

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 матрицы

---

Обучающийся

А.С. Кузьмин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Д.Г. Левашкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

Тольятти 2023

## Аннотация

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса для изготовления матрицы штампа, который будет обеспечивать выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям, в условиях среднесерийного производства.

Структура работы представляет собой пять основных разделов. Первый раздел посвящен постановке задач работы. Для этого детально проанализированы функциональное назначение детали, условия ее эксплуатации, технологические показатели и тип производства.

Результатом выполнения второго раздела является разработка технологии изготовления детали на основе типового технологического процесса. В процессе проектирования выбрана и спроектирована заготовка, разработан план изготовления детали, выбрано соответствующее оборудование и технологическая оснастка, а также спроектированы операции технологического процесса.

Результатом выполнения третьего раздела являются технические мероприятия, направленные на совершенствование базовой технологии изготовления детали. Для этого сначала были выявлены технически несовершенные операции. В результате спроектировано зажимное приспособление для выполнения фрезерования рабочей полости матрицы и спроектирована конструкция фрезы. Четвертый раздел заключается в оценке технологии производства детали с точки зрения безопасности и экологичности. Кроме того, разрабатываются меры по устранению негативных последствий, которые могут возникнуть в случае их обнаружения.

Пятый раздел работы представляет собой комплексную оценку экономических показателей разработанной технологии. Исходя из результатов этой оценки делается вывод о ее эффективности.

Вся работа состоит из 61 страниц пояснительной записки, включая приложения, а также содержит 7 листов графической части формата А1.

## Содержание

Введение .....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных .....	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	5
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 .....	19
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки .....	21
2.4 Проектирование операций технологического процесса.....	24
3 Разработка специальной технологической оснастки .....	28
3.1 Разработка приспособления станочного .....	28
3.2 Разработка фрезы торцевой .....	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	38
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта .....	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков .....	39
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	41
5 Экономическая эффективность работы .....	45
Заключение .....	50
Список используемых источников.....	51
Приложение А Технологическая документация .....	55
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	59

## Введение

Процесс литья под давлением имеет долгую историю. Его главные преимущества заключаются в возможности получения заготовок с наименьшими припусками на механическую обработку или безе, а также с минимальной шероховатостью необработанных поверхностей. Кроме того, данный процесс обеспечивает высокую производительность и низкую трудоемкость изготовления деталей.

Самым перспективным направлением для увеличения производительности и снижения стоимости литья является использование оборудования, оснащенного современными системами числового программного управления.

Машины с горизонтальной холодной камерой прессования нашли широкое применение в промышленности благодаря простоте и надежности их конструкции.

В машиностроении технологическая подготовка производства сводится главным образом к разработке технологических процессов и их оснащению. Основой для подготовки производства любой детали, является создание оптимального технологического процесса получения заготовки, что позволит выпускать заданное количество изделий заданного качества в заданные сроки с минимальными затратами. Важной частью разработки технологического процесса обработки деталей является разработка технологического маршрута, который включает определение операций технологического процесса и порядок их выполнения.

Целью данной работы является разработка прогрессивного технологического процесса, повышение производительности и снижение трудоемкости и себестоимости изготовления матрицы пресс-формы литья под давлением

## **1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных**

### **1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации**

Функциональное назначение детали основано на том, что матрица пресс-формы литья под давлением является основной деталью пресс-формы и отвечает непосредственно за качество и механические свойства получаемой отливки. Требования к материалу - высокие. Материал должен иметь высокую износостойкость и термостойкость. Температура расплава алюминия порядка 550 градусов.

На рисунке 1 приведен фрагмент узла. Пресс-форма литья под давлением состоит из подвижной обоймы поз.1 закрепленной на подвижную плиту МЛД (машины литья под давлением), в которую непосредственно установлена подвижная матрица 2, и неподвижной обоймы поз. 7 в которую установлена неподвижная матрица 4. Матрицы отвечают за формообразование основных поверхностей. Смыкание обоек происходит по направляющим колонкам поз. 3. В неподвижной обойме установлен рассекатель поз. 5 на который попадает расплавленный алюминий непосредственно из камеры прессования. Неподвижная обойма закреплена на постаменте поз. 9, а постамент в свою очередь установлен на неподвижной плите МЛД. Для обеспечения съема готовой детали необходим механизм выталкивания состоящий из плиты выталкивателей поз. 10, опорной плиты поз. 11 и выталкивателей поз.12.

Исходя из конструктивного исполнения опорной плиты поз. 11 и выталкивателей поз.12. технологическая задача заключается в обеспечении точной формы и размеров отливок из металла при процессе литья. Пресс-форма представляет собой специальное устройство, состоящее из двух половинок, которые плотно соединяются между собой, создавая полость соответствующей формы.

Главная задача матрицы пресс-формы состоит в том, чтобы дать отливкам желаемую форму, размеры и поверхность. Матрица должна обеспечивать высокую точность копирования формы и деталей отливки, а также обеспечивать равномерное распределение металла по всей форме.

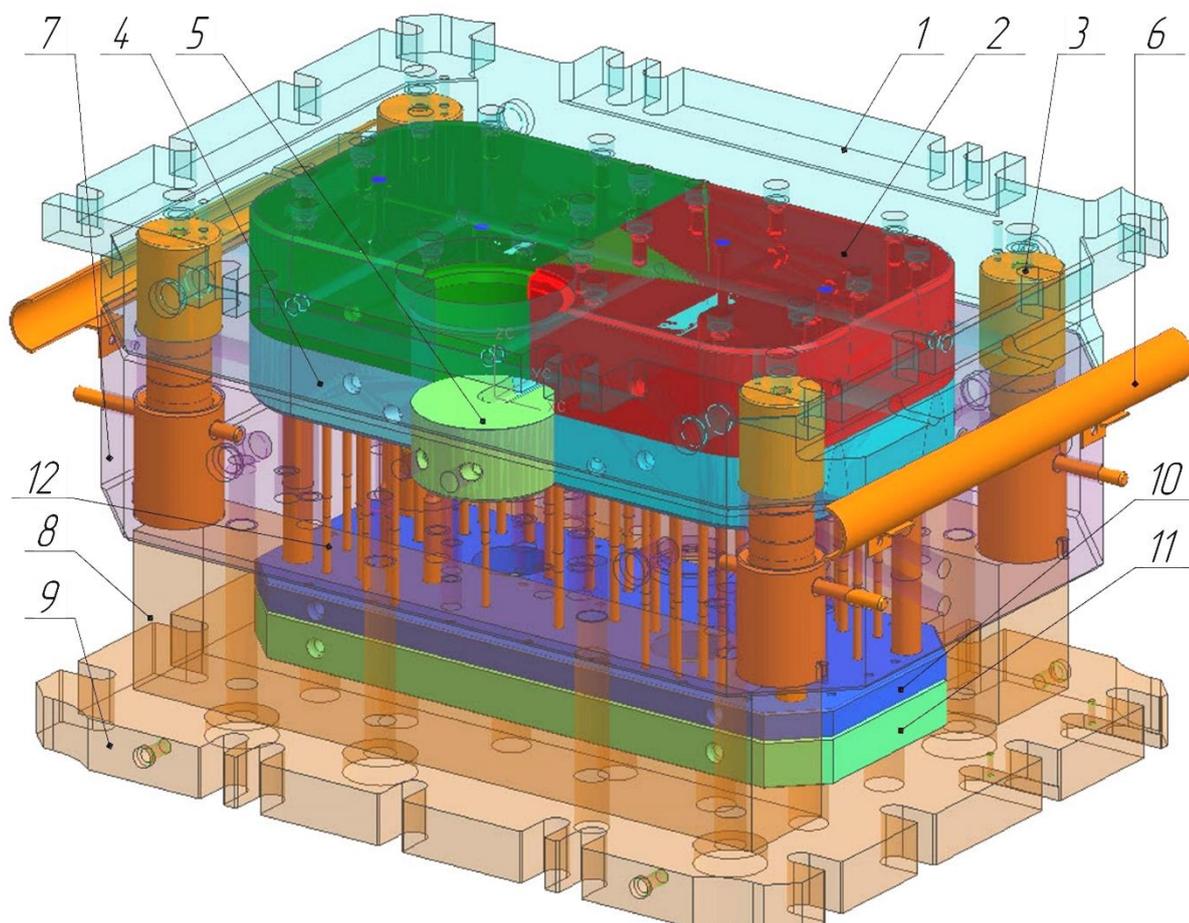


Рисунок 1 - Фрагмента узла матрицы

Деталь работает в условиях высоких циклических нагрузок и высокой температуры более 500 градусов.

Матрица должна быть достаточно прочной и износостойкой, чтобы выдерживать высокие давления и температуры, которые применяются при процессе литья. Она должна быть устойчива к деформациям и иметь достаточную механическую прочность для противостояния воздействию сил при закрытии и открытии формы.

Для достижения этих требований матрицы пресс-формы изготавливают из особо прочных и термостойких материалов, таких как сталь или сплавы с высоким содержанием хрома и ванадия. Они проходят специальную термообработку и отделку для повышения их прочности и износостойкости.

Таким образом, функциональное назначение матрицы пресс-формы литья заключается в обеспечении высокой точности и качества отливок, а также обеспечении долговечности и надежности работы пресс-формы при процессе литья.

## 1.2 Анализ технологических показателей детали

С использованием рекомендаций [5] определим показатели технологичности рассматриваемой детали.

Сначала произведём оценку материала детали в первую очередь. Для того чтобы считать материал технологичным, необходимо, чтобы он обладал рядом свойств. Во-первых, он должен быть пригодным для использования различных методов при изготовлении заготовки. Во-вторых, материал должен обладать хорошей способностью к резанию. Наконец, он должен обеспечивать необходимые свойства детали. Формирование этих свойств зависит от химического состава материала и его механических характеристик.

Целесообразно в качестве материала выбрать сталь инструментальную штамповую 4X5МФС ГОСТ 5950-2000 (см. таблицу 1, 2).

Таблица 1 – Химический состав стали 4X5МФС ГОСТ 5950-2000

Содержание химических элементов, %					
C	Si	Mn	Cr	Ni	P
0,36-0,44	0,9-1,2	0,2-0,5	4,5-5,5	0,3	0,035

Таблица 2 – Механические свойства стали 4Х5МФС ГОСТ 5950-2000

Предел текучести $\sigma_{\text{в}}$ , мПа	Временное сопротивление разрыву $\sigma_{\text{т}}$ , мПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость $a_{\text{Н}}$ , кДж/м <sup>2</sup>	Твердость НВ
750	1480	15	34	241

Согласно данным физические свойства стали обеспечивают оптимальное функционирование матрицы.

Материал детали хорошо обрабатывается недорогими инструментальными материалами, и есть возможность использовать простые способы получения заготовок. В данной ситуации наиболее подходящими методами являются штамповка, однако, при использовании материала с улучшенными литейными свойствами, также можно использовать методы литья.

Изучение особенностей детали позволяет сделать следующие выводы о ее технологичности. Деталь имеет ступенчатую конфигурацию с наличием сложного профиля внутри полости. В ее конструкции используются стандартизированные элементы, такие как фаски, канавки и другие. Все размеры детали выбраны из нормального ряда чисел, что позволяет применять стандартные методы обработки для ее изготовления. Для создания заготовки могут использоваться простые методы, включая штамповку и литье. Однако, для достижения необходимых размеров и точности требуется механическая обработка на станках с ЧПУ, количество координат управления которых не менее трёх, лучше - четырёх.

На рисунке 2 выполнен эскиз рассматриваемой детали. «Основные конструкторские базы 1, 4 и 7, а также вспомогательные конструкторские базы 5, 6 и 8 и исполнительные поверхности 58 и 84 являются наиболее ответственными поверхностями. Для их обработки требуется применение точных и дорогостоящих методов» [15]. Результат классификации таких

поверхностей приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация поверхностей детали по функциональному назначению

№	Виды поверхностей	Номера поверхностей
1	Исполнительные базы	50-84
2	Основные конструкторские базы	1, 4, 7
3	Вспомогательные конструкторские базы	5, 6, 8, 11, 19, 24, 28, 27, 29
4	Свободные	остальные

Однако, количество точных поверхностей является незначительным, а их точность может быть достигнута стандартными методами финишной обработки. Поэтому их наличие не оказывает существенного влияния на общую технологичность конструкции детали.

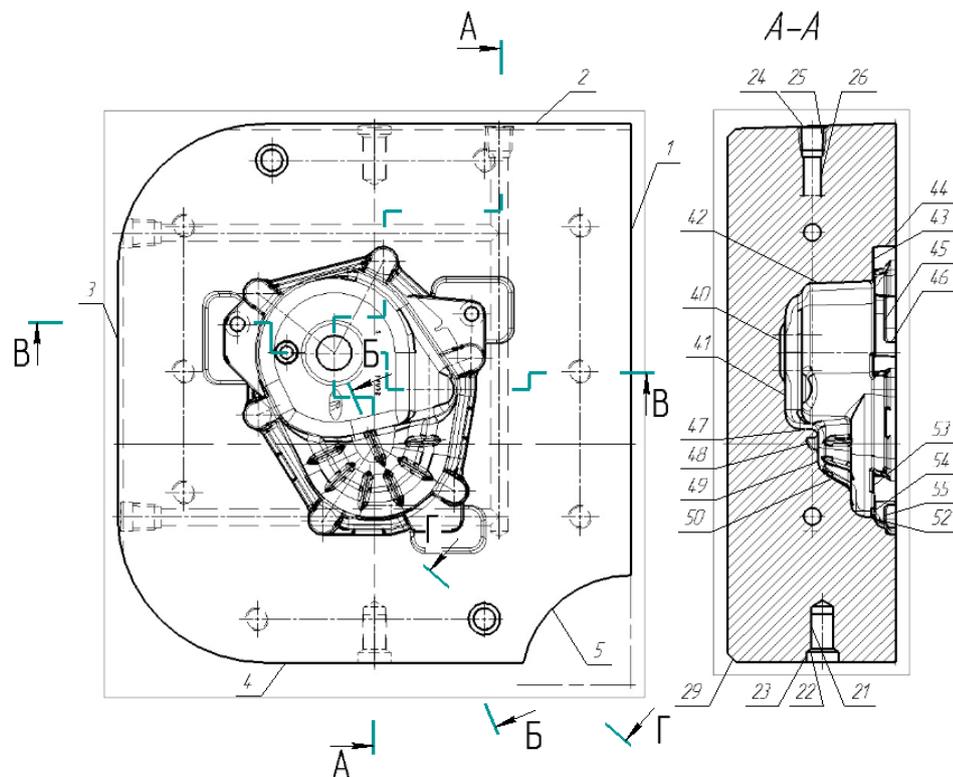


Рисунок 2 – Эскиз матрицы

Технологическая обработка данной детали может быть выполнена с «использованием типового технологического процесса и стандартного оборудования. Базирование во время обработки может осуществляться на основе типовых схем базирования, что приведет к ускорению процесса проектирования и исключению завышенных припусков на обработку и снижения точности» [15]. Таким образом, можно сделать вывод о приемлемой технологичности механической обработки данной детали.

### **1.3 Анализ типа производства**

Анализ типа производства требует предварительного определения его характеристик. «Исходя из имеющихся данных, можем использовать методику, которая основана на определении типа производства на основе массы детали и годовой программы выпуска. В данном случае, при массе детали 97,8 кг и программе выпуска 200 штук, тип производства можно определить как среднесерийный» [14].

«В части применяемого оборудования необходимо чтобы оно было оснащено системой числового программного управления. Для технологического оснащения используются универсальные, стандартные или специальные средства, в зависимости от степени загрузки оборудования» [1].

Для формирования производственного участка применяется групповой принцип расстановки оборудования. Рабочие на основных производственных участках должны обладать высокой квалификацией, которая позволяет им работать с универсальным станочным оснащением и настраивать станки с числовым программным управлением.

## 1.4 Задачи работы

После проведенного анализа были определены задачи работы. Разработка плана изготовления детали, включая последовательность операций и сроки их выполнения. Выбор оборудования и технологической оснастки для производства детали. Проектирование операций технологического процесса для изготовления детали. Разработка приспособления для установки заготовок на операциях фрезерования и сверления. Разработка фрезы для проведения обработки детали.

Для достижения выполнения этих задач необходимо выполнить следующие этапы проектирования. Провести анализ требований к детали, учесть особенности ее работы и условия эксплуатации. Подобрать метод получения заготовки, учитывая его свойства и процесс формовки. Разработать схему установки заготовки на станках с ЧПУ, учитывая требования к готовой детали и возможности выбранного станочного оборудования. Определить необходимые операции для изготовления детали и учесть их последовательность. Выбрать подходящее оборудование для каждой операции и спроектировать технологическую оснастку. Провести оценку безопасности и экологичности технологии изготовления, определить возможные риски и предложить меры по их устранению. Провести комплексную оценку экономических показателей спроектированной технологии, учесть затраты на материалы, оборудование и персонал, а также величины, значение достигаемых экономических эффектов.

## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Задача выбора оптимального метода получения заготовки традиционно решается путем экономического анализа и сравнения стоимости разных методов, используя методику [4]. Изучив проведенный в пункте 1 анализ, приходим к выводу, что для данного материала детали подходят методы проката, штамповки и литья для получения заготовок. После изучения литературных данных [8] мы приходим к выводу, что использование метода проката будет экономически невыгодным, поэтому мы исключаем этот метод из рассмотрения. Метод литья заготовок можно использовать, так как для данной стали имеется заменитель с лучшими свойствами литья. Таким образом, этот метод рассматривается как один из возможных вариантов. Метод штамповки является оптимальным, учитывая свойства стали и серийность производства, поэтому мы также включаем его в сравнение.

«Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

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

где  $C_i$  – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

$Q$  – масса заготовки, кг;

$k_T$  – коэффициент точности;

$k_C$  – коэффициент сложности;

$k_B$  – коэффициент марки материала;

$k_M$  – коэффициент массы заготовки;

$k_{\text{П}}$  – коэффициент объема производства;

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

$q$  – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

$$\ll Q = q \cdot K_p, \quad (2)$$

где  $K_p$  – коэффициент метода получения заготовки» [4].

Массу детали возьмем из чертежа графической части работы. Тогда можно рассчитать массу заготовки для каждого из сравниваемых методов получения.

Масса заготовки получаемой штамповкой равна.

$$Q = 97,8 \cdot 1,7 = 166,8 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем равна.

$$Q = 97,8 \cdot 1,4 = 134,0 \text{ кг.}$$

Используем справочные данные [4] для определения всех коэффициентов, а также базовой стоимости получения заготовок и стоимости отходов механической обработки, представленных в формуле (1), затем выполняем необходимые расчеты.

Стоимость заготовки получаемой штамповкой равна.

$$\begin{aligned} S_{\text{ЗАГ}} &= (51819,11 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (1,8 - 1,2) = \\ &= 51819,76 \text{ р.} \end{aligned}$$

Стоимость заготовки, получаемой литьем равна.

$$\begin{aligned} S_{\text{ЗАГ}} &= (24947,3 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (2,0 - 1,2) = \\ &= 24947,30 \text{ р.} \end{aligned}$$

Анализ показал, что использование метода листового литья будет более выгодным в данном случае. По результатам изучения литературы [8] было установлено, что наиболее подходящим методом получения заготовки является горизонтально-ковочная машина. [7].

Согласно [7] «сначала нужно спроектировать маршрут обработки для всех поверхностей затем определить припуски на обработку поверхностей. После этого необходимо определить характеристики проектируемой заготовки, а также технологические напуски и допуски на её размеры» [7].

«В соответствии с методикой [11], выполним разработку маршрутов обработки поверхностей. Маршрут обработки зависит от технологических факторов, таких как требуемая точность обработки, шероховатость поверхности, материал детали и требуемая твердость» [11]. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Маршруты обработки поверхностей

№ поверхности.	Точность	Ra	HB	Оборудование
1,2,3,4	IT14	Rz160	HB241	Отрезной Megatom 1300
1,2,3,4,6,7	11	6,3	HB241	Вертикаль-но-фрезерный METAL MARK VF5150
1,2,3,4,5,6,7,29	9	3,2	HB241	Вертикаль-но – фрезерный с ЧПУ DMTG XD30A
Контрольный стол				
42..47 HRC Закалка				
1,2,3,4,6,7	6	1,25	42..47 HRC	Плоско-шлифо-вальный 3Д723
8,17, 9,10,11,12,13,15, 18,19,20, 27	7 9	1,25 6,3	42..47 HRC	Станок координатно-расточной 2Д450АФ2
21,22,23,24,25,26	9	6,3	42..47 HRC	Горизон-тально-расточной 2М615
62,64,66,68,69,70,71,72, 74,80,82,77,78	7	6,3	42..47 HRC	Станок фрезерный с ЧПУ Döckel Maho DMG 1640
62,64,66,68,69,70,71,72, 74,80,82,77,78	IT 7	2,5	42..47 HRC	Станок фрезерный с ЧПУ Döckel Maho DMG 1640
83	IT 7	2,5	42..47 HRC	Электро-эрозион-ный AGIE 1000
62,64,66,68,69,70,71,72, 74,80,82,77,78,83	IT6	0,32	42..47 HRC	
Контрольный стол				

Для достижения точности обработки поверхности следует рассчитать величину припусков по технологическим переходам [11]. Если поверхность является точной, то рекомендуется использовать расчетно-аналитическую методику [21]. Выполним расчет для поверхности 2. «Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где  $a$  – величина дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

$\varepsilon$  – величина погрешности установки заготовки, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

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

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

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

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

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

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

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

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

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где  $Td_i$  – поле допуска выполняемого размера, мм;

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

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

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

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

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

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

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

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 32,018 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

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

В процессе выбора припуска на обработку остальных поверхностей руководствуемся таблицами статистических данных [19], которые позволят также рассчитать окончательные размеры заготовки. Полученные результаты расчетов можно увидеть в таблице 5.

Таблица 5 – Определение размеров заготовки

маршрут	Элементы припуска, мкм				Допуск, мкм	Припуск, мм	Предельный размер, мм		Предельный припуск, мм	
	R <sub>z</sub>	T	Δ	ε			Th <sup>i</sup>	Z <sup>i</sup> <sub>min</sub> расчет	h <sup>i</sup> <sub>min</sub>	h <sup>i</sup> <sub>max</sub>
1.Прокат листовой	160	200	860	-	2200 -1400 +800	-	116,551	118,751	-	-
2.Ф черн	80	120	51,6	370	30	1296	115,255	115,555	1,296	3,196
3.Ф чист	40	30	2,28	80	0,074	295,19	114,96	115,034	0,295	0,521
4. Ш	R <sub>a</sub> 1,25	5		10	0,05	10	114,95	115	0,01	0,034

Далее, определяем параметры заготовки на основе информации из источника [7]. Это позволяет определить основные характеристики заготовки: точность Т4, сложность С1, сталь группы 2, и плоский разъем штампа [7]. «Смещение по поверхности разъёма штампов 0,2 мм, изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности 0,4 мм, минимальная величина радиусов скруглений 2,5 мм, величина остаточного облоя 0,7 мм, отклонения от соосности 0,01 мм» [7]. В графической части работы представлена графическая информация для всех основных характеристик заготовки, а также ее чертеж.

## 2.2 Разработка плана изготовления детали

Маршрут изготовления матрицы, основывается на типовых маршрутах приведенных в источниках [13, 14]. Маршрут разрабатывается в соответствии с условиями среднесерийного производства. При формировании технологических маршрутов каждой поверхности необходимо учитывать параметры поверхностей деталей, такие как точность, шероховатость и требуемая твердость. Сформированный маршрут изготовления матрицы приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Маршрут изготовления детали

№ операции	Наимен. операции	№ поверхн.	Точность	R <sub>a</sub>	НВ	Оборудование
1	2	3	4	5	6	7
005	Отрезная	1,2,3,4	ТТ14	Rz160	НВ241	Отрезной Megatom 1300
010	Фрезерная	1,2,3,4,6,7	11	6,3	НВ241	Вертикально-фрезерный METAL MARK VF5150

Продолжение таблицы 6

№ операции	Наимен. операции	№ поверхн.	Точность	R <sub>a</sub>	НВ	Оборудование
015	Фрезерная с ЧПУ	1,2,3,4,5,6,7,29	9	3,2	НВ241	Вертикально – фрезерный с ЧПУ DMTG XD30A
020	Контрольная	Контрольный стол				
025	Термическая	42..47 HRC Закалка				
030	Шлифовальная	1,2,3,4,6,7	6	1,25	42..47 HRC	Плоскошлифовальный 3Д723
035	Расточная с ЧПУ	8,17, 9,10,11,12,13,15, 18,19,20, 27	7 9	1,25 6,3	42..47 HRC	Станок координатно-расточной 2Д450АФ2
040	Расточная с ЧПУ	21,22,23,24,25,26	9	6,3	42..47 HRC	Горизонтально-расточной 2М615
045	Фрезерная с ЧПУ	62,64,66,68,69,70,71,72,74,80,82,77,78	7	6,3	42..47 HRC	Станок фрезерный с ЧПУ Dockel Maho DMG 1640
050	Фрезерная с ЧПУ	62,64,66,68,69,70,71,72,74,80,82,77,78	IT 7	2,5	42..47 HRC	Станок фрезерный с ЧПУ Dockel Maho DMG 1640
055	Электро-эрозионная	83	IT 7	2,5	42..47 HRC	Электро-эрозионный AGIE 1000
060	Полировальная	62,64,66,68,69,70,71,72,74,80,82,77,78,83	IT6	0,32	42..47 HRC	
065	Маркировочная	Маркировать товарный знак, марку материала, порядковый номер пресс-формы, номер гнезда				
070	Контрольная	Контрольный стол				

Полученный план изготовления детали основан на спроектированном маршруте, который получен в результате объединения одинаковых методов обработки с одинаковыми достигаемыми параметрами точности и шероховатости [18].

При реализации операций для обработки заготовки на станках с ЧПУ, важно придерживаться принципов единства баз и применять стандартные схемы базирования. Путем анализа конструкции детали с учетом этих критериев, назначаем, в качестве черновых баз на первой фрезерной черновой операции поверхность 6 (установочная база) и поверхность 3 (направляющая) и поверхность 2 (упорная).

При последующей обработке в качестве баз возможно использовать поверхность 7, являющуюся установочной, поверхность 1 (направляющая), поверхность 4 (упорная).

На операциях расточная, фрезерная с ЧПУ, электро-эрозионная, в качестве направляющих и упорной баз используем отверстия 17, в качестве установочных баз поверхности 6, 7.

В соответствии с рекомендациями [18], план изготовления представлен в графической части работы. Также маршрут изготовления оформляется в виде маршрутной карты (приложение А).

### **2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки**

Необходимо, чтобы оборудование могло обеспечить производство всей номенклатуры изделий, производимых на данном участке, имело минимальную требуемую мощность, компактные размеры, соответствовало требованиям надежности и обеспечивало необходимую скорость перенастройки. Для выбора конкретных моделей станочного оборудования будут использованы данные из источников [10, 22].

Выбор определенных типов станочной оснастки будет основан на

данных, представленных в источниках [22, 23].

Металлорежущий инструмент должен иметь заданную точность геометрии, а также обладать необходимой стойкостью и возможностью быстрой замены. Для станков с ЧПУ применяется инструмент оснащенный сменными многогранными пластинами. Для выбора конкретных типоразмеров инструмента будем использовать данные [2, 22].

Должен быть выбран определенный набор контрольных средств, который соответствует требованиям по точности контроля, безопасности, надежности и универсальности. Учитывая геометрию детали матрица, будут использованы контрольные средства согласно [3, 22]. Результаты выбора оборудования и технологической оснастки представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

№ . Наименов. операции	Станок	Приспосо- бление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
010 фрезерная	вертикально- фрезерный metal mark vf5150	приспособ- ление специаль-ное зажимное с пневмопри- водом	фреза торцевая сборная с пластинами вк8; фреза концевая вк8, гост 16226-81	щц – 1 гост 166 – 80 с ценой деления 0,05 мм
015 фрезерная с чпу	вертикально – фрезерный с чпу dmtg xd30a	приспособ- ление специаль-ное зажимное с пневмопри- водом	фреза торцевая сборная насадная со вставными пластинами т15к6; фреза концевая т15к6, гост 16226-81	щц – 1 гост 166 – 80 с ценой деления 0,05 мм
030 шлифо- вальная	плоско-шлифо- вальный 3д72	приспособ- ление специаль-ное зажимное с пневмопри- водом	1 600x80x120 24a16см28к гост 8484-73	приспособлен ие специальное с индикатором
035 расточная с чпу	координатно- расточной 2д450аф2	приспособ- ление специаль-ное зажимное с пневмопри- водом	сверло Ø 14,5, т15к6 гост 10903-77; сверло Ø 9, т15к6 гост 10903-77; зенкер Ø21,7, т15к6, гост 1677-75;	калибр- пробка, калибр резьбовой, приспособ- ление специальное

Продолжение таблицы 7

№ . Наименование операции	Станок	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
			зенкер Ø9,7, т15к6, гост 1677-75; зенкер Ø14, т15к6, гост 1677-75; зенкер Ø16,6, т15к6, гост 1677-75; развертка Ø22, т15к6, гост 1672-80; развертка Ø10, т15к6, гост 1672-80; развертка Ø17, т15к6, гост 1672-80; метчик м16 р6м5, гост 3266-81.	для контроля межцентрового расстояния отверстий
040 Расточная с ЧПУ	Горизонтально-расточная 2М615	УНП с пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Сверло Ø12, Т15К6 ГОСТ 10903-77; Сверло Ø14, Т15К6 ГОСТ 10903-77; Сверло Ø22, Т15К6 ГОСТ 10903-77; Зенкер Ø20, Т15К6, ГОСТ 1677-75; Метчик М16 Р6М5, ГОСТ 3266-81; Метчик 3/8// Р6М5, ГОСТ 6227-80	Калибр-пробка, Калибр резьбовой, Калибр резьбовой дюймовый. Приспособление специальное для контроля межцентрового расстояния отверстий
045 Фрезерная с ЧПУ	Станок фрезерный с ЧПУ Döckel Maho DMG 1640	Приспособление специальное с пневмоприводом	Фреза сферическая Т15К6Ø2,5 ф.Gering; Фреза сферическая Т15К6Ø4ф.Gering; Фреза сферическая Т15К6Ø6ф.Gering; Фреза сферическая Т15К6Ø8 ф.Gering	Измерительный комплекс «Mauser» для контроля по математической модели формообразующих поверхностей
050 Электроэрозионная	Электроэрозионный АГИЕ 1000	УНП с пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Электрод графитовый специальный	
055 Полировальная	Слесарный стол	-	Полировальная машинка ZHM-2	

Полученные данные добавляются в маршрутную карту и операционные карты (Приложение А). В будущем, эти данные также будут использоваться при проектировании технологических операций, станочной оснастки и режущего инструмента.

При производстве матрицы пресс-формы используют метод непосредственной оценки устройства. Так же используются средства контроля калибры. Точность измерительных средств обеспечивает достоверность контроля до допустимой установленной величины по ГОСТ 8.051-81.

## **2.4 Проектирование операций технологического процесса**

С учетом выбранного типа производства режимы резания будут определены с использованием методики, включающей использование табличных и статистических данных [16]. «Согласно методике, в первую очередь определяется глубина резания, которая равна максимальному припуску для выполнения данной операции и может быть ограничена техническими возможностями станка. В таком случае, глубина резания выбирается таким образом, чтобы обеспечить требуемую мощность резания для станка. Затем, с использованием статистических данных определяется рекомендуемое значение подачи инструмента для выполнения операции» [2]. Табличное значение должно уточняться с учетом стандартных значений, доступных на используемом станочном оборудовании. «Затем определяется 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].

Далее по полученной расчетной скорости резания, определяется частота вращения шпинделя по формуле:

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

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

Затем рассчитывается длина рабочего хода инструмента на всю операцию согласно методике [20]. Расчетное значение частоты вращения округляется до ближайшего значения, указанного в паспорте станка. Далее пересчитывается скорость резания, которая и принимается за фактическую.

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

где  $l_1$  – длина врезания, мм.;

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

$l_2$  – длина перебега, мм» [20].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

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

где  $S$  – подача, мм/об» [20].

В таблице 8 представлены результаты расчета режимов резания.

Таблица 8 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Опера ция	Наименование операции	пере ход	t,мм	V, м/мин	S <sub>o</sub> ,мм/о б S <sub>z</sub> ,мм/з уб	S <sub>m</sub> , мм/мин	n, об/мин
010а	фрезерная	1	1,6	38,7	0,12	125	63
		2	1,6	46,48	0,1	94,5	315
010 б	фрезерная	1	1,6	38,7	0,12	125	63
		2	1,6	46,48	0,1	94,5	315
010в	фрезерная	1	1,6	47,23	0,1	94,5	315
010г	фрезерная	1	1,6	47,23	0,1	94,5	315
015а	фрезерная с чпу	1	0,7	165,93	0,032	50,24	400
		2	0,7	77,61	0,030	125	500
015 б	фрезерная с чпу	1	0,7	165,93	0,032	50,24	400
		2	0,7	77,61	0,030	125	500
015в	фрезерная с чпу	1	0,7	63,83	0,030	125	500
015г	фрезерная с чпу	1	0,7	63,21	0,030	125	500
		2	5	73,83	0,030	125	500
030а	шлифовальная	1	0,015	35м/с	0,015	20мм/хо д	2240
		2	0,020	35м/с	0,020	20мм/хо д	2240
030б	шлифовальная	1	0,015	35м/с	0,015	20мм/хо д	2240
		2	0,020	35м/с	0,020	20мм/хо д	2240
030в	шлифовальная	1	0,015	35м/с	0,015	20мм/хо д	2240
030г	шлифовальная	1	0,015	35м/с	0,015	20мм/хо д	2240
035а	расточная с чпу	1	7,25	28,68	0,2	126	630
		2	3,85	41,88	0,3	189	630
		3	0,15	47,81	0,2	126	630
		4	1,0	7,62	2	100	50
035б	расточная с чпу	1	7,25	36,44	0,09	72	800
		2	4,5	31,11	0,065	71,5	800
		3	1,0	7,62	2	100	50
		4	5,5	37,12	0,1	80	800
		5	0,35	41,2	0,3	240	800
		6	1,75	40,73	0,3	189	630
		7	0,15	47,63	0,2	160	800
		8	2,3	51,2	0,3	150	500
		9	0,2	47,8	0,2	126	630

Продолжение таблицы 8

Опера ция	Наименование операции	пере ход	t,мм	V, м/мин	S <sub>o</sub> ,мм/о б S <sub>z</sub> ,мм/з уб	S <sub>m</sub> , мм/мин	n, об/мин
040	расточная с чпу	1	7,25	28,68	0,2	126	630
		2	3,85	41,88	0,3	189	630
		3	0,15	47,81	0,2	126	630
		4	1,0	7,62	2	100	50
		5	7,25	36,44	0,09	72	800
		6	4,5	31,11	0,065	71,5	800
045	фрезерная с чпу	1	1,0	7,62	2	100	50
		2	5,5	37,12	0,1	80	800
		3	0,35	41,2	0,3	240	800
		4	1,75	40,73	0,3	189	630
		5	0,15	47,63	0,2	160	800
		6	7,25	28,68	0,2	126	630
		7	3,85	41,88	0,3	189	630
050	фрезерная с чпу	1	0,15	47,81	0,2	126	630
		2	1,0	7,62	2	100	50
		3	7,25	36,44	0,09	72	800
		4	4,5	31,11	0,065	71,5	800
		5	1,0	7,62	2	100	50
		6	5,5	37,12	0,1	80	800
		7	0,35	41,2	0,3	240	800

Таким образом, после получения расчетных значениях режимов резания и нормирования технологических операций, эти данные вносим в маршрутную карту и операционные карты (приложение А). Данные результаты будут применены при проектировании технологических наладок, которые представлены в графической части данного исследования.

Во время разработки этого раздела был выбран экономически оправданный метод получения заготовки, выбрано станочное оборудование и технологическая оснастка, а также спроектировано содержание всех операций технологического процесса изготовления матрицы.

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Разработка приспособления станочного

«Анализ операции 050 Фрезерная операции показал, что используемое на данной операции станочное приспособление не соответствует требованиям в условиях среднесерийного производства, так как не обеспечивает механизацию закрепления. Выявленный недостаток может быть устранен путем разработки станочного для данной операции с механизированным приводом, с использованием методики и соответствующих данных» [9, 26].

Эскиз операции приведен на рисунке 3.

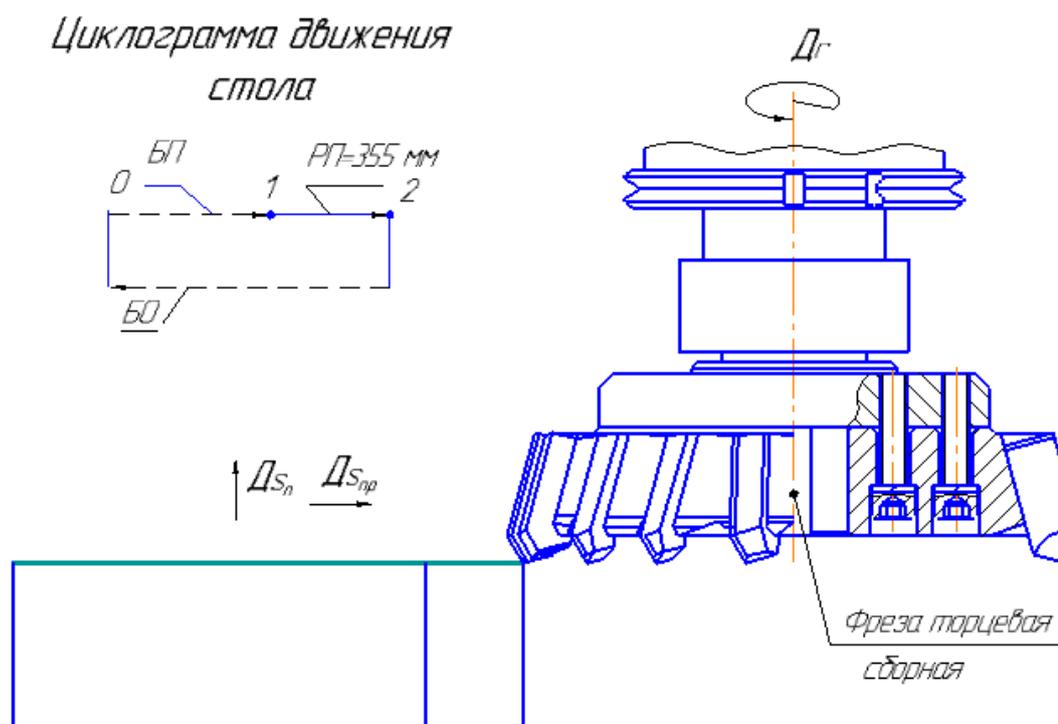


Рисунок 3 – Эскиз операции

«Необходимо определить схему закрепления заготовки, в соответствии с эскизом операции, применяя опорную схему закрепления» [26]. Если соотношение ширины к высоте детали меньше 2,5, то схема считается правильной.

«Далее определяем момент от основной составляющей силы резания  $P_Z$ , действующей на заготовку по формуле» [26]:

$$\langle M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (19)$$

где  $d_0$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [9].

«Для надежного закрепления заготовки необходимо создать уравновешивающий момент от силы закрепления, определяемый по формуле» [26]:

$$\langle M_{3P_Z} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (20)$$

где  $W$  – расчетное усилие зажима, Н;

$f$  – коэффициент;

$d_3$  – диаметр закрепления, мм» [9].

«Условие обеспечения равновесия системы позволяет приравнять эти моменты и вычислить расчетное усилие зажима по формуле» [26]:

$$\langle W = \frac{P_Z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (21)$$

где  $K$  – коэффициент условий выполнения операции» [9].

«Коэффициента условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (22)$$

где:  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние неровностей обрабатываемой поверхности;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий состояние режущего

инструмента;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

$K_4$  – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

$K_5$  – коэффициент, учитывающий эргономические характеристики зажимного механизма» [26].

Выполним расчеты.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5.$$

$$W = \frac{4210 \cdot 99,2}{3 \cdot 0,4 \cdot 24} \cdot 1,5 = 14501 \text{ Н.}$$

При разработке механизированного приспособления предполагается модифицировать конструкцию его зажимных компонентов. «Усилие зажима будет увеличено. Для определения величины этого усилия можно использовать формулу» [26]:

$$\langle W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (23)$$

где  $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в направляющих» [9].

Выполним расчеты.

$$W_1 = \frac{14501}{1 - \frac{3 \cdot 51}{80} \cdot 0,1} = 17924 \text{ Н.}$$

«Сила, создаваемая таким зажимным механизмом, будет определена по формуле» [26]:

$$\langle Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (24)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма» [26].

«Передаточное отношение зажимного механизма рассчитывается по формуле» [26]:

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (25)$$

где  $\alpha$  – угол клина, град;

$\varphi$  – угол трения наклонной поверхности клина, град;

$\varphi_1$  – угол трения плоской поверхности клина, град» [26].

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg}6^\circ} = 1,1.$$

Подставляем найденное значение в формулу (24) и производим расчет.

$$Q = \frac{17924}{1,1} = 16295 \text{ Н.}$$

«С целью механизации закрепления заготовки и создания необходимого усилия на приводе применим гидроцилиндр, диаметр поршня которого определим по формуле» [26]:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (26)$$

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление в гидросистеме, МПа» [26].

Выполним расчеты.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 16295}{2,5} + 25^2} = 88 \text{ мм.}$$

Для исключения дополнительных затрат на разработку специального привода приспособления, рекомендуется использовать стандартный диаметр поршня, который наиболее близок к расчетному значению. В данном случае, так как расчетное значение диаметра поршня привода составляет 88 мм, следует округлить расчетное значение до ближайшего стандартного диаметра, а именно до 90мм. «Далее необходимо рассчитать точность



Примем точность составляющих звеньев цепи по 7 качеству и произведем расчет.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,030^2 + 0,015^2 + 0,010^2 + 0,010^2} = 0,021 \text{ мм.}$$

«Из расчетов можно сделать вывод, что точность разработанного приспособления выше, чем требуемая точность обработки, равная минимальному припуску на чистовую обработку 0,372 мм. Следовательно, конструкция приспособления была правильно спроектирована» [26].

Приспособление работает следующим образом. «Рабочий устанавливает заготовку, включает гидроцилиндр на её зажим, далее происходит фрезерование плоскости, затем включает гидроцилиндр на отжим заготовки, снимает ее, и устанавливает следующую. Цикл повторяется» [26].

Чтобы закрепить заготовку, «необходимо подать рабочее давление жидкости в правую полость гидроцилиндра, в результате чего поршень и шток переместятся влево и захватят за собой тягу и центральную втулку. Кулачки, связанные со сменными кулачками, переместятся к центру цилиндра по пазу клинового зажимного механизма, что приведет к закреплению заготовки. Для снятия закрепления необходимо подать рабочее давление жидкости в левую полость гидроцилиндра, и система вернется в исходное положение» [27].

Конструкция спроектированного приспособления представлено в графической части работы и Приложении Б, таблица Б.1. Узел позволяет автоматизировать процесс закрепления матрицы при фрезеровании и обеспечивает высокую точность установки, что соответствует цели раздела.

### **3.2 Разработка фрезы торцевой**

«С целью обеспечения оптимального качества обработки и максимальной износостойкости проведем проектирование торцевой фрезы для обработки поверхности корпуса с использованием методики и справочных данных» [9], [17].

Торцевой инструмент для обработки плоских поверхностей детали с механическим креплением пластин используется на обрабатывающих центрах и станках с ЧПУ, они выдерживают большую нагрузку и работают эффективнее, по сравнению с другими видами торцевого инструмента. Это преимущество позволяет использовать недорогие материалы для инструмента данного типа, что уменьшает его количество необходимое для технологического процесса,

«Фрезы с креплением пластин доступны в широком ассортименте конструкций, причем многие из них являются стандартизированными и нормализованными. Такие фрезы могут быть оснащены трехгранными, четырехгранными, пятигранными и круглыми пластинами, изготовленными из твердых сплавов и имеющими диаметр 100...200 мм., рисунок 5» [28], [29].

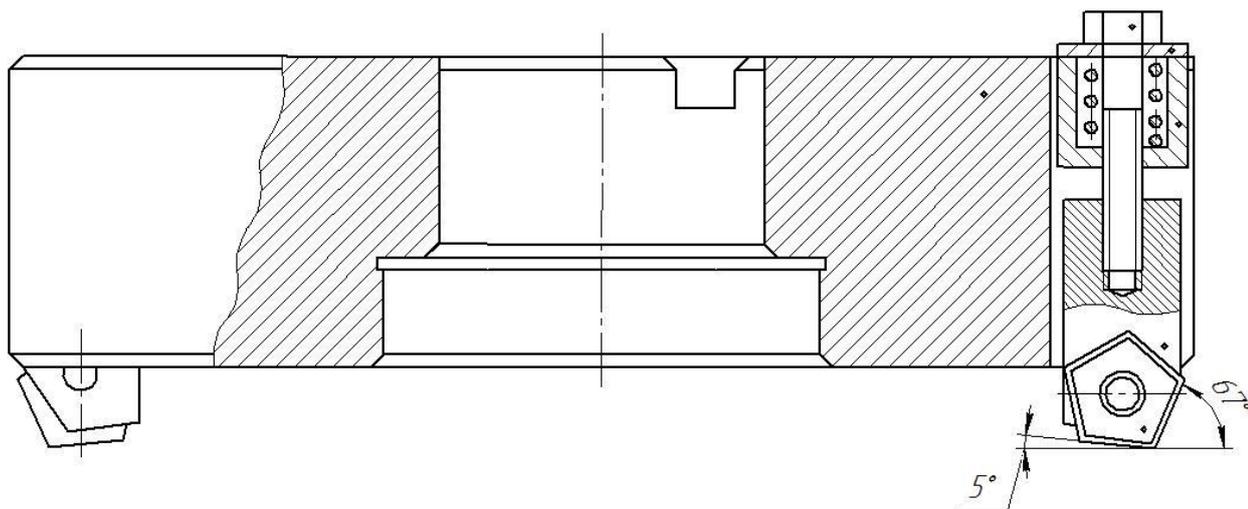


Рисунок 5 – Конструкция фрезы

«Твёрдосплавные пластины, применяемые на фрезах, обладают отличными режущими свойствами и производительностью обработки, которые значительно превосходят быстрорежущие инструменты в 3-5 раз. Однако, следует отметить, что инструменты с механическим креплением твердосплавных пластинок лишены этих недостатков». [30]. «Выполним проектирование такого инструмента» [31].

«Диаметр фрезы  $D = 170$  мм.

Ширина фрезы  $B=60$  мм. [6, с.185];

Диаметр под оправку  $d_0 = (0,3...0,4) \cdot D = 0,4 \cdot 170 = 51$  мм => из стандартного ряда выбираем  $d_0 = 50$  мм.

Число зубьев  $z \approx 0,8 \cdot \sqrt{D} = 0,8 \cdot \sqrt{170} \approx 10$

Главный угол в плане  $\varphi = 670$ , т.к. фреза с пятигранными пластинами.

Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 50$ .

Зубья наклонены к торцевой плоскости под углом  $\omega = 80$ .

Передний угол  $\gamma = 110$ , задний угол  $\alpha = 110$ .

Окружной шаг зубьев:  $t_{окр} = \pi \cdot \frac{D}{z} = 3,14 \cdot \frac{170}{10} = 53$  мм;

Высота зуба  $h = 0,3 \cdot t_{окр} = 0,3 \cdot 53 = 15,9$  мм» [31].

Стандарты ГОСТ 19042 – 80, ГОСТ 24257 – 80 устанавливают формы, размеры и точность пластин. Пластины могут быть разделены на режущие, опорные и оснащенные стружколомами в соответствии с их конструктивным исполнением. Опорные пластины применяются в качестве несущего корпуса резцовых вставок корпуса фрез. Различают следующие размеры пластин согласно нормального ряда из типоразмеров 6,35; 9,525; 12,7; 15,875; 19,05 и 25,4 мм.

В ГОСТ 19042 – 80 приведены инструкции по использованию различных типов пластин. Пластинки из сплавов без вольфрама имеют аналогичные размеры пластинам из вольфрамовых сплавов, однако их ассортимент ограничен.

Выбираем согласно рекомендаций [13] число граней пластины  $n = 5$ .

Положение плоскости N-N относительно главной режущей кромки определяется углом  $\beta$ :

$$tg\beta = \frac{tg\alpha \cdot \text{Sin}\varepsilon}{tg\alpha_1 + tg\alpha \cdot \text{Cos}\varepsilon} \quad (28)$$

Выполним расчеты.

$$\varepsilon = \frac{180^\circ(5 - 2)}{n} = \frac{180^\circ(5 - 2)}{5} = 110^\circ$$

$$tg\beta = \frac{tg11^\circ \cdot Sin110^\circ}{tg11^\circ + tg11^\circ \cdot Cos110^\circ} = 1,74$$

$$\beta = arctg1,74 = 60^\circ$$

Угол наклона пластины.

$$tg\mu = tg\alpha / Sin\beta, \quad (29)$$

Выполним расчеты.

$$tg\mu = tg\alpha / Sin\beta = \frac{tg11^\circ}{Sin60^\circ} = \frac{0,123}{0,866} = 0,142$$

$$\mu = arctg0,142 = 8^\circ$$

Угол между осью державки резца и плоскостью N-N:

$$\psi = \phi + \beta - 90^\circ, \quad (30)$$

Выполним расчеты.

$$\psi = \phi + \beta - 90^\circ = 67^\circ + 60^\circ - 90^\circ = 37^\circ$$

Значения поперечного  $\gamma_1$  и продольного  $\gamma_2$  передних углов можно определить согласно формул (28) и (29).

$$tg\gamma_1 = tg\mu \cdot Cos\psi = 0,142 \cdot 0,643 = 0,091$$

$$\gamma_1 = arctg0,091 = 5^\circ$$

$$tg\gamma_2 = tg\mu \cdot Sin\psi = 0,142 \cdot 0,766 = 0,109$$

$$\gamma_2 = arctg0,109 = 6^\circ$$

Угол наклона пластины  $\omega$ :

$$tg\omega = tg\gamma_2 \cdot Cos\gamma_1 = tg6^\circ \cdot Cos5^\circ = 0,105 \cdot 0,996 = 0,105$$

$$\omega = arctg0,105 = 6^\circ$$

«Смещение паза для пластин устанавливаемых в гнёзда, расположенные в корпусе инструмента определим согласно» [13]:

$$E = R \cdot \sin \gamma_1 - C \cdot \cos \omega = 18,5 \cdot 0,087 - 4,5 \cdot 0,98 = -2,8(\text{мм})$$

«Для сборки фрезы необходимо установить в корпус 1 все необходимые компоненты, включая 5 втулок, 5 державок, 5 цилиндрических штифтов, пружины 6, шайбы 7 и болты 8 для крепления режущих пластин 9. Сначала следует установить шайбу 7 и пружины 6 на болт 8. Затем необходимо вставить втулки 5 в соответствующие пазы 10 в корпусе фрезы 1. Державки 5 с установленными режущими пластинами следует вставить на штифты в пазы корпуса и закрепить их болтами 8» [22].

В графической части работы представлена конструкция спроектированной фрезы.

В данном разделе для улучшения производительности изготовления детали для лимитирующей операции 050 Фрезерная «были проведены технические мероприятия, направленные на выявление недостатков переходов фрезерования плоскости матрицы на станке с ЧПУ. В результате проектирования была разработана станочная оснастка и инструмент для фрезерования с целью устранения выявленных недостатков» [23].

По результатам проектирования, фреза была создана с оптимальной геометрией режущей части, которая обеспечивает необходимое качество обработки матрицы и высокую износостойкость при фрезеровании. Так была достигнута поставленная цель проектирования. Графическая часть работы и приложение Б содержат конструкцию торцевой фрезы.

Таким образом, в данном разделе для улучшения базовой технологии изготовления детали были выполнены следующие технические мероприятия. Сначала были выявлены операции, которые были технически несовершенными. Для устранения этих недостатков был спроектирован станочное приспособление, которое предназначена механизированной установки заготовок матрицы на агрегатных операциях, с последующей обработкой торцевой фрезой, спроектированной конструкции.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

«Обеспечение производственной безопасности на участке по изготовлению детали матрица является важной задачей. Ее решение основано на анализе выполняемых технологических операций, используемого оборудования, материалов веществ и средств оснащения. Данную информацию представим в виде паспорта (таблица 9), составленного на основе рекомендаций» [6].

Таблица 9 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
технологический процесс изготовления матрицы	фрезерная	оператор станков с числовым программным управлением	вертикально фрезерный чпу metal mark vf5150	сталь 40X ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная	оператор станков с числовым программным управлением	станок координатно-расточной 2д450аф2	сталь 40X ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]
	фрезерная	«оператор станков программным управлением» [6]	«вертикально фрезерный чпу metal mark vf5150» [6]	«сталь 40X ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]
	расточная	«оператор станков программным управлением» [6]	«станок координатно-расточной 2д450аф2» [6]	«сталь 40X ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

Из представленного технического паспорта процесса обработки детали можно сделать вывод, что технология изготовления матрицы характеризуется широким использованием числового программного управления и программно управляемых станков. Это, в свою очередь, требует применения соответствующего технического оснащения и специальных охлаждающих жидкостей для выполнения операций.

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведем анализ информации из таблицы 8 с целью определения потенциально опасных и вредных факторов на рассматриваемом производственном участке в процессе производства матрицы. Результаты приведем в таблице 10.

Таблица 10 – 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
фрезерная расточная шлифовальная электро-эрозионная	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	станок, средства оснащения, транспорт»[6]

Продолжение таблицы 10

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
	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 технологического оснащения, технологический транспорт
	стереотипные рабочие движения	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт» [6]

Приведенные в таблице 10 опасные и вредные факторы позволяют сделать заключение, что технологическое оборудование и средства технологического оснащения являются главными источниками опасных и вредных факторов, которые могут нанести ущерб работникам производства и оказать негативное влияние на качество выполняемых работ.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо разработать специальные мероприятия и выбрать подходящие технические средства, которые помогут устранить или снизить негативное воздействие опасных и вредных производственных факторов. Полученные результаты приведены в таблице 11.

Таблица 11 – 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
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные
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 трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	инструктаж, виброгасящие устройства и приспособления	ботинки кожаные с защитным подноском» [6]

Продолжение таблицы 11

«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
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктаж, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума	наушники противошумные или вкладыши противошумные
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	спецодежда
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	инструктаж по охране труда, устройств ограждающие опасные зоны	халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от общих производственных загрязнений с нагрудником
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические регламентируемые перерывы	—
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы» [6]	—

Таким образом, в данном разделе выполнено изучение содержания вредных и опасных производственных факторов оборудования, на участке изготовления матрицы, и рассмотреть вопросы безопасности обеспечения технологического процесса в контексте реальных условий производства. Были идентифицированы источники возникновения этих факторов. Были разработаны специальные меры безопасности и выбраны соответствующие технические средства с целью снижения воздействия выявленных опасных и вредных факторов.

Исходя из предоставленных данных, можно выделить несколько возможных опасных и вредных производственных факторов. Первым из них является использование химических веществ в процессе изготовления матрицы. Источниками таких факторов могут быть химические вещества, используемые в производстве, а также неправильное обращение с ними или нарушение техники безопасности при их использовании.

Еще одним опасным фактором на производстве матриц может быть шум. Возможно, на рассматриваемом участке есть оборудование, которое производит громкие звуки в процессе работы. Это может оказывать негативное воздействие на слух работников и вызывать проблемы со здоровьем. Источником данного фактора могут быть шумные машины или процессы, не снабженные адекватной звукоизоляцией.

Также следует обратить внимание на возможность возникновения различных травматических повреждений на рабочем месте. Данный фактор может проявиться в виде порезов, ушибов или зажатий пальцев в процессе работы с механическими инструментами или машинами. Источником таких факторов могут быть неправильное использование инструментов, отсутствие или несоответствие защитных средств, а также невнимательность или несоблюдение инструкций по безопасности со стороны работников.

Для предотвращения опасных и вредных производственных факторов необходимо проводить регулярных инструктаж персонала по

противопожарной безопасности, а также установку систем вентиляции и звукоизоляции.

Кроме того, необходимо проводить регулярные инструктажи и обучения сотрудников, чтобы они понимали все риски и знали, как правильно использовать инструменты и оборудование, а также соблюдать меры безопасности. Работники должны быть осведомлены о правилах обращения с химическими веществами и применять их в своей работе.

Разработаны специальные меры безопасности и выбраны соответствующие технические средства с целью снижения воздействия выявленных опасных и вредных факторов. Источниками таких факторов могут быть химические вещества, используемые в производстве, а также неправильное обращение с ними или нарушение техники безопасности при их использовании.

В заключение, анализ технологического процесса определения опасных и вредных производственных факторов, а также выявление источников, которые могут вызывать эти факторы, является важной задачей для обеспечения безопасности и предотвращения возможных рисков на производственном участке изготовления матрицы. Комплексная система мер по предотвращению этих факторов и обучению сотрудников поможет обеспечить безопасность и сохранение здоровья работников.

## 5 Экономическая эффективность работы

«Основная цель раздела заключается в оценке технико-экономических показателей, связанных с разработкой нового технологического процесса для изготовления матрицы штампа, а также проведении сравнительного анализа с базовым вариантом. Основная задача состоит в выявлении экономического эффекта, возникающего в результате внедрения предлагаемых технических решений» [12]. В результате выполнения этапов проектирования технологических операций. При этом на фрезерной операции 050 используется специальное оборудование, которое позволяет осуществлять точную обработку деталей. Также на данной операции применяется станочное оснащение, которое включает в себя различные приспособления и инструменты для обработки материалов.

Шлифовальные операции 070, 080, 065 и 075 также требуют использования специального оборудования. Эти операции выполняются с помощью шлифовальных станков, на которых устанавливаются абразивные материалы и инструменты. Они нужны для достижения нужной поверхности и точности обработки.

На фрезерной операции 050 используются интенсивные режимы резания. Они определяются в зависимости от материала и формы детали, а также требований к качеству обработки. Режимы резания включают в себя скорость подачи, глубину и ширину резания, новый тип применяемого на данной операции инструмента и другие параметры.

Эти изменения позволили сократить время выполнения осуществляемых операций, что свидетельствует о технологической эффективности комплекса изменений базовой технологии. Однако, необходимо также подтвердить экономическую эффективность, данных мероприятий, что и будет осуществлено в данном разделе.

«Взяв за основу предыдущие разделы бакалаврской работы, были выбраны необходимые технические параметры, включая основное и штучное

время, марку и модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 050-080. Далее для расчетов учитываются также дополнительные параметры, такие как мощность и занимаемая площадь оборудования, цены на оснастку и инструмент, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и прочее» [12]. Вся информация о этих параметрах была взята из источника. Исходные данные также включают в себя данные из «паспорта станка, информацию о тарифах на энергоносители, предоставленную предприятием, веб-сайты, содержащие цены на оборудование, оснастку и инструменты» [12], а также другие первоначальные данные. Кроме использования указанных источников, расчеты проводились с использованием программного обеспечения Microsoft Excel. Были рассчитаны «капитальные вложения по сравниваемым вариантам, технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций, калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса, приведенные затраты и выбор оптимального варианта, показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [12, с. 15–23], рисунок 6.

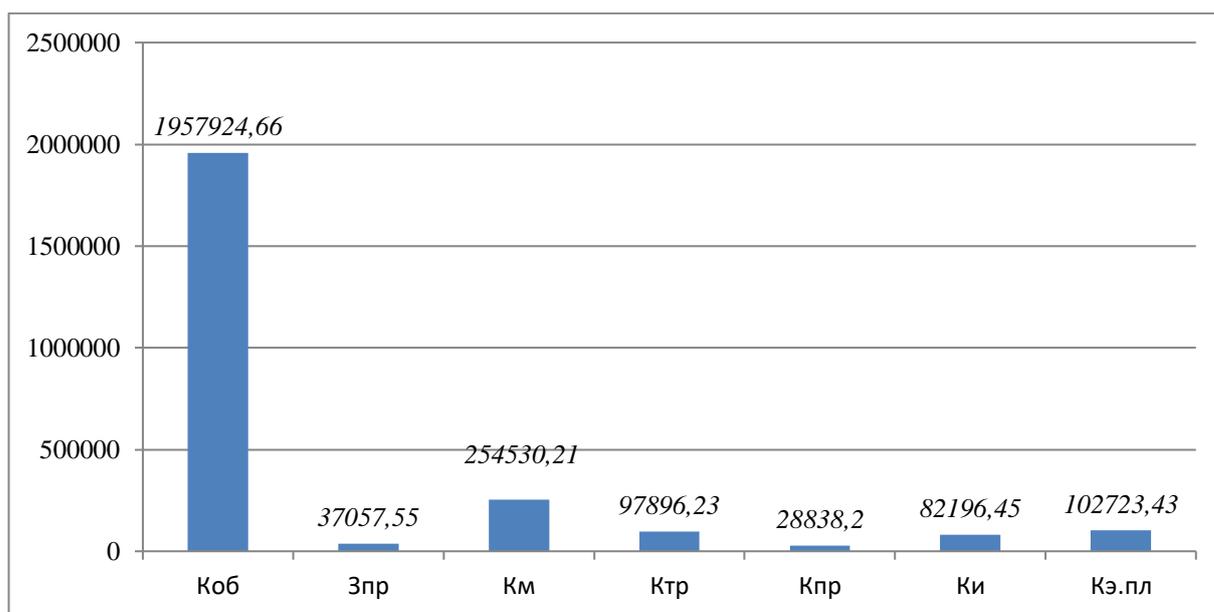


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2634968,47 рублей.

«Изучение данных, представленных на диаграмме 5, позволяет сделать вывод, что основное технологическое оборудование является самыми затратными статьями расходов, составляющими 76,45% от общей суммы капитальных вложений. Все остальные затраты не превышают 10% от общей суммы затрат» [12].

На рисунке 7 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «матрица», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

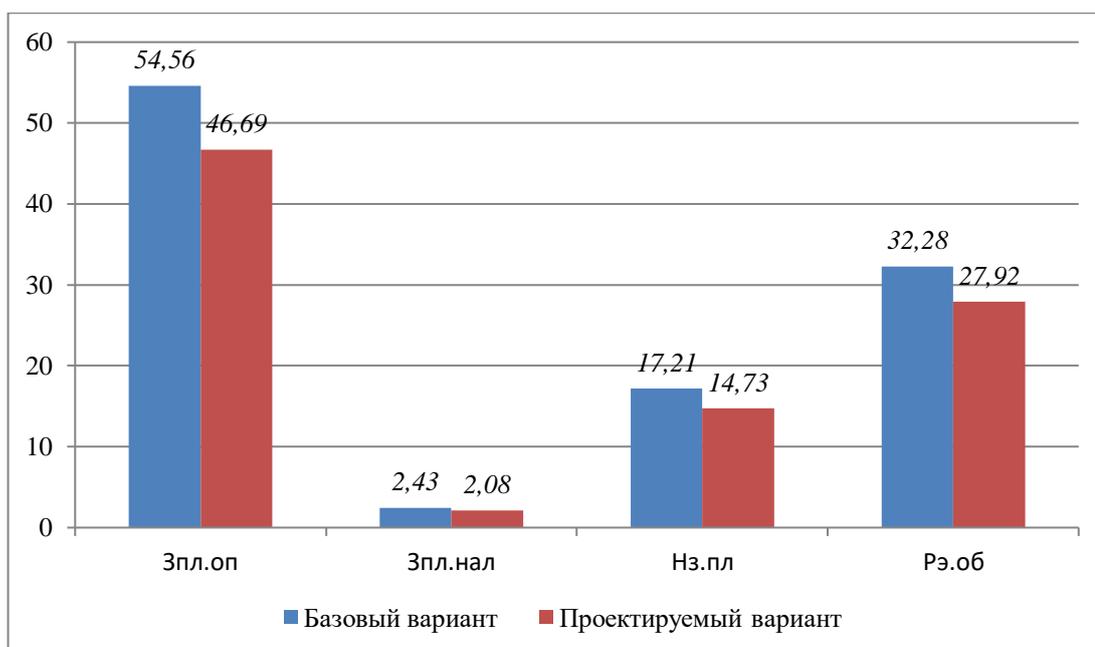


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «матрица», по вариантам, руб.

«Проведенный анализ показал, что основные материалы, за вычетом отходов, не были использованы для определения указанного параметра на рисунке 7. Это объясняется тем, что в ходе совершенствования технологического процесса не было сделано никаких изменений в способе

получения заготовки. Поэтому данная величина остается постоянной и не окажет влияния на определение разницы в себестоимости между вариантами» [12].

«При анализе диаграммы на рисунке 6 видно, что две наиболее значимые составляющие технологической себестоимости - это заработная плата оператора (ЗПЛ.ОП) и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Зарплата оператора покрывает оплату труда рабочих операторов, занятых в указанных операциях. Доля этой составляющей составляет 51,25% от общей себестоимости в базовом варианте и 51,08% в проектируемом варианте. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования составляют 30,31% от общей технологической себестоимости в базовом варианте и 30,54% в проектируемом варианте» [12].

«Рисунок 8 показывает результаты расчета полной себестоимости обработки детали в соответствии с операциями 005-080 технологического процесса, полученные на основе предоставленных данных» [12].

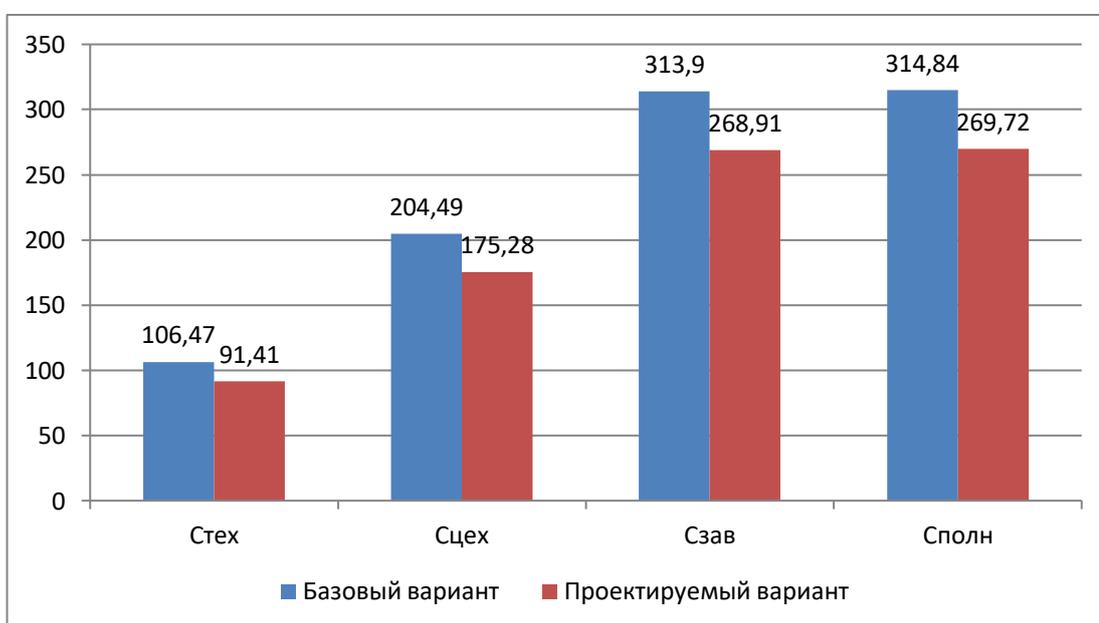


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно данным из рисунка 8, полная себестоимость для базового

варианта составляет 384,84 рубля, в то время как для проектируемого варианта она составляет 239,72 рубля. Иными словами, базовый вариант требует затрат на себестоимость в размере 384,84 рубля, в то время как проектируемый вариант требует затрат на себестоимость в размере 239,72 рубля.

Дисконтный экономический эффект - это понятие, которое относится к положительным результатам, получаемым от использования прогрессивных технических решений, и специальных технологий в машиностроении. Кроме того, специальные предложения могут быть использованы для продвижения новых товаров или услуг на рынке, что увеличивает шансы на успешное внедрение новинки и получение дополнительных продаж

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, которые составляют 2861166,71 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Это означает, что в течение 3-х лет эти вложения смогут принести прибыль и компенсировать затраты на проект.

Таким образом, предложенные мероприятия в работе демонстрируют свою эффективность, поскольку каждый рубль, вложенный в них, принесет доход в размере 1,28 рубля. Величина интегрального экономического эффекта составляет 553973,64 рубля.

## Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы были получены следующие основные результаты. В первом разделе были определены цели работы, изучено функциональное предназначение детали, учтены условия ее эксплуатации и рассмотрены технологические характеристики.

Проанализирован базовый технологический процесс изготовления, дана оценка технологичности детали по условиям ее назначения и эксплуатации, технологические показатели и применяемое оборудование.

Во втором разделе была разработана технология изготовления детали, основанная на типовом технологическом процессе. Для этого были проведены работы по выбору и проектированию методов создания заготовки, составлению плана изготовления, выбору необходимого оборудования и технологической оснастки, а также разработке операций технологического процесса изготовления матрицы. Третий раздел работы включал в себя разработку технических мероприятий, направленных на улучшение базовой технологии изготовления данной детали. Для этого были выявлены операции с недостатками и спроектированы приспособления для установки детали на станке и торцевая фреза сборной конструкции для их устранения.

Выполнена оценка безопасности и экологичности разработанной технологии изготовления детали в четвертом разделе работы. Также были предложены рекомендации по их устранению. В пятом разделе проведена комплексная оценка экономических показателей разработанной технологии, что позволило сделать вывод о ее эффективности.

В результате выполнения работы все поставленные задачи были достигнуты. Цель работы - разработка технологического процесса изготовления матрицы пресс-формы, обеспечивающего выпуск годовой программы деталей соответствующих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства - была успешно достигнута.

## Список используемых источников

1. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 15.09.2023).

2. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 18.09.2023).

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

4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 15.09.2023).

5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.

6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 10.10.2023).

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

8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов,

К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 16.08.2023).

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 19.09.2023).

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

11. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 16.08.2023).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 12.10.2023).

13. Крупенников О.Г. Высокие технологии в машиностроении : учебно-методическое пособие / О.Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 81 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/165090> (дата обращения: 18.09.2023).

14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 19.08.2023).

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

16. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. –216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 09.09.2023).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 23.09.2023).

18. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 13.08.2023).

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

20. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 07.09.2023).

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

23. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и

др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

24. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 26.09.2023).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: [http://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/40X](http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X) (дата обращения: 06.08.2023).

26. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75715> (дата обращения: 23.09.2023).

Приложение А  
Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	t, мм	S, мм/од.	S, мм/зуд	V, м/мин	n, од/мин	T <sub>о</sub> , мин	T <sub>в</sub> , мин	T <sub>шт</sub> , мин
		Установить. снять деталь							5,8	
1	1	Фрезеровать поверхность 1 выдерживая размер 312 <sub>-1</sub>	2,5+1,5	-	0,1	196	780	3,2	0,24	17,3
2	2	Центровать 10 отв. выдерживая размеры <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">78</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">156</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">73</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">146</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">196</span> , с образованием $\phi 6^{+0,5}$ на плоскости.	3	0,15	-	19,6	780	0,4	0,55	
3	3	Сверлить 8 отв. п/р $\phi 6,85^{+0,22}$ на глубину 20 <sup>+3</sup> с образованием фаски 1,6x45° выдерживая, размеры на плоскости <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">78</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">156</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">73</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">146</span>	3,42	0,15	-	70	3250	1,3	0,42	
4	4	Фрезеровать резьбу М8-7Н, 8 отв.	0,575	-	0,029	124	6850	0,35	0,42	
5	5	Сверлить 2 отв. $\phi 13,8^{+0,11}$ , на глубину 20 <sup>+2</sup> выдерживая размеры на плоскости <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">146</span> , <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">196</span>	6,9	0,2	-	70	1600	0,16	0,27	
6	6	Зенковать 2 фаски 1,1x45°	1	0,25	-	30	130	0,17	0,27	
7	7	Развернуть 2 отв. $\phi 14Н9$ на глубину 15 <sup>+1</sup>	0,1	0,3	-	13	305	0,21	0,27	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	t, мм	S, мм/од.	S, мм/зуб	V, м/мин	n, од/мин	T <sub>о</sub> , мин	T <sub>в</sub> , мин	T <sub>шт.</sub> , мин
		Установить. снять деталь							5,2	78,1
1	1	Фрезеровать карман 1 в размер 19,5 <sup>+0,25</sup> выдерживая размеры 82 <sub>-0,5</sub> , 13 <sup>+0,5</sup> , 198 <sup>+1</sup> , 150 <sup>+1</sup> с образованием радиусов R45 <sup>+2</sup>	2+1	-	0,05	200	800	2,6	0,28	
2	2	Фрезеровать четыре уступа 2 в размер 19,5±0,3, выдерживая размеры 2 <sub>-0,5</sub> , 265 <sub>-0,5</sub> , 198 <sub>-0,5</sub> , 49 <sup>+0,5</sup> , с образованием радиуса R25 <sup>+2</sup>	3	-	0,1	125	800	0,8	0,57	
3	3	Центровать 14 отв. выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265, 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, с образованием φ6 <sup>+0,5</sup> на плоскости.	4	0,09	-	31	800	1,7	0,72	
4	4	Сверлить 10 отв. п/р φ6,85 <sup>+0,22</sup> на глубину 20 <sup>+3</sup> с образованием фаски 1,6x45° выдерживая, размеры на плоскости 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70	3,4	0,15	-	70	3250	1,43	0,55	
5	5	Фрезеровать резьбу М8-7H, 10 отв.	0,575	-	0,029	124	6850	0,35	0,55	
6	6	Сверлить 4 отв. φ18 <sup>+0,27</sup> , на проход, выдерживая размеры на плоскости 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265	9	0,2	-	70	1230	0,62	0,60	
7	7	Фрезеровать 2 отв. в размер φ70,9 <sup>+0,19</sup> , φ88,9 <sup>+0,19</sup> , выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02	1	0,2	0,1	170	1230	2,06	0,32	
8	8	Фрезеровать 2 фаски 2,6x45°	2,1	-	0,08	50	400	1,2	0,25	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	$t$ , мм	$S$ , мм/од.	$S$ , мм/зуб	$V$ , м/мин	$n$ , од/мин	$T_0$ , мин	$T_B$ , мин	$T_{шт}$ , мин
9		Поворот стола на 90°.							0,7	78,1
10	1	Фрезеровать плоскость 1 по $\phi 268^{+1}$ в размер $55 \pm 0,2$ .	2,5+1,5	0,55	0,05	200	800	2,4	0,26	
11	3	Центровать 4 отв. по $\phi 150$ и 4 отв. выдерживая размеры $4,5 \pm 0,2$ , $77 \pm 0,2$ , $\boxed{155}$ , $\boxed{160}$ , с образованием $\phi 6^{+0,5}$ на плоскости.	3	0,09	-	31	800	0,96	0,35	
12	9	Сверлить 8 отв. п/р $\phi 10,3^{+0,22}$ на глубину $20^{+3}$ с образованием фаски $1,6 \times 45^\circ$ выдерживая, размеры на плоскости $\boxed{155}$ , $\boxed{160}$ , $\phi 150$ .	5,15	0,15	-	70	2160	0,87	0,42	
13	10	Фрезеровать резьбу М12-7Н, 8 отв.	0,85	-	0,05	140	4700	0,29	0,42	
14	7	Фрезеровать отв. в размер $\phi 118,9^{+0,19}$ , выдерживая размеры $95,5 \pm 0,2$ , $157 \pm 0,01$ .	1	0,2	0,1	170	1230	1,3	0,26	
15	8	Фрезеровать фаску $2,6 \times 45^\circ$ .	2,6	-	0,08	50	400	0,8	0,26	
16	11	Расточить отв. $\phi 119,6H9$ предварительно.	0,35	0,4	0,2	150	400	0,5	0,26	
17	12	Расточить отв. $\phi 120H7$ окончательно.	0,2	0,08	0,08	150	400	1,4	0,26	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	t, мм	S, мм/од;	S, мм/зуд	V, м/мин	n, од/мин	T <sub>с</sub> , мин	T <sub>в</sub> , мин	T <sub>шт.</sub> , мин
18		Поворот стола на 90°							0,7	78,1
19	1	Фрезеровать карман 1 в размер 165,5 <sub>-0,25</sub> выдерживая размеры 82 <sub>-0,5</sub> , 13 <sup>+0,5</sup> , 198 <sup>+1</sup> , 150 <sup>+1</sup> с образованием радиусов R45 <sup>+2</sup>	2+1	-	0,05	200	800	2,6	0,28	
20	2	Фрезеровать четыре уступа 2 в размер 165,5±0,3, выдерживая размеры 2 <sub>-0,5</sub> , 265 <sub>-0,5</sub> , 198 <sub>-0,5</sub> , 49 <sup>+0,5</sup> , с образованием радиуса R25 <sup>+2</sup>	3	-	0,1	125	800	0,8	0,57	
21	3	Центровать 14 отв. выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265, 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 415, 84, 157, 168, 110, 70, с образованием φ6 <sup>+0,5</sup> на плоскости	4	0,09	-	31	800	1,7	0,72	
22	4	Сверлить 10 отв. п/р φ6,85 <sup>+0,22</sup> на глубину 20 <sup>+3</sup> с образованием фаски 1,6x45° выдерживая, размеры на плоскости 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 415, 84, 157, 168, 110, 70	3,4	0,15	-	70	3250	1,43	0,55	
23	5	Фрезеровать резьбу М8-7Н, 10 отв.	0,575	-	0,029	124	6850	0,35	0,55	
24	6	Сверлить 4 отв. φ18 <sup>+0,27</sup> , на проход, выдерживая размеры на плоскости 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265	9	0,2	-	70	1230	0,62	0,60	
25	7	Фрезеровать 2 отв. в размер φ70,9 <sup>+0,19</sup> , φ88,9 <sup>+0,19</sup> , выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02	1	0,2	0,1	170	1230	2,06	0,32	
26	8	Фрезеровать 2 фаски 2,6x45°	2,1	-	0,08	50	400	1,2	0,25	
27	13	Расточить φ71,6 <sup>+0,087</sup> предварительно.	0,35	0,4	0,2	150	680	0,72	0,32	
28	14	Расточить φ72 <sup>+0,035</sup> окончательно.	0,2	0,1	0,1	150	680	2,8	0,32	
29	15	Расточить φ89,6 <sup>+0,087</sup> предварительно.	0,35	0,4	0,2	150	530	0,9	0,32	
28	16	Расточить φ90 <sup>+0,035</sup> окончательно.	0,2	0,1	0,1	150	530	3,7	0,32	



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																																			
<i>Документация</i>																																									
<i>Сборочные единицы</i>																																									
A4		2		Маслоуказатель	1																																				
A4		3		Сапун	1																																				
<i>Детали</i>																																									
A1		5		Корпус	1																																				
A3		6		Крышка	2																																				
A3		7		Крышка	1																																				
A3		8		Крышка	1																																				
A2		9		Вал-шестерня	1																																				
A2		10		Колесо	1																																				
A2		11		Вал-шестерня	1	*																																			
A2		12		Вал-шестерня	1	*/																																			
A2		13		Колесо	1	*/																																			
A2		14		Стакан	1																																				
A3		15		Крышка	1																																				
A4		16		Кольцо	1																																				
A4		17		Втулка	2																																				
-		18		Втулка	2																																				
A2		19		Втулка	1																																				
A4		20		Гайка	1																																				
A4		21		Прокладка	1																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Изм</td> <td style="width: 15%;">Лист</td> <td style="width: 15%;">№ док-м.</td> <td style="width: 15%;">Подп.</td> <td style="width: 15%;">Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td>Аксенов</td> <td></td> <td></td> <td>09.12.09</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Левашкин</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Исполн.</td> <td>Левашкин</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td>Логинав</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>							Изм	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата			Разраб.	Аксенов			09.12.09			Проб.	Левашкин						Исполн.	Левашкин						Утв.	Логинав					
Изм	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата																																					
Разраб.	Аксенов			09.12.09																																					
Проб.	Левашкин																																								
Исполн.	Левашкин																																								
Утв.	Логинав																																								
<b>Приспособление</b>					Лит. 4	Лист 1	Листов 2																																		
<b>ТГУ</b>																																									

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Знач.	Изм.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартные изделия</i>		
				<i>Болты по ГОСТ 7798-70</i>		
	35		M8-6gx30.58.019		18	
	36		M10-6gx30.58.019		4	
	38		M12-6gx45.58.019		4	
				<i>Кольца ГОСТ 18829-73</i>		
	47		009-012-19-2-5		1	
	49		017-020-19-2-5		1	
	52		Манжета I-1-30x52-4		1	
			ГОСТ 8752-79			
	53		Манжета I-1-40x62-4		2	
			ГОСТ 8752-79			
				<i>Подшипники ГОСТ 333-59</i>		
	61		7306		2	
	62		7307		2	
	63		7308		2	
				<i>Шайбы ГОСТ 6402-70</i>		
	70		8.65Г.016		18	
	71		10.65Г.016		4	
	72		12.65Г.016		4	
				<i>Шпонки ГОСТ 23360-78</i>		
	81		8x7x50		1	
	82		10x8x32		2	
	83		14x9x44		2	
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	
					2	

Копировал

Формат А4