точности и близости формы к готовой детали [13, 32].

Исходя из формы детали, ее габаритных размеров и используемого материала наиболее приемлемыми методами получения заготовки в данном случае являются различные способы штамповки и прокат [13]. Выбор конкретного метода и способа получения зависит от типа производства и экономических показателей сравниваемых вариантов. Применения специальных методов получения заготовки в данном случае не требуется.

Форма заготовки зависит от метода ее получения, выбор которого обосновывается с использованием экономических показателей, поэтому ее можно считать оптимальной для каждого конкретного случая и излишнее ее уточнение нецелесообразно.

Точность заготовки также определяется методом ее получения. Исходя из тех методов, которые приемлемы в данном случае, точности заготовительной операции будет недостаточно для достижения требуемых параметров поверхностей детали и требуется механическая обработка всех поверхностей.

Анализ показал хорошие технологические характеристики заготовки.

Оценка характеристик базирования и закрепления на операциях механической обработки производится с использованием данных [20].

На операциях механической обработки для базирования заготовки применимы типовые схемы с реализацией при помощи явных баз. Это не

потребуется создания дополнительных поверхностей, а также упростит соблюдение принципов единства и постоянства баз при механической обработке. Реализация таких схем возможно стандартными и нормализованными станочными приспособлениями, что существенно удешевляет технологические операции и упрощает их проектирование.

В данном случае характеристики базирования и закрепления на операциях механической обработки можно считать оптимальными.

Анализ технологичности в соответствии с выбранными критериями показал, что деталь отвечает всем критериям и может считаться технологичной.

1.3 Анализ типа производства

Анализ типа производства производится с использованием методики [4, 34]. Сначала необходимо определить тип производства. «Существуют пять типов производства: единичное, мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное и массовое. Методика определения типа производства подразумевает знание годовой программы выпуска детали и ее массу» [4]. Выбор типа производства зависит от сочетания данных параметров [4]. В данном случае годовая программа выпуска детали 10000 штук в год, а ее масса 4 кг. Это соответствует среднесерийному типу производства.

Характерные особенности данного типа производства следующие. Технологический процесс выстраивается по непоточной форме организации, что обусловлено широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и необходимостью изготавливать изделия периодически повторяющимися партиями.

В связи с необходимостью разработки большого количества технологических процессов, а также ограниченности технологической подготовки производства по времени среднесерийному производству присущи следующие особенности. Технологический процесс проектируется

на основе типовых технологических процессов в виде маршрутной технологии с добавлением операционной технологии для наиболее ответственных и сложных операций. Основные припуски на обработку определяются статистическим методом. Исключение составляют самые точные поверхности, что вызывает необходимость применения расчётно-аналитического метода. Определение режимов резания и нормирование операций осуществляется с использованием расчётно-аналитических методик и статистических данных.

Необходимость обеспечения быстрой переналадки оборудования, его гибкости и максимального снижения затрат на изготовление деталей приводит к необходимости как можно более широкого применения универсальных, стандартизированных и нормализованных оборудования, режущего инструмента, технологической оснастки и средств контроля.

Проведенный анализ типа производства позволил выявить его основные особенности, которые необходимо учесть при дальнейшем проектировании технологического процесса и постановке задач работы.

1.4 Задачи работы

Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации, анализ технологических показателей детали, а также анализ типа производства позволяют поставить задачи, которые необходимо выполнить в ходе выполнения выпускной квалификационной работы.

Первая задача заключается в проектировании оптимальной для данных производственных условий заготовки. Решение этой задачи возможно путем выбора метода получения заготовки на основе применения экономического сравнения возможных вариантов, а также обеспечения минимальных припусков и напусков в конструкции заготовки.

Вторая задача заключается в проектировании технологии изготовления детали, которая позволит изготавливать необходимое количество деталей

заданного качества за минимальное количество технологических переходов. Решение данной задачи возможно путем разработки маршрута обработки на базе типовых маршрутов, а также применения схем базирования разработанных с соблюдением основных принципов базирования.

Третья задача заключается в выборе средств технологического оснащения отвечающих типу производства. Это позволит максимально снизить затраты на средства оснащения и обеспечить максимальную производительность при минимальных затратах за счет применения оптимальных решений.

Четвертая задача заключается в подробном проектировании технологических операций. Для этого необходимо рассчитать режимы резания и провести нормирование технологических операций в соответствии с выбранными условиями проектирования. Решение данной задачи позволит выявить лимитирующие операции, а также выявить операции, имеющие какие-либо технические недостатки.

Пятая задача заключается в проектировании специального станочного приспособления и режущего инструмента. Это позволит модернизировать лимитирующие операции, а также устранить выявленные технические недостатки на соответствующих операциях технологического процесса.

Шестая задача заключается в анализе полученного технологического процесса на предмет безопасности его выполнения и влияния его на экологию. Для этого необходимо произвести анализ соответствующих производственных факторов и разработать ряд мероприятий, направленных на устранение выявленных недостатков.

Седьмая задача заключается в определении экономических показателей спроектированного технологического процесса, которые должны показать эффективность предлагаемых технических решений.

Решение поставленных задач представлено в последующих разделах данной выпускной квалификационной работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Обоснование выбора заготовки заключается в определении наиболее экономически эффективного метода получения заготовки из доступных для данной детали методов. Как отмечалось в ходе анализа исходных данных, количество возможных вариантов методов получения заготовки ограничено прокатом и различными методами штамповки, что связано с особенностями материала детали и ее конструктивными особенностями. Для исключения заведомо неэффективных вариантов получения заготовки необходимо учесть рекомендации [7]. Исходя из данных рекомендаций, метод получения заготовки отрезкой из проката следует исключить как наименее эффективный в данных производственных условиях. Из методов штамповки наиболее приемлемы в данном случае штамповка на горизонтально-ковочной машине и кривошипном горячештамповочном прессе. Примем их для дальнейшего экономического сравнения, выполняемого по методике [7].

Принятая методика предусматривает сравнение общих затрат на получение детали из заготовок, получаемых данными методами, рассчитанных по формуле:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

«где C_{zi} – полная стоимость получения заготовки, руб.;

$C_{обри}$ – полная стоимость механической обработки, руб.;

i – вариант получения заготовки» [7].

Значение i равное 1 соответствует штамповке на горизонтально-ковочной машине, i равное 2 штамповке на кривошипном горячештамповочном прессе

Расчет полной стоимости получения заготовки выполняется по

формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

«где C_{mi} – цена материала за тонну, руб.;

M_{zi} – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент, определяемый способом получения заготовки;

K_T – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент, определяемый сложностью получения заготовки» [7].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле» [7]:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

«где M_d – масса детали, кг;

K_p – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [7].

«Расчет массы детали выполняется по формуле» [7]:

$$M_d = V \cdot \rho, \quad (4)$$

«где V – объем детали, м³;

ρ – плотность материала, кг/м³» [7].

Масса детали, определенная по формуле (4), составит:

$$M_d = \frac{\pi}{4} [(0,112^2 - 0,072^2) \cdot 0,05 + (0,17^2 - 0,13^2) \cdot 0,01 + (0,13^2 - 0,072^2) \cdot 0,022 - (0,124^2 - 0,088^2) \cdot 0,012] \cdot 7850 = 4,0 \text{ кг.}$$

По формуле (3) определяем массу заготовок для каждого из сравниваемых методов получения заготовок.

$$M_{31} = 4,0 \cdot 1,6 = 6,37 \text{ кг.}$$

$$M_{32} = 4,0 \cdot 1,7 = 6,8 \text{ кг.}$$

По формуле (2) выполняем расчет полной стоимости получения заготовки для каждого из сравниваемых методов получения заготовок.

$$C_{31} = \frac{38000 \cdot 6,37}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 261,42 \text{ р.}$$

$$C_{32} = \frac{38000 \cdot 6,8}{1000} \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 302,33 \text{ р.}$$

«Расчет полной стоимости механической обработки выполняется по формуле» [7]:

$$C_{\text{обр}i} = \frac{C_{\text{уд}} \cdot \left(\frac{1}{K_{\text{им}i}} - 1\right) \cdot M_d}{K_o}, \quad (5)$$

«где $C_{\text{уд}}$ – удельная стоимость обработки, руб./кг;

$K_{\text{им}i}$ – коэффициент использования материала;

K_o – коэффициент обрабатываемости материала» [7].

$$C_{\text{обр}1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,63} - 1\right) \cdot 4,0}{0,85} = 110,55 \text{ р.}$$

$$C_{\text{обр}2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,59} - 1\right) \cdot 4,0}{0,85} = 130,81 \text{ р.}$$

«Общие затрат на получение детали из заготовок, получаемых сравниваемыми методами рассчитываем по формуле (1)» [7].

$$C_1 = 261,42 + 110,55 = 371,97 \text{ р.}$$

$$C_2 = 302,33 + 130,81 = 433,14 \text{ р.}$$

«Проведенные расчеты показали, что метод получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие экономические показатели, поэтому данный метод получения заготовки примем для дальнейшего проектирования» [7].

«В соответствии с принятой методикой проектирования заготовки далее необходимо определить припуски на обработку» [7]. Для этого необходимо знать маршруты обработки всех поверхностей. Выбор маршрута

поверхностей зависит от их параметров точности и требуемого качества поверхностного слоя. Следует учесть, что достижение одних и тех же параметров возможно сочетанием различных методов обработки. Окончательный выбор зависит от конкретных производственных условий и производится по рекомендациям [11]. В таблице 4 приведены результаты выбора маршрутов обработки поверхностей.

Таблица 4 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Требуемая шероховатость Ra , мкм	Требуемый квалитет точности	Последовательность обработки
1	плоская	1,6	10	т, тч, то, ш
2	коническая внутренняя	12,5	12	тч, то
3	цилиндрическая внутренняя	12,5	12	с, то
4	резьбовая	12,5	12	рн, то
5	коническая внутренняя	12,5	12	с, то
6	цилиндрическая	12,5	12	т, то
7	цилиндрическая	12,5	12	т, то
8	плоская	12,5	12	т, то
9	цилиндрическая внутренняя	12,5	12	с, то
10	коническая	12,5	12	тч, то
11	плоская	12,5	12	т, то
12	плоская	6,3	10	т, тч, то
13	цилиндрическая	2,5	8	т, тч, то, ш
14	плоская	1,6	10	т, тч, то, ш
15	коническая внутренняя	12,5	12	тч, то
16	цилиндрическая внутренняя	12,5	12	т, то
17	цилиндрическая внутренняя	12,5	12	т, то
18	плоская внутренняя	12,5	12	т, то
19	коническая внутренняя	12,5	12	тч, то
20	цилиндрическая внутренняя	0,8	7	т, тч, то, ш, шч

Продолжение таблицы 4

Номер поверхности	Форма поверхности	Требуемая шероховатость Ra , мкм	Требуемый квалитет точности	Последовательность обработки
21	цилиндрическая внутренняя	12,5	12	т, то
22	цилиндрическая внутренняя	12,5	12	т, то
23	плоская внутренняя	12,5	12	т, то
24	коническая внутренняя	12,5	12	тч, то
25	цилиндрическая внутренняя	12,5	12	т, то
26	коническая внутренняя	12,5	12	тч, то
27	цилиндрическая внутренняя	0,8	7	т, тч, то, ш, шч

В таблице 4 приняты следующие обозначения: т – метод обработки черновым точением; тч – метод обработки чистовым точением; то – термические методы обработки, такие как закалка и отпуск; ш – метод обработки черновым шлифованием; шч – метод обработки чистовым шлифованием; с – метод обработки сверлением.

Зная маршруты обработки для каждой поверхности, определяем припуски на механическую обработку каждой из поверхностей. Анализ типа производства, проведенный ранее, показал, что определение припусков на точные и ответственные поверхности необходимо производить с применением расчетно-аналитической методики [26]. Это обеспечит необходимую точность расчетов. По чертежу детали и классификации поверхностей, проведенной ранее, делаем вывод о том, что расчет необходимо произвести для поверхности диаметром $72H7(^{+0,03})$.

На первом этапе определяется минимальный припуск для каждого метода обработки в соответствии с последовательностью их выполнения по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

«где a_{i-1} – величина поверхностного слоя, имеющего дефекты структуры, полученные в результате выполнения предыдущего перехода, мм;

Δ_{i-1} – величина суммарных пространственных отклонений поверхности, полученных в результате выполнения предыдущего перехода, мм;

ε_i – погрешность установки заготовки данного перехода, мм» [26].

«Ниже приведены результаты расчета минимальных припусков» [26].

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{1,000^2 + 0,025^2} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,100^2 + 0,025^2} = 0,763 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{то} + \sqrt{\Delta_{то}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,040^2 + 0,020^2} = 0,295 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,090 + \sqrt{0,016^2 + 0,020^2} = 0,155 \text{ мм.}$$

«На втором этапе определяется максимальный припуск для каждого метода обработки в соответствии с последовательностью их выполнения по формуле» [26]:

$$z_{i max} = z_{i min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (7)$$

«где TD_i – допуск выполнения размера на данном переходе, мм;

TD_{i-1} – допуск выполнения размера на предыдущем переходе, мм» [26].

«Ниже приведены результаты расчета максимальных припусков» [26].

$$\begin{aligned} z_{1 max} &= z_{1 min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,691 + 0,5 \cdot (2,800 + 0,3000) = \\ &= 2,850 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 max} &= z_{2 min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,763 + 0,5 \cdot (0,430 + 0,100) = \\ &= 1,028 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{T0} + TD_3) = 0,295 + 0,5 \cdot (0,180 + 0,039) = 0,405 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,155 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,25) = 0,187 \text{ мм.}$$

На третьем этапе определяется средний припуск для каждого метода обработки в соответствии с последовательностью их выполнения по формуле:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8)$$

«Ниже приведены результаты расчета средних припусков» [26].

$$z_{ср1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (2,850 + 1,300) = 2,075 \text{ мм.}$$

$$z_{ср2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (1,028 + 0,763) = 0,896 \text{ мм.}$$

$$z_{ср3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,405 + 0,295) = 0,350 \text{ мм.}$$

$$z_{ср4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,187 + 0,155) = 0,171 \text{ мм.}$$

На четвертом этапе производится расчет минимального, максимального и среднего операционных размеров для каждого метода обработки в соответствии с последовательностью их выполнения.

«Величина максимального операционного размера определяется по формуле» [26]:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (9)$$

«Величина минимального операционного размера определяется по формуле» [26]:

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}. \quad (10)$$

«Величина среднего операционного размера определяется по формуле» [26]:

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i \text{ max}} + D_{i \text{ min}}). \quad (11)$$

В технологическом процессе предусмотрена операция термической обработки, поэтому в данном случае необходимо учесть влияние на минимальный операционный размер предшествующего термической операции перехода вследствие влияния фазовых превращений. «Минимальный операционный размер рассчитывается по формуле» [26]:

$$D_{(i-1) \text{ max}} = D_{\text{то max}} \cdot 0,999. \quad (12)$$

«Ниже приведены результаты расчетов» [26].

$$D_{4 \text{ max}} = 72,030 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ min}} = 72,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{4 \text{ max}} + D_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (72,030 + 72,000) = 72,015 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ max}} = D_{4 \text{ max}} - 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 72,030 - 2 \cdot 0,187 = 71,656 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ min}} = D_{3 \text{ max}} - TD_3 = 71,656 - 0,010 = 71,556 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \text{ max}} + D_{3 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (71,656 + 71,556) = 71,606 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то max}} = D_{3 \text{ max}} - 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 71,656 - 2 \cdot 0,405 = 70,647 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то min}} = D_{\text{то max}} - TD_3 = 70,647 - 0,018 = 70,476 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то ср}} = 0,5 \cdot (D_{\text{то max}} + D_{\text{то min}}) = 0,5 \cdot (70,647 + 70,476) = \\ = 70,562 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ max}} = D_{\text{то max}} \cdot 0,999 = 70,476 \cdot 0,999 = 70,394 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ min}} = D_{2 \text{ max}} - TD_2 = 70,394 - 0,100 = 70,294 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (70,394 + 70,294) = 70,344 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ max}} = D_{2 \text{ max}} - 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 70,394 - 2 \cdot 1,028 = 68,338 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ min}} = D_{1 \text{ max}} - TD_1 = 68,338 - 0,300 = 68,038 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2\text{ max}} + D_{2\text{ min}}) = 0,5 \cdot (68,338 + 68,038) = 68,188 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{ max}} = D_{1\text{ max}} - 2 \cdot z_{1\text{ min}} = 68,338 - 2 \cdot 2,850 = 62,638 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{ min}} = D_{0\text{ max}} - TD_0 = 62,638 - 2,800 = 59,838 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2\text{ max}} + D_{2\text{ min}}) = 0,5 \cdot (62,638 + 59,838) = 61,238 \text{ мм.}$$

На заключительном этапе расчета необходимо определить суммарные припуски на обработку.

«Суммарный минимальный припуск определяется по формуле» [26]:

$$2z_{\text{min}} = D_{4\text{ max}} - D_{0\text{ min}}. \quad (13)$$

«Максимальный общий припуск определяется по формуле» [26]:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} + TD_0 + TD_4. \quad (14)$$

«Значение среднего общего припуска определяется по формуле» [26]:

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (2z_{\text{min}} + 2z_{\text{max}}). \quad (15)$$

«Ниже приведены результаты расчетов» [26].

$$2z_{\text{min}} = 72,030 - 69,838 = 12,192 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{max}} = 12,192 + 2,800 + 0,030 = 15,022 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (12,192 + 15,022) = 13,607 \text{ мм.}$$

В соответствии с принятой методикой проектирования для определения припусков на менее ответственные поверхности используется статистический метод [28]. Минимальное значение припуска в этом случае определяются исходя из статистических данных в зависимости от размера обрабатываемой поверхности и метода механической обработки. Максимальное значение припуска определяется по формуле (7), а среднее значение припуска по формуле (8). Для удобства дальнейшего использования информации представим полученные результаты в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Припуски на обработку поверхностей детали

Номер поверхности	Метод обработки	Значение минимального припуска, мм	Значение максимального припуска, мм	Значение среднего припуска, мм
1	точение черновое	1,8	3,35	2,575
	точение чистовое	0,8	1,01	0,905
	шлифование черновое	0,4	0,52	0,46
6	точение черновое	2,3	4,075	3,188
7	точение черновое	2,2	3,555	2,878
8	точение черновое	2,2	3,555	2,878
11	точение черновое	2,8	4,8	3,8
12	точение черновое	2,2	3,6	2,9
	точение чистовое	1,0	1,21	1,105
13	точение черновое	2,8	4,6	3,7
	точение чистовое	0,3	0,58	0,44
	шлифование черновое	0,1	0,211	0,156
14	точение черновое	2,2	3,75	2,975
	точение чистовое	1,0	1,21	1,105
	шлифование черновое	0,5	0,62	0,56
16	точение черновое	2,3	4,1	3,2
17	точение черновое	1,8	3,7	2,75
21	точение черновое	2,3	3,875	3,088
22	точение черновое	1,8	3,2	2,5
23	точение черновое	1,8	3,2	2,5

Имея значения припусков на обработку поверхностей для каждого перехода, выполняется проектирование заготовки. Для этого к размерам

поверхностей детали прибавляются суммарные припуски на обработку для каждой поверхности. Затем по ГОСТ 7505-89 [9] определяются характеристики заготовки. Исходя из полученных значений характеристик заготовки, определяются технологические напуски, которые возникают вследствие появления дополнительных слоев материала, обусловленных технологией получения заготовки и упрощения ее формы. Также по полученным значениям характеристик заготовки определяются допуски на каждый размер. Результаты проектирования заготовки оформляются в виде соответствующего чертежа с учетом требований [28].

2.2 Разработка плана изготовления детали

В соответствии с результатами проведенного ранее анализа исходных данных для проектирования плана изготовления рекомендуется использовать типовые технологические процессы изготовления деталей [3, 4, 11, 31].

План изготовления строится на базе маршрута изготовления детали. Алгоритм разработки маршрута изготовления детали следующий.

Для выбора типового маршрута изготовления деталь относится к одному из известных классов.

Далее выбирается один из известных типовых маршрутов изготовления. Также в качестве типовых могут быть использованы маршруты, разработанные на производстве ранее. Типовой маршрут должен отвечать ряду требований. Во-первых, детали должны относиться к одному классу. Во-вторых, быть максимально похожи конструктивно и иметь близкие размеры. В-третьих, материал деталей должен быть максимально приближен по химическому составу и физическим свойствам. В-четвертых, типовая деталь должна быть избыточна с точки зрения наличия поверхностей, то есть иметь максимально возможное сочетание различных поверхностей.

Затем проводится анализ принятого типового маршрута обработки

путем удаления лишних технологических переходов. В отдельных случаях, путем добавления недостающих технологических переходов.

Разработанный маршрут изготовления для рассматриваемой детали представлен в таблице 6.

Таблица 6 – «Маршрут изготовления детали» [1]

Номер и наименование операций	Поверхности	Технологические переходы
005 Токарная	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22	точение
010 Токарная	1, 6, 7, 8	точение
015 Сверлильная	3, 4, 5, 9	сверление
020 Токарная	12, 13, 14, 19	точение
025 Токарная	1, 2, 10, 20, 23, 24, 25, 26	точение
030 Термическая	все	термическая обработка
035 Плоскошлифовальная	1, 14	шлифование
040 Внутришлифовальная	20, 23	шлифование
045 Круглошлифовальная	13	шлифование
050 Внутришлифовальная	20, 23	шлифование
055 Моечная	все	
060 Контрольная	все	

«Имея маршрут изготовления детали, проектируется план ее изготовления, который представляет собой графический документ, оформленный в соответствии с требованиями» [1]. Также результаты проектирования представляются в виде технологической документации (приложение А). Алгоритм проектирования плана изготовления следующий.

На основе имеющегося маршрута изготовления формируются технологические операции, содержание которых планируется в соответствии с рекомендациями [20, 35].

Далее для каждой операции разрабатывается теоретическая схема базирования в соответствии с рекомендациями [28, 30]. Результаты данного этапа отражаются на плане изготовления детали.

Затем, исходя из теоретических схем базирования и особенностей предполагаемых средств технологического оснащения, рассчитываются и

проставляются операционные размеры. Результаты выполнения данного этапа отражаются на плане изготовления, в маршрутной карте, на картах эскизов и на технологических наладках.

После этого рассчитываются операционные допуски, которые отражаются во всей технологической документации перечисленной выше.

Спроектированный план изготовления для изготовления рассматриваемой детали представлен в графической части данной выпускной квалификационной работы.

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Результаты выбора оборудования и средств технологического оснащения оказывают влияние на структуру технологического процесса, время выполнения операций, точность обработки, а также на экономические показатели.

Анализ исходных данных показал, что для среднесерийного типа производства необходимо как можно более широко применять универсальные, стандартизированные и нормализованные оборудование, режущие инструменты, технологическую оснастку и средства контроля. Кроме этого следует учитывать конструктивные особенности детали, возможность обеспечения принятых методов достижения точности обработки, разработанные ранее структуры технологических операций и необходимые к реализации схемы базирования на операциях.

Конкретные модели и типоразмеры оборудования и технологической оснастки выбираются по каталогам фирм-изготовителей и справочным данным [14, 15, 16, 17, 19, 22, 27, 33]. Результаты выбора оформлены в таблице 7.

Таблица 7 – Выбор оборудования и средств технологического оснащения

Номер и наименование операций	Принятое оборудование	Принятые металлорежущие инструменты	Принятые контрольные средства	Принятая станочная оснастка
005 Токарная	токарный с ЧПУ HAAS GT10	резец расточной TNMX 16 04 08-WMX, резец контурный специальный TNMG 16 04 08-PR	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80
010 Токарная	токарный с ЧПУ HAAS GT10	резец контурный специальный TNMG 16 04 08-PR	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ24351-80-
015 Сверлильная	вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF 1	сверло спиральное R840-0900-30-A0A, сверло спиральное R841-0685-30-A1A GC1220, метчик 326R06-B15050VM-TN GC1025	калибр, нутромер НМ-15 ГОСТ10-88	оправка цанговая специальная
020 Токарная	токарный с ЧПУ HAAS GT10	резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF, резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, микрометр МК-150 ГОСТ 6507-90	оправка цанговая специальная
025 Токарная	токарный с ЧПУ HAAS GT10	резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF, резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80
030 Термическая				

Продолжение таблицы 7

Номер и наименование операций	Принятое оборудование	Принятые металлорежущие инструменты	Принятые контрольные средства	Принятая станочная оснастка
035 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3E711B1	круг шлифовальный 1 – 500x40x127 23A46K5V	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75	магнитный стол
040 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1-32x40x10 23A60K7V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	патрон цанговый
045 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3M174E	круг шлифовальный тип 1- 300x16x127 23A46M6V ГОСТР52781-2007	скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	оправка цанговая
050 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1-32x40x10 24A50K6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	патрон цанговый
055 Моечная				
060 Контрольная				

Представленные в таблице 7 данные заносятся в соответствующие графы маршрутной карты и операционных карт (приложение А), а также технологических наладок. Выбранное оборудование и средства оснащения в полной мере отвечают всем предъявляемым к ним требованиям и соответствуют среднесерийному типу производства. Однако, следует заметить, что на ряде технологических операций для реализации принятой схемы базирования, а также принятой структуры операции требуется разработать специальные режущие инструменты и станочную оснастку.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

Результатом проектирования операций технологического процесса являются подробно проработанные технологические операции с полным определением их режимов резания и нормированием.

Анализ исходных данных показал, что определение режимов резания и нормирование операций осуществляется с использованием расчетно-аналитических методик и статистических данных. Алгоритм определения режимов резания и нормирования на операциях технологического процесса следующий [21]. Сначала определяем глубину резания исходя из припуска на технологические переходы, а также величины напусков для черновых переходов. Далее определяется подача с использованием справочных данных [19, 21, 25]. Затем «определяется скорость резания с использованием зависимости» [21]:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

«где V_T – скорость резания справочная, м/мин;

K_1 – коэффициент характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент характеристик инструментального материала;

K_3 – коэффициент характеристик вида обработки» [21].

«Зная скорость резания, определяется частота вращения шпинделя с использованием зависимости» [21]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (17)$$

где D – номинальный диаметр, мм.

Следует учесть, что на ряде операций используется режущий инструмент фирмы «Sandvik», поэтому для данных операций при определении режимов резания необходимо использовать данные каталога

этой фирмы [15] с целью обеспечения максимальной эффективности использования данного инструмента. В ходе выполнения нормирования технологических операций необходимо определить основное время выполнения каждой операции и штучное время. Для решения данной задачи используются методика и справочные данные [21], которые в полной мере соответствуют выбранному типу производства.

В таблице 8 представлены результаты проектирования операций в виде соответствующих режимов резания и норм времени на их проведение.

Таблица 8 – Результаты проектирования операций

Операция	Номер перехода	Подача на оборот шпинделя, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Основное время, мин	Штучное время, мин
005	1	0,45	500	900	0,30	0,46
	2	0,45	400	1100		
010	1	0,45	500	900	0,26	0,42
015	1	0,2	80	2800	0,77	1,15
	2	0,15	78	3600		
	3	1,0	82	5200		
020	1	0,2	600	1150	0,18	0,34
	2	0,2	450	2000		
025	1	0,2	600	1500	0,32	0,48
	2	0,2	450	2000		
035	1	0,015	10		2,14	2,48
040	1	0,25	35	130	1,19	1,48
045	1	0,008	35	130	0,58	0,76
050	1	0,10	35	130	1,23	1,51

Результаты, отраженные в таблице 8 заносятся в соответствующие графы маршрутной карты и операционных карт (приложение А), а также технологических наладок. Исходя из полученных данных, определяются лимитирующие операции проектируемого технологического процесса, и делается вывод о том, что данные операции необходимо подвергнуть совершенствованию путем их изменения или проектирования для них специального режущего инструмента и технологической оснастки.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка цангового патрона

Анализ проведенных расчетов режимов резания показывает, что в данном технологическом процессе одной из лимитирующих операций является операция 050 Внутришлифовальная. Снижение времени на обработку в данном случае возможно за счет снижения вспомогательного времени на снятие и установку заготовки. Для этого необходимо разработать механизированное станочное приспособление. Применение такого приспособления поможет решить еще одну проблему, связанную со снижением качества обработки, так как механизированное приспособление обеспечивает стабильность сил закрепления. Выбор типа зажимного приспособления зависит от схемы базирования на операции и операционных технических требований, представленных на рисунке 2.

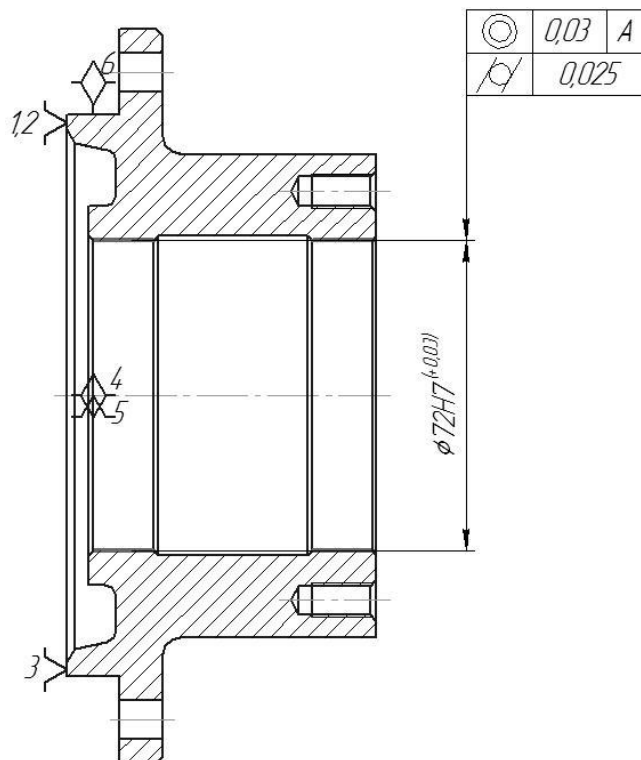


Рисунок 2 – Схема базирования и операционные требования

Из представленной на рисунке схемы базирования на операции и операционных технических требований следует, что наиболее подходящим является применение на данной операции цангового зажимного механизма. Это обеспечит реализацию теоретической схемы базирования и необходимую точность обработки. Выполнение разработки данного приспособления производится по данным [5, 10].

На первом этапе необходимо определить силы резания. Для этого определяется эффективная мощность, возникающие при выполнении операции шлифования:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z, \quad (18)$$

«где C_N , r , q , z – коэффициенты и показатели степеней, учитывающие фактические условия выполнения операции;

v_3 – скорость заготовки, м/мин;

s – продольная подача, мм/об;

d – диаметр шлифуемой поверхности, мм;

b – ширина шлифования, мм» [5].

$$N = 0,14 \cdot 30^{0,8} \cdot 0,10^{0,8} \cdot 72^{0,2} \cdot 40^{1,0} = 2,7 \text{ кВт.}$$

Сила резания P_Z определяются исходя из соотношения:

$$P_Z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot K_{PZ}, \quad (19)$$

где K_{PZ} – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции в направлении силы резания P_Z .

$$P_Z = \frac{2,7 \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot 1,25 = 983 \text{ Н.}$$

Сила резания P_Y определяются исходя из соотношения:

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot P_Z \cdot K_{PY}, \quad (20)$$

где K_{P_Y} – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции в направлении силы резания P_Y .

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot 983 \cdot 1,25 = 2212 \text{ Н.}$$

На втором этапе выполнения расчета по принятой методике необходимо определить усилие закрепления заготовки при обработке. Для этого необходимо разработать расчетную схему определения усилия закрепления заготовки (рисунок 3).

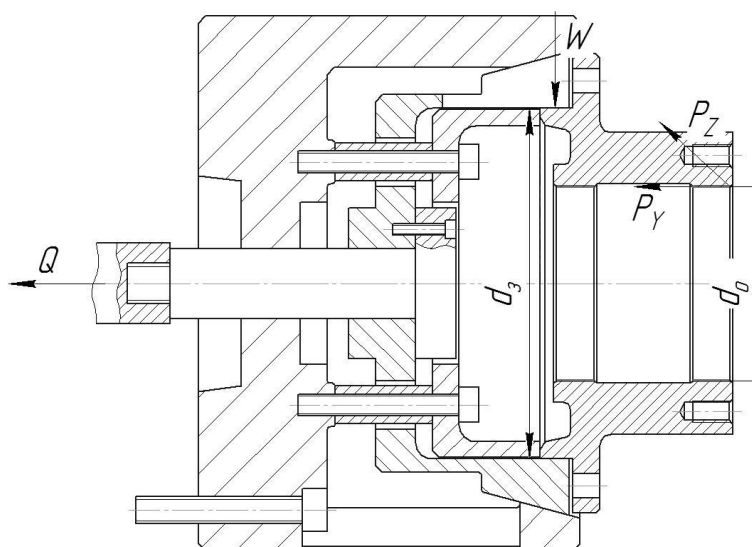


Рисунок 3 – Расчетная схема определения усилия закрепления

Из разработанной схемы следует, что в процессе обработки только от составляющей силы резания P_Z зависит величина усилия закрепления, так как составляющая P_Y поджимает заготовку к тарельчатому упору.

«В соответствии с представленной схемой в процессе обработки заготовку в цанге проворачивает момент от составляющей P_Z , величина которого определяется выражением» [5]:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (21)$$

«где d_0 – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [5].

Для того чтобы заготовка не провернула во время обработки зажимной механизм должен создавать ответный момент, величина которого определяется выражением:

$$M_{зpz} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (22)$$

где W – усилие закрепления, Н;

f – коэффициент трения на поверхности контакта заготовки и цанги;

« d_3 – диаметр, за который происходит закрепление, мм» [5].

Искомое усилие закрепления определяется из условия равновесия системы под действием описанных выше моментов. Величина данного усилия в таком случае определяется выражением:

$$W = \frac{P_z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (23)$$

где K – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции.

$$W = \frac{983 \cdot 72}{3 \cdot 0,2 \cdot 130} \cdot 2,5 = 2268 \text{ Н.}$$

Так как для устранения выявленных на операции недостатков было решено, что приспособление должно быть механизировано, рассчитанное усилие закрепления обеспечивается соответствующим силовым приводом. Величина усилия на приводе определяется выражением:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (24)$$

«где α – угол наклона рабочих поверхностей лепестков;

φ – угол трения рабочих поверхностей лепестков» [5].

$$Q = 2268 \cdot \operatorname{tg}(15 + 6,5) = 893 \text{ Н.}$$

Величина усилия развиваемого приводом зависит от рабочего давления в цилиндре и его диаметра. Самый дешевый вариант заключается в использовании для создания давления пневматической сети предприятия. В таком случае давление составит 0,4 МПа. Тогда диаметр цилиндра определяется выражением:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (25)$$

«где d – диаметр штока, мм;

P – рабочее давление в цилиндре, МПа» [5].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 893}{0,4} + 40^2} = 112 \text{ мм.}$$

С целью удешевления проектируемого приспособления необходимо принять цилиндр, размер которого будет соответствовать стандартному ряду диаметров цилиндров выпускаемых промышленностью. При этом размер необходимо округлить в большую сторону, чтобы обеспечить расчетные характеристики привода. В данном случае диаметр составит 120 мм.

На заключительном этапе расчета приспособления необходимо рассчитать его точность. Для этого необходимо составить размерную схему приспособления, которая определяет точность элементов входящих в его состав. Соответствующая схема для проектируемого приспособления представлена на рисунке 4. Исходя из представленной схемы, точность цангового патрона определяется выражением:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (26)$$

«где Δ_1 – погрешность, вызванная неперпендикулярностью выходного конца шпинделя и торца патрона, мм;

Δ_2 – погрешность в сопряжении штока и корпуса патрона, мм;

Δ_3 – колебание размера рабочей поверхности цанги, мм» [5].

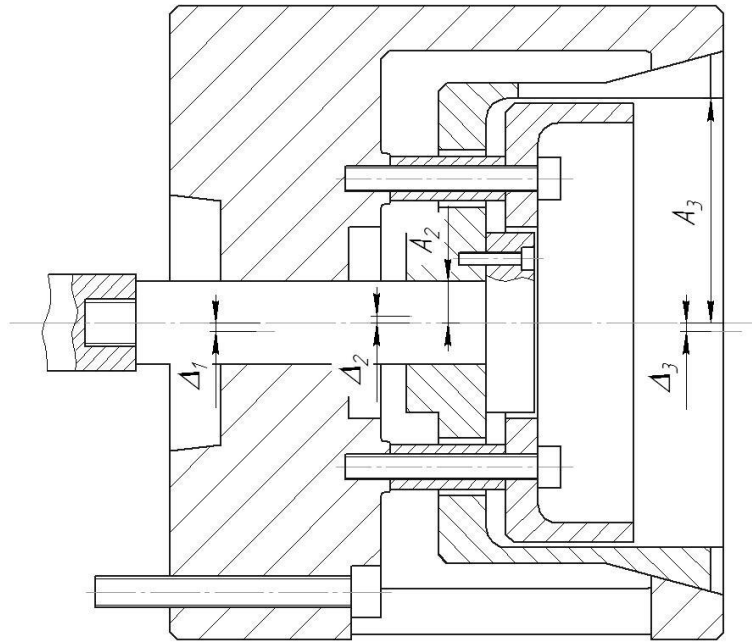


Рисунок 4 – Схема погрешностей приспособления

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,01^2 + 0,006^2 + 0,012^2} = 0,008 \text{ мм.}$$

Проектируемый цанговый патрон должен обеспечивать точность установки заготовки в нем 0,3 от поля допуска выполняемого размера, то есть 0,009 мм. Как видно из расчетов проектная точность несколько выше. Следовательно, приспособление соответствует предъявляемым требованиям.

Конструкция проектируемого цангового патрона достаточно простая и подробно представлена в графической части работы, а также в спецификации (приложение Б). Конструктивно патрон состоит из двух основных узлов исполнительного механизма и силового привода. Исполнительный механизм состоит из корпуса, в который вставляется цанга, чашечная опора и тяга, соединяемая со штоком привода. Силовой привод, выполненный в данном случае в виде пневмоцилиндра, состоит из корпуса, в который устанавливается поршень и шток. С двух сторон корпус закрывается крышками, в одной из которых имеется отверстие для выходного конца

штока.

Закрепление заготовки в проектируемом патроне происходит следующим образом. Заготовку устанавливают в цангу до плотного касания с чашечным упором. «Затем в полость пневмоцилиндра, в которой расположен шток, подается давление, под действием которого поршень перемещается и тянет за собой шток» [10]. Соединенная с ним тяга тянет за собой цангу, лепестки которой, перемещаясь по коническим направляющим корпуса, сжимаются и закрепляют заготовку. Раскрепление заготовки происходит при подаче давления в пустую полость пневмоцилиндра. В этом случае система перемещается в исходное положение, тем самым обеспечивая раскрепление заготовки.

3.2 Разработка токарного резца

В проектируемом технологическом процессе предусматривается большой объем токарных операций. Предусматриваемое при этом к использованию оборудование достаточно производительное, однако для полной реализации всего потенциала требует применения режущего инструмента на основе современных режущих материалов. Это позволит обеспечить высокие скорости обработки. При высоких скоростях резания на черновых токарных операциях одна из ключевых проблем заключается в обеспечении надежности и жесткости крепления режущих пластин. Разработаем резец для токарных операций, позволяющий избежать данных проблем с применением методики [23].

В соответствии с результатами выбора средств технологического оснащения, в данном случае для резца, используемого на токарной черновой операции, применяется трехгранная твердосплавная пластина TNMG 16 04 08-PR GC4225 с механическим креплением к корпусу. При этом геометрические параметры установки пластины должны обеспечить главный угол в плане 91° .

Конструктивные размеры державки резца принимаются в зависимости от величины сечения стружки, которая определяется из выражения:

$$F = t \cdot S, \quad (27)$$

«где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [2].

$$F = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

«Данной величине сечения соответствуют следующие конструктивные размеры державки резца:

- рабочая высота резца 25 мм;
- сечение державки 25×20 мм;
- длина державки 140 мм» [2].

Необходимая надежность и жесткость крепления режущей пластины к державке резца обеспечивается применением конструкции крепления через штифт. «Минимально допустимый диаметр которого, определяется выражением» [2]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (28)$$

«где Q_1 – усилие воздействия сил резания в процессе обработки, Н;

σ_d – максимально допустимое напряжение, МПа» [2].

«Усилие воздействия сил резания в процессе обработки определяется выражением» [2]:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (29)$$

«где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [2].

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

«Используя выражение (28) определяем минимально допустимый диаметр винта» [2].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{\pi \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм.}$$

Расчетное значение диаметра штифта для обеспечения необходимой прочности необходимо округлить до ближайшего стандартного большего из нормального ряда. В данном случае диаметр штифта 3 мм. Остальные размеры конструктивных элементов системы крепления режущей пластины к державке принимаются согласно рекомендациям [2].

Конструктивно резец состоит из державки, имеющей специально выполненную тонкостенную канавку. Одна из стенок данной канавки контактирует с режущей пластиной, установленной на штифт. Режущая пластина укладывается на опорную пластину, предварительно установленную в державке на штифте.

Закрепление режущей пластины происходит путем поджатия ее к штифту одной из стенок тонкостенной канавки при закручивании конического винта в отверстие, расположенное в середине тонкостенной канавки. Такое решение позволяет увеличить жесткость крепления.

Более подробно конструкция резца представлена в графической части работы, а также в спецификации (приложение Б).

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Оценка параметров безопасности и экологичности спроектированного технологического процесса будет производиться по методике [8].

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

С целью определения технологических характеристик изменяемых операций спроектированного техпроцесса составим его технологический паспорт, который представлен в таблице 9. В паспорте укажем основные материалы и вещества, основные средства технологического оснащения, используемые для выполнения рассматриваемых операций технологического процесса, а также требуемых для их выполнения должности работников.

Таблица 9 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [8]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [8]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [8]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [8]	«Материалы, вещества» [8]
технологический процесс изготовления стакана консистометра	токарная операция	«оператор станков с числовым программным управлением» [8]	«токарный станок HAAS GT10, патрон трехкулачковый, резец контурный специальный» [8]	«сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь» [8]
	сверлильная операция	«оператор станков с числовым управлением» [8]	вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF 1, «оправка цанговая специальная, сверло спиральное» [8]	«сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь» [8]

Дальнейший анализ спроектированного технологического процесса производится с использованием данного технологического паспорта.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В ходе выполнения спроектированного технологического процесса возникает ряд профессиональных рисков, которые необходимо определить, а также выявить источники их возникновения. Результаты проведения данных мероприятий представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [8]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [8]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [8]
токарная операция, сверлильная операция	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы» [8]	«станки, средства технологического оснащения, внутрицеховой транспорт» [8]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [8]	«металлорежущий инструмент, заготовка» [8]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [8]	«станки, средства технологического оснащения, внутрицеховой транспорт» [8]

Продолжение таблицы 10

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [8]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [8]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [8]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [8]	«станки, средства технологического оснащения, средства внутрицеховой транспортировки» [8]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов» [8]	«станки» [8]

Приведенные в таблице 10 данные по опасным и/или вредным производственным факторам, а также источникам их возникновения используем для разработки методов и средств, направленных на снижение их влияния на работников производственного участка.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

С целью снижения влияния профессиональных рисков на работников участка необходимо разработать комплекс мероприятий, состоящий из определения организационно-технических методов и технических средств, а также средств индивидуальной защиты. В таблице 11 представлены полученные результаты.

Таблица 11 – «Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника» [8]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы» [8]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев» [8]	«нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [8]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма» [8]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств» [8]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные» [8]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [8]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных виброгасящих приспособлений и устройств» [8]	«ботинки кожаные с защитным подноском» [8]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем шума» [8]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение средств поглощения шума» [8]	«наушники противозумные» [8]

Продолжение таблицы 11

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [8]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [8]	«Средства индивидуальной защиты работника» [8]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов» [8]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [8]	«спецодежда» [8]

Предлагаемый комплекс из организационно-технических методов и технические средства защиты, а также средств индивидуальной защиты работника позволит существенно снизить или полностью устранить влияние опасных и вредных производственных факторов.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

С целью обеспечения пожарной безопасности на производственном участке необходимо определить соответствующие специальные противопожарные технические средства и организационные мероприятия. В таблице 12 приведены основные сведения по классу пожара и его опасным факторам, характерным для данного производственного участка.

Таблица 12 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара» [8]
участок изготовления стакана консистометра	«токарный станок HAAS GT10, патрон трехкулачковый, резец контурный специальный TNMG 16 04 08-PR, вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF 1, оправка цанговая специальная, сверло спиральное R840-0900-30-A0A» [8]	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [8]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [8]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [8]

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, разрабатываются на основе полученных в результате идентификации классов и опасных факторов пожара данных и подробно описаны в литературе [8].

Исходя из выбранных технических средств и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, можно сделать вывод о соответствии участка всем нормам пожарной безопасности.

Анализ показал, что воздействие на окружающую среду рассматриваемого производственного участка, может привести к серьезным последствиям. Однако, данное воздействие устраняется применением специальных технических средств.

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.

При написании бакалаврской работы было предложено изменить на двух операциях 015 (сверлильная) и 050 (шлифовальная) станок и инструмент. Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения этих операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, предстоит подтвердить эффективность еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 5 бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры: машинное и штучное время, модель оборудования до и после совершенствования технологического процесса, наименование инструмента и оснастки, также до и после совершенствования, применяемые на операциях 015 и 050, 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;
- учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по специальности 15.03.03 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;
- данные предприятия по тарифам на энергоносители;
- сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- «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)» [18, с. 15-23].

Далее будут представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 5, показаны величины слагаемых капитальных вложений, сумма которых для внедрения предложенных изменений составит 256075,61 руб.

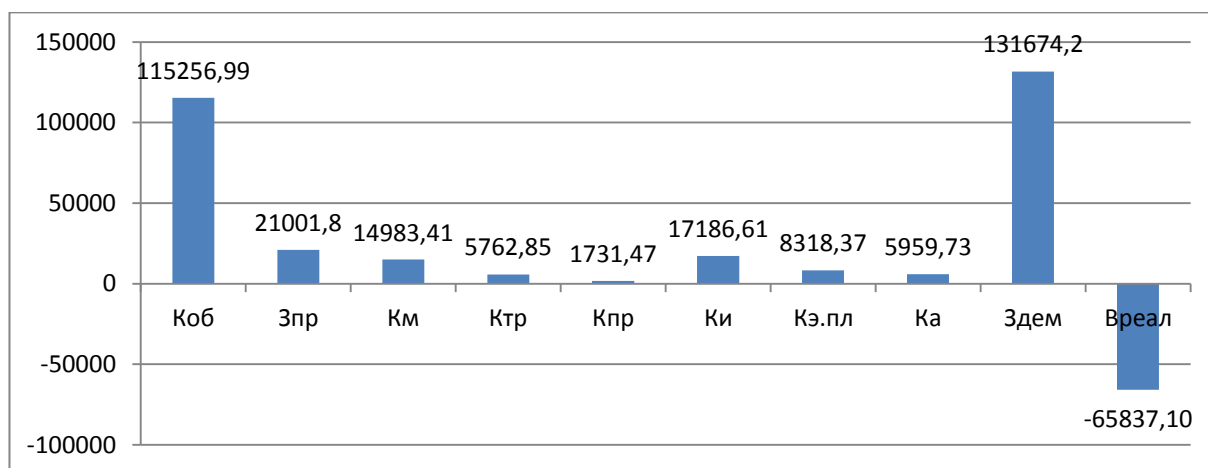


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты являются:

– затраты на демонтаж заменяемого оборудования ($Z_{ДЕМ}$), с величиной 51,42 % от всей величины капитальных вложений;

– прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование ($K_{ОБ}$), величина которых составляет 45,0 % от общей суммы капитальных вложений.

Все остальные значения не превышают даже 10 %, и находятся в интервале от 0,7 % до 8,2 %. Но не смотря на их относительную не большую величину, пренебрегать этими значениями нельзя, так они отображают значения затрат, таких приобретений как инструмент ($K_{И}$), эксплуатацию производственной площади ($K_{Э.ПЛ}$), транспортные средства ($K_{ТР}$), доставку и монтаж вновь вводимого оборудования ($K_{М}$), затраты на проектирование ($Z_{ПР}$) и другие показатели, относящиеся к эксплуатации оборудования с числовым программным управлением.

На рисунке 6 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «стакан», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса. Правда значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения выше оговоренного параметра, так как в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не метался, поэтому остается без изменения.

Анализируя диаграмму на рисунке 6, видно, что две величины имеют примерные равные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 55,32 % для базового варианта и 49,8 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости;

– заработная плата оператора ($Z_{ПЛ.ОП}$), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе сверлильного и шлифовального станков, доля которой составляет 34,32 % для базового варианта и 38,55 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости.

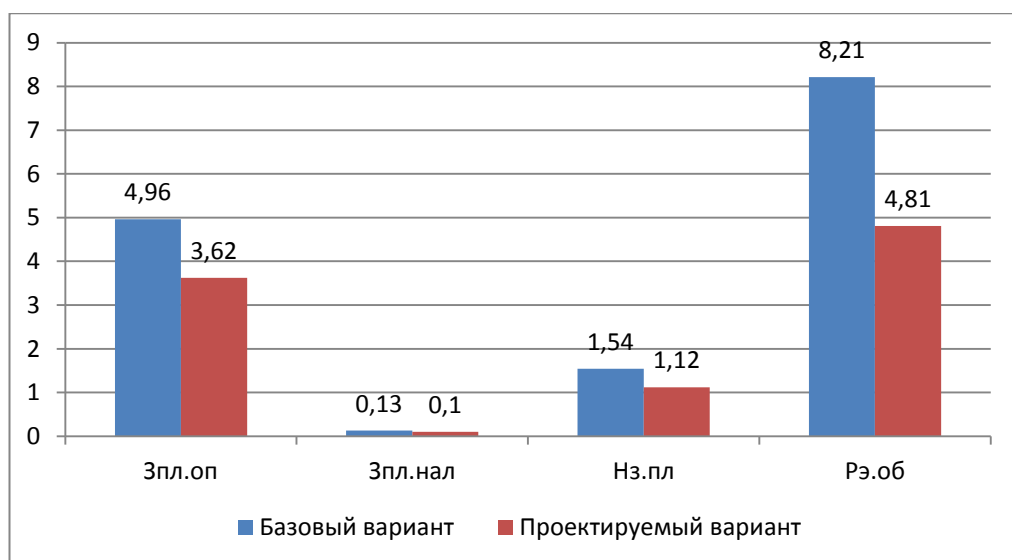


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Стакан», по вариантам, руб.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «стакан» по операциям 015 и 050 технологического процесса, представлены на рисунке 7.

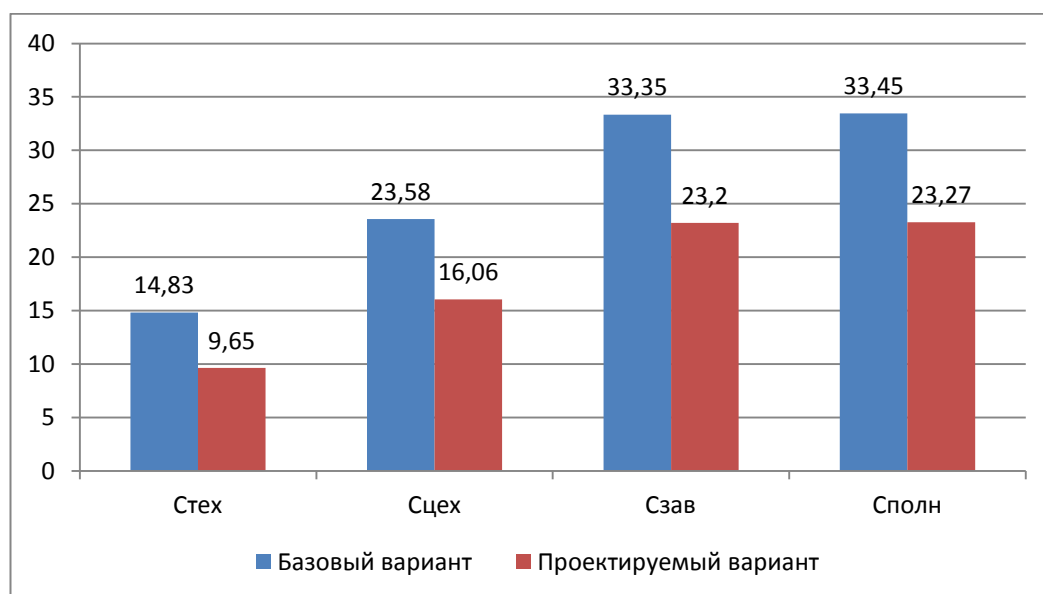


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 33,45 рубля, а для проектируемого варианта всего лишь 23,27 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 256075,61 рублей, окупятся в течение 4-х лет. Такой срок является максимально допустимым для внедрения нового оборудования по совершенствованному технологическому процессу. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 34206,71 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,13 рублей.

Заключение

Результатом выполнения данной выпускной квалификационной работы стал максимально эффективный, с точки зрения экономических показателей, технологический процесс изготовления стакана консистометра в конкретных производственных условиях с обеспечением заданных качественных и количественных показателей. Достижение этой цели стало возможно благодаря решению задач, сформулированных исходя из анализа конструкции, условий эксплуатации и технологичности детали.

В ходе проектирования учтены характерные особенности данного типа производства, такие как непроточная форма организации и широкая номенклатура изделий.

Технологический процесс спроектирован на основе типовых технологических процессов в виде маршрутной технологии с добавлением операционной технологии для наиболее ответственных и сложных операций.

Основные припуски на обработку определены статистическим методом. Исключение составляют самые точные поверхности, что вызвано необходимостью применения расчётно-аналитического метода. Определение режимов резания и нормирование операций осуществлены с использованием расчётно-аналитических методик и статистических данных.

С целью обеспечения быстрой переналадки оборудования, его гибкости и максимального снижения затрат на изготовление деталей применены универсальные, стандартизированные и нормализованные оборудование, режущий инструмент, технологическая оснастка и средства контроля.

Все принятые в ходе проектирования решения были проверены путем проведения соответствующего экономического расчета, который показал их эффективность.

Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 16.03.2021).
2. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов : монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 15.04.2021).
3. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник / О.М. Балла. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 10.04.2021).
4. 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: 20.03.2021).
5. 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: 06.04.2021).
6. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
7. 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: 16.03.2021).

8. 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: 07.05.2021).

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

10.Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 19.04.2021).

11.Зубарев Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов : учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев. –2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. –312 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156390> (дата обращения: 26.03.2021).

12.Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 02.04.2021).

13.Игнаткина В.А. Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения : технология минерального сырья : лабораторный практикум / В.А. Игнаткина, В.А. Бочаров. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. - 66 с. [Электронный ресурс]. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1245421> (дата обращения: 16.03.2021).

14.Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 24.04.2021).

15.Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 24.04.2021).

16.Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 26.04.2021).

17.Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 30.04.2021).

18.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: 07.05.2021).

19.Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов резания для высокоэффективного шлифования заготовок : учебное пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь : ПНИПУ, 2011. – 231 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160502> (дата обращения: 10.04.2021).

20.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: 11.04.2021).

21.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: 19.04.2021).

22.Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 18.04.2021).

23.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: 22.04.2021).

24.Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 17.04.2021).

25.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.

26.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.

27.Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

28.Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 06.04.2021).

29.Химический состав и физико-механические свойства стали 40ХГНМ [Электронный ресурс]. – URL: <https://metal.place/ru/wiki/40khgnm/> (дата обращения: 16.03.2021).

30.Chryssolouris, George. Manufacturing Systems: Theory and Practice. George Chryssolouris – Patras: Publishing University of Patras, 2005. – 603 page.

31.GuoXiangdong. Effect of Mechanical Machining Process on Parts Machining Accuracy[J]. // Hunan Agricultural Machinery,2013,40(07). P. 148-149.

32. Integrated processing of ferriferous materials in blank production for mechanical engineering facilities. Predein V., Popov A., Komarov O., Zhilin S. // E3S WEB OF CONFERENCES. VIII International Scientific Conference “Problems of Complex Development of Georesources” (PCDG 2020). – 2020. C. 02009.

33. Morgan J. Multi-sensor process analysis and performance characterisation in CNC turning –a cyber physical system approach / J Morgan, E. Garret, O. Donnell. // Int J Adv Manuf Technol. – 2017. V.92. P. 855-868.

34. Nageswaran T.A. Investigation of a modified cutting insert using lubricating cooling liquid for machining of structural steels / T. A. Nageswaran, T. Benoa, A. Wretlandb. // Elsevier. – 2016. V.42. P. 481-486.

35. Swic A. Method of control of machining accuracy of low-rigidity elastic-deformable shafts / A. Swic, D. Dariusz, G. Litak. // Elsevier. – 2014. V.26. P. 357-365.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						SM	проф.	P	УТ	KP	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тноз	Тшт
B	Код, наименование оборудования					SM	проф.	P	УТ	KP	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тноз	Тшт
T 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец контурный специальный TNMG															
T20	16 04 08-PR «Sandvik»; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.															
21																
A 22	XX XX XX 015 4120 Сверлильная															
B 23	381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS VF-13 17335 422 1P 1 1 1 1200 1 1.15															
O 24	Сверлить поверхности 3, 5, 9 в размеры $\phi 9^{+0,15}$, $\phi 7,5^{+0,15}$, 57,62 _{0,3} , 54,62 _{0,3} , нарезать резьбу															
O 25	поверхность 4 в размер M8 ^{+0,15}															
T 26	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло спиральное R840-0900-30-A0A "Sandvik"; 391213 Сверло															
T 27	спиральное R841-0685-30-A1A GC1220 "Sandvik"; 391311 Метчик 326R06-B15050VM-TH GC1025 "Sandvik";															
T 28	393450 Нутромер НМ-15 ГОСТ10-88; 393400 Калибр.															
29																
A 30	XX XX XX 020 4110 Токарная															
B 31	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 0,34															
O 32	Точить поверхности 12, 13, 14, 19 в размер $\phi 130,422_{0,16}$, $74,15_{0,12}$, $1_{0,1} \times 45^\circ$.															
T 33	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF "Sandvic"; 392190															
T 34	Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.															
35																
A 36	XX XX XX 025 4110 Токарная															
B 37	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 0,48															
O 38	Точить поверхности 1, 2, 10, 20, 23, 24, 25, 26 в размер $\phi 70,294^{+0,1}$, $\phi 74^{+0,3}$, $1_{0,1} \times 45^\circ$, 73,14 _{0,12} ,															
O 39	52,52 _{0,3} , 15,52 _{0,21} .															
T 40	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF															
T 41	"Sandvic"; 392190 Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	граф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит
Т 42	ШЦ-ГОСТ 166-89.														
43															
А 44	XX XX XX 030 Термическая														
45															
А 46	XX XX XX 035 4133 Плоскошлифовальная														
Б 47	381313 Плоскошлифовальный ЗЕ711В1 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 2,48														
О 48	Шлифовать поверхности 1, 14 в размер 72 ^{0,12} .														
Т 49	396161 Плита магнитная; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная.														
50															
А 51	XX XX XX 040 4132 Внутришлифовальная														
Б 52	381312 Внутришлифовальный ЗК227В 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,48														
О 53	Шлифовать поверхности 20, 23 в размер $\phi 71,556^{+0,1}$.														
Т 54	396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-80.														
55															
А 56	XX XX XX 045 4131 Круглошлифовальная														
Б 57	381311 Круглошлифовальный ЗМ174Е 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,76														
О 58	Шлифовать поверхность 13 в размер $\phi 130^{0,063}$.														
Т 59	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная; 393610 Калибр.														
60															
А 61	XX XX XX 050 4132 Внутришлифовальная														
Б 62	381312 Внутришлифовальный ЗК227В 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,51														
О 63	Шлифовать поверхности 20, 23 в размер $\phi 72^{+0,03}$.														
Т 64	396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-80.														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	граф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 65	XX	XX	XX	055	Моечная										
66															
А 67	XX	XX	XX	060	Контрольная										
68															
69															
70															
71															
72															
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	Аксенова			ТГУ								
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП								
Нконтр.				Стакан			Цех	Уч	Р.М.	Опер.	015	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Сверлильная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 220	166	4,0	Ø172,8x76,7			6,37	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Тв	Тб	Твз	Тшп	СОХ				
HAAS VF-1				0,77			1,15	Blasocut				
		ПИ	О или В	L	f	i	S	п	У			
01	1. Установить заготовку											
T ₀₂	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло спиральное R840-0900-30-A0A "Sandvik"; 391213 Сверло спиральное R841-0685-30-A1A GC1220 "Sandvik"; 391311 Метчик 326R06-B15050VM-TH GC1025 "Sandvik"											
T ₀₃	2. Сверлить отверстия, нарезать резьбу выдерживая размеры согласно эскиза.											
P ₀₅		1				4,5		0,2	2800	80		
P ₀₆		2				3,4		0,15	3600	78		
P ₀₇		3				0,5		1,0	5200	82		
T ₀₈	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.											
09												
10												
11												

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1		
Дир.:												
Взам.:												
Подп.:												
Разраб.:	Аксенова			ТГУ								
Проверил:	Козлов			Кафедра ОТМП								
Н.контр.:				Стакан					Цех	Уч.	Р.М.	Опер. 050
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Внутришлифовальная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НРС 45	166	4,0	Ø172,8x76,7			6,37	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тв	Тб	Твз	Тшп	СОЖ				
ЗК227В				0,23			0,31	Blasocut				
		П	И	В	Л	Т	И	С	П	У		
01	1. Установить заготовку											
Т 02	396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный.											
03	2. Шлифовать поверхность 5 выдерживая размеры согласно эскиза.											
Р 04		1				0,187		0,10	130	35		
Т 05	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.											
06												
07												
08												
09												
10												

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			21.БР.ОТМП.263.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A3	1		21.БР.ОТМП.263.65.00.001	Корпус	1	
A4	2		21.БР.ОТМП.263.65.00.002	Корпус муфты	1	
A4	3		21.БР.ОТМП.263.65.00.003	Корпус привода	1	
A4	4		21.БР.ОТМП.263.65.00.004	Цанга	1	
A2	5		21.БР.ОТМП.263.65.00.005	Крышка привода	1	
A3	6		21.БР.ОТМП.263.65.00.006	Неподвижный корпус	1	
A3	7		21.БР.ОТМП.263.65.00.007	Поршень	1	
A4	8		21.БР.ОТМП.263.65.00.008	Плунжер	1	
A3	9		21.БР.ОТМП.263.65.00.009	Пробка	3	
A2	10		21.БР.ОТМП.263.65.00.010	Пробка	1	
A3	11		21.БР.ОТМП.263.65.00.011	Шток	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		12		Винт М10х40 ГОСТ 11738-84	6	
		13		Винт М8х35 ГОСТ 11738-84	6	
		14		Гайка М14х1,5 ГОСТ 5927-70	2	
21.БР.ОТМП.263.65.00.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Аксенова				Лит.	Лист
Проб.	Козлов				1	2
Исполн.	Козлов				ТГУ, ИМ, гр. ТМп-1702а	
Утв.	Логинав					
Приспособление станочное						
Копировал				Формат А4		

