

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 фланца привода гранулятора
ОГМ

Студент	<u>В.В. Красюк</u> (И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) <u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Красюк Вячеслав Владимирович. Технологический процесс изготовления фланца привода гранулятора ОГМ. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Во введении формулируется цель проектирования технологического процесса изготовления фланца привода гранулятора ОГМ, которая заключается в разработке технологии, обеспечивающей выпуск годовой программы изделий заданного качества при минимальных экономических затратах.

Первый раздел содержит анализ исходных данных исходя из назначения, условий эксплуатации и технологических характеристик детали. В результате данного анализа формируются задачи работы, решению которых посвящены все последующие ее разделы.

Второй раздел содержит основные результаты разработки технологического процесса изготовления фланца. Проведены выбор параметров техпроцесса, проектирование заготовки, проектирование плана изготовления, определение средств оснащения техпроцесса, разработка технологических операций.

Третий раздел содержит результаты совершенствования технологических операций путем проектирования специальных средств оснащения. Спроектировано станочное приспособление и режущий инструмент.

Четвертый раздел содержит анализ безопасности и экологичности технологического процесса и мероприятия по их обеспечению.

Пятый раздел посвящен расчету экономических показателей технологического процесса.

В заключении формулируются основные выводы по результатам выполнения работы. Работа состоит из 68 страниц пояснительной записки и 7 листов формата А1 графической части.

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	4
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	4
1.2 Технологические характеристики детали.....	5
1.3 Формулировка задач работы.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Выбор параметров техпроцесса.....	9
2.2 Проектирование заготовки.....	11
2.3 Проектирование плана изготовления.....	20
2.4 Определение средств оснащения техпроцесса.....	22
2.5 Разработка технологических операций.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	29
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	43
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	45
5 Экономическая эффективность работы.....	48
Заключение.....	52
Список используемых источников.....	53
Приложение А Технологическая документация.....	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	66

Введение

Грануляторы представляют собой машины для производства гранул из различных видов биомасс. Одним из самых универсальных является гранулятор серии ОГМ. Опыт его эксплуатации показывает, что эффективность процесса производства гранул возросла в 1,3-1,5 раза. Качество получаемых гранул позволяет сократить их потери при хранении и транспортировке от разрушения, а также обеспечить сохранность в течение длительного времени. Конструкция данного гранулятора относится к пресс-грануляторам, что позволяет перерабатывать трудно гранулируемое сырье типа опила, соломы, травяной муки, отрубей, лузги, барды, торфа, органических минеральных удобрений, комбикормов, а также их комбинаций.

Основная техническая особенность гранулятора ОГМ заключается в применении двухступенчатого редуктора, который позволяет получить низкую частоту вращения матрицы при большой мощности привода, что обеспечивает получение прочных гранул. Прессующий узел данного гранулятора имеет усиленную конструкцию, что обусловлено большими нагрузками в процессе прессования. Высокая мощность привода, а также требования по уровню вибраций и шума в процессе работы, требуют от деталей редуктора повышенной точности изготовления и увеличения их износостойкости.

Обеспечение выполнения требований по точности изготовления деталей при условии выполнения производственной программы и обеспечении оптимальных экономических затрат на изготовление возможно только путем проведения качественной технологической подготовки производства.

Цель проектирования технологического процесса изготовления фланца привода гранулятора ОГМ заключается в разработке технологии, которая обеспечит выпуск годовой программы изделий заданного качества при минимальных экономических затратах.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации

Фланец является одной из деталей привода гранулятора ОГМ. Данная деталь в процессе работы передает крутящий момент от выходного вала редуктора на входной вал исполнительного механизма. Установка и центрирование детали на выходном валу осуществляется при помощи шлиц. Передача крутящего момента происходит посредством боковых поверхностей шлиц и боковых поверхностей торцовых пазов.

Конструкция детали достаточно сложная по конфигурации. Особенно стоит отметить наличие на одном из торцов пазов, которые выполнены перпендикулярно оси вращения детали, что усложняет конструкцию.

Условия эксплуатации фланца зависят в большей степени от условий эксплуатации всего механизма в целом. В соответствии с техническими требованиями, эксплуатация гранулятора производится в закрытых помещениях с определенным микроклиматом, который будет определять влияние внешних факторов. Следует учесть тот факт, что фланец играет роль соединительного элемента, располагается вне корпуса редуктора и поэтому из всех элементов редуктора наиболее подвержен влиянию внешних факторов. Наибольшую опасность представляют мелкодисперсные частицы сырья из которого изготавливаются гранулы. Попадание данных частиц на посадочные и исполнительные поверхности может привести к их загрязнению, коррозии и абразивному износу. Учитывая значительные величины передаваемого крутящего момента, влияние данных внешних факторов может привести к выходу фланца из строя.

1.2 Технологические характеристики детали

Выполнение оценки детали на технологичность рекомендуется производить по данным [14]. Оценка производится по критериям характеристик используемого материала, конструкции детали, заготовки и механической обработки.

«Материал детали характеризуется его химическим составом и физико-механическими свойствами. Фланец изготавливается из стали 20Х ГОСТ 4543-71 [29]. Химический состав и физико-механические свойства данной стали представлены в таблицах 1 и 2 соответственно» [14].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Сера	Фосфор	Медь	Хром	Марганец	Никель	Кремний
		не более						
Содержание, %	0,17-0,23	0,035	0,035	0,3	0,7-1	0,5-0,8	0,3	0,17-0,37

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение, %	Твердость по Бринеллю
215	430	24	53	123-167

Приведенные характеристики материала позволяют обеспечить показатели резания, характеризующиеся коэффициентом обрабатываемости, для твердосплавного инструмента 1,7, для быстрорежущего инструмента 1,6.

Определение технологических характеристик детали основано на классификации ее поверхностей по служебному назначению [15]. Исходя из данной классификации, определяются наиболее значимые для детали поверхности. При выполнении операций механической обработки данным поверхностям следует уделить особое внимание. Отклонение требований по

размерной точности их изготовления недопустимо. Для проведения классификации поверхностей фланца выполняем его эскиз, на котором каждой поверхности присваиваем свой индивидуальный номер (рисунок 1). Затем классифицируем поверхности по назначению (таблица 3).

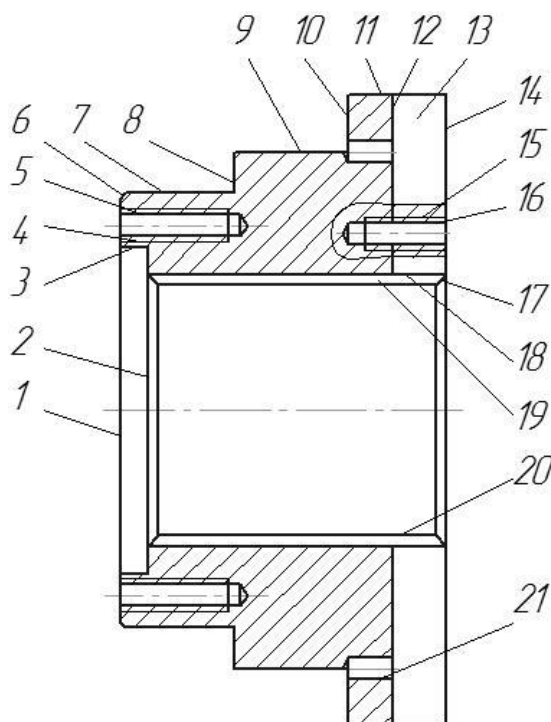


Рисунок 1 – Эскиз фланца

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	1, 20
Вспомогательная конструкторская база	1, 7, 12, 21
Исполнительная поверхность	4, 13, 15, 19
Свободные поверхности	все остальные

Следует отметить, что в конструкции детали максимально применены унифицированные стандартные элементы, а сама форма детали несложная, характерная для данного класса деталей. Величины размеров поверхностей, допуски на их изготовление, точность их формы и расположения соответствуют нормальному ряду чисел. Из недостатков конструкции фланца

можно отметить наличие перпендикулярно расположенных относительно оси вращения детали пазов и наличие большого количества резьбовых отверстий.

Технологичность заготовки во многом определяется материалом и конструкцией детали, от которых зависит выбор метода получения заготовки. Рассматриваемый фланец наиболее технологично получать методами обработки металлов давлением. С учетом годового объема выпуска деталей и рекомендаций [25] из всего многообразия методов обработки давлением в данном случае наиболее приемлемы методы штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе и штамповки в открытых штампах.

Механическая обработка данной детали, исходя из ее формы, расположения поверхностей и требуемой точности обработки может быть выполнена с использованием стандартных методов обработки, с применением универсального и стандартизированного оснащения операций. Механической обработке необходимо подвергнуть все поверхности детали, что определено их параметрами точности и методом получения заготовки данной детали.

Базирование на операциях технологического процесса можно осуществить при помощи стандартных схем с соблюдением принципов единства и постоянства баз. Черновыми технологическими базами можно принять основные конструкторские базы. С точки зрения теории базирования такое решение наиболее оптимально. Количество и размеры поверхностей для базирования детали отвечают всем необходимым требованиям, предъявляемым к ним. Реализация схем базирования в данном случае возможна при помощи стандартных средств оснащения.

Анализ фланца на технологичность позволяет сделать вывод о его хороших технологических характеристиках и наметить круг задач, которые необходимо решить в ходе проектирования технологического процесса.

1.3 Формулировка задач работы

Сформулируем основные задачи работы исходя из цели работы и анализа конструкции, условий эксплуатации и технологичности детали.

На первом этапе необходимо решить задачи по определению типа производства и его основных характеристик. Это позволит использовать максимально эффективные методики проектирования и получить отвечающий всем требованиям технологический процесс изготовления фланца.

Далее необходимо выбрать и спроектировать заготовку фланца, которая отвечает требованиям по необходимой точности изготовления детали, производительности и обеспечивает минимальные экономические затраты.

Следующая задача, которую необходимо решить связана с проектированием технологии изготовления фланца. Она предусматривает комплексный подход к ее решению, основанный на разработке маршрута обработки, схем базирования, выбора средств технологического оснащения и расчетов режимов резания. Такой подход к решению данной задачи позволит спроектировать максимально эффективный технологический процесс с точки зрения его экономических показателей.

Конструкторские задачи работы заключаются в проектировании специальных средств оснащения, которые направлены на решение проблем проектируемого технологического процесса связанных с его техническими недостатками. Решение этих проблем позволит повысить эффективность технологического процесса и сократить экономические потери.

На следующем этапе проектирования необходимо решить задачи по обеспечению безопасности и экологичности производства.

На заключающем этапе рассматривается блок экономических задач, решение которых направлено на оценку и повышение экономической эффективности проектируемого технологического процесса.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор параметров техпроцесса

Установление типа производства является основой для выбора параметров технологического процесса. Существует несколько способов определения типа производства. Первый подход подразумевает использование показателя закрепления операций [27]. Недостаток данного подхода заключается в необходимости предварительной подробной проработки технологии изготовления, что на стадии предварительного проектирования невозможно. Вторым подходом является определение типа производства на основе годовой программы выпуска детали и ее массы [21]. В данном случае будем использовать данный подход. Годовая программа выпуска составляет 10000 деталей, а масса детали согласно ее чертежу 2,45 кг. Такие параметры соответствуют среднесерийному типу производства.

Выбор параметров производится с использованием данных [13].

Проектирование технологического процесса в условиях среднесерийного типа производства выполняется в соответствии с линейной стратегией с включением циклических и разветвленных этапов.

Производственный процесс организуется в соответствии с не поточным групповым методом с применением запуска изделий рассчитанными партиями. Производственные участки формируются по групповому принципу, то есть станки расставляются строго по группам исходя из вида выполняемых работ.

Заготовка выбирается и проектируется исходя из технологических возможностей заготовительного производства конкретного предприятия. В общем случае выбор заготовки производится на основании экономических расчетов. Расчет припусков и напусков на механическую обработку, а также определение формы заготовки производится исходя из материала детали и ее

формы. Определение припусков при этом производится, в зависимости от требуемой точности обработки поверхности, либо расчетно-аналитическим, либо табличным методами.

Методы обработки поверхностей определяются из условия обеспечения минимального значения удельных затрат.

Оборудование для проведения операций выбирается исходя из реализуемого метода обработки, требуемой схемы проведения операции, особенностей конкретного производства. Среднесерийный тип производства предусматривает широкое применение оборудования оснащенного системами числового программного управления, универсального оборудования и ограниченное применение специализированного оборудования.

Средства технологического оснащения выбираются исходя из схемы проведения операции, особенностей конкретного производства. В большинстве случаев достаточно применения стандартных, нормализованных и стандартизированных средств оснащения. В случае применения специализированных и специальных средств оснащения необходимо провести техническое и экономическое обоснование таких решений.

Технологические операции проектируются из условия обеспечения последовательной и параллельно-последовательной структур с максимальной концентрацией технологических переходов. Базирование детали на операциях должно отвечать основным принципам базирования, то есть единства и постоянства баз. Режимы резания на выполнение операций определяются расчетно-аналитическим или статистическим методом. Выполнение нормирования операции производится расчетным методом, допускается применение метода хронометража. Оборудование на выполнение операционных размеров настраивается при помощи шаблонов, измерительных приборов и других методов предварительной настройки. На

финишных операциях рекомендуется применять для получения размера адаптивные системы контроля размеров.

2.2 Проектирование заготовки

В соответствии с принятой методикой проектирования и характеристиками среднесерийного типа производства необходимо спроектировать заготовку. Решение этой задачи предусматривает последовательное выполнение нескольких этапов. Сначала необходимо выбрать метод получения заготовки. В ходе выполнения анализа заготовки на технологичность было выяснено, что «заготовку для рассматриваемой детали наиболее рационально получать методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе или штамповки в открытых штампах» [25]. Окончательный выбор из двух предполагаемых методов выполняется путем сравнительного экономического анализа затрат на получение детали из заготовки полученной каждым из сравниваемых методов [9]. Затраты определяются с использованием выражения:

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

где $C_{ЗАГ}$ – приведенные затраты метода получения заготовки, руб.;

$C_{МЕХ}$ – приведенные затраты на снятие стружки, руб.;

$C_{ОТХ}$ – цена одного кг стружки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг.

Массу фланца определим путем проведения его твердотельного моделирования при помощи программного обеспечения «Компас 3 D V16». Результат твердотельного моделирования фланца представлен на рисунке 2. Массу детали определяем при помощи встроенного прикладного пакета

расчета массо-центровочных характеристик модели. Получаем массу детали равную 2,45 кг.

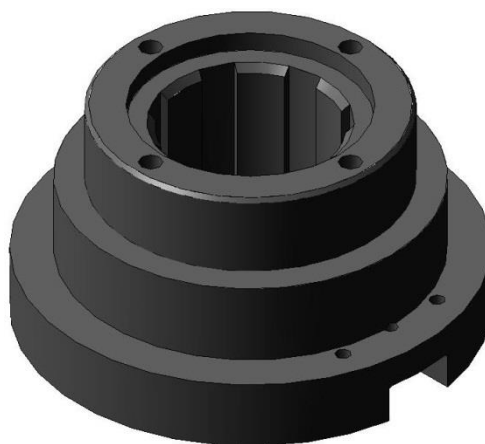


Рисунок 2 – Результаты твердотельного моделирования фланца

Определение массы заготовки с достаточной для данной стадии проектирования точностью можно произвести по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_p, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения заготовки;

K_p – коэффициент, зависящий от метода получения заготовки и геометрических особенностей детали.

Здесь и далее примем индекс метода получения заготовки 1 для метода получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе, индекс метода получения заготовки 2 для метода получения заготовки штамповкой в открытых штампах.

$$Q_1 = 2,45 \cdot 1,6 = 3,86 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 2,45 \cdot 1,7 = 4,17 \text{ кг.}$$

Для определения приведенных затрат метода получения заготовки используется выражение:

$$C_{\text{ЗАГ } i} = C_{\text{ШТ}} \cdot h_{\text{Т}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (3)$$

где $C_{шт}$ – базовая стоимость получения одного кг заготовок рассматриваемым методом, руб.;

h_T – коэффициент, характеризующий точность метода штамповки;

h_C – коэффициент, характеризующий сложности метода штамповки;

h_B – коэффициент, характеризующий массу заготовки полученной данным методом штамповки;

h_M – коэффициент, характеризующий марку материала;

h_{II} – коэффициент, характеризующий годовую программу выпуска.

$$C_{ЗАГ\ 1,2} = 29,96 \cdot 0,90 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 36,59 \text{ р.}$$

«Для определения приведенных затрат на снятие стружки используется выражение:

$$C_{МЕХ\ i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где C_C – текущие затраты на снятие одного кг стружки, руб.;

C_K – капитальные вложения на снятие одного кг стружки, руб.;

E_H – коэффициент, характеризующий эффективности капитальных вложений» [9].

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

Подставляя полученные значения в формулу (1) получаем следующие значения:

$$\begin{aligned} C_{T1} &= 36,59 \cdot 3,86 + 6,04 \cdot (3,86 - 2,45) - 1,4 \cdot (3,86 - 2,45) = \\ &= 147,78 \text{ р.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{T2} &= 36,59 \cdot 4,17 + 6,04 \cdot (4,17 - 2,45) - 1,4 \cdot (4,17 - 2,45) = \\ &= 160,56 \text{ р.} \end{aligned}$$

Рассчитаем экономическую эффективность от применения более дешевого метода получения заготовки:

$$\mathcal{E} = (C_{T2} - C_{T1}) \cdot N, \quad (5)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E} = (160,56 - 147,78) \cdot 10000 = 127800 \text{ р.}$$

Экономические расчеты показали, что метод получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе имеет лучшие показатели. Выбираем данный метод получения заготовки для дальнейшего ее проектирования.

Следующим этапом проектирования заготовки является проектирование маршрутов обработки поверхностей. Эффективное решение данной задачи возможно на основе анализа суммарных удельных трудоемкостей возможных вариантов маршрутов обработки исходя из требуемых характеристик поверхностей. Для этого используем данные [8]. Полученные результаты разработки маршрутов обработки поверхностей детали представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты разработки маршрутов обработки поверхностей

Поверхность	Тип поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
1	плоская	12	2,5	«точение черновое и чистовое, термическая обработка, шлифование черновое» [8]
2	плоская	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [8]
3	цилиндрическая	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [8]
4	резьбовая	10	6,3	«резьбонарезание, термическая обработка» [8]
5	цилиндрическая	10	12,5	«сверление, термическая обработка» [8]
6	коническая	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [8]

Продолжение таблицы 4

Поверхность	Тип поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
7	цилиндрическая	7	1,6	«точение черновое и чистовое, термическая обработка, шлифование черновое и чистовое» [8]
8	плоская	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [8]
9	цилиндрическая	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [8]
10	плоская	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [8]
11	цилиндрическая	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [8]
12	плоская	12	3,2	«фрезерование, термическая обработка» [8]
13	плоская	12	3,2	«фрезерование, термическая обработка» [8]
14	плоская	12	12,5	«точение черновое и чистовое, термическая обработка, шлифование черновое» [8]
15	резьбовая	10	6,3	«резьбонарезание, термическая обработка» [8]
16	цилиндрическая	10	12,5	«сверление, термическая обработка» [8]
17	коническая	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [8]
18	цилиндрическая	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [8]
19	плоская	7	3,2	«сверление, термическая обработка» [8]
20	цилиндрическая	7	1,6	«точение черновое и чистовое, термическая обработка, шлифование черновое и чистовое» [8]
21	цилиндрическая	7	2,5	«сверление, зенкерование, развертывание, термическая обработка» [8]

Представленные в таблице 4 маршруты обработки поверхностей являются основой для определения припусков на обработку поверхностей. Метод определения припуска, как отмечалось ранее, зависит от требуемой точности обработки.

Для расчета припуска на обработку поверхности 20 диаметром 46H7(+0.025) применим расчетно-аналитический метод [22].

В соответствии с принятой методикой расчет минимального припуска производится по формуле:

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

где « a – дефектный слой, мм;

Δ – пространственные отклонения, мм;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [22].

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,280^2 + 0,080^2} = 0,691 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,100 + \sqrt{0,060^2 + 0,020^2} = 0,163 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{\text{то}} + \sqrt{\Delta_{\text{то}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,016^2 + 0,060^2} = 0,421 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,090^2 + 0,020^2} = 0,242 \text{ мм.}$$

«Расчет максимального припуска производится по формуле:

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

где TD – операционный допуск на размер, мм» [22].

$$\begin{aligned} z_{1 max} &= z_{1 min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 0,691 + 0,5 \cdot (0,620 + 0,250) = \\ &= 1,146 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$z_{2 max} = z_{2 min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,163 + 0,5 \cdot (0,250 +$$

$$+0,025) = 0,226 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{T0} + TD_3) = 0,421 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,039) = 0,460 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,242 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,025) = 0,274 \text{ мм.}$$

Расчет среднего припуска производится по формуле:

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

$$z_{\text{ср}1} = 0,5(z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,146 + 0,691) = 0,919 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5(z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,226 + 0,163) = 0,195 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5(z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,460 + 0,421) = 0,441 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5(z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,274 + 0,242) = 0,258 \text{ мм.}$$

Исходя из полученных значений припусков, рассчитываем операционные размеры для каждого перехода.

Расчет максимальных операционных размеров производится по формуле:

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

Расчет минимальных операционных размеров производится по формуле:

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

Расчет средних операционных размеров производится по формуле:

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

Принятая методика расчета подразумевает выполнение расчетов в обратном порядке относительно маршрута их обработки, то есть расчеты выполняются от готовой детали к заготовке.

$$D_{4 \max} = 46,025 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \min} = 46,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{4 \max} + D_{4 \min}) = 0,5 \cdot (46,025 + 46,000) = 46,012 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \max} = D_{4 \max} - 2 \cdot z_{4 \min} = 46,025 - 2 \cdot 0,242 = 45,580 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \min} = D_{3 \max} - TD_3 = 45,580 - 0,039 = 45,541 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \max} + D_{3 \min}) = 0,5 \cdot (45,580 + 45,541) = 45,561 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ТО} \max} = D_{3 \max} - 2 \cdot z_{3 \min} = 44,738 - 2 \cdot 0,421 = 44,738 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ТО} \min} = D_{\text{ТО} \max} - TD_3 = 44,738 - 0,039 = 44,699 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ТО} \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{\text{ТО} \max} + D_{\text{ТО} \min}) = 0,5 \cdot (44,738 + 44,699) = 44,719 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{3 \max} \cdot 0,999 = 44,738 \cdot 0,999 = 44,701 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 44,701 - 0,250 = 44,451 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (44,701 + 44,451) = 44,576 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 44,701 - 2 \cdot 0,125 = 44,449 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 44,449 - 0,100 = 44,023 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (44,449 + 44,023) = 44,073 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 44,023 - 2 \cdot 0,691 = 42,641 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 42,641 - 0,62 = 42,021 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (42,641 + 42,021) = 42,331 \text{ мм.}$$

Производим расчет общих припусков на обработку поверхностей.

Расчет минимального общего припуска производится по формуле:

$$2z_{\min} = D_{4 \max} - D_{0 \min}. \quad (12)$$

$$2z_{\min} = 46,025 - 42,021 = 4,004 \text{ мм.}$$

Расчет максимального общего припуска производится по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + TD_0 + TD_4. \quad (13)$$

$$2z_{max} = 4,004 + 0,62 + 0,039 = 4,663 \text{ мм.}$$

Расчет среднего общего припуска производится по формуле:

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

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (4,004 + 4,663) = 4,334 \text{ мм.}$$

Определение припусков на обработку оставшихся поверхностей производится табличным методом [5, 18]. Порядок определения припуска в данном случае следующий. При помощи табличных статистических данных определяется минимальный припуск для каждого перехода обработки поверхности. Максимальный припуск рассчитывается с использованием выражения (7) и данных о технологических допусках для каждого перехода обработки поверхности. Средний припуск рассчитывается исходя из значений минимального и максимального припусков с использованием выражения (8).

Суммируя полученные значения припусков, формируют контур заготовки путем их прибавления к соответствующим поверхностям детали.

После определения припусков на обработку, по ГОСТ 7505-89 [4] определяются характеристики проектируемой заготовки, включая допуски и напуски.

Для проектируемой заготовки группа материала М1, степень точности Т4, степень сложности С2. Исходя из данных параметров исходный индекс И11. По индексу определяются отклонения размеров заготовки, величины которых представлены на рабочем чертеже заготовки.

Величины напусков для проектируемой заготовки составят: «смещение по поверхности разъема штампов 0,5 мм, плоскостность поверхностей 0,8 мм, величина остаточного облоя 0,8 мм, concentricность отверстий 1,0 мм, уклоны наружные 5°, уклоны внутренние 7°, радиусы скруглений 3,5 мм» [4].

Величины напусков прибавляются к контуру заготовки и отражаются на ее рабочем чертеже.

2.3 Проектирование плана изготовления

Проектирование плана изготовления производится на основе маршрута изготовления, выбора схем базирования, определения операционных размеров и их допусков.

В ходе выполнения выбора параметров технологического процесса было установлено, что для среднесерийного типа производства технологический маршрут изготовления формируется на основе типовых маршрутов, представленных в литературе [10, 12].

Процедура формирования маршрута изготовления следующая. Сначала принимается за базовый маршрут наиболее подходящий типовой маршрут обработки схожей по конструктивно-технологическим характеристикам детали.

Затем производится анализ достаточности и избыточности технологических операций применительно к рассматриваемой детали. В случае необходимости лишние операции исключаются из маршрута, а недостающие включаются в маршрут.

Далее формируется содержание технологических операций. Для этого все поверхности, требующие для их получения применения однотипных методов обработки, объединяются в операции обеспечивающие выполнение определенного метода обработки.

Полученные результаты разработки технологического маршрута изготовления приведены ниже.

Операция 005 Токарная реализует метод обработки точением, содержит обработку поверхностей 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 20.

Операция 010 Токарная реализует метод обработки точением, содержит обработку поверхностей 11, 14.

Операция 015 Токарная реализует метод обработки точением, содержит обработку поверхностей 1, 6, 7.

Операция 020 Токарная реализует метод обработки точением, содержит обработку поверхностей 14, 17, 20.

Операция 025 Протяжная реализует метод обработки протягиванием, содержит обработку поверхностей 18, 19.

Операция 030 Фрезерная реализует метод обработки фрезерованием, содержит обработку поверхностей 12, 13.

Операция 035 Сверлильная реализует методы обработки сверлением, зенкерованием, развертыванием, резбонарезанием, содержит обработку поверхностей 15, 16, 21.

Операция 040 Сверлильная реализует методы обработки сверлением, резбонарезанием, содержит обработку поверхностей 4, 5.

Операция 045 Термическая содержит методы термической обработки всех поверхностей детали.

Операция 050 Плоскошлифовальная реализует методы обработки шлифованием, содержит обработку поверхностей 1, 14.

Операция 055 Внутришлифовальная реализует методы обработки шлифованием, содержит обработку поверхности 20.

Операция 060 Круглошлифовальная реализует методы обработки шлифованием, содержит обработку поверхности 7.

Операция 065 Внутришлифовальная реализует методы обработки шлифованием, содержит обработку поверхности 20.

Операция 070 Круглошлифовальная реализует методы обработки шлифованием, содержит обработку поверхности 7.

Операция 075 Моечная содержит мойку и сушку всех поверхностей детали.

Операция 080 Контрольная содержит комплексный контроль всех поверхностей детали.

Выбор схем базирования производится исходя из типа детали, ее

конструктивных особенностей, возможности реализации схемы, соблюдения принципов единства и постоянства баз и других рекомендаций [28].

«Полученные результаты представляются в виде плана изготовления детали, который представляет собой графическое отображение маршрута изготовления с указанием используемого оборудования, эскиза обработки, схем базирования, операционных размеров и технических требований для выполнения операций» [17]. Более подробно принципы формирования плана изготовления и основные требования, предъявляемые к нему, представлены в литературе [17].

Результаты проектирования плана изготовления отражены на соответствующем листе графической части работы и в приложении А.

2.4 Определение средств оснащения техпроцесса

Оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент, средства контроля и другие средства технологического оснащения, применяемые в технологическом процессе, оказывают значительное влияние на его технические и экономические показатели. Средства оснащения, прежде всего, должны соответствовать типу производства и его характеристикам. Выбор конкретного вида средств оснащения выполняется в соответствии с рекомендациями [7].

Выбор оборудования производится с учетом структуры операции, принятого уровня концентрации технологических переходов, требуемой гибкости оборудования, точности обрабатываемых поверхностей и производительности. Модели станков выбираем по данным [6].

Выбор станочного оснащения производится с учетом структуры технологической операции, требуемых технических характеристик приспособления, теоретической схемы базирования на операции, необходимого уровня механизации и автоматизации. Группу и тип станочного приспособления выбираем по данным [23, 26].

Выбор режущего инструмента производится с учетом реализуемой схемы и концентрации переходов на операции, требуемой стойкости инструментального материала, характеристик шероховатости и точности обрабатываемой поверхности, требуемого на операции уровня автоматизации. Наименование и типоразмер режущего инструмента выбираем по данным [2].

Выбор средств контроля производится с учетом характеристик контролируемых поверхностей, вида контроля, необходимой степени автоматизации контрольных операций, типа получаемой в ходе контроля операций. Тип и модели средств контроля выбираем по данным [1].

Результаты выбора средств оснащения технологического процесса изготовления фланца привода гранулятора ОГМ представлены в таблице 5. В представленной таблице приведены только основные средства оснащения без учета дополнительных средств оснащения, таких как инструментальные оправки, вспомогательный инструмент, настроечные калибры и приборы и так далее.

Таблица 5 – Средства оснащения технологического процесса

Наименование операции	Оборудование	Металлорежущий инструмент	Станочное приспособление	Измерительное средство
005 Токарная	токарно-винторезный 16K20Ф3 CNC	резец контурный Т5К10 ГОСТ 18879-73, резец расточной Т5К10 ГОСТ 18879-73	патрон трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80	штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80
010 Токарная	токарно-винторезный 16K20Ф3 CNC	резец контурный Т5К10 ГОСТ 18879-73	патрон трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80	штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80
015 Токарная	токарно-винторезный 16K20Ф3 CNC	резец контурный Т15К6 ГОСТ 18879-73, резец расточной Т5К10 ГОСТ 18879-73	оправка цанговая	штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80

Продолжение таблицы 5

Наименование операции	Оборудование	Металлорежущий инструмент	Станочное приспособление	Измерительное средство
020 Токарная	токарно-винторезный 16К20Ф3 CNC	резец контурный Т15К6 ГОСТ 18879-73, резец расточной Т5К10 ГОСТ 18879-73	патрон трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80	штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80
025 Протяжная	вертикально-протяжной 7Б65	протяжка шлицевая Р9 ГОСТ 25158-82	опора шаровая	штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80, калибры
030 Фрезерная	горизонтально-фрезерный 6Р82Г	фреза дисковая трехсторонняя Р6М5 ГОСТ 28527-90	приспособление специальное цанговое	штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80, калибры
035 Сверлильная	вертикально-сверлильный 2Н135Ф2 CNC	сверло спиральное Р6М5 специальное, метчик М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5, сверло спиральное ГОСТ 19544-74 Р6М5, зенкер ГОСТ 12489-71 Р6М5, развертка ГОСТ 1672-80 Р6М5	оправка цанговая специальная	калибры
040 Сверлильная	вертикально-сверлильный 2Н135Ф2 CNC	сверло спиральное Р6М5 специальное, метчик М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5	оправка цанговая специальная	калибры
050 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3Г71	круг шлифовальный 1-500×45×305 23А46N8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	плита магнитная ГОСТ16528-87	скоба рычажная СР75 ГОСТ11098-75
055 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К227В	круг шлифовальный 1-32×40×10 23А46N8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	патрон цанговый специальный	нутромер НМ-50 ГОСТ 9244-75
060 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3М151	круг шлифовальный 1-500×45×305 23А46N8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	оправка цанговая специальная	микрометр МК-100 ГОСТ 6507-90
065 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К227В	круг шлифовальный 1-32×40×13 24А50К5V40м/с1А	патрон цанговый специальный	нутромер НМ-50 ГОСТ 9244-75

Продолжение таблицы 5

Наименование операции	Оборудование	Металлорежущий инструмент	Станочное приспособление	Измерительное средство
070 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3М151	круг шлифовальный 1-500×45×305 24А60М5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	оправка цанговая специальная	микрометр МК-100 ГОСТ 6507-90
075 Моечная	моечная машина			

Результаты выбора средств технологического оснащения отражаются в графической части работы на плане изготовления и технологических наладках, а также в маршрутной и операционных картах, представленных в приложении А.

2.5 Разработка технологических операций

Разработка технологических операций заключается в ее формировании на основе полученных ранее данных по структуре, концентрации технологических переходов, средствах оснащения техпроцесса. Так же должны быть определены режимы резания и проведено нормирование операций. Результаты разработки технологических операций представлены в приложении А в виде маршрутной и операционных карт, а также в графической части работы в виде наладок на технологические операции.

Режимы резания определяются с использованием расчетно-аналитической методики и справочных данных [16, 19]. Последовательность определения в соответствии с принятой методикой следующая. Сначала определяем глубину резания, исходя из припусков на выполнение операции и напусков на соответствующие поверхности, определенных ранее, а также соответствующих методических рекомендаций. Исходя из глубины резания и характеристик обрабатываемого материала по соответствующим справочным данным, определяем подачу инструмента и корректируем ее исходя из

технических характеристик применяемого на операции оборудования.

«Далее определяем расчетную скорость резания по формуле:

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

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик инструментального материала;

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

Исходя из полученного значения расчетной скорости обработки, определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

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

где D – размер обрабатываемой поверхности, мм.

Корректируем частоту вращения шпинделя исходя из технических характеристик применяемого на операции оборудования.

«На основании действительной частоты вращения шпинделя определяем действительную скорость резания по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (17)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин» [16].

Нормирование операций технологического процесса заключается в определении норм времени, в частности основного времени, на их выполнение исходя из определенных режимов резания. В условиях

среднесерийного производства используется расчетный метод определения [19]. «Норма времени определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (18)$$

где $L_{\text{рх}}$ – рабочий ход инструмента в процессе обработки, мм;
 S_0 – подача инструмента, мм/об» [19].

«Рабочий ход инструмента определяется по формуле:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (19)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;
 $l_{\text{рез}}$ – длина обработки, мм;
 l_2 – длина перебега инструмента, мм» [19].

Полученные результаты расчетов режимов резания и нормирования технологических операций заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Токарная					
1	0,32	96	250	72	0,9
2	0,16	84	450	69	0,96
010 Токарная					
1	0,32	96	250	55	0,69
015 Токарная					
1	0,25	203	800	40	0,2
2	0,12	152	1100	3	0,03
020 Токарная					
1	0,25	190	450	35	0,31
2	0,12	152	1100	57	0,43
025 Протяжная					
1		4		60	0,64
030 Фрезерная					

Продолжение таблицы 6

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
1	0,02	32	125	120	2,67
035 Сверлильная					
1	0,03	28	1600	160	3,33
2	1,0	8	450	256	0,57
3	0,03	18	1600	20	0,42
4	0,25	18	1450	20	0,06
5	0,25	15	1200	20	0,07
040 Сверлильная					
1	0,03	28	1600	96	2,0
2	1,0	8	450	168	0,38
050 Плоскошлифовальная					
1	25	0,07		210	3,2
055 Внутришлифовальная					
1	25	5,6	0,011	68	2,4
060 Круглошлифовальная					
1	30	0,017	120	22	2,7
065 Внутришлифовальная					
1	30	3,0	0,008	68	2,8
070 Круглошлифовальная					
1	35	0,011	160	22	2,4

Полученные результаты расчета режимов резания и нормирования техпроцесса заносим в соответствующие графы маршрутной и операционных карт (приложение А), а также указываем в технологических наладках на операции, которые представлены в графической части работы.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Анализ 065 Внутришлифовальной операции показывает, что основной ее недостаток вызван отсутствием механизированного зажимного приспособления. Проектирование соответствующего зажимного приспособления проведем по методике и данным [24].

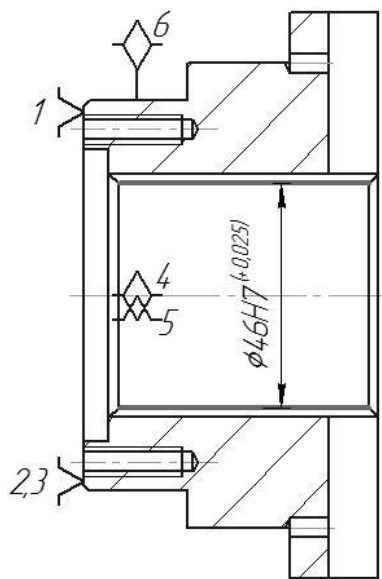


Рисунок 3 – Эскиз выполнения операции

Исходя из приведенной схемы базирования, а также необходимой точности обработки принимаем цанговый зажимной механизм.

Расчет сил резания при шлифовании основан на определении мощности резания по формуле:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z, \quad (20)$$

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

v_3 – скорость заготовки в процессе обработки, м/мин;

s – продольная подача, мм/об;

d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

b – ширина шлифования, мм.

$$N = 0,14 \cdot 40^{0,8} \cdot 0,008^{0,8} \cdot 46^{0,2} \cdot 40^{1,0} = 4,84 \text{ кВт.}$$

Составляющая силы резания P_Z рассчитывается по формуле:

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

где K_{PZ} – коэффициент условий операции.

Составляющая силы резания P_Y рассчитывается по формуле:

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot P_Z \cdot K_{PY}, \quad (22)$$

где K_{PY} – коэффициент условий операции.

Проводим расчеты составляющих силы резания.

$$P_Z = \frac{4,84 \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot 1,25 = 1763 \text{ Н.}$$

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot 1763 \cdot 1,25 = 3967 \text{ Н.}$$

Расчет необходимого усилия закрепления основан на условии обеспечения равновесия моментов закрепления и резания в процессе обработки. Для определения составляющих данной системы составим схему закрепления заготовки, представленную на рисунке 4.

Из представленной схемы закрепления следует, что составляющая силы резания P_Y стремится прижать заготовку в процессе обработки к упору, поэтому ее влияние на закрепление не учитываем.

Момент от составляющей силы резания P_Z равен:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (23)$$

где d_0 – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

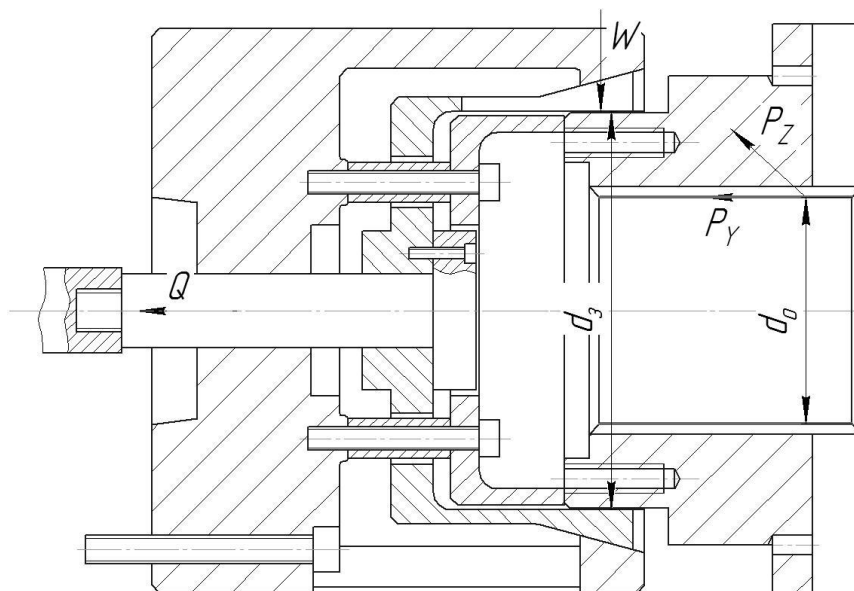


Рисунок 4 – Схема закрепления заготовки

Уравновешивающий его момент от силы закрепления равен:

$$M_{3Pz} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (24)$$

где « W – усилие зажима, Н;

f – коэффициент трения поверхности закрепления и цанги;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [24].

«Приравняв полученные моменты, выводим уравнение для определения усилия зажима:

$$W = \frac{Pz \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (25)$$

где K – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции» [24].

$$W = \frac{1763 \cdot 46}{3 \cdot 0,2 \cdot 80} \cdot 2,5 = 4224 \text{ Н.}$$

Расчетное усилие зажима в проектируемом приспособлении создается при помощи силового привода. Усилие на приводе отличается от расчетного усилия зажима и зависит от принятой конструкции зажимного механизма. Для цангового зажимного механизма усилие привода рассчитывается по формуле:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (26)$$

где α – угол наклона рабочей поверхности цанги;

φ – угол трения рабочей поверхности цанги.

$$Q = 4224 \cdot \operatorname{tg}(15 + 6,5) = 1664 \text{ Н.}$$

Усилие привода создается при помощи пневмоцилиндра, основным расчетным параметром которого является диаметр поршня определяемого по формуле:

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

где d – диаметр штока, мм;

P – давление воздуха, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 1664}{0,4} + 40^2} = 108 \text{ мм.}$$

С целью удешевления проектируемого приспособления в его конструкции необходимо применять как можно больше стандартных узлов и элементов, поэтому применим стандартный пневмоцилиндр с диаметром поршня 120 мм.

Далее необходимо выяснить соответствие спроектированного приспособления требуемой точности установки на данной операции. На рисунке 5 приведена схема погрешностей приспособления.

Рассчитанную погрешность установки в приспособлении необходимо сравнить с допустимой для данного приспособления исходя из необходимой точности данной операции, которая составляет 0,075 мм.

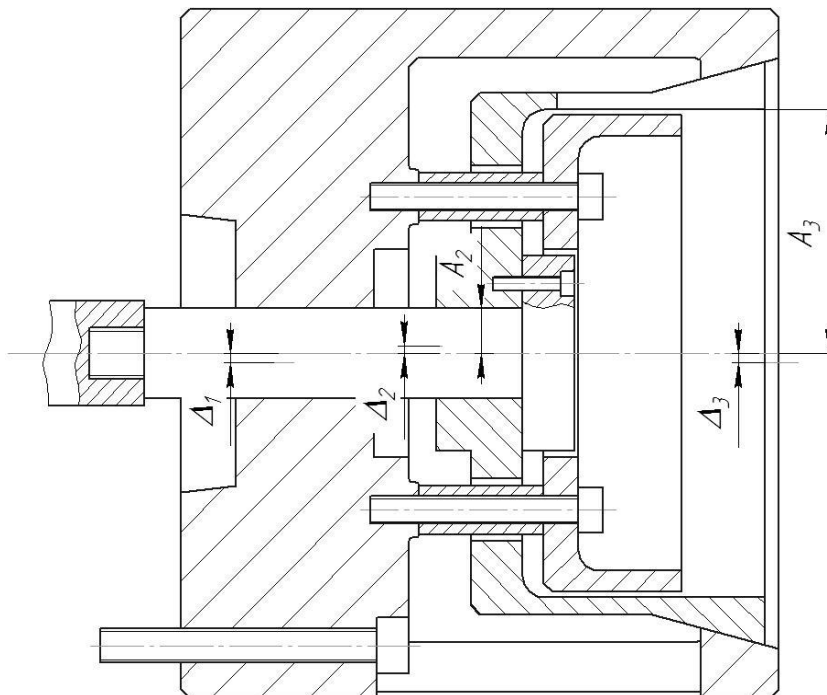


Рисунок 5 – Схема погрешностей приспособления

В соответствии с приведенной схемой погрешность установки определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (28)$$

где Δ_1 – погрешность неперпендикулярности штока, мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении тяги и цанги, мм;

Δ_3 – погрешность изготовления рабочей поверхности цанги, мм.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,014^2} = 0,004 \text{ мм.}$$

Расчетное значение погрешности установки в проектируемом приспособлении меньше, чем допустимая погрешность, то есть точность приспособления соответствует предъявляемым требованиям.

Конструкция проектируемого приспособления состоит из двух основных элементов – зажимного механизма и пневмоцилиндра. Зажимной механизм выполнен на основе цангового механизма. В конструкцию данного механизма входят следующие основные элементы: корпус, цанга, чашечная опора, тяга. Пневмоцилиндр состоит из следующих основных элементов: корпус, поршень, шток, вращающаяся муфта для подачи воздуха. Более подробно конструкция и элементы проектируемого приспособления представлены на чертеже графической части работы и в спецификации (приложение Б).

Процесс установки заготовки в приспособлении следующий. Заготовка устанавливается на чашечную опору. При этом цанга находится в разжатом положении. В полость пневмоцилиндра содержащую шток подается сжатый воздух, под действием которого поршень движется в противоположную сторону и тянет за собой шток, соединенный с тягой. Тяга перемещает цангу, лепестки которой скользят по наклонной поверхности корпуса, сходясь в направлении центра. Таким образом, осуществляется центрирование и закрепление заготовки. Раскрепление заготовки после обработки осуществляется в обратном порядке. Воздух подается в полость пневмоцилиндра не содержащую шток и система движется в исходное положение. При этом цанга скользит по наклонной поверхности корпуса, принимая исходное состояние под действием силы упругости лепестков.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Дальнейший анализ базового технологического процесса показал, что еще одной лимитирующей операцией является на операцию 035 Сверлильная. Основная причина этого вызвана тем, что при выполнении

перехода сверления отверстия диаметром 5,5 мм стандартное сверло не обеспечивает требуемой производительности. Решением этой проблемы является применение сверла прогрессивной конструкции, проектирование которого производится по методике и справочным данным [20].

Расчетный диаметр сверла определяется по формуле:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (29)$$

где D_{min} – минимальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

TD – допуск на диаметр, мм.

$$D = 5,5 + \frac{0,048}{2} = 5,524 \text{ мм.}$$

Точность размера сверла принимаем исходя из требуемой точности обработки отверстия. В данном случае требуется получить точность соответствующую 10 квалитету, следовательно, точность диаметра сверла принимается по 8 квалитету. Получаем рабочий диаметр инструмента равный $5,524_{-0,018}$ мм.

Исходя из требуемой глубины обработки и конструктивных особенностей обрабатываемой детали принимаем общую длину сверла равную 70 мм. Длину рабочей части хвостовика принимаем исходя из особенностей системы крепления режущего инструмента на станке равной 32 мм.

В соответствии с принятой методикой проектирования принимаем следующие характеристики геометрии сверла:

- «угол наклона винтовой канавки ω равен 30° ;
- угол заострения 2φ равен 130° ;
- задний угол α равен 12° ;
- обратная конусность диаметра сверла по направлению к хвостовику на 100 мм длины рабочей части 0,08 мм;

- ширина ленточки вспомогательной задней поверхности лезвия f_0 равна 0,7 мм» [20].

Другие геометрические и конструктивные параметры сверла определяются в соответствии с расчетами.

Величина шага винтовой канавки определяется по формуле:

$$H = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg} \omega}. \quad (30)$$

$$H = \frac{\pi \cdot 5,5}{\operatorname{tg} 30} = 29,9 \text{ мм.}$$

Толщина сердцевины сверла определяется по формуле:

$$d_c = 0,3 \cdot D. \quad (31)$$

$$d_c = 0,3 \cdot 5,5 = 1,65 \text{ мм.}$$

С целью обеспечения требуемой жесткости сверла предусматривается утолщение сердцевины по направлению к хвостовику на 0,8 мм на 100 мм его длины.

Ширина пера сверла определяется по формуле:

$$B = 0,58 \cdot D. \quad (32)$$

$$B = 0,58 \cdot 6 = 3,5 \text{ мм.}$$

Увеличение производительности проектируемого сверла обеспечивается применением режущей части состоящей из трех перьев. Такое техническое решение позволит получить равномерное распределение усилия в процессе резания, что позволит применить более интенсивные режимы резания без уменьшения стойкости инструмента и снижения качества обработки. Подробнее конструкция спроектированного сверла представлена в графической части работы.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

Выполнение анализа технологического процесса изготовления фланца на первом этапе предусматривает составление его технологического паспорта. Согласно методике [3] технологический паспорт включает краткое описание выполняемых операций, наименование должностей работников осуществляющих техпроцесс, описание оборудования и средств оснащения применяемых на операциях, описание материалов и веществ необходимых для выполнения техпроцесса. Технологический паспорт для проектируемого технологического процесса приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [3]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [3]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [3]	«Материалы, вещества» [3]
технологический процесс изготовления фланца привода гранулятора ОГМ	сверлильная операция	сверловщик	вертикально-сверлильный 2Н135Ф2 CNC, оправка цанговая специальная, сверло спиральное Р6М5 специальное, метчик М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5	сталь 20Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	шлифовальная операция	шлифовщик	внутришлифовальный 3К227В,	

Продолжение таблицы 7

«Технологический процесс» [3]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [3]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [3]	«Материалы, вещества» [3]
			патрон цанговый специальный, круг шлифовальный 1-32×40×13 24A50K5V40м/с 1А	

Составленный технологический паспорт используется для определения рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, определения параметров пожарной безопасности производства и его экологичности.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Основываясь на данных технологического паспорта технического объекта, определяем профессиональные риски, которые могут возникнуть в ходе выполнения технологического процесса. Результаты представим в виде таблицы 8.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [3]а
сверлильная операция, шлифовальная операция	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [3]	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	станок, средства технологического оснащения
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	станок, средства

Продолжение таблицы 8

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [3]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [3]
		технологического оснащения, технологический транспорт
	стереотипные рабочие движения	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт

Анализируя риски технологического процесса, отметим, что все перечисленные опасные и вредные факторы требуют разработки организационных и технических мероприятий по снижению или устранению их влияния на работников производства.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Снижение и устранение влияния профессиональных рисков на работников производства производится путем разработки соответствующих организационно-технических методов и применением средств индивидуальной защиты» [3]. Результаты разработки данных мероприятий представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [3]	«Средства индивидуальной защиты работника» [3]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [3]	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	«фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные» [3]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны	«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» [3]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	«инструктаж, устройства и приспособления, гасящие вибрации» [3]	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся	«инструктаж, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума» [3]	«наушники противозумные или вкладыши противозумные» [3]

Продолжение таблицы 9

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [3]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [3]	«Средства индивидуальной защиты работника» [3]
повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума		
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	«инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, система аварийного отключения оборудования, средства изоляции» [3]	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктаж по охране труда, устройства местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	инструктаж по охране труда, устройств ограждающие опасные зоны	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические регламентируемые перерывы	
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы	

Предлагаемые мероприятия позволяют устранить или снизить влияние на работников выявленных профессиональных рисков и обеспечить безопасность выполнения технологического процесса.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

«Разработка эффективных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта основана на идентификации класса пожара и его опасных факторов» [3]. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация класса и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение» [3]	«Оборудование» [3]	«Класс пожара» [3]	«Опасные факторы пожара» [3]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [3]
участок изготовления фланца привода гранулятора ОГМ	вертикально-сверлильный 2Н135Ф2 CNC, оправка цанговая специальная, сверло спиральное Р6М5 специальное, метчик М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5, внутришлифовальный 3К227В, патрон цанговый специальный, круг шлифовальный 1-32×40×13 24А50К5V40м/с1 А	пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов повышенной концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму	«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» [3]

Используя полученные данные, производим выбор технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность рассматриваемого производства. Результаты представим в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
огнетушители, гидропомпы, ведра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, ломы, пилы, топоры	пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители	автоматическая система пожаротушения	извещатели, приборы приема, контрольные, системы передачи извещений о пожаре	клапаны, гидранты, колонки, стволы, рукава соединительные, колонки, гидроэлеваторы,	противогазы, самоспасатели	ведра, ломы, багры с деревянной ручкой, полотно, лопаты, тележка	автоматические звуковые оповещатели, световые оповещатели

Следующим этапом производим разработку необходимых организационных мероприятий, обеспечивающих пожарную безопасность рассматриваемого производства. Результаты представим в виде таблицы 12.

Таблица 12 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [3]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [3]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [3]
технологический процесс изготовления фланца привода гранулятора ОГМ	«приказы, распоряжения инструкции в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, обучение работников объекта мерам пожарной безопасности, разработка средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [3]	инструктажи, сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средств пожаротушения

Применение предлагаемых технических средств и разработанных организационных мероприятий позволяет эффективно решить проблему обеспечения пожарной безопасности производственного процесса.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Обеспечение экологической безопасности основано на идентификации негативных экологических факторов, которые могут возникнуть в результате выполнения технологического процесса или работы производства. В таблице 13 представлены основные негативные экологические факторы, рассматриваемого производственного процесса» [3].

Таблица 13 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [3]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [3]
технологический процесс изготовления фланца привода гранулятора ОГМ	вертикально-сверильный 2Н135Ф2 CNC, оправка цанговая специальная, сверло спиральное Р6М5 специальное, метчик М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5, внутришлифовальный 3К227В, патрон цанговый специальный, круг шлифовальный 1-32×40×13 24А50К5V40м/с1А	взвешенные частицы и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости и других технических жидкостей, пыль	смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы, частицы стружки, растворенная пыль	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы

Устранение и снижение влияния выявленных экологических факторов производится путем разработки соответствующих организационно-технических мероприятий, представленных в таблице 14.

Таблица 14 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	технологический процесс изготовления фланца привода гранулятора ОГМ
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	очистка воздуха при помощи адсорберов, барботажно-пенных пылеуловителей, аппараты термической и каталитической нейтрализации газовых выбросов
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«очистка сточных вод при помощи системы механической очистки, флотационных установок и аэраторов» [3]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«переплавка лома, сортировка отходов, захоронение отходов на полигонах» [3]

Приведенные в таблице 14 мероприятия позволяют устранить или снизить влияние всех экологических негативных факторов производственного процесса.

Анализ отходов спроектированного технологического процесса позволил выявить наиболее значимые отходы производства, определить их влияние на составляющие экологической системы, а также разработать мероприятия по снижению данного влияния.

Результатом выполнения данного раздела стал анализ спроектированного технологического процесса на наличие профессиональных рисков, соответствие требованиям пожарной безопасности и наличие экологических негативных факторов. При этом были разработаны мероприятия направленные на устранение выявленных профессиональных рисков, обеспечение требований пожарной безопасности, а также предложен комплекс организационных и технических мероприятий по устранению и снижению их влияния на работников предприятия и окружающую среду.

5 Экономическая эффективность работы

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

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Фланец». Эти изменения касаются двух операций:

- сверлильная операция – в качестве замененного инструмента предложено использовать сверло спиральное специальное Р6М5, вместо сверла спиральное Р6М5 ГОСТ 19544-74. Также применяются: зенкер ГОСТ 12489-71 из быстрорежущей стали Р6М5, развертка Р6М5 ГОСТ 1672-80, метчик Р6М5 ГОСТ 3266-81, без изменения по вариантам технологического процесса. В качестве оснастки используется оправка цанговая, также без изменений;
- внутришлифовальная операция – в качестве оснастки применяют патрон цанговый с механическим зажимом, вместо патрона цангового с ручным зажимом. В качестве инструмента применяется шлифовальный круг 1-32×40×12 24А46К6V6, который не меняется по вариантам технологического процесса.

Используя данное описание изменений, рассчитаем, необходимые для определения эффективности, параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [11] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимо последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и

эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 6.

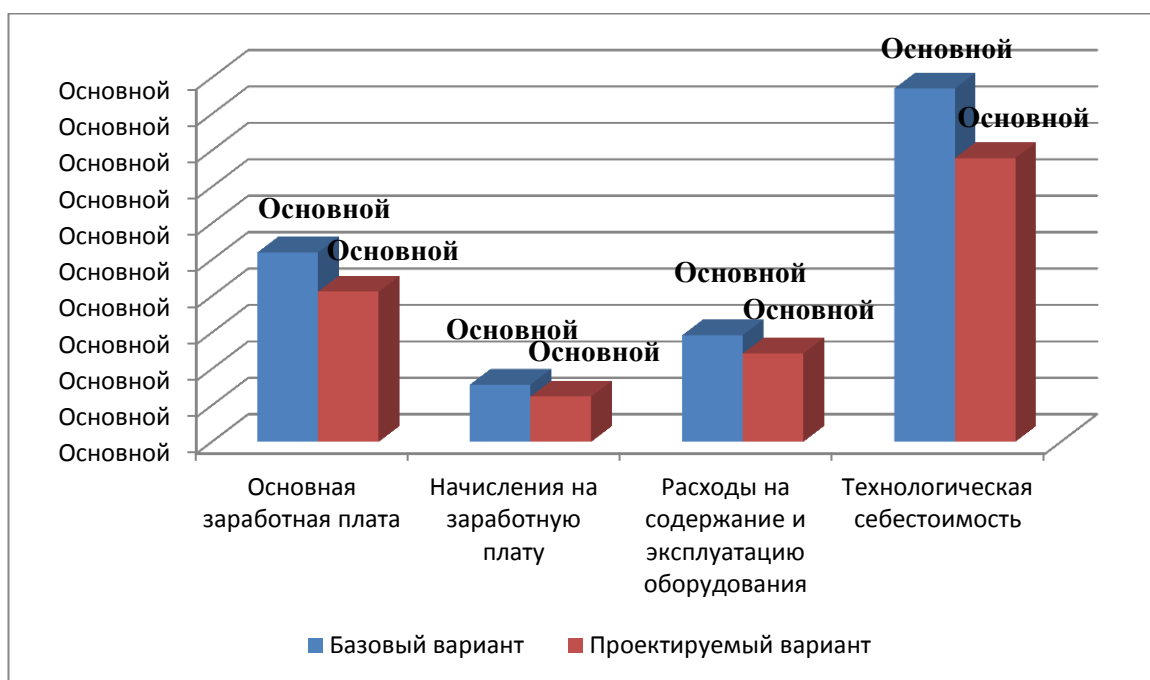


Рисунок 6 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 6, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Фланец» на 9,54 руб., что составит 19,7%.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 143,58 рублей, а для проектируемого – 114,32 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемого варианта меньше чем в базовом. Эта разница составляет 20,4 % или 29,26 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 234080 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложения в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали «Фланец» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление, затраты на корректировку управляющей программы и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 98838,52 рублей. На рисунке 7 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.



Рисунок 7 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 7, видно, что примерно в равных долях оказывают влияние на конечную величину два параметра: затраты на проектирование, доля которых составляет 36,1 % и затраты на инструмент, их доля – 33 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	1
Общий дисконтируемый доход, руб.	116379,13
Интегральный экономический эффект, руб.	17540,62
Индекс доходности, руб. / руб.	1,18

Анализируя, представленные в таблице 15, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 17540,62 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,18 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 18 %.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стал технологический процесс изготовления фланца привода гранулятора ОГМ, который обеспечит выпуск годовой программы изделий заданного качества при минимальных экономических затратах. Достижение данного результата основано на решении ряда задач.

Проведен анализ исходных данных, в ходе которого проанализированы назначение, условия эксплуатации и технологические характеристики детали. В результате данного анализа сформированы задачи работы, решение которых позволило достичь необходимых результатов.

Разработка технологического процесса изготовления фланца проведена на основе выбора параметров техпроцесса характерных для среднесерийного типа производства. В соответствии с данными параметрами проведено проектирование заготовки, проектирование плана изготовления, определение средств оснащения техпроцесса, разработка технологических операций. Это позволило максимально эффективно использовать особенности типа производства и получить оптимальные технические показатели технологического процесса.

На основе анализа базового технологического процесса были выявлены лимитирующие операции и проведено их совершенствование путем проектирования специальных средств оснащения. Совершенствование 065 Внутришлифовальной операции произведено путем проектирования цангового патрона, а совершенствование 035 Сверлильной операции путем проектирования сверла.

Анализ безопасности и экологичности технологического процесса позволил разработать мероприятия по обеспечению соответствующих требований.

Расчет экономических показателей технологического процесса подтвердил правильность принятых в ходе проектирования решений.

Список используемых источников

1. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
2. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. - 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
3. 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: 11.05.2020).
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990–06–30. – М. : Стандартинформ, 2010. – 36 с.
5. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 05.04.2020).
6. Иванов В.П. Оборудование и оснастка промышленного предприятия: учеб. для студентов вузов по специальности "Оборудование и технологии высокоэффектив. процессов обработки материалов" / В.П. Иванов, А.В. Крыленко. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 234 с.
7. Инженерные основы современных технологий: средства технол. оснащения машиностр. пр-ва: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки "Менеджмент", "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Ю.М. Передрей [и др.]. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 199 с.
8. Клепиков В.В. Технология машиностроения / В.В Клепиков., А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ ИНФРА, 2004. – 860 с.

9. Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 269 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/37101> (дата обращения: 15.04.2020).

10. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 320 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/86015> (дата обращения: 19.04.2020).

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: 06.05.2020).

12. Лебедев В.А. Технология машиностроения: Проектирование технологий изготовления изделий: учеб. пособие для вузов / В.А. Лебедев, М.А. Тамаркин, Д.П. Гепта. - Гриф УМО. – Ростов-на-Дону. : Феникс, 2008. – 361 с.

13. Маталин А.А. Технология машиностроения : учеб. Для студ. Вузов, обуч. По спец. 151001 напр. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. Производств» / А.А. Маталин. – Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. – СПб. : Лань, 2010. – 512 с.

14. 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.

15. Михайлов А.В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 335 с.

16. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / под общ. ред. В.И. Баранчикова. – Москва. : Машиностроение, 1990 – 399 с.

17. Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций: электрон. учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти. : ТГУ, 2015. – 140 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/76> (дата обращения: 06.04.2020).

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

19. Режимы резания металлов: справочник / Ю.В. Барановский [и др.] ; под ред. А.Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. – Москва. : НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

20. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учеб. пособие для вузов / Г.Н. Кирсанов [и др.] ; под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М. : Машиностроение, 1986. – 288 с.

21. 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: 19.04.2020).

22. 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.

23. 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.

24. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г.

Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

25. Схиртладзе А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

26. Схиртладзе А.Г. Станочные приспособления: учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. - Гриф МО. – Москва. : Высш. шк., 2001. – 110 с.

27. Технология машиностроения: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Л.В. Лебедев [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 620 с.

28. Технология машиностроения: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Л.В. Лебедев [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 620 с.

29. Химический состав и физико-механические свойства стали 20Х [Электронный ресурс] – URL: <http://tekhnar.ru/materialy/20h.html> (дата обращения: 07.04.2020).

Приложение А
Технологическая документация

Дир. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Взам. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Подп. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

ТГУ Кафедра ОТМП
Фланец

M01	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71													
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ				
M02		166	2,45	1		0,64	412003	∅98,7х67,4	1	386				

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование обработки															

XX XX XX 000 Заготовительная

Кривошипный горячештамповочный пресс

05

XX XX XX 005 4114 Токарная

381148 Токарный с ЧПУ 16K20Ф3 3 18219 312 1P 1 1500 1 2,33

Точить поверхности 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 в размер ∅60^{+0,50}, ∅44,023^{+0,25}, ∅80,61^{+0,3}, ∅95^{+0,35}, 19,53^{+0,18},

40,53^{+0,25}, 56,53^{+0,3}, 69,01^{+0,3}.

396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 392152

Резец расточной ГОСТ18063-72 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80.

12

XX XX XX 010 4114 Токарная

381148 Токарный с ЧПУ 16K20Ф3 3 18219 312 1P 1 1500 1 0,86

Точить поверхности 11, 14 в размер ∅116^{+0,35}, 63,06^{+0,3}.

396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10;

МК

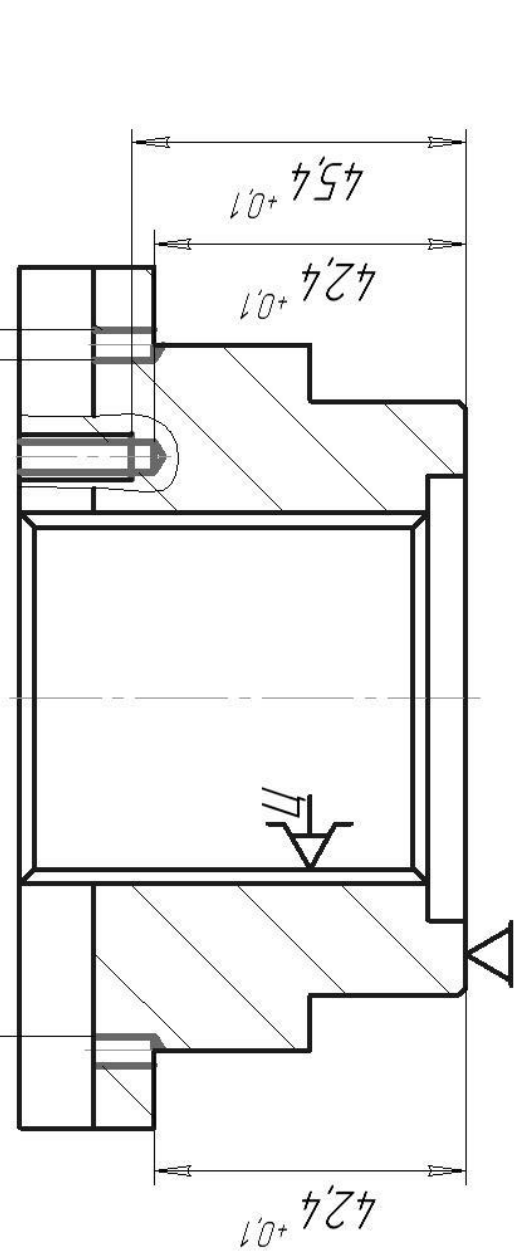
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код. наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б	Код. наименование: обработка											
Т 69	393311 Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80; 393400 Калибры.											
70												
А 71	XX XX XX 035 4223 Сверлильная											
Б 72	381263Сверлильный с ЧПУ 2Н135Ф2 3 15292 312 1Р 1 1 1 1500 1 5,56											
0 73	Сверлить поверхности 10, 34 в размер $\phi 4_{-0,004}^{0,016}$ М6х0,5.											
Т 74	396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло $\phi 5,5$ специальное Р6М5; 391290 Сверло $\phi 3,5$											
Т 75	ГОСТ19544-74 Р6М5; 391611 Зенкер $\phi 3,8$ ГОСТ12489-71 Р6М5; 391721 Развертка $\phi 4$ ГОСТ1672-80 Р6М5;											
Т 76	391311 Метчик М6 ГОСТ3266-81 Р6М5; 393400 Калибры.											
77												
А 78	XX XX XX 040 4223 Сверлильная											
Б 79	381263Сверлильный с ЧПУ 2Н135Ф2 3 15292 312 1Р 1 1 1 1500 1 2,98											
0 80	Сверлить поверхности 4, 5 в размер М6х0,5.											
Т 81	396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло $\phi 5,5$ специальное Р6М5; 391311 Метчик М6											
Т 82	ГОСТ3266-81 Р6М5; 393400 Калибры.											
83												
А 84	XX XX XX 045 Термическая											
85												
А 86	XX XX XX 050 4133 Плоскошлифовальная											
Б 87	381313 Плоскошлифовальный 3Г71 3 18873 312 1Р 1 1 1 1500 1 4,0											
0 88	Шлифовать поверхности: Установ А пов. 14 в размер 60,52 ^{+0,12} ; Установ Б пов. 1 в размер 60 ^{+0,12} .											
Т 89	396161 Плита магнитная ГОСТ16528-87; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР-75											
Т 90	ГОСТ11098-75.											
91												
МК												

Діфл.																	
Взам.																	
Подп.																	
Разроб.	Красак																
Проверил	Ледашкін																
Н.контр.																	
		ТГУ, Кафедра ОТМП				Фланец				БР I				035			

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\nabla)}$

$\phi 4^{+0,004}_{-0,016}$ 2 отв.

$\sqrt{Ra\ 2,5}$



Добл.																																											
Взам.																																											
Подп.																																											
Разработ.	Красюк Левашкин																																										
Проверил																																											
Инж.пр.																																											
Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	Цех		Уч.	Р.М.	Опер.																														
Сверлильная	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71	HB 145	166	2,45	φ98,7x67,4		3,46	1					035																														
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Tb	Тпз	Тшп		СОЖ																																				
2Н135Ф2		4,45			5,12		Укринол-1																																				
<p>1. Установить заготовку</p> <p>396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло φ5,5 специальное Р6М5; 391290 Сверло φ3,5 ГОСТ19544-74 Р6М5; 391611 Зенкер φ3,8 ГОСТ12489-71 Р6М5; 391721 Разверткаφ4 ГОСТ1672-80 Р6М5; 391311 Метчик М6 ГОСТ3266-81 Р6М5.</p> <p>2. Сверлить поверхность: 15. 16. 21 выдерживая размеры согласно эскиза.</p> <table border="1"> <tr> <td>P₀₅</td> <td>1</td> <td>2,75</td> <td>0,03</td> <td>1600</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>P₀₆</td> <td>2</td> <td>0,25</td> <td>1,0</td> <td>1450</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>P₀₇</td> <td>3</td> <td>1,75</td> <td>0,03</td> <td>1600</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>P₀₈</td> <td>4</td> <td>0,15</td> <td>0,25</td> <td>450</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>P₀₉</td> <td>5</td> <td>0,1</td> <td>0,25</td> <td>1600</td> <td>15</td> </tr> </table> <p>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</p>														P ₀₅	1	2,75	0,03	1600	28	P ₀₆	2	0,25	1,0	1450	8	P ₀₇	3	1,75	0,03	1600	18	P ₀₈	4	0,15	0,25	450	18	P ₀₉	5	0,1	0,25	1600	15
P ₀₅	1	2,75	0,03	1600	28																																						
P ₀₆	2	0,25	1,0	1450	8																																						
P ₀₇	3	1,75	0,03	1600	18																																						
P ₀₈	4	0,15	0,25	450	18																																						
P ₀₉	5	0,1	0,25	1600	15																																						
O ₁₀																																											

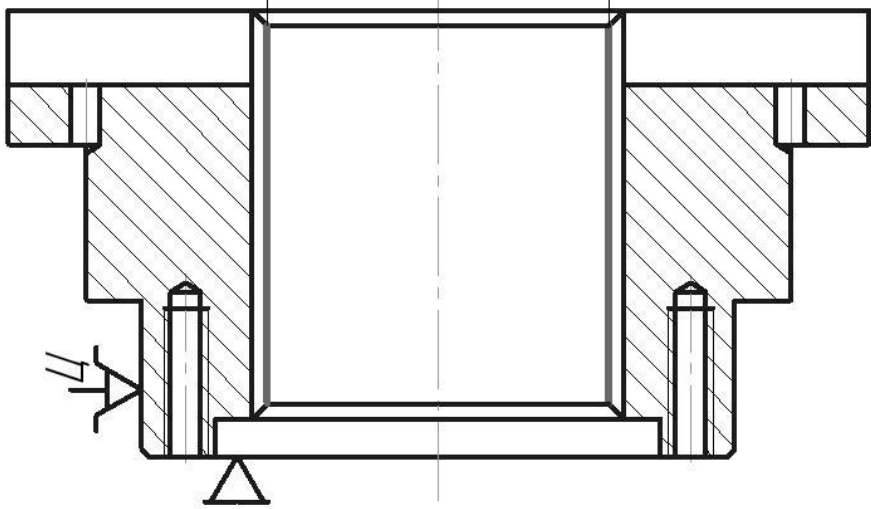
Добр.																				
Взам.																				
Подп.																				

Разраб.	Красак	ТГУ, Кафедра ОТМП	Фланец	БР	065
Проверил	Левашкин				
Н.контр.					

$\nabla Ra 1,6$

$\phi / 0,008$

$\phi 46_{+0,025}$



Приложение Б
Спецификации к сборочным чертежам

Инв. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
														<u>Документация</u>				
										A1			20.БР.ОТМП.745.65.00.000СБ	Сборочный чертеж				
														<u>Детали</u>				
										A3	1		20.БР.ОТМП.745.65.00.001	Корпус	1			
										A4	2		20.БР.ОТМП.745.65.00.002	Тяга	1			
										A4	3		20.БР.ОТМП.745.65.00.003	Втулка	3			
										A4	4		20.БР.ОТМП.745.65.00.004	Цанга	1			
										A2	5		20.БР.ОТМП.745.65.00.005	Упор	1			
										A3	6		20.БР.ОТМП.745.65.00.006	Тяга	1			
										A3	7		20.БР.ОТМП.745.65.00.007	Крышка	1			
										A4	8		20.БР.ОТМП.745.65.00.008	Корпус муфты	1			
										A3	9		20.БР.ОТМП.745.65.00.009	Кольцо	1			
										A2	10		20.БР.ОТМП.745.65.00.010	Крышка	1			
										A3	11		20.БР.ОТМП.745.65.00.011	Муфта	1			
										A3	12		20.БР.ОТМП.745.65.00.012	Крышка пневмоцилиндра	1			
										A3	13		20.БР.ОТМП.745.65.00.013	Корпус пневмоцилиндра	1			
										A3	14		20.БР.ОТМП.745.65.00.014	Поршень	1			
										A3	15		20.БР.ОТМП.745.65.00.015	Шток	1			
														<u>Стандартные изделия</u>				
											16			Винт М5х35 ГОСТ 17476-84	4			
													20.БР.ОТМП.745.65.00.000					
													Патрон цанговый					
													Лит.		Лист		Листов	
															1		2	
													ТГУ, ИМ, гр. ТМБЗ-15028					
													Копировал Формат А4					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Винт М4х10 ГОСТ 11738-84	4	
		18		Винт М10х80 ГОСТ 11738-84	3	
		19		Винт М5х20 ГОСТ 11738-84	4	
		20		Винт М5х20 ГОСТ 17475-80	4	
		21		Пробка М5 ГОСТ12202-66	2	
		22		Прокладка ГОСТ 14475-80	1	
		23		Прокладка ГОСТ 14475-80	1	
		24		Прокладка ГОСТ 14475-80	1	
		25		Демпфер ГОСТ 8754-79	2	
		26		Манжета ГОСТ 1567-68	2	
		27		Манжета ГОСТ 1567-68	2	
		28		Винт М8х30 ГОСТ 11738-84	5	
		29		Гайка М20х1,5 ГОСТ 15526-70	1	
		30		Шайба стопорная ГОСТ 11872-89	1	
		31		Гайка М25х1,5 ГОСТ 15526-70	1	
		32		Шайба стопорная ГОСТ 11872-89	1	
		33		Винт установочный М8х18 ГОСТ 13428-68	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

20.БР.ОТМП.745.65.00.000

Лист
2

Копировал

Формат А4