

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления выходного фланца привода
гидронасоса

Студент	<u>Е.Е. Гаврилова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>к.э.н., доцент Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	

Тольятти 2021

Аннотация

Технологический процесс изготовления выходного фланца привода гидронасоса. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2021 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологического процесса изготовления выходного фланца привода гидронасоса. Работа состоит из пяти разделов пояснительной записки и графической части, которая содержит необходимую технологическую документацию и чертежи специальных средств технологического оснащения.

В ходе выполнения каждого из разделов пояснительной записки были решены задачи направленные на проектирование высокоэффективного технологического процесса. В ходе выполнения первого раздела проанализированы исходные данные и сформированы основные цели выполнения работы. Во втором разделе проектируется технология изготовления детали. При этом решаются вопросы проектирования оптимальной заготовки, оптимального технологического маршрута изготовления, выбора наиболее эффективных средств технологического оснащения и проектирования технологических операций. В третьем разделе, для операций требующих технического совершенствования, разрабатываются гидропластовая оправка и токарный резец. Это позволило устранить выявленные на данных операциях недостатки. В четвертом разделе рассмотрены риски, возникающие в ходе выполнения технологического процесса, а также разработан комплекс мероприятий по их снижению. В пятом разделе произведена оценка экономических показателей спроектированного технологического процесса изготовления выходного фланца привода гидронасоса.

Пояснительная записка работы содержит 68 страниц, графическая часть работы содержит 7 листов формата А1.

Abstract

The final qualification work is devoted to the technological process of manufacturing hydraulic pump drive output flange development. The work includes five sections of an explanatory note and a graphic part, which contains the necessary technological documentation and special technological equipment drawings.

In the implementation each sections of the explanatory note, the tasks aimed at designing a highly efficient technological process were solved. In the course of the first section, the initial data is analyzed and the main goals of the work are formed. In the second section, the part manufacturing technology is designed. At the same time, the issues of designing the optimal billet, the optimal technological production route, the most effective technological equipment means and the technological operations design choice are solved. In the third section, for operations requiring technical improvement, a hydroplastic holder and a turning tool are developed. This made it possible to eliminate the shortcomings identified in these operations. In the fourth section, the risks that arise during the implementation of the technological process are considered, and a set of measures to reduce them is developed. In the fifth section, the economic indicators of the designed technological process of manufacturing hydraulic pump drive output flange are evaluated.

The explanatory note of the work contains 68 pages, the graphic part contains 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.....	10
1.4 Задачи работы	11
2 Разработка технологии изготовления	12
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	12
2.2 Разработка плана изготовления детали	22
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	24
2.4 Проектирование операций технологического процесса	29
3 Разработка специальной технологической оснастки	32
3.1 Разработка гидропластовой оправки.....	32
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	43
5 Экономическая эффективность работы	47
Заключение	52
Список используемых источников.....	53
Приложение А Технологическая документация.....	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	66

Введение

Гидронасосы находят широкое применение в самых различных отраслях промышленности. Основное их назначение заключается в перекачке различного рода жидкостей и создание давления в гидравлических системах различного назначения. В зависимости от параметров рабочей среды, требуемого рабочего давления и других требуемых технических характеристик гидронасосы сильно различаются по своей конструкции и габаритам. Рабочее движение механизмы гидронасоса, как правило, получают от привода, который может иметь различное исполнение.

Рассматриваемый в данном случае привод гидронасоса имеет значительные габаритные размеры и рассчитан на создание частоты вращения выходного вала от 350 до 3500 оборотов в минуту и давления 175 бар. Работа при таких скоростях и давлении подразумевает определенные требования к материалам, из которых изготавливаются детали привода, характеристикам поверхностного слоя деталей и точности изготовления размеров деталей.

Все перечисленные выше параметры обеспечиваются на стадии изготовления деталей. В связи с этим технология изготовления рассматриваемого в данной работе выходного фланца привода должна соответствовать данным требованиям, учитывать особенности служебного назначения детали и ее конструкции. Кроме того, проектируемый технологический процесс должен обеспечить минимальную стоимость изготовления фланца при выпуске всей производственной программы.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо сформулировать задачи, которые позволят добиться данной цели. Затем необходимо поэтапно решить их с применением современных методик, средств проектирования, а также автоматизации технологической подготовки производства на всех этапах.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Основным назначением выходного фланца является соединение выходного вала редуктора с входным валом гидронасоса и передача соответствующего крутящего момента между данными валами. В своей конструкции фланец имеет специальные окошки, которые необходимы для доступа к крепежным элементам, соединяющим фланец и выходной вал редуктора, для их смазки.

Фланец устанавливается на выходной вал привода по цилиндрической поверхности и торцу по посадке, что обеспечивает необходимую точность его базирования в узле. Передача вращения происходит боковыми поверхностями шпоночного паза, выполненного на внутренней цилиндрической поверхности и поверхностями отверстий, расположенными на торце.

Рабочие нагрузки фланца могут значительно отличаться в зависимости от частоты вращения и рабочего давления, которые необходимо создать в каждом конкретном случае. Величины данных параметров могут изменяться в процессе эксплуатации непрерывно и резко достигать пиковых значений. Поэтому можно сделать вывод о том, что в процессе эксплуатации на выходной фланец действуют непостоянные знакопеременные нагрузки.

Условия эксплуатации рассматриваемой детали в значительной мере зависят от окружающей среды, в которой работает гидронасос и эксплуатационных жидкостей. Эксплуатация гидронасоса может происходить как в закрытых помещениях, так и на открытых площадках под влиянием атмосферных факторов. Влияние на техническое состояние фланца могут оказывать перекачиваемые гидронасосом жидкости, часть из которых может иметь химически активный состав и вступать в реакции с материалом

детали. Все вышеперечисленные факторы могут привести к повреждению детали, возникновению коррозии и преждевременному выходу ее из строя.

В качестве вывода можно отметить, что функциональное назначение детали, условия ее эксплуатации и возникающие в процессе работы нагрузки накладывают определенные ограничения на используемый для ее изготовления материал.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Анализ технологических показателей детали произведем с использованием рекомендаций [12].

Оценка материала детали производится по его химическому составу, физико-механическим свойствам и обрабатываемости резанием лезвийным инструментом. Для изготовления фланца используется сталь 40Х ГОСТ 4543-71, что обусловлено его функциональным назначением и условиями эксплуатации. Химический состав данной стали включает [23] углерод в размере от 0,36% до 0,44%, хром в размере от 0,8% до 1,1% и другие химические вещества, в том числе железо в размере более 90%. Основным показателем физико-механических характеристик предел прочности на растяжение, который для стали 40Х составляет 720 МПа. Обрабатываемости резанием лезвийным инструментом составляет 0,7 для твердосплавного инструментального сплава и 0,8 для быстрорежущей инструментальной стали. Приведенные выше характеристики материала входного фланца обеспечивают необходимые эксплуатационные характеристики и хорошие показатели обрабатываемости резанием. Применение в качестве материала детали стали 40Х в данном случае можно считать обоснованным и оптимальным решением.

Согласно данным [10] метод получения заготовки считается технологичным, если он обеспечивает минимум суммарных затрат на получение заготовки и ее последующую механическую обработку. Также

метод получения заготовки зависит от материала детали и технологии ее изготовления. Исходя из данных соображений и рекомендаций [10] для получения заготовки рассматриваемого выходного фланца наиболее приемлемы методы штамповки в открытых штампах и на горизонтально-ковочной машине. Данные методы достаточно простые в реализации и в целом могут считаться технологичными для данного случая.

Оценка технологичности конструкции детали производится по критериям сложности ее конструктивных элементов, соответствия размеров стандартизированным рядам, точности размеров и количеству ответственных поверхностей.

Конструктивно деталь сформирована простыми поверхностями в основном плоскостями и поверхностями вращения. Это позволит получить их стандартными методами обработки. Имеется несколько конструктивных элементов, такие как окна и шпоночный паз, снижающих технологичность детали. Удалить данные элементы не представляется возможным, так как это сделает невозможным выполнение фланцем своего служебного назначения.

Размеры детали соответствуют стандартным рядам, поэтому для их получения можно применять стандартизированный режущий инструмент.

Для оценки точности размеров поверхностей и количества ответственных поверхностей необходимо их классифицировать по служебному назначению [22]. Каждой поверхности присваиваем свой номер (рисунок 1). «Далее все поверхности относим к основным конструкторским базам (поверхности 15, 18), вспомогательным конструкторским базам (поверхности 3, 4, 20), исполнительным (поверхности 2, 19) или свободным поверхностям (поверхности 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 21, 22, 23)» [22]. Из приведенной классификации видно, что количество и точность ответственных поверхностей соответствует их служебному назначению. Механическая обработка данных поверхностей может быть выполнена с применением типовых методов обработки без применения специальных методов обработки.

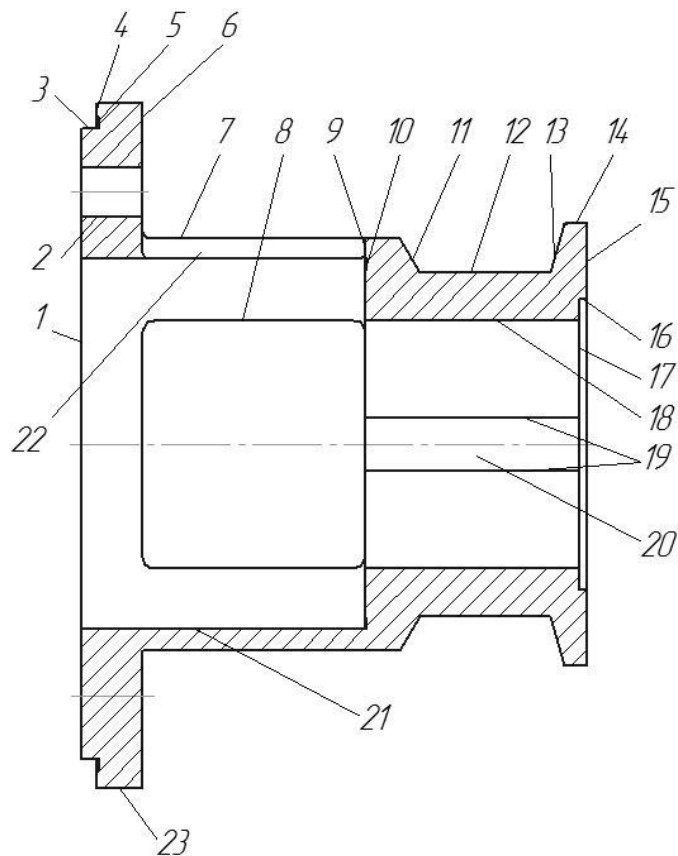


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей

Механическая обработка детали может считаться технологичной. Такой вывод можно сделать, проанализировав возможные маршруты обработки поверхностей детали исходя из формы, требуемой точности и шероховатости данных поверхностей. При этом для достижения требуемых параметров поверхностей применения специальных режущих инструментов не потребуется. Исходя из формы поверхностей детали, базирование заготовок на операциях техпроцесса может быть осуществлено с применением типовых схем базирования, которые легко реализуются при помощи универсальных и специализированных станочных приспособлений.

Проведенный анализ технологических показателей детали показал, что выходной фланец отвечает выбранным критериям технологичности и не требует внесения каких-либо конструктивных изменений.

1.3 Анализ типа производства

Проведение анализа типа производства необходимо для определения основных направлений проектирования будущего технологического процесса изготовления и формулирования основных задач, которые необходимо будет решить в ходе технологического проектирования.

Тип производства в общем случае определяется по значению коэффициента закрепления операций [16]. В данном случае расчет этого коэффициента невозможен, так как неизвестна вся номенклатура изделий и время выполнения операций. Поэтому используем упрощенную методику определения типа производства [16]. «В соответствии с ней тип производства среднесерийный, что соответствует программе выпуска 8000 штук в год и массе детали 4,1 кг» [16].

Проведем анализ данного типа производства [9].

Проектирование технологии изготовления производится, основываясь на непоточной форме организации техпроцесса по типовым технологическим маршрутам обработки с маршрутной и маршрутно-операционной проработкой.

Заготовка в условиях данного типа производства должна иметь оптимальную форму исходя из условия обеспечения минимальной стоимости заготовки при минимальных затратах на механическую обработку. Это достигается путем проведения соответствующих экономических расчетов и методов определения припусков на обработку по переходам.

Технологические операции должны быть спроектированы исходя из точного определения режимов их выполнения и нормирования на основе точной проработки их структуры и содержания.

Оборудование, а также средства технологического оснащения и контроля, используемые в данном типе производства, должны отвечать требованиям универсальности, быстроты переналадки и минимизации затрат на их приобретение и содержание.

1.4 Задачи работы

Исходя из проведенного комплексного анализа, для достижения цели выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи.

Поэтапно выполнить проектирование заготовки. Для этого необходимо произвести экономически обоснованный выбор метода получения заготовки. Определить ее параметры такие как, припуски на обработку, напуски, допуски и ряд других. Определение оптимальных припусков на обработку требует определения методов обработки поверхностей и проведения расчетов данных припусков по одной из известных методик в зависимости от требуемой точности выполнения соответствующего размера.

Далее необходимо спроектировать маршрутную технологию изготовления детали на основе типового технологического процесса, путем его модификации и соответствующей размерной настройки. При этом необходимо предусмотреть применение соответствующего типу производства оборудования, инструмента, технологической оснастки и средств контроля.

На следующем этапе необходимо спроектировать технологические операции на основе точного определения их структуры, содержания, расчета режимов резания и нормирования.

На основе проведенного проектирования технологических операций необходимо выявить их недостатки и для проблемных операций предложить варианты устранения выявленных недостатков путем проектирования соответствующего режущего инструмента и средств оснащения.

Далее необходимо оценить характеристики безопасности и экологичности выполнения проектируемого техпроцесса.

В заключении необходимо провести комплексную экономическую оценку предлагаемых технических решений и сделать вывод об эффективности технологического процесса в целом.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

В ходе выполнения анализа исходных данных было установлено, что заготовка в условиях среднесерийного типа производства должна иметь оптимальную форму исходя из условия обеспечения минимальной стоимости заготовки при минимальных затратах на механическую обработку.

Исходя из данных соображений и рекомендаций [10] для получения заготовки рассматриваемого выходного фланца наиболее приемлемы методы штамповки в открытых штампах и на горизонтально-ковочной машине.

Выбор в пользу одного из возможных вариантов произведем «путем сравнения общих затрат на изготовление детали по методике» [12]. «Общие затраты определим по формуле» [12]:

$$\langle C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – общие приведенные затраты на получение заготовки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$ – общие приведенные затраты на механическую обработку, руб.;

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб» [12].

«Общие приведенные затраты на получение заготовки согласно принятой методике расчета определяются по формуле» [12]:

$$\langle C_{ЗАГ i} = C_6 \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения заготовки;

C_6 – базовая стоимость получения заготовки рассматриваемым методом, руб.;

h_T – коэффициент точности метода;
 h_C – коэффициент сложности метода;
 h_B – коэффициент массы заготовки;
 h_M – коэффициент марки материала;
 h_{II} – коэффициент программы выпуска» [12].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки полученной штамповкой в открытых штампах, 2 заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [12].

$$C_{ЗАГ\ 1,2} = 43,16 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 60,96 \text{ р.}$$

Определение массы заготовки в данном случае точно невозможно, так как для этого требуется знание ее точной формы, припусков и напусков на обработку. Данные расчеты будут выполнены после определения маршрутов обработки поверхностей. С достаточной для проведения экономического обоснования точностью масса заготовки может быть определена по упрощенной методике [8] по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где K_P – коэффициент метода получения и формы заготовки.

Определение массы детали возможно двумя способами. Первый способ расчетный, который основан на вычислении объема детали и знании плотности материала. Второй способ основан на построении твердотельной модели детали с применением программного обеспечения для проведения объемного моделирования и применении специализированного прикладного пакета для определения масса-центровых характеристик модели. В данном случае применение первого способа затруднительно, так как деталь имеет достаточно сложную форму, поэтому применим второй способ. Твердотельная модель фланца представлена на рисунке 2.

В результате моделирования была получена масса детали равная 4,1 кг.

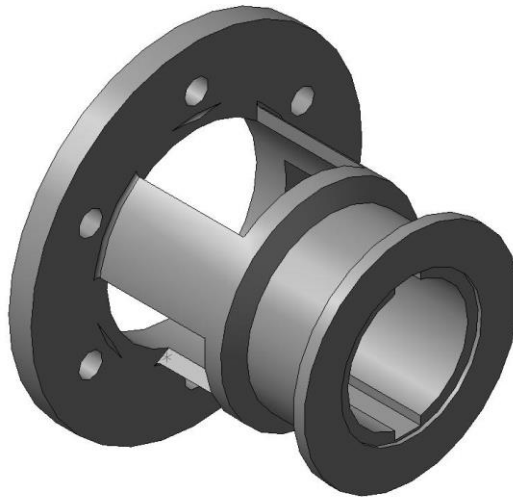


Рисунок 2 – Твёрдотельная модель фланца

Выполняем расчет массы заготовки для каждого варианта ее получения по формуле (3).

$$Q_1 = 4,1 \cdot 2,3 = 11,73 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 4,1 \cdot 2,1 = 8,48 \text{ кг.}$$

Общие приведенные затраты на механическую обработку для обоих методов обработки будут равны, так как предполагается, что для механической обработки будут применены одинаковые методы. Определение данных затрат производится по формуле:

$$\langle C_{\text{МЕХ } i} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{С}}$ – приведенные затраты, руб.;

$C_{\text{К}}$ – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_{\text{Н}}$ – коэффициент эффективности капитальных вложений» [12].

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ р.}$$

Имея все необходимые данные рассчитываем по формуле (1) общие

затраты на изготовление детали для каждого из методов получения заготовки.

$$C_{T1} = 60,96 \cdot 11,73 + 6,04 \cdot (11,73 - 4,1) - 1,4 \cdot (11,73 - 4,1) = \\ = 750,46 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 60,96 \cdot 8,48 + 6,04 \cdot (8,48 - 4,1) - 1,4 \cdot (8,48 - 4,1) = \\ = 537,26 \text{ р.}$$

Расчеты, выполненные в соответствии с принятой методикой проектирования, позволяют сделать выбор метода получения заготовки в пользу штамповки на горизонтально-ковочной машине. Дальнейшее проектирование заготовки будем вести для этого метода ее получения.

Дальнейшее проектирование заготовки предусматривает определение припусков для каждой поверхности по технологическим переходам в соответствии с маршрутами обработки данных поверхностей.

Сначала необходимо определить маршруты обработки для каждой поверхности. Выбор маршрута зависит от формы поверхности, требуемой точности ее изготовления и характеристик поверхностного слоя, таких как твердость и шероховатость. Как правило, существует несколько вариантов маршрутов обработки для каждой поверхности. «Выбор оптимального варианта сложная комплексная задача, решение которой требует учета множества взаимосвязанных факторов» [5]. В данном случае рекомендуется [5] использовать упрощенную методику, основанную на достижении минимума суммарных затрат на обработку [17]. Ниже приведены маршруты обработки для получения поверхностей данной детали в зависимости от требований к ним.

«Маршрут обработки поверхности 1: переходы точения черного и чистового, термическая обработка, переход шлифования черного» [17].

«Маршрут обработки поверхности 2: переход сверления, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 3: переходы точения черного и чистового, термическая обработка, переходы шлифования черного и

чистового» [17].

«Маршрут обработки поверхности 4: переходы точения черного и чистового, термическая обработка, переходы шлифования черного и чистового» [17].

«Маршрут обработки поверхности 5: переход точения чистового, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 6: переход точения черного, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 7: переход точения черного, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 8: переход фрезерования, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 9: переходы точения черного и чистового, термическая обработка, переходы шлифования черного и чистового» [17].

«Маршрут обработки поверхности 10: переход точения чистового, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 11: переход точения черного, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 12: переход точения черного, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 13: переход точения черного, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 14: переход точения черного, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 15: переходы точения черного и чистового, термическая обработка, переход шлифования черного» [17].

«Маршрут обработки поверхности 16: переход точения чистового, термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 17: переход точения чистового,

термическая обработка» [17].

«Маршрут обработки поверхности 18: переходы точения черного и чистового, термическая обработка, переходы шлифования черного и чистового» [17].

Маршрут обработки поверхности 19: переход долбления, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхности 20: переход долбления, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхности 21: переход точения черного, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхности 22: переход фрезерования, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхности 23: переход точения черного, термическая обработка.

Следующим этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку. В ходе определения характеристик производства было установлено, что определение оптимальных припусков на обработку требует проведения расчетов данных припусков по одной из известных методик в зависимости от требуемой точности выполнения соответствующего размера. Точные методы расчета [20] применяются для определения припусков на самые точные поверхности. В данном случае такой поверхностью является отверстие диаметром $65H7(^{+0,03})$.

«Расчет минимального припуска выполняется по формуле» [20]:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (5)$$

«где a_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя, мм;

Δ_{i-1} – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε_i – погрешность установки заготовки, мм.» [20].

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

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

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,040^2 + 0,020^2} = 0,295 \text{ мм.}$$

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

«Расчет максимального припуска выполняется по формуле» [20]:

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

«где TD_i – допуск на размер текущего перехода, мм;

TD_{i-1} – допуск на размер предыдущего перехода, мм» [20].

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

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

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

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

«Расчет среднего припуска выполняется по формуле» [20]:

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

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

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

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

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

«Зная величины припусков на обработку для каждого перехода, рассчитываются операционные размеры.

Максимальный диаметр на переходе определяется по формуле» [20]:

$$D_{(i-1)max} = D_{i max} - 2 \cdot z_{i min}. \quad (8)$$

«Минимальный диаметр на переходе определяется по формуле» [20]:

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

«Средний диаметр на переходе определяется по формуле» [20]:

$$D_{i ср} = 0,5 \cdot (D_{i max} + D_{i min}). \quad (10)$$

Операция термической обработки не является механической обработкой, то есть при ее проведении не удаляется слой материала, поэтому необходимо учесть изменение максимального диаметра на предыдущем переходе. Расчет выполняется по формуле:

$$D_{(i-1) max} = D_{то max} \cdot 0,999. \quad (11)$$

Используя формулы (8) – (11) выполняем расчеты операционных размеров для диаметра. Расчеты выполняем в направлении обратном изготовлению, то есть, начиная с готовой детали.

$$D_{4 max} = 65,030 \text{ мм.}$$

$$D_{4 min} = 65,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 ср} = 0,5 \cdot (D_{4 max} + D_{4 min}) = 0,5 \cdot (65,030 + 65,000) = 65,015 \text{ мм.}$$

$$D_{3 max} = D_{4 max} - 2 \cdot z_{4 min} = 65,030 - 2 \cdot 0,187 = 64,656 \text{ мм.}$$

$$D_{3 min} = D_{3 max} - TD_3 = 64,656 - 0,010 = 64,556 \text{ мм.}$$

$$D_{3 ср} = 0,5 \cdot (D_{3 max} + D_{3 min}) = 0,5 \cdot (64,656 + 64,556) = 64,606 \text{ мм.}$$

$$D_{то max} = D_{3 max} - 2 \cdot z_{3 min} = 64,656 - 2 \cdot 0,405 = 63,647 \text{ мм.}$$

$$D_{то min} = D_{то max} - TD_3 = 63,647 - 0,018 = 63,476 \text{ мм.}$$

$$D_{то ср} = 0,5 \cdot (D_{то max} + D_{то min}) = 0,5 \cdot (63,647 + 63,476) =$$

$$= 63,562 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{T0 \max} \cdot 0,999 = 63,476 \cdot 0,999 = 63,394 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 63,394 - 0,100 = 63,294 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (63,394 + 63,294) = 63,344 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 63,394 - 2 \cdot 1,028 = 61,338 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 61,338 - 0,300 = 61,038 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (61,338 + 61,038) = 61,188 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 61,338 - 2 \cdot 2,850 = 55,638 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 55,638 - 2,800 = 52,838 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (55,638 + 52,838) = 54,238 \text{ мм.}$$

Определение контура заготовки производится путем добавления величины соответствующего общего припуска к номинальному размеру детали. Поэтому необходимо определить суммарные размеры припусков для диаметров.

«Минимальный припуск, приходящийся на диаметр, определяется по формуле» [20]:

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

«Максимальный припуск, приходящийся на диаметр, определяется по формуле» [20]:

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

«Средний припуск, приходящийся на диаметр, определяется по формуле» [20]:

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

$$2z_{min} = 65,000 - 55,638 = 9,362 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 9,362 + 2,800 + 0,030 = 12,192 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (9,362 + 12,192) = 10,777 \text{ мм.}$$

Основываясь на проведенном анализе типа производства, припуски на оставшиеся поверхности рассчитываются с использованием табличного метода [25]. В этом случае величина минимальных припусков по переходам определяется из статистических таблиц в зависимости от требуемых параметров обрабатываемой поверхности и реализуемых методов обработки. «Максимальный припуск определяется в зависимости от допусков на выполнение размера на текущем и предыдущем переходах по формуле (6). Оформим полученные результаты в виде таблицы 1» [25].

Таблица 1 – Припуски на обработку поверхностей детали

Поверхность	Переход	Значение минимального припуска, мм	Значение максимального припуска, мм
1	точение черновое	2,5	4,3
	точение чистовое	1,0	1,28
	шлифование черновое	0,5	0,66
3	точение черновое	2,1	4,1
	точение чистовое	0,15	0,43
	шлифование черновое	0,15	0,261
	шлифование чистовое	0,03	0,093
4	точение черновое	2,5	3,95
	точение чистовое	1,0	1,28
	шлифование черновое	0,5	0,66
	шлифование чистовое	0,06	0,153
6	точение черновое	2,5	3,84
7	точение черновое	1,15	2,925
9	точение черновое	2,0	3,55
	точение чистовое	1,0	1,21
	шлифование черновое	0,5	0,62
	шлифование чистовое	0,2	0,32
11	точение черновое	1,15	2,725
12	точение черновое	1,15	2,725
13	точение черновое	1,15	2,725
14	точение черновое	1,15	2,725
15	точение черновое	2,0	3,8
	точение чистовое	1,0	1,28

Продолжение таблицы 1

Поверхность	Переход	Значение минимального припуска, мм	Значение максимального припуска, мм
	шлифование черновое	0,5	0,66
21	точение черновое	1,0	2,575
	точение чистовое	0,7	0,945
	шлифование черновое	0,5	0,597
23	точение чистовое	1,4	3,4

«После определения суммарных припусков на обработку для поверхностей детали определяем характеристики проектируемой заготовки по данным» [3]. «В данном случае получаем следующие характеристики. Класс точности заготовки 4, группа стали 2, степень сложности 3, исходный индекс 14» [3]. В зависимости от данных значений назначаем допуски на размеры заготовки и напуски. Получаем следующие значения напусков: уклоны наружные 5° , внутренние 7° ; радиус закругления 4 мм.; величина облоя не более 1,0 мм.; отклонение от concentричности 1,5 мм.; отклонение от плоскостности 1,0 мм.

По результатам расчетов проектируется контур заготовки путем прибавления к контуру детали припусков и напусков. Графическое отображение заготовки представлено на соответствующем чертеже графической части.

2.2 Разработка плана изготовления детали

Разработка плана изготовления в соответствии с серийностью производства строится на основе типовых маршрутов обработки [1, 5, 18]. В соответствии с принятой классификацией деталей рассматриваемая деталь относится к классу полые цилиндры стаканы с фланцем. Из известных типовых маршрутов обработки выбираем наиболее близкий по конструктивному подобию детали [5]. Далее сравниваем конструкции

рассматриваемого фланца и типовой детали и исключаем из типового маршрута операции и переходы для получения поверхностей, которые отсутствуют на фланце. В данном случае необходимо добавить одну операцию к типовому маршруту. Это связано с тем, что у типовой детали отсутствует необходимость фрезерования окон. Согласно используемой методике проектирования данную операцию целесообразно выполнить до термической обработки, так как она выполняется с применением лезвийного режущего инструмента. Спроектированный технологический маршрут изготовления фланца с учетом всех необходимых доработок типового маршрута обработки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Технологический маршрут изготовления фланца

Реализуемый метод обработки	Обрабатываемые поверхности	Номер операции	Наименование операции
Точение	6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18	005	токарная
Точение	1, 3, 4, 9, 21, 23	010	токарная
Точение	15, 16, 17, 18	015	токарная
Точение	1, 3, 4, 5, 9, 10, 21	020	токарная
Сверление	2	025	сверлильная
Долбление	19, 20	030	долбежная
Фрезерование	8, 9, 22	035	фрезерная
ТО	все	040	термическая
Шлифование	1, 15	045	плоскошлифовальная
Шлифование	18	050	внутришлифовальная
Шлифование	9, 21	055	внутришлифовальная
Шлифование	3, 4	060	круглошлифовальная
Шлифование	18	065	внутришлифовальная
Шлифование	9	070	внутришлифовальная
Шлифование	3, 4	075	круглошлифовальная
	все	080	моечная
	все	085	контрольная

Далее формируем план изготовления детали, который оформляется в соответствии с требованиями [17] (представлен в графической части работы) и включает себя все операции необходимые для изготовления детали в соответствии с маршрутом изготовления. Для каждой операции

разрабатывается операционный эскиз, на котором указываются обрабатываемые поверхности, операционные размеры, схемы базирования, достигаемая на операции шероховатость обработанных поверхностей и операционные технические требования.

Схемы базирования проектируются исходя из необходимости соблюдения основных принципов базирования [22, 27], особенностей конструкции детали и предполагаемых средств технологического оснащения исходя из серийности производства.

Операционные размеры назначаются в зависимости от схемы базирования, используемого оборудования, средств технологического оснащения и необходимости обеспечения заданной точности изготовления размеров детали.

Шероховатость поверхности и точность выполнения размеров на операциях назначаются в зависимости от реализуемого метода обработки, принятой на операции схемы базирования и средств технологического оснащения.

Кроме плана изготовления по вышеперечисленным результатам проектирования оформляется технологическая документация (приложение А) в соответствии с рекомендациями [12].

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Выбор оборудования и технологической оснастки производим в соответствии с серийностью производства и его основными характеристиками определенными ранее.

При выборе оборудования предпочтение отдавалось универсальному оборудованию и оборудованию, оснащеному числовым программным управлением, что обеспечило необходимую гибкость и быстроту переналадки на выпуск новой детали при сохранении высокой производительности. Предпочтение отдавалось оборудованию

отечественного производства, как более дешевому при покупке, эксплуатации и ремонте.

При выборе инструмента предпочтение отдавалось стандартизированному инструменту, выпускаемому промышленностью массово. Другими важными требованиями были реализация потенциала производительности используемого оборудования, максимальная стойкость и производительность. В связи с этим ряд режущих инструментов были приняты иностранного производства, как наиболее полно отвечающие всем вышеперечисленным требованиям.

Контрольные средства выбирались исходя из требуемой точности контроля и необходимости обеспечить широкий диапазон измерений. В связи с этим предпочтение отдавалось универсальным и стандартизированным средствам измерений.

При выборе технологической оснастки предпочтение отдавалось универсальной и стандартизированной оснастке. Кроме того, оснастка должна обеспечить реализацию теоретических схем базирования принятых на операциях, необходимую точность закрепления и быстродействие.

Результаты выбора оборудования и средств технологического оснащения, представленные в таблице 3, были получены с использованием данных [4, 6, 7, 13, 15, 19].

Таблица 3 – Выбор оборудования и средств технологического оснащения

Операция	Оборудование	Инструменты	Контрольные средства	Оснастка
005 Токарная	токарный с ЧПУ SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMG 22 04 08-PF GC4225, резец токарный контурный левый TNMG 22 04 08-PF GC4225, резец токарный	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Инструменты	Контрольные средства	Оснастка
		расточной TNMX 16 04 04-WF GC42215		
010 Токарная	токарный с ЧПУ SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMG 22 04 08-PF GC4225, резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC42215	штангенцирку ль ШЦ-1 ГОСТ166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	патрон трехкулачков ый ГОСТ 2675-80
015 Токарная	токарный с ЧПУ SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215, резец токарный расточной специальный TNMX 16 04 04-WF GC4215	штангенцирку ль ШЦ-1 ГОСТ166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	оправка цанговая
020 Токарная	токарный с ЧПУ SAMAT 135 NC	резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215, резец токарный расточной специальный TNMX 16 04 04- WF GC4215, резец канавочный N123G2-0300- 0001-CF GC1125	штангенцирку ль ШЦ-1 ГОСТ166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	оправка цанговая
025 Сверлильная	вертикально- сверлильный с ЧПУ 2С125Ф2	сверло спиральное специальное 13 P6M5K5	нутромер НМ-50 ГОСТ10-88	оправка цанговая
030 Долбежная	добежный 7А412	долбяк ГОСТ 18887-73 P6M5	нутромер НМ-50 ГОСТ10-88, калибр	оправка цанговая
035 Фрезерная	вертикально- фрезерный с	фреза концевая 20 ГОСТ	штангенцирку ль ШЦ-1	оправка цанговая

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Инструменты	Контрольные средства	Оснастка
	ЧПУ 6P13Ф3	17025-71 P6M5; фреза концевая 3 ГОСТ 17025-71 P6M5	ГОСТ166-89	
040 Термическая				
045 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3E711B1	круг шлифовальный 1 – 500x40x127 23A46K5V ГОСТ52781- 2007	скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75	плита магнитная
050 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1 – 32x40x10 23A46K7V ГОСТ52781- 2007	нутромер НМ-50 ГОСТ10-88	оправка гидропластовая
055 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1 – 32x40x10 23A46K7V ГОСТ52781- 2007, круг шлифовальный 6 – 40x25x13 23A46K7V ГОСТ52781- 2007	нутромер НМ-50 ГОСТ10-88	оправка гидропластовая
060 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3M174E	круг шлифовальный 5 – 300x76x100 23A46K7V ГОСТ52781- 2007	скоба рычажная СР ГОСТ11098- 75	оправка гидропластовая
065 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1-32x40x10 24A50K6V 30м/с 1А ГОСТ52781- 2007	нутромер НМ-50 ГОСТ10-88	оправка гидропластовая
070 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	круг шлифовальный 1-32x40x10 24A50K6V	нутромер НМ-50 ГОСТ10-88	оправка гидропластовая

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Инструменты	Контрольные средства	Оснастка
		30м/с1А ГОСТ52781-2007, круг шлифовальный 6 – 40x25x13 24А50К6V 30м/с 1А ГОСТ52781-2007		
075 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3М174Е	круг шлифовальный 5-300x76x100 24А50К6V30 м/с 1А ГОСТ52781-2007	скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	оправка гидропластовая
080 Моечная	моечная машина			
085 Контрольная	контрольный стол			

Выбранные оборудование, инструмент, контрольные средства и технологическое оснащение частично отражаются в плане изготовления детали и полностью заносятся в соответствующие графы технологической документации, которая оформляется в виде маршрутной карты и операционных карт, с присвоением им соответствующих кодов в соответствии с принятой классификацией [12]. Технологическая документация представлена в приложении А.

Проанализировав таблицу 3 можно отметить, что ряд операций проектируемого технологического процесса требуют применения специальных средств оснащения, что приводит к необходимости их проектирования. В частности необходимо спроектировать гидропластовую оправку на шлифовальные операции.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

Проектирование операций технологического процесса производится в несколько этапов [14]. На первом этапе необходимо определить режимы резания и выполнить технологическое нормирование. Затем необходимо разработать структуру операции. После этого для каждой операции необходимо разработать технологическую документацию, в соответствии с которой производится настройка оборудования и планируется организация работы производственного участка.

Выполнение первого этапа, исходя из серийности производства, производим с применением расчетно-аналитического метода [19]. При этом следует учесть, что на токарных операциях используется инструмент фирмы «Sandvik», поэтому справочные данные для работы данным инструментом будем производить по соответствующим рекомендациям [6, 26, 29].

Определение режимов резания начинаем с определения подачи на оборот шпинделя [19] и уточнения ее по паспорту применяемого на операции оборудования.

«Далее определяется скорость резания по формуле» [19]:

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

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

K_1 – коэффициент, характеризующий материал заготовки;

K_2 – коэффициент, характеризующий стойкость и физико-механические свойства материала инструмента;

K_3 – коэффициент, характеризующий вид обработки при точении, размеры обработки при фрезеровании, отношение длины к диаметру при сверлении» [19].

«После определения скорости резания рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле» [19]:

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

где D – номинальный диаметр обработки, мм.

Проведение нормирования технологического процесса, исходя из типа производства, производится на основе расчетного метода [18]. Для этого сначала определяется длина обработки на каждом переходе технологического процесса, а затем с применением расчетных зависимостей, в зависимости от вида обработки, определяются соответствующие нормы времени.

«Результаты определения режимов резания и нормирование технологических операций оформим в виде таблицы 4» [19].

Таблица 4 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Длина обработки, мм	Основное время, мин
005 Токарная					
1	0,2	510	900	192	1,07
2	0,2	510	1400	82	0,29
3	0,2	400	2000	60	0,15
010 Токарная					
1	0,2	510	900	60	0,33
2	0,2	400	1600	76	0,24
015 Токарная					
1	0,15	600	1600	22	0,09
2	0,15	450	2000	66	0,22
020 Токарная					
1	0,15	450	800	36	0,3
2	0,15	370	1250	72	0,38
3	0,03	200	380	3	0,23
025 Сверлильная					
1	0,3	24	600	120	0,67
030 Долбежная					
1	10	5		120	0,15
035 Фрезерная					
1	0,07	65	1000	660	1,57
2	0,05	68	1500	720	1,92
045 Плоскошлифовальная					
1	0,015	10	-	650	3,28

Продолжение таблицы 4

Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Длина обработки, мм	Основное время, мин
050 Внутришлифовальная					
1	0,0025	30	150	60	0,57
055 Внутришлифовальная					
1	0,0025	30	120	70	1,25
2	0,0017	30	120	15	2,5
060 Круглошлифовальная					
1	0,008	35	120	4	1,54
065 Внутришлифовальная					
1	0,0015	35	150	60	1,68
070 Внутришлифовальная					
1	0,0014	35	120	15	2,68
075 Круглошлифовальная					
1	0,005	40	120	60	2,06

Представленные в таблице 4 результаты определения режимов резания и нормирования технологических операций используются при разработке технологической документации и для анализа эффективности спроектированного технологического процесса. В результате были определены операции, которые необходимо усовершенствовать.

Результатом выполнения данного раздела стала разработка маршрутно-операционной технологии изготовления выходного фланца привода гидронасоса с подробной проработкой средств технологического оснащения, определением режимов резания и нормированием. Выявлены операции, которые требуют дальнейшего совершенствования. За счет чего можно повысить эффективность спроектированного технологического процесса.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка гидропластовой оправки

Одна из операций требующая усовершенствования – операция чистового шлифования отверстия (рисунок 3).

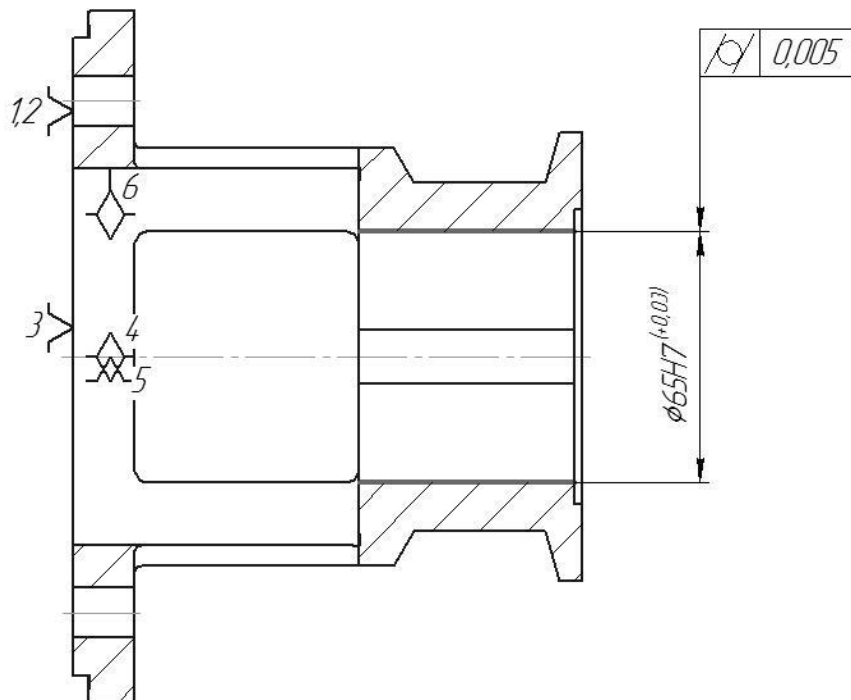


Рисунок 3 – Эскиз операции чистового шлифования отверстия

В стандартном исполнении, взятом из типового технологического процесса, данная операция имеет следующие недостатки. Во-первых, большое вспомогательное время. Проанализировав структуру вспомогательного времени, приходим к выводу, что это связано с применением ручного устройства для закрепления детали на операции. Во-вторых, увеличенный процент брака на данной операции. Это связано с применением неоптимальной конструкции станочного приспособления на данной операции, что приводит к появлению дополнительной погрешности от установки заготовки в приспособлении. Решение этих проблем возможно

путем проектирования специального станочного приспособления. Исходя из схемы базирования и операционных технических требований, представленных на рисунке 3, в качестве зажимного механизма выбираем гидропластовую оправку. Механизацию зажима обеспечим применением привода. Проектированием выполним с использованием методики и данных [4, 24, 28].

Закрепление заготовки производится втулкой, представленной на рисунке 4.

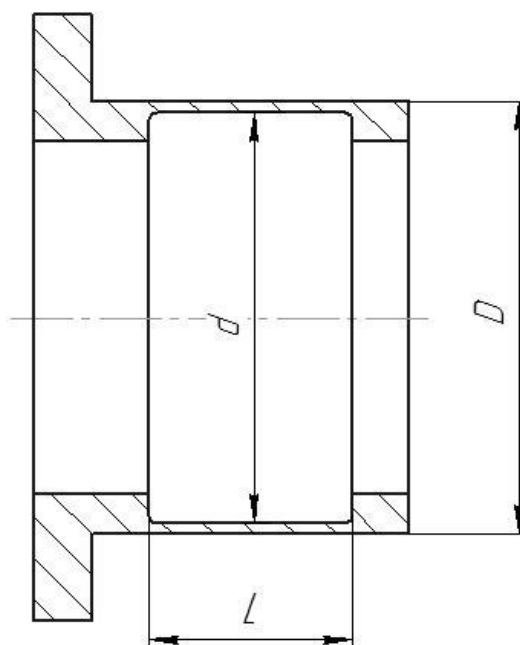


Рисунок 4 – Втулка

Геометрические параметры данной втулки выбираются из геометрических параметров поверхности закрепления заготовки по рекомендациям [24]. Получаем следующие параметры в соответствии с рисунком 3: D равен $97h4(-0.01)$ мм, d равен $93H7(+0.035)$ мм, L равен 45 мм.

Крутящий момент, передаваемый втулкой, определяется уравнением:

$$M_{\text{кр.гар.}} = \pi \cdot D_{\text{заг}}^2 \cdot f \cdot [Q + 0,5 \cdot P_{\text{к}} \cdot (L - 2 \cdot l)], \quad (18)$$

где D – диаметр базовой поверхности заготовки, мм;

f – коэффициент трения базовой поверхности и поверхности втулки;

Q – окружная сила, возникающая в контакте гильзы с заготовкой, Н/мм;

$P_{\text{к}}$ – давление, возникающее в контакте гильзы с заготовкой, МПа;

l – длина базовой поверхности заготовки, мм, мм.

$$M_{\text{кр.гар.}} = \pi \cdot 97^2 \cdot 0,16 \cdot [60 + 0,5 \cdot 6,2 \cdot (45 - 2 \cdot 15)] = 393529 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Закрепление заготовки будет надежным если будет выполнено условие:

$$M_{\text{кр.гар.}} \geq K \cdot M_{\text{кр}}, \quad (19)$$

где K – гарантированный коэффициент запаса;

$M_{\text{кр}}$ – крутящий момент, возникающий в процессе обработки, Н·мм.

Правая часть выражения (19) составляет:

$$K \cdot M_{\text{кр}} = 2,5 \cdot 8000 = 20000 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Следовательно, условие (19) выполняется, то есть спроектированная втулка удовлетворяет требуемым силовым характеристикам.

Определяем диаметр плунжера, создающего необходимое давление гидропластмассы в системе по формуле:

$$d_{\text{п}} = D_{\text{ц}} \sqrt{\frac{P_{\text{ц}}}{P_{\text{г}}}}, \quad (20)$$

где $D_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра силового привода, мм;

$P_{\text{ц}}$ – рабочее давление в цилиндре силового привода, МПа;

$P_{\text{г}}$ – рабочее давление в полости с гидропластмассой, МПа.

Примем в качестве силового привода стандартный гидравлический цилиндр с рабочим давлением 1,0 МПа и диаметром поршня 90 мм. Такое решение позволит максимально снизить стоимость привода приспособления и упростит его конструкцию. Тогда диаметр плунжера будет равен:

$$d_{\text{п}} = 90 \cdot \sqrt{\frac{1,0}{25}} = 18 \text{ мм.}$$

Из стандартного ряда принимаем ближайшее большее значение диаметра плунжера 20 мм.

Одним из недостатков, устраняемых путем проектирования данного приспособления является появление дополнительной погрешности от установки заготовки в приспособлении. Определим точность установки заготовки в проектируемой гидропластовой оправке. Для этого составляем схему погрешностей элементов приспособления (рисунок 5).

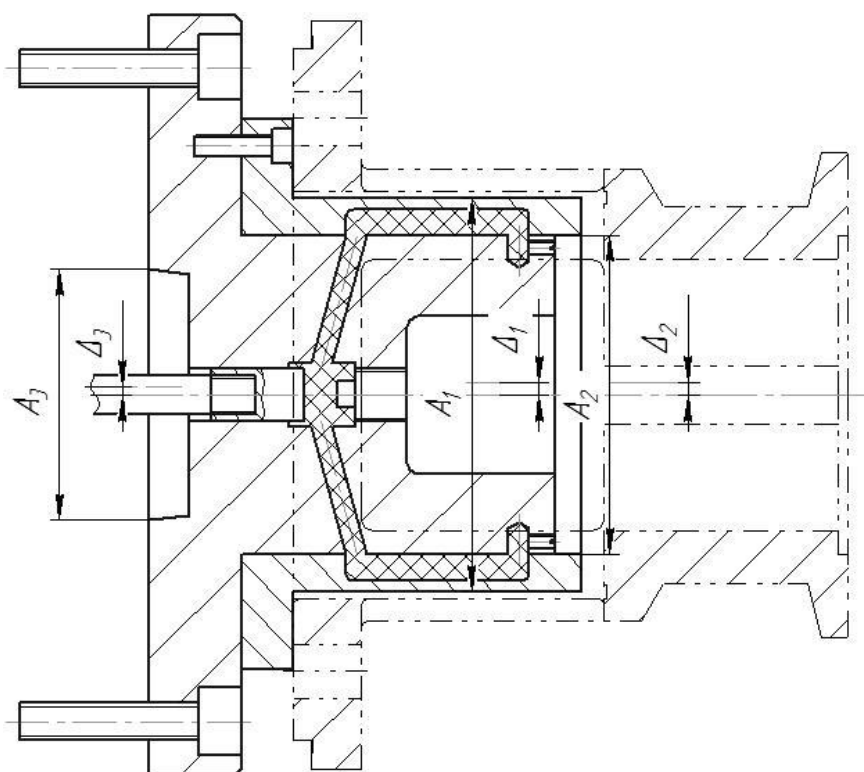


Рисунок 5 – Схема погрешностей элементов приспособления

Согласно данной схеме составляем уравнение для расчета точности

оправки:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (21)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления базовой поверхности втулки, мм;

Δ_2 – погрешность сопряжения втулки и корпуса, мм;

Δ_3 – погрешность изготовления посадочного диаметра, мм.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,012^2 + 0,030^2 + 0,028^2} = 0,017 \text{ мм.}$$

С целью оценки полученного значения необходимо его сравнить с допустимой «погрешностью установки в приспособлении на данной операции, которая определяется по формуле» [24]:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (22)$$

«где Td – допуск на выполняемый размер, мм» [24].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,03 = 0,019 \text{ мм.}$$

Расчеты показали, что полученная погрешность приспособления меньше, чем допускаемая. Делаем вывод о том, что спроектированное приспособление отвечает заданной точности.

Приспособление представляет собой корпус, который крепится на шпинделе станка, с посаженной на нее тонкостенной втулкой. В полости втулки располагается гидропластмасса и создающий давление плунжер. В свою очередь выходной конец плунжера крепится к штоку гидроцилиндра. В данном случае принят стандартный вращающийся гидроцилиндр для создания давления в 1 МПа, выполненный на основе корпуса, поршня, штока и вращающейся муфты.

Принцип работы приспособления заключается в следующем. В гидроцилиндре создается давление в рабочей полости, что вызывает перемещение поршня со штоком. Под действием данного давления шток

перемещает плунжер, который создает давление в полости с гидропластмассой. Под действием данного давления тонкостенная втулка деформируется в соответствии с расчетными размерами и тем самым закрепляет заготовку. При возвращении поршня в исходное положение, вся система также возвращается в первоначальное состояние, тем самым высвобождая заготовку.

Более подробно конструкция спроектированной гидравлической оправки представлена на соответствующем чертеже графической части и в спецификации приложения Б.

3.2 Разработка токарного резца

Растачивание отверстия в проектируемом технологическом процессе один из лимитирующих переходов. Также анализ типового технологического процесса выявил еще одну проблему, которая связана с надежностью крепления режущих пластин в державке при помощи стандартной системы крепления. Данные недостатки снижают производительность данного перехода и увеличивают себестоимость обработки.

Решить задачу увеличения производительности типового технологического процесса на данном переходе предлагается применением режущей пластины TNMX 16 04 04-WF GC4215 фирмы «Sandvik» [6].

Произведем расчет параметров резца с использованием методики и справочных данных [21].

Сначала выбираем главный угол в плане, величина которого зависит от условий обработки и требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности. В нашем случае согласно справочным данным главный угол в плане принимаем равным 91° .

Далее необходимо определить геометрические параметры державки и режущей пластины. Для этого необходимо рассчитать «сечение срезаемой стружки по формуле» [21]:

$$\langle F = t \cdot S, \quad (23)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача инструмента на оборот шпинделя, мм/об» [21].

Проводим расчет.

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

Зная сечение срезаемой стружки по справочным данным [7] определяем искомые размеры. Параметры державки: диаметр державки равен 32 мм, длина резца равна 170 мм, рабочая высота резца 25 мм. Описанная окружность пластины должна иметь диаметр равный 12,7 мм.

Для решения проблемы надежности крепления режущей пластины к державке применим схему с прихватом как наиболее эффективную в данных условиях [21, 30]. Главным силовым элементом в данной схеме крепления является винт, который воспринимает нагрузки, возникающие при резании, и обеспечивает надежное закрепление. Необходимо произвести расчет минимально допустимого диаметра данного винта. Для этого используем следующую формулу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (24)$$

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

σ_d – максимально допустимое материалом винта напряжение, МПа»

[21].

«Усилие от сил резания в процессе обработки рассчитывается по формуле» [21]:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (25)$$

«где P_{Zmax} – максимальное значение радиальной составляющей силы резания, Н» [21].

Производим расчеты по формулам (25) и (24).

$$Q_1 = \frac{720}{0,7} = 1030 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1030}{\pi \cdot 650}} = 1,4 \text{ мм.}$$

Расчеты показали, что для обеспечения необходимой прочности винта необходимо принять винт с внутренним диаметром резьбы не менее 1,4 мм. В случае, если конструкция проектируемого резца этого сделать не позволит, то необходимо применить винт из материала, имеющего более высокие показатели максимально допустимого напряжения или подвергнуть его дополнительной термической обработке, что также повысит максимально допустимое напряжение.

Конструкция резца состоит из круглой державки, на которой выполнена площадка для установки опорной пластины и крепления режущей пластины. Также в державке выполнен паз для установки прихвата и резьбовое отверстие для установки крепежного винта.

При сборке резца сначала устанавливается в соответствующий паз опорная пластина, на нее сверху устанавливается режущая пластина, которая прижимается к опорной пластине при помощи винта через прихват. Такая схема установки решает проблему надежности крепления пластины и обеспечивает заданные параметры качества обработки.

Более подробно конструкция спроектированного токарного резца представлена на соответствующем чертеже графической части и в спецификации приложения Б.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Анализ безопасности и экологичности выполнения технологического процесса изготовления выходного фланца привода гидронасоса проведем по рекомендациям [2].

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

На первом этапе составим технологический паспорт технического объекта (таблица 5). В паспорте кратко охарактеризуем операции технологического процесса изготовления выходного фланца, в которые вносятся технические изменения. Остальные операции рассматривать не будем, так как технологический процесс писался на базе типового и все решения, в том числе по обеспечению безопасности и экологичности, также являются для данных операций типовыми.

Таблица 5 – «Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [2]
технологический процесс изготовления выходного фланца привода гидронасоса	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	токарно-винторезный станок SAMAT 135 NC, оправка цанговая, резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215, резец токарный	сталь 30ХМА ГОСТ 4543-71, обтирочная ветошь, синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость

Используя данные технологического паспорта, проведем оценку участка с точки зрения возникновения профессиональных рисков при выполнении работ. Оценим пожарную безопасность на участке, а также его негативное антропогенное воздействие на окружающую среду.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Оценка участка с точки зрения возникновения профессиональных рисков при выполнении работ основана на идентификации профессиональных рисков (таблица 6). При этом в соответствии с рекомендациями [2] необходимо определить не только соответствующий опасный или вредный производственный фактор, но и источник его возникновения.

Таблица 6 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
токарная операция	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	режущий инструмент, обрабатываемая заготовка» [2]
	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [2]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	оборудование, средства оснащения» [2]

В результате идентификации профессиональных рисков было выявлено девять основных опасных и вредных производственных факторов в той или иной степени влияющих на работника в процессе выполнения им работ. Кроме того, определены источники возникновения данных профессиональных рисков.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Выявленные в ходе выполнения предыдущего пункта профессиональные риски необходимо устранить или снизить их влияние на работников участка. Для этого применим комплекс организационных методов и технических средств (таблица 7).

Таблица 7 – «Организационно-технические методы и технические средства устранения или 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» [2]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктажи по охране труда, ограждающие устройства	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [2]

Продолжение таблицы 7

«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» [2]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктажи по охране труда, ограждающие устройства, удаление заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, очки защитные» [2]
«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства и приспособления, гасящие вибрации	ботинки с защитным подноском» [2]

Разработанные меры и предлагаемые к применению средства позволят обеспечить безопасность выполнения спроектированного технологического процесса на производственном участке и снизить влияние возникающих в ходе его выполнения негативных факторов.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Организация пожарной безопасности на производственном участке представляет собой комплекс мер, состоящих из подбора технических средств и организационных мероприятий. Правильный их подбор зависит от множества факторов, определяемых классом пожара и его опасными факторами (таблица 8).

Таблица 8 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара» [2]
участок изготовления выходного фланца привода гидронасоса	токарно-винторезный станок SAMAT 135 NC, оправка цанговая, резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215, резец токарный расточной специальный TNMX 16 04 04-WF GC4215	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [2]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [2]	«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» [2]

В таблице 9 приведены технические средства, необходимые для обеспечения пожарной безопасности на производственном участке, определенные исходя из класса пожара и его опасных факторов.

В таблице 10 приведены организационные мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности на производственном участке, определенные исходя из класса пожара и его опасных факторов.

Таблица 9 – «Технические средства пожарной безопасности»

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства защиты	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация» [2]
«огнетушители, гидромомпы, ведра, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна войлочные маты, ломы, пилы, топоры» [2]	«передвижные огнетушители» [2]	«газовая система пожаротушения» [2]	«извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; системы передачи извещений о пожаре» [2]	«клапаны, гидранты, колонки, стволы, рукава, соединительные колонки, гидроэлеваторы» [2]	«противогазы, самоспасатели» [2]	«конусные ведра; ломы; багры с деревянной ручкой; ножницы, резиновые коврики и резиновые боты; полотно; лопаты; тележка; экран защитного действия» [2]	«оповещатели звуковые автоматические, световые оповещатели «Выход»» [2]

Таблица 10 – «Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [2]
технологический процесс изготовления выходного фланца привода гидронасоса	«разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [2]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [2]

В результате подбора технических средств и организационных мероприятий можно сделать вывод о том, что на производственном участке, выполняющем спроектированный технологический процесс, обеспечивается весь комплекс мер пожарной безопасности.

Выполнение данного раздела позволило добиться следующих результатов. В результате идентификации профессиональных рисков было выявлено девять основных опасных и вредных производственных факторов в той или иной степени влияющих на работника в процессе выполнения им работ. Кроме того, определены источники возникновения данных профессиональных рисков. С целью устранения влияния данных факторов на работников производственного участка предложен комплекс мер по их устранению состоящий из технических средств, организационных методов и средств индивидуальной защиты. Такой комплексный подход позволил эффективно снизить и нейтрализовать влияние выявленных опасных и вредных факторов на работников участка. На следующем этапе была проанализирована пожарная безопасность на участке. В результате проведения данного анализа был выявлен класс возможного пожара и его опасные факторы. Основываясь на этих данных для обеспечения пожарной безопасности на производственном участке, предложено использование соответствующих технических средств и выполнение организационных мероприятий. Далее было проанализировано возможное негативное воздействие спроектированного технологического процесса на экологию. Для этого выявлены соответствующие факторы негативного воздействия и разработаны соответствующие организационно-технические мероприятия, направленные на снижение данного воздействия. В результате производственный участок по выполнению спроектированного технологического процесса отвечает всем необходимым экологическим нормам.

5 Экономическая эффективность работы

При написании бакалаврской работы было предложено изменить на двух токарных операциях 015 и 020 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 015 020, 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)» [11, с. 15-23].

Далее будут представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины слагаемых капитальных вложений, сумма которых для внедрения предложенных изменений составит 152435,44 руб.

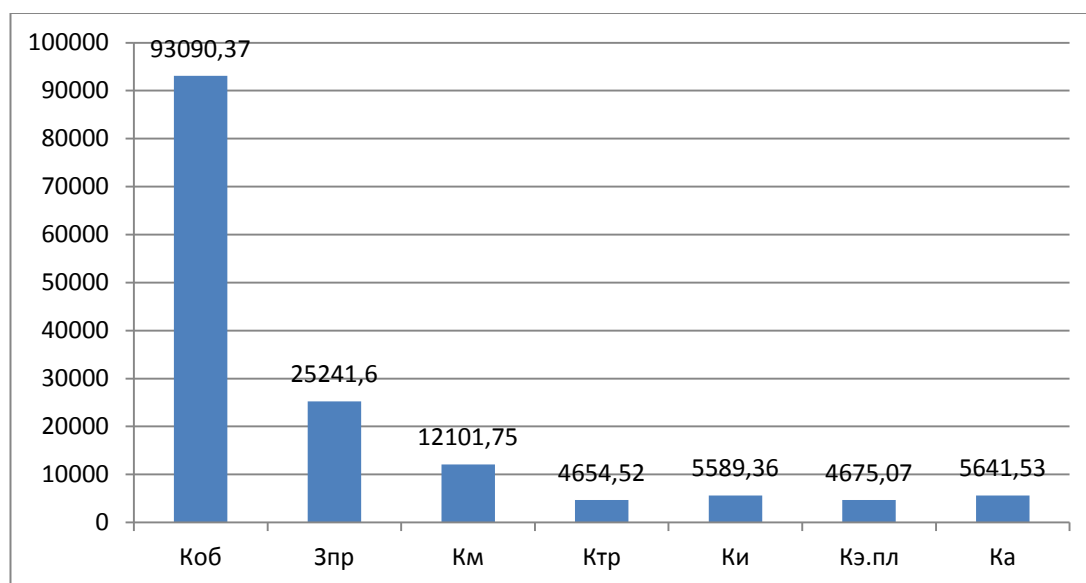


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 6, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты являются прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование (K_{OB}), величина которых составляет 61,7 % от общей суммы капитальных вложений. Так же существуют еще один показатель, который имеют весомое

значение, однако он очень сильно отстают от лидера, это, затраты на проектирование ($Z_{ПР}$), с долей величины 16,7 %.

Все остальные значения не превышают даже 10 %, и находятся в интервале от 3,1 % до 8 %. 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 7 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «фланец», 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 7, видно, что две величины имеют примерные равные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

- заработная плата оператора ($Z_{Пл.ОП}$), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе токарного станка, доля которой составляет 41,71 % для базового варианта и 43,91 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости;

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 45,7 % для базового варианта и 42,83 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости.

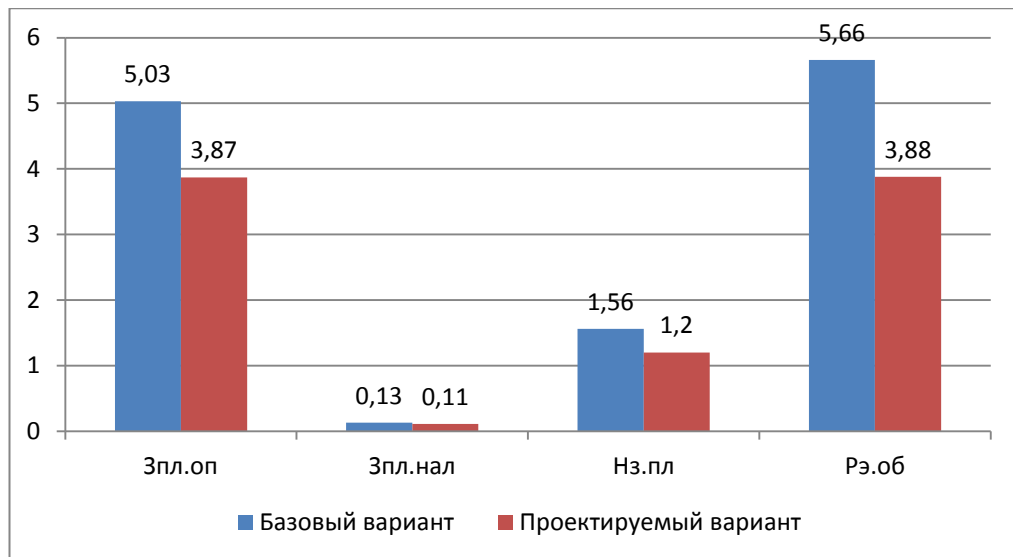


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Фланец», по вариантам, руб.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «фланец» по операциям 015 и 020 технологического процесса, представлены на рисунке 8.

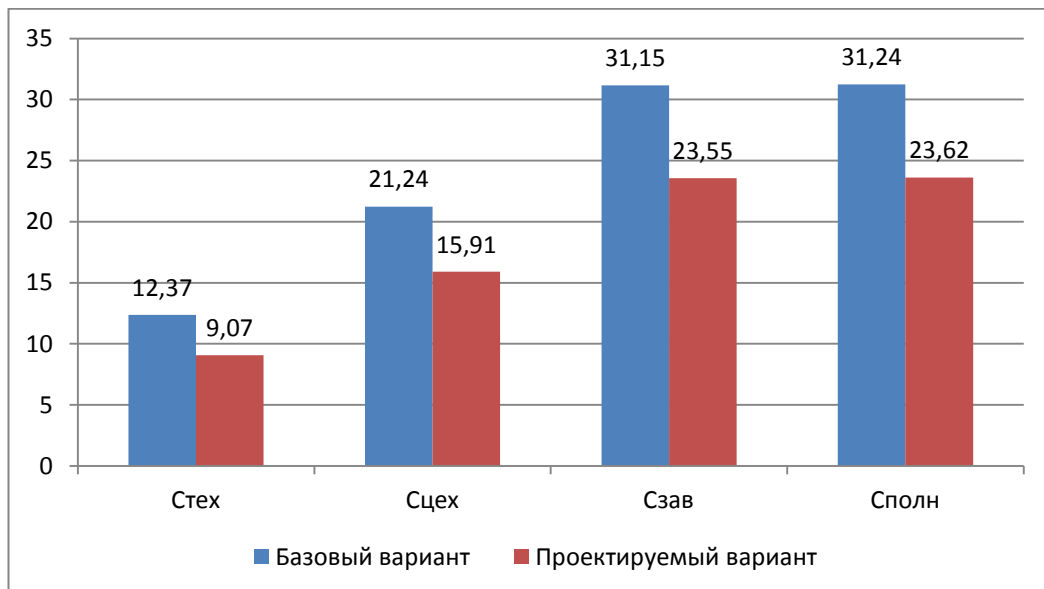


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 8, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 31,24 рубля, а для проектируемого варианта всего лишь 23,62 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 150994,2 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 22833,01 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,15 рублей.

Заключение

Достижение цели выпускной квалификационной работы было достигнуто благодаря решению следующих задач.

Поэтапно выполнено проектирование заготовки. Для этого произведен экономически обоснованный выбор метода получения заготовки. Определены ее параметры такие как, припуски на обработку, напуски, допуски и ряд других. С целью определения оптимальных припусков на обработку определены методы обработки поверхностей и проведены расчеты данных припусков по оптимальной методике в зависимости от требуемой точности выполнения соответствующего размера.

Спроектирована маршрутная технология изготовления детали на основе типового технологического процесса, путем его модификации и соответствующей размерной настройки. При этом предусмотрено применение соответствующего типу производства оборудования, инструмента, технологической оснастки и средств контроля.

Спроектированы технологические операции на основе точного определения их структуры, содержания, расчета режимов резания и нормирования.

На основе проведенного проектирования технологических операций выявлены их недостатки и для проблемных операций предложены варианты устранения выявленных недостатков путем проектирования гидропластовой оправки и токарного резца.

Оценены характеристики безопасности и экологичности выполнения проектируемого техпроцесса.

Проведена комплексная экономическая оценка предлагаемых технических решений, которая позволила сделать вывод об эффективности спроектированного технологического процесса в целом.

Список используемых источников

1. 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: 01.04.2021).
2. 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: 04.05.2021).
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-06-30. – М. : Стандартинформ, 2010. – 36 с.
4. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки : [монография] / Ю.Н. Кузнецов [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 476 с.
5. 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: 16.03.2021).
6. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 24.04.2021).
7. Клименков С.С. Обработывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 29.04.2021).
8. Константинов И.Л. Технологияковки и горячей объемной штамповки: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению

22.03.02 "Металлургия" / И.Л. Константинов. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 549 с.

9. Копылов Ю.Р. Дистанционное изучение курса «Технология машиностроения» в Интернете : учебное пособие / Ю.Р. Копылов, А.А. Болдырев. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/138166> (дата обращения: 06.04.2021).

10. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 16.04.2021).

11. 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: 06.05.2021).

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

13. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 23.04.2021).

14. 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: 28.04.2021).

15. 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: 15.04.2021).

16.Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 18.03.2021).

17.Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 15.04.2021).

18.Седых Л.В. Технология машиностроения: практикум / Л.В. Седых. – Москва. : МИСиС, 2015. – 73 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/69757> (дата обращения: 29.04.2021).

19.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.

20.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.

21.Схиртладзе А.Г.Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 24.04.2021).

22.Технология машиностроения: курсов. проектирование и диплом. проектирование: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности 15.05.01 "Проектирование технол. машин и комплексов" и направлению подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" (бакалавриат) / М. Ф. Пашкевич [и др.]. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 443 с.

23.Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: <http://tekhnar.ru/materialy/40h.html> (дата обращения: 16.03.2021).

24.Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75715> (дата обращения: 26.04.2021).

25.Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков ; под редакцией А.С. Ямникова. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 328 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148337> (дата обращения: 12.03.2021).

26.Oborskyi G. Study of dynamic impacts at combined operations of the thin turning and boring. / Oborskyi G., Orgiyan A., Tonkonogyi V., Aymen A., Balaniuk A. // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2020. P. 226 – 235.

27.Kumar A. Processing techniques to develop metallic materials with superior mechanical properties / Arun Kumar, Pillai U.T.S., Srinivasan A. // Transactions of the Indian Institute of Metals. – 2019. Т. 72. № 10. P. 2877 – 2891.

28.Mikołajczyk T. Predicting tool life in turning operations using neural networks and image processing. / Mikołajczyk T., Nowicki K., Bustillo A., Pimenov D.Y. // Mechanical Systems and Signal Processing. 2018. Т. 104. P. 503 – 513.

29.Sahib B.S., Nassrullah K.S. Experimental and numerical investigation of temperature distribution in the cutting zone with different coated tools in orthogonal turning operations. / Sahib B.S., Nassrullah K.S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3. Сер. "3rd International Conference on Engineering Sciences" 2020. P. 012 – 016.

30.Shao Yulu, Kang Yanzi. Analysis of the relationship between machining process and machining accuracy [J/OL]. / China Equipment Engineering: 1[2018-05-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4623.N.20170516.2224.010.html>.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дизайн															
Взам.															
Подп.															
Разработал		Гаврилова						ТГУ Кафедра ОТМП							
Проверил		Козлов													
Утвердил								Фланец							
Н. контр.															
M01	40X ГОСТ 4543-71														
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ					
		166	4,1	1		0,82		φ182,8x139,5	1	8,48					
A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа							
B	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт
A03	XX XX XX	000	Заготовительная												
B04	Горизонтально ковочная машина														
O5															
A06	XX XX XX	005	4110 Токарная												
B07	381101	Токарный SAMAT135NC				3	18217	312	1P	1	1	1	1200	1	196
O 08	Точить поверхности: 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18 в размер φ61,038 ^{+0,3} , φ90 ^{+0,35} , φ108 ^{+0,35} , φ115 ^{+0,35} , 22,24 ^{+0,18} .														
O9	89,24 ^{+0,35} , 132,24 ^{+0,35} ; 140,18 ^{+0,1} .														
T 10	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец токарный контурный TNMG 22 04 08-PF														
T11	GC4225 "Sandvic"; 392190 Резец токарный контурный левый TNMG 22 04 08-PF GC4225 "Sandvic";														
T 12	392190 Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC42215 "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль														
T 13	ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.														
14															
A 15	XX XX XX	010	4110 Токарная												
B 16	381101	Токарный SAMAT135NC				3	18217	312	1P	1	1	1	1200	1	0,84
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	ЦТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
О 19	Точить поверхности: 1, 3, 4, 9, 21, 23 в размер $\phi 93,916^{+0,35}$, $\phi 166,568_{0,4}$, $\phi 180_{0,4}$, 59,94 _{0,3} , 132,033 _{0,4} ,														
О 20	132,24 _{0,35} , 135,88 _{0,4} .														
Т 21	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец токарный контурный TNMG 22 04 08-PF														
Т 22	GC4225 "Sandvic"; 392190 Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC42215 "Sandvic"; 393311														
Т 23	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.														
24															
А 25	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 26	381101 Токарный SAMAT135NC 3 18217 312 1P 1 1 1 1200 1 0,51														
О 27	Точить поверхности: 15, 16, 17, 18 в размер $\phi 63,394^{+0,15}$, $\phi 76^{+0,3}$, 133,94 _{0,16} , 134,6 _{0,16} .														
Т 28	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic";														
Т 29	392190 Резец токарный расточной специальный TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic"														
Т 30	GC4225 "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.														
31															
А 32	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 33	381101 Токарный SAMAT135NC 3 18217 312 1P 1 1 1 1200 1 1,18														
О 34	Точить поверхности: 1, 3, 4, 5, 9, 10, 21 в размер $\phi 91^{+0,35}$, $\phi 95,806^{+0,14}$, $\phi 165,708_{0,16}$, $\phi 171_{0,4}$, 58,16 _{0,3} ,														
О 35	58,66 _{0,12} , 128,16 _{0,3} , 128,66 _{0,16} , 133,32 _{0,16} .														
Т 36	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic";														
Т 37	392190 Резец токарный расточной специальный TNMX 16 04 04-WF GC4215 GC4225 "Sandvic"; 392190														
Т 38	Резец канавочный N123G2-0300-0001-CF GC1125 "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89;														
Т 39	393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.														
40															
А 41	XX XX XX 025 4120 Сверлильная														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тлоз	Тшт	
А 65	XX	XX	XX	050	4132	Внутришлифовальная										
Б 66	381312	Внутришлифовальный ЗК227В				3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1	0,74	
О 67	Шлифовать поверхность 18 в размер $\phi 64,656^{+0,040}$.															
Т 68	396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нитромер НМ-50 ГОСТ10-88.															
69																
А 70	XX	XX	XX	055	4132	Внутришлифовальная										
Б 71	381312	Внутришлифовальный ЗК227В				3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1	4,88	
О 72	Шлифовать поверхности 9, 21 в размер $\phi 97^{+0,034}$, $58,32^{+0,12}$.															
Т 73	396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нитромер НМ-50 ГОСТ10-88.															
74																
А 75	XX	XX	XX	060	4131	Круглошлифовальная										
Б 76	381311	Круглошлифовальный ЗМ174Е				3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1	2,01	
О 77	Шлифовать поверхности 3, 4 в размер $\phi 165,093^{+0,063}$, $128,153^{+0,16}$.															
Т 78	396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
79																
А 80	XX	XX	XX	065	4132	Внутришлифовальная										
Б 81	381312	Внутришлифовальный ЗК227В				3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1	2,18	
О 82	Шлифовать поверхность 18 в размер $\phi 65,03^{+0,05}$.															
Т 83	396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нитромер НМ-50 ГОСТ10-88.															
84																
А 85	XX	XX	XX	070	4132	Внутришлифовальная										
Б 86	381312	Внутришлифовальный ЗК227В				3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1	3,49	
О 87	Шлифовать поверхность 9 в размер $58 \pm 0,1$.															
МК																

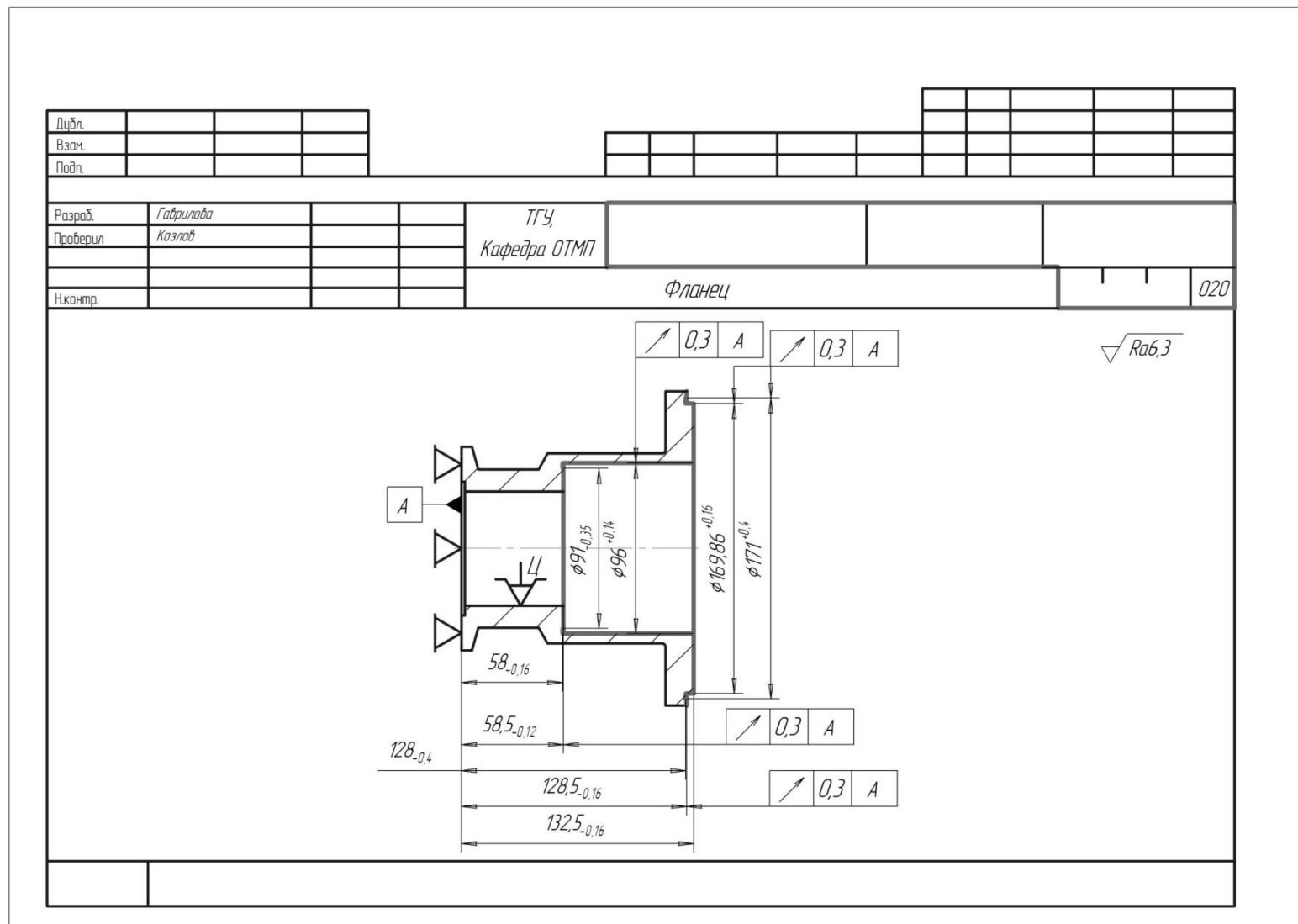
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз
Т 88	<i>396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Цитромер НМ-50 ГОСТ10-88.</i>															
89																
А 90	<i>XX XX XX 075 4131 Круглошлифовальная</i>															
Б 91	<i>381311 Круглошлифовальный 3М174Е 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 2,68</i>															
О 92	<i>Шлифовать поверхности 3, 4 в размер $\phi 165 \pm 0,0125$, $128 \pm 0,1$.</i>															
Т 93	<i>396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.</i>															
94																
А 95	<i>XX XX XX 080 Моющая</i>															
96																
А 97	<i>XX XX XX 085 Контрольная</i>															
98																
99																
100																
101																
102																
103																
104																
105																
106																
107																
108																
109																
110																
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Формы 1		
Диз.р.												
Взам.												
Подп.												
Разработ.	Габрилова			ТГУ								
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП								
Н.контр.	Фланец								Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
												020
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
Токарная		40Х ГОСТ 4543-71		НВ 200	166	4,1	φ182,8x139,5		8,48	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Tв	Tб	Tпз	Tшп	СОЖ				
SAMAT 135 NC				0,91			1,18	Blasocut				
			П	И	Д	или В	L	f	i	S	п	V
01	1. Установить заготовку											
T 02	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic";											
T 02	392190 Резец токарный расточной специальный TNMX 16 04 04-WF GC4215 GC4225 "Sandvic";											
T 04	392190 Резец канавочный N123G2-0300-0001-CF GC1125 "Sandvic".											
0 05	2. Точить поверхности: 1, 3, 4, 5, 9, 10, 21 выдерживая размеры согласно эскиза.											
P 06		1					1,0		0,2	800	450	
P 07		2					1,0		0,2	1250	370	
P 08		3					5,0		0,07	380	200	
T 09	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.											
10												
11												

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Диз.											
Взам.											
Подп.											
Разработ.	Габрилова			ТГУ,							
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМТ							
Н.контр.				Фланец						065	

$\sqrt{Ra\ 0,80}$

φ26H7^{+0.02H}

0,005

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форма 1		
Дир.:												
Взам.:												
Подп.:												
Разраб.:	<i>Габрилова</i>			<i>ТГУ,</i>								
Проверил:	<i>Козлов</i>			<i>Кафедра ОТМП</i>								
Нконтр.:				<i>Фланец</i>				Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	
											<i>065</i>	
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		M3	КОИД		
<i>Шлифовальная</i>		<i>40X ГОСТ 4543-71</i>		<i>HRC 25</i>	<i>166</i>	<i>4,1</i>	<i>φ182,8x139,5</i>		<i>8,48</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Tв	Tб	Tпз	Tшм	СОЖ				
<i>ЭК227В</i>				<i>168</i>			<i>2,18</i>	<i>Blasocut</i>				
			пи	D или B	L	f	i	S	п	V		
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>											
<i>T 02</i>	<i>396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный.</i>											
<i>0 02</i>	<i>2. Шлифовать поверхность 18 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>											
<i>P 04</i>			<i>1</i>			<i>0,171</i>		<i>0,0015</i>	<i>320</i>	<i>30</i>		
<i>T 05</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>											
<i>06</i>												
<i>07</i>												
<i>08</i>												
<i>09</i>												
<i>10</i>												

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			21БР.ОТМП.266.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A3	1		21БР.ОТМП.266.65.00.001	Корпус	1	
A4	2		21БР.ОТМП.266.65.00.002	Втулка	1	
A4	3		21БР.ОТМП.266.65.00.003	Регулировочный винт	1	
A4	4		21БР.ОТМП.266.65.00.004	Тяга	1	
A4	5		21БР.ОТМП.266.65.00.005	Плунжер	1	
A4	6		21БР.ОТМП.266.65.00.006	Втулка	1	
A4	7		21БР.ОТМП.266.65.00.007	Корпус	1	
A4	8		21БР.ОТМП.266.65.00.008	Корпус гидроцилиндра	1	
A4	9		21БР.ОТМП.266.65.00.009	Шток	1	
A4	10		21БР.ОТМП.266.65.00.010	Поршень	1	
A4	11		21БР.ОТМП.266.65.00.011	Крышка	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		12		Пробка М5 ГОСТ12717-78	2	
		13		Кольцо ГОСТ2833-77	1	
		14		Подшипник 206 ГОСТ8338-75	2	
		15		Кольцо ГОСТ 8752-79	3	
		16		Пробка М8 ГОСТ12717-78	2	
		17		Кольцо ГОСТ 8752-79	3	
		18		Кольцо ГОСТ 8752-79	2	
21БР.ОТМП.266.65.00.000						
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб. / Габрилова						
Пров. / Козлов						
Исполн. / Козлов						
Утв. / Логинов						
Оправка гидропластовая				Лит.		Листов
				1		2
				ТГУ, ИМ, гр. ТМп-1702а		
<i>Копировал</i>				<i>Формат</i>		<i>A4</i>

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

		<i>Формат</i> <i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Приме- чание</i>	
			19		<i>Винт М8х10</i> <i>ГОСТ 11074-93</i>	1		
			20		<i>Гайка М16</i> <i>ГОСТ 15526-70</i>	1		
			21		<i>Винт М5х25</i> <i>ГОСТ 11738-84</i>	5		
			22		<i>Винт М8х25</i> <i>ГОСТ 11738-84</i>	6		
			23		<i>Винт М14х70</i> <i>ГОСТ 11738-84</i>	4		
			24		<i>Винт М8х30</i> <i>ГОСТ 11738-84</i>	3		
<i>Инд. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инд. № д/д/гг.</i>	<i>Подп. и дата</i>	21.БР.0ТМП.266.65.00.000			<i>Лист</i>
								<i>Изм.</i>
					<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		
						<i>Копировал</i>	<i>Формат А4</i>	

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Перв. примен.		Формат	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		Зона						
Стр. №					Документация			
	A2			21БР.ОТМП.266.70.00.000СБ	Сборочный чертеж			
					Детали			
	A3	1		21БР.ОТМП.266.70.00.001	Державка резца	1		
	A4	2		21БР.ОТМП.266.70.00.002	Пластина опорная	1		
	A4	3		21БР.ОТМП.266.70.00.003	Штифт цилиндрический	1		
	A4	4		21БР.ОТМП.266.70.00.004	Прихват	1		
Подп. и дата					Стандартные изделия			
		5			Пластина режущая треугольная ТМХ 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic"	1		
		6			Винт зажимной ГОСТ 17475-80	1		
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	21БР.ОТМП.266.70.00.000				
			Изм. Лист № докум. Подп. Дата	Резец расточной		Лит.	Лист	Листов
Разраб. Проб.	Гаврилова Козлов							1
Н.контр. Утв.	Козлов Логинов					ТГУ, ИМ, зр. ТМп-1702а		
				Копировал		Формат А4		