

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 рычага

Обучающийся

Д.А. Давыдюк

(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

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса для изготовления детали рычага, 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 63 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.....	12
2 Разработка технологии изготовления .....	14
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки .....	14
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	21
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	23
2.4 Проектирование операций технологического процесса .....	25
3 Разработка специальной технологической оснастки .....	29
3.1 Разработка станочного приспособления.....	29
3.2 Разработка фрезы дисковой .....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	41
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта .....	41
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	42
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	44
5 Экономическая эффективность работы .....	48
Заключение .....	53
Список используемых источников.....	54
Приложение А Технологическая документация.....	58
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	61

## **Введение**

Совершенствование технологических методов изготовления деталей машин сегодня имеет первостепенное значение. Модернизация технологического оборудования и применение прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество поверхностей деталей машин, позволяет решить главные задачи повышения эффективности производства, конкурентоспособности и качества продукции.

В настоящее время важно качественно, дешево и в заданные сроки с минимальными затратами труда изготовить машину, применив современное высоко производительное оборудование и технологическую оснастку. Для этого процессы модернизации оборудования и совершенствования технологии изготовления должны осуществляться синхронно.

Направления модернизации оборудования определяются потребностями производства необходимых для реализации прогрессивных технологий. Сегодня массовый выпуск деталей машин возможен только при минимизации затрат на их изготовление, т.е. должен быть заложен резерв для дальнейшей модернизации производства.

Одним из направлений развития современных автоматизированных станочных систем стало создание и применение модульных производственных систем и сменных узлов в компоновке станка. Применение автоматически сменных узлов, устройств смены оснастки, инструмента и отдельных узлов позволяет автоматически изменять структуру и компоновочные решения в зависимости от варианта технологии изготовления деталей.

Следовательно, цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса изготовления рычага обеспечивающего выпуск годовой программы деталей отвечающих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства.

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

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

Деталь – рычаг предназначен для передачи крутящего момента от привода к необходимым узлам и компонентам автомобиля непосредственно. Деталь устанавливается непосредственно в корпусе автомобиля и служит связующим звеном с электрооборудованием автомобилей.

В качестве материала рычага выбрана латунь ЛЦ40С ГОСТ 17711-93, НВ 90...110, временное сопротивление разрыву не менее 200 МПа.

Рычаг входит в конструкцию станка. Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021 в исходном состоянии состоит из следующих узлов: станины центральной, двух боковых станин, стойки SVE 320, группы зажимных приспособлений, стола поворотного-делительного гидравлического SHE 1000, силового стола SENY-P 320/400, силового стола SENY-P 400/400, головки сверлильной 4-х шпиндельной, двух головок фрезерных FSS-65F/71, плиты кондукторной, кронштейна, устройства контроля, механизма выгрузки, инструментального шкафа, станции СОЖ, электрооборудования, гидропривода, системы охлаждения, системы смазки, ограждения, желоба и лотка.

На центральной станине установлен 4-х позиционный стол поворотного-делительный гидравлический SHE 1000 с группой зажимных приспособлений. К боковым поверхностям центральной станины крепятся две боковые станины и механизм выгрузки. На одной боковой станине установлена стойка SVE 320 с силовым столом SENY-P320/400 и закреплена на нем 4-х шпиндельной сверлильной головкой. На этой боковой станине закреплена кондукторная плита с устройством контроля обработанных отверстий. На другой боковой станине установлен силовой стол SENY-P 400/400 с кронштейном и двумя закрепленными на нем фрезерными головками FSS-65F/71. На поворотном-

делительном столе установлен желоб с закрепленным на нем лотком для сбора СОЖ и стружки и транспортировки их в станцию СОЖ. Привод стола поворотного-делительного, силовых столов, зажимных приспособлений и механизма выгрузки-гидравлический.

Привод многошпиндельной головки, фрезерных головок, гидростанции, станции СОЖ осуществляется от электродвигателей.

Управление элементами электрооборудования, гидрооборудования, системы смазки и системы охлаждения осуществляется от ПК С300. Система управления обеспечивает работу станка в наладочном и полуавтоматическом режимах.

Система охлаждения и смазки инструмента - индивидуальная. Смыв стружки производится из желоба по лотку в бак станции СОЖ.

Смазка силовых столов, поворотного-делительного стола, механизма выгрузки - централизованная, многошпиндельной головки - автономная.

Станок оснащен инструментальным шкафом для хранения и настройки инструмента. Шкаф имеет счетчики циклов и сигнализацию о необходимости замены инструмента.

Ограждение предназначено для защиты обслуживающего персонала от брызг СОЖ, стружки и движущихся частей.

Управление станком осуществляется с центрального пульта управления.

Станок работает следующим образом. В зажимное приспособление оператором загружается 4 заготовки, причем это могут быть детали симметричного исполнения. Перемещение заготовок с зажимным приспособлением от позиции к позиции осуществляется 4-х позиционным поворотным-делительным столом SHE 1000.

Агрегатный станок имеет 4 позиции. Первая позиция предназначена для загрузки заготовок в зажимное приспособление. Две позиции - рабочие. Последняя позиция служит для выгрузки обработанных деталей. На поз.2 производится обработка отверстий 4-х шпиндельной сверлильной головкой. Подвод, рабочая подача и отвод головки осуществляется силовым столом

SENY-P 320/400. После отвода головки устройство контроля с помощью щупов контролирует наличие обработанных отверстий. При обнаружении необработанного отверстия автоматический цикл прерывается для замены сломанного инструмента на новый.

## **1.2 Анализ технологических показателей детали**

Показатели технологичности рассматриваемой шестерни определим с использованием рекомендаций [5].

«В первую очередь производим оценку материала детали. Материал считается технологичным, если он позволяет получать различные методы получения заготовки, обладает хорошей обрабатываемостью резанием и обеспечивает заданные свойства детали. Формирование данных свойств зависит от химического состава материала и его механических свойств» [5].

В качестве материала рычага выбрана латунь ЛЦ40С ГОСТ 17711-93, НВ 90...110, временное сопротивление разрыву не менее 200 МПа. Латунь обладает высокой прочностью, что делает ее идеальным материалом для различных инженерных конструкций. Она может выдерживать большие нагрузки и давление. Обладает хорошей устойчивостью к коррозии, особенно в сравнении с другими металлами. Она не подвержена распространенным видам коррозии, таким как ржавчина, что делает ее устойчивой к окружающей среде. Это позволяет использовать латунь в различных отраслях промышленности. Латунь обладает хорошей электрической и теплопроводностью. Это делает ее идеальным материалом для проводов, контактов и различных электронных компонентов, ввиду того что может выдерживать высокие температуры без потери своих механических и физических свойств. Это делает ее идеальным материалом для использования в горячих и высокотемпературных средах.

Определенные согласно данным [25] характеристики представлены в таблице 1 химический состав, в таблице 2 механические свойства.

Таблица 1 – Химический состав

Медь (Cu)	57 — 31
Цинк (Zn)	35 — 42.2
Свинец (Pb)	0.8 — 2
Никель (Ni)	до 1
Железо (Fe)	до 0.8
Алюминий (Al)	до 0.5
Марганец (Mn)	до 0.5
Олово (Sn)	до 0.5
Кремний (Si)	до 0.3
Сурьма (Sb)	до 0.05

Исходя из химического состава стали можно заключить, что она обладает высокой прочностью и твердостью, а также хорошей стойкостью к износу. По содержанию углерода она может быть подвергнута термической обработке для достижения заданных свойств, таких как повышение твердости или улучшение стойкости к коррозии

Таблица 2 – Механические свойства

Сортамент	S <sub>в</sub>	s <sub>T</sub>	d <sub>5</sub>	Y	KCU
-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>
Прутки, ГОСТ 24301-93	200-250		15-20		
литье в кокиль, ГОСТ 17711-93	215		20		
литье в песчаную форму, ГОСТ 17711-93	215		12		
литье центробежное, ГОСТ 17711-93	215		20		

«Оценка конструктивных особенностей детали позволяет сделать относительно их технологичности следующие выводы. Конфигурация детали ступенчатая снаружи и состоит из одного отверстия сложного профиля внутри. Имеются стандартизированные конструктивные элементы типа фасок, канавок и так далее. Все размеры детали взяты из нормального ряда чисел. Такая конфигурация позволяет применять для ее получения стандартные методы обработки. Для получения заготовки применимы различные методы, как штамповки, так и литья. Однако, получить необходимые параметры размеров и точности их выполнения без механической обработки не получится» [5].

На рисунке 1 выполнен эскиз рассматриваемой детали. «Наиболее ответственными поверхностями являются основные конструкторские базы 2, 3, вспомогательные конструкторские базы 1, 8, 9 и исполнительные поверхности 5, 10. Для их обработки требуется применения точных дорогостоящих методов» [15]. Однако, количество данных поверхностей незначительно, а их точность может быть достижима стандартными методами финишной обработки, поэтому существенного влияния их наличие на общую технологичность конструкции детали не оказывает.

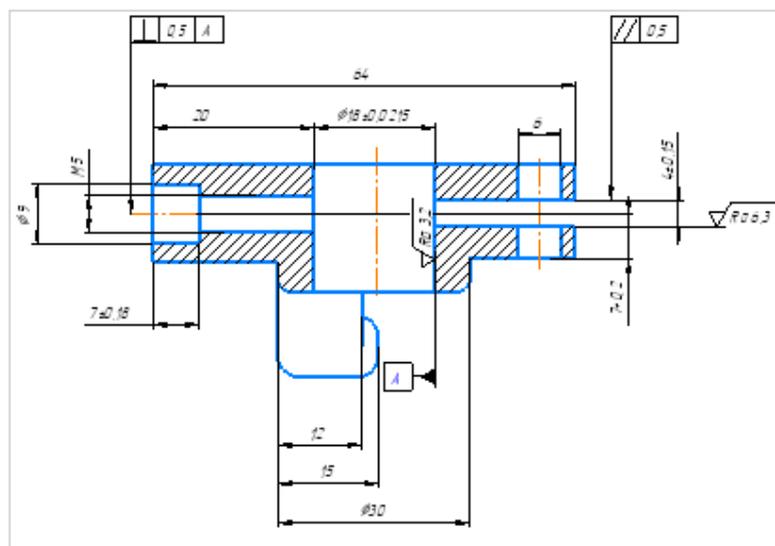


Рисунок 1 – Эскиз детали

«Анализ технологических показателей детали позволяет сделать вывод о том, что деталь отвечает всем основным требованиям по технологичности детали и не требует каких-либо конструктивных доработок» [15]. При этом для ее изготовления возможно применение типовых технологических процессов с использованием стандартизированного оборудования и средств технологического оснащения.

### 1.3 Анализ типа производства

«Анализ типа производства требует его предварительного определения. Исходя из имеющихся данных, наиболее подходящей в данном случае является методика основанная на определении типа производства исходя из массы детали и годовой программы выпуска» [14]. «В данном случае при массе 0,2 кг и программе выпуска 100000 штук тип производства среднесерийный» [1].

Согласно методике источника [8] определим параметры серийности производственного процесса выпуска детали. Рассчитать величину «годовой программы запуска можно используя выражение (9):

$$N_3 = N_B \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (9)$$

где  $N_3$  – заданное количество деталей;

$N_B$  – количество выпускаемых деталей;

$k_1$  - коэффициент, характеризующий технологический брак (4...5% от годовой программы выпуска);

$k_2$  - коэффициент незавершенного производства (2...3% от годовой программы выпуска)» [8].

«Далее определяем величину расчетного такта производства используя выражение (10):

$$\tau_p = \frac{F_a \cdot 60}{N_3}, \quad (10)$$

где  $\tau_p$  - расчетный такт производства;

$F_a$  - расчетный фонд работы в часах при двухсменном режиме работы  
( $F_a = 4015$ ч.);

$N_3$  – заданное количество деталей» [8].

«Соответственно, действительная величина такта выпуска будет определена по формуле (11):

$$\tau_a = \tau_p \cdot \eta_3, \quad (11)$$

где  $\tau_a$  - действительный такт производства;

$\tau_p$  - расчетный такт производства;

$\eta_3$  - коэффициент загрузки оборудования» [8] ( $\eta_3 = 0,75 \dots 0,85$ )

Подставим исходные значения параметров в выражения (9-11) и получим следующие результаты.

$$N_3 = 10000 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 10326 \text{ шт.},$$

$$\tau_p = \frac{10015 \cdot 60}{10326} = 55,68 \text{ мин/шт.},$$

$$\tau_a = 55,68 \cdot 0,8 = 44,55 \text{ мин/шт.},$$

Согласно методике источника [8] выполним проверку выбранного в начале раздела типа производства. Для среднесерийного типа производства определяем, что для массы детали 0,66 кг, при годовом объеме выпуска изделия 4326 штук действительный такт производства равен 44,55 мин/шт., что соответствует среднесерийному типу производства. Следовательно, этот тип производства в данном разделе был выбран верно.

Далее определяем характеристики производственного процесса, которые необходимо определить при проектировании технологических процессов для деталей типа рычаг.

В среднесерийном производстве изготовление валов выполняется по партиям и отдельным сериям, которые регулярно повторяются через определенный промежуток времени, в нашем случае это действительный такт производства равен 44,55 мин/шт.

Характерно частое использование высокопроизводительного оборудования с ЧПУ, специализированного и даже специального оборудования с ЧПУ.

На проектном этапе предусмотрена подробная разработка технологических процессов обработки детали типа рычаг. Для этого необходимая квалификация основных рабочих в серийном производстве обычно ниже, чем в единичном производстве, хотя при работе на станках с ЧПУ она остается высокой.

Эти и ряд других характеристик серийного производства используем в последующих разделах в качестве исходных данных при оценке технико-экономических параметров процесса изготовления и оценке безопасности и экологичности операций его изготовления.

#### **1.4 Задачи работы**

После проведения анализа исходных данных, необходимо выполнить ряд задач для разработки и проектирования технологического процесса.

Это определение типа производства и выбор стратегии разработки технологического процесса. Необходимо выбрать оптимальный технологический маршрут исходя из программы производства детали и требуемых показателей качества.

Выбор оптимального метода получения заготовки и маршрутов обработки поверхностей. На этом этапе определяются наиболее эффективные

методы получения заготовки и обработки поверхностей. Учитываются различные факторы, такие как материал заготовки, требования к качеству обработки и эффективность технологического процесса.

Разработка технологического маршрута и схем базирования заготовки. На этом этапе определяются последовательность и способы выполнения операций обработки, а также размещение заготовки на рабочей поверхности оборудования. Это позволяет оптимизировать процесс с точки зрения обеспечения его безопасности и экологичности в условиях производства, сократить время на выполнение операций.

Расчет припусков на обработку и проектирование заготовки. На этом этапе определяются необходимые припуски на обработку, чтобы достичь требуемой геометрической формы и размеров заготовки. Также проектируется сама заготовка с учетом требований и возможностей производства.

Определение содержания операций, расчет режимов резания и времени на обработку. Этот этап включает определение лимитирующих операций, необходимых для обработки заготовки, расчет оптимальных режимов резания и определение времени, необходимого для выполнения каждой операции.

В настоящее время высокоскоростная обработка осуществляется на оборудовании с ЧПУ, используя высокоточные методы получения заготовки и режущие инструменты, имеющие более прогрессивную конструкцию и материал режущей части.

В этой связи проектирование конструкции приспособлений с автоматизацией зажима и разжима заготовки имеет решающее значение, так как позволит сократить потери времени на выполнение технологических операций.

В этой связи, на последнем этапе выполняется технико-экономическая оценка проектируемого варианта технологического процесса.

В целом, задачи направлены на разработку эффективного технологического процесса, который позволит достичь требуемого качества и производительности производства детали рычаг. .

## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

«Задача обоснования выбора метода получения заготовки традиционно решается путем экономического сравнения стоимости их получения по методике» [4]. После анализа проведенного в первом пункте работы, мы можем заключить, что подходящими методами получения заготовок в данном случае являются прокат, штамповка и литье. После изучения литературных данных [8], становится очевидным, что использование проката для изготовления детали не является экономически выгодным, поэтому мы исключаем этот метод из сравнения. «Поэтому мы принимаем метод штамповки во внимание при сравнении различных методов получения заготовок» [8]. «Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (12)$$

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:

$$\langle Q = q \cdot K_P, \quad (13)$$

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.

$$Q = 1,5 \cdot 0,2 = 0,300 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем равна.

$$Q = 1,67 \cdot 0,2 = 0,334 \text{ кг.}$$

Все коэффициенты, а также базовая стоимость получения заготовок и стоимость отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1) принимаем по справочным данным [4] и выполняем соответствующие расчеты.

Стоимость заготовки получаемой штамповкой равна.

$$\begin{aligned} S_{\text{ЗАГ}} &= (56,11 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (0,3 - 1,2) = \\ &= 7,628 \text{ р.} \end{aligned}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем равна.

$$\begin{aligned} S_{\text{ЗАГ}} &= (70,3 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (0,334 - 1,2) = \\ &= 9,585 \text{ р.} \end{aligned}$$

«Расчеты показали, что заготовка полученная методом штамповки будет в данном случае более выгодна. Из анализа литературы делаем вывод, что учитывая материал, конфигурацию детали и серийность производства наиболее подходящим является метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине» [8].

«Проектирование заготовки, получаемой на горизонтально-ковочной машине, проведем по рекомендациям и с использованием данных» [7].

«Алгоритм проектирования заготовки согласно принятой методике следующий. Сначала необходимо разработать маршруты обработки для каждой поверхности. Затем определяются припуски на обработку поверхностей. После этого определяются характеристики проектируемой заготовки, технологические напуски и допуски на размеры» [8].

Маршрут обработки был составлен на основе анализа следующих факторов: точности «технологических методов обработки, конфигурации заготовки, вида исходной заготовки» [11], требований к точности, а также свойств поверхности детали, связанных с ее физико-механическими характеристиками. Полученные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Маршруты обработки поверхностей

Номера поверхностей	Точность обработки	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1, 2	6	1,25	двукратное точение,
10	8	3,2	сверление,
13, 14, 15, 16	14	12,5	расточивание,
11, 12, 4	14	12,5	точение,
8,9,3	8	3,2	двукратное точение
7	14	3,2	точение
6	14	3,2	фрезерование
5	6	1,25	двукратное точение

Каждый из методов механической обработки имеет свои особенности и применяется в зависимости от требований по точности и шероховатости обрабатываемой поверхности. Выбор методов обработки поверхностей должен учитывать требования качества, эстетические предпочтения и специфику материалов, используемых при обработке.

«Расчетно-аналитический метод определения припусков позволяет учесть специфические условия выполнения технологического процесса» [21]. Расчет ведем для поверхности 2.

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (14)$$

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:

$$a = Rz + h, \quad (15)$$

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:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (16)$$

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

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (17)$$

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:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (18)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (19) \gg [21]$$

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

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (20) \gg [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{i\text{ max}} + d_{i\text{ min}}). \quad (22) \gg [21]$$

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 32,018 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0 min} - d_{4 max}. \quad (23) \gg [21]$$

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

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (24)» [21]$$

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

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (25)» [21]$$

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

«Припуски на обработку для остальных поверхностей выбираем с использованием таблиц статистических данных и, используя их, рассчитываем соответствующие размеры заготовки» [19]. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

Номинальный размер, мм	Суммарный припуск на обработку, мм	Расчетный размер заготовки, мм
Ø4	0,9	Ø5,8
Ø3	0,9	Ø3,8
Ø9,2	0,9	Ø10,1
22	0,9	22,9
46	0,9	46,9
28	0,9	28,9

«Припуски на обработку остальных поверхностей определяются табличным способом» [8], [15]. На первом этапе определяем минимальное значение припуска используя исходные данные о последовательности маршрутов обработки для каждой поверхности детали.

«Далее определяем параметры заготовки по данным [7]. Получаем следующие характеристики: точность Т4, сложность С1, сталь группы 2,

разъем штампа плоский. При таких данных индекс для определения допусков на размеры поверхностей 7. Все остальные параметры заготовки также определяются с использованием данных» [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]. Все основные параметры заготовки, а также сама спроектированная заготовка представлены в виде чертежа в графической части работы.

## **2.2 Разработка плана изготовления детали**

Методика направлена на подробное описание последовательности операций и процессов, необходимых для производства конкретной детали. Технологический маршрут позволяет определить оптимальное сочетание методов производства, определить необходимые режимы для выполнения операций и оценить время и затраты на каждую операцию [13].

Важной частью разработки технологического маршрута является анализ технических требований к детали. В процессе разработки маршрута учитываются такие факторы, как точность поверхностей детали, метод получения заготовки и ее себестоимость [14].

Для детали проектирование начинаем рассматривая все последовательности выполнения технологических переходов (таблица 4), припусков на обработку основных поверхностей и их распределение по соответствующему оборудованию. Затем определяется комплект инструмента, расчет времени выполнения и определение обработки детали.

Сформированный маршрут изготовления детали представляет собой последовательность операций и процессов, которые необходимо выполнить для изготовления конечного изделия. Сформированный маршрут изготовления приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут изготовления

Номер поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Технологические переходы и их параметры
1	6	1,25	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
			точение: IT 10, Ra 6,3 мкм
2	6	1,25	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
			точение: IT 10, Ra 6,3 мкм
3	8	3,2	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
			точение: IT 10, Ra 6,3 мкм
4	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
5	8	2,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
6	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
7	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
8	8	3,2	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
6	14	12,5	фрезерование: IT 10, Ra 6,3 мкм
9	8	3,2	
			сверление: IT 12, Ra 12,5 мкм
10	8	2,5	
11	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
12	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
13	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
14	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
15	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм
16	14	12,5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм

«Полученный маршрут изготовления позволяет сформировать план изготовления детали. Для этого одинаковые методы обработки с одинаковыми достигаемыми параметрами точности и шероховатости объединяются в одну операцию. Для каждой операции формируется эскиз ее выполнения, на котором определяются все обрабатываемые поверхности, наносится схема базирования и выполняемые на операции размеры. Кроме этого на плане изготовления указываются допуски на операционные размеры, а также

допуски формы и расположения поверхностей, назначаемые по методике и справочным данным» [18].

«При базировании заготовки на операциях необходимо соблюдать принципы базирования и использовать типовые схемы базирования. В качестве черновых баз в данном случае предлагается использовать поверхности 2 и 3. В качестве чистовых баз предлагается использовать поверхности 4 и 5» [17].

Графическое отображение плана изготовления оформляется в соответствии с рекомендациями [18]. Маршрут изготовления также отображается в маршрутной карте (приложение А).

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

«Выбор оборудования и технологической оснастки производится с учетом серийности производства, реализуемых методов обработки, структуры технологических операций и экономических показателей» [10].

«Выбор конкретных моделей станочного оборудования произведем с использованием данных» [22].

«Станочная оснастка должна обеспечивать требуемую скорость перенастройки. Выбор конкретных моделей станочной оснастки произведем с использованием данных» [23].

«Металлорежущий инструмент должен обладать необходимой стойкостью, быть быстро переналаживаемым. Выбор конкретных типоразмеров инструмента произведем с использованием данных» [2].

«Контрольные средства должны, отвечать требованиям по безопасности эксплуатации, надежности и универсальности. Выбор типов и моделей контрольных средств произведем с использованием данных» [3].

Результаты выбора оборудования и технологической оснастки представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Номера операций	Оборудование	Станочное приспособление	Металлорежущие инструменты	Контрольные средства
005	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73, резец подрезной ГОСТ 26611-85	штангенциркуль ШЦ–Ш- 400-0.1 ГОСТ 166-80
010	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73	глубиномер индикаторный 0,1 ГОСТ 166-80
015	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	сверло спиральное с цилиндрич. хвостовиком ГОСТ 10902-77	штангенциркуль ШЦ–Ш- 400-0.1 ГОСТ 166-80
020	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	резец проходной отогнутый правый из быстрорежущей стали ГОСТ 8868-73	штангенциркуль ШЦ–Ш- 400-0.1 ГОСТ 166-80
025	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	токарный расточной резец ГОСТ 18879-73	штангенциркуль ШЦ–Ш- 400-0.1 ГОСТ 166-80
030	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	Фреза дисковая ГОСТ 25161-82	калибры, биеномер Б10М
035	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	Фреза дисковая ГОСТ 25161-82	прибор ШМ-1
040	Станок агрегатный переналаживаемый модели 66 32 021	специальное зажимное приспособление	резец подрезной ГОСТ 26611-85	прибор ШМ-1
050	моечная машина			
060	контрольный стол			

При выборе средств технического оснащения технологического процесса обработки особое внимание уделялось унификации средств технического оснащения. Это играет важную роль в обеспечении гибкости и адаптивности технологического процесса. Когда речь идет о автоматизации технологической подготовки производства деталей, первым вопросом

становится унификация конструктивно-технологических элементов детали с одной стороны и оборудования, инструментов для обработки и контроля.

Однако помимо унификации для серийного производства, особые условия для выбора средств технического оснащения обработки детали определяются программой выпуска, видами выполняемых операций, используемым оборудованием, технологическим оснащением и инструментами.

При сборке резьбовых соединений для среднесерийного производства использованы как механизированные - такие как электрические и пневматические гайковерты и другие аналогичные инструменты, в зависимости от требуемой производительности и качества сборки.

#### **2.4 Проектирование операций технологического процесса**

С учетом типа производства режимы резания определим по методике, предусматривающей использование опытно-статистических данных [16]. «Согласно данной методике сначала определяем глубину резания, которая равна максимальному припуску на выполнение данной операции и может быть ограничена техническими возможностями станка. В таком случае глубина резания назначается из условия обеспечения станком требуемой мощности резания. Далее по статистическим данным назначается подача на выполнение операций с учетом стандартных подач доступных на используемом оборудовании» [16]. «Затем определяется скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (26)$$

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:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (27)$$

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

«Нормы на выполнение операций определяются с применением расчетно-аналитического метода» [20]. Длина рабочего хода инструмента определяется выражением:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (28)$$

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:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (29)$$

где  $S$  – подача, мм/об» [20].

«Режимы резания и нормирование технологических операций выполняются для каждой операции механической обработки технологического процесса с учетом их структуры, технических возможностей и конструктивных особенностей применяемого оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента» [16]. Полученные

результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Операция	Номер перехода	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин
005	1	2	94,2	0,5	1250	0,022
	2	3	98,1	0,5	315	0,57
	3	1,5	98,1	0,5	315	0,57
010	1	3	98,1	0,5	315	0,337
	2	3	98,1	0,5	315	0,337
	3	0,5	124,6	0,5	400	0,175
	4	3	98,9	0,5	630	0,048
015	1	8	31,7	0,23	630	0,64
	2	1	12,6	0,7	200	0,07
020	1	0,2	160,8	0,42	800	0,268
025	1	2	99,04	0,42	400	0,119
030	1	5	4,5	0,1	-	0,44
035	1	3	2,6	0,4	-	8
040	1	1	4,95	0,4	-	4
050	1	0,025	20	12,5	310	0,015
060	1	0,015	30	0,005	400	0,012

Данные таблицы 7 показывают, как в состав технологических операций обработки были включены сборочные работы, например, соединения сопрягаемых деталей с применением специальной оснастки и станочного приспособления, а также устройств контроля. На станках с ЧПУ данные работы выполняют посредством фиксации конструкторских баз детали и установочных элементов приспособления в автоматическом режиме.

В условиях среднесерийного производства в нормы времени на выполнение технологических операций могут вводить работы по расчету и суммарного времени на обработку всей детали.

Произведены расчеты необходимых размеров заготовки и выполнен чертеж (приложение А). Определена последовательность обработки поверхностей детали и разработан оптимальный технологический маршрут обработки. Технологические подробности указаны в приложении Б (План обработки детали), приложении В (Маршрутная карта) и приложении Г

(Операционные карты).

Были подобраны специальные средства оснащения, станки и инструменты для каждой операции. Специальные средства оснащения в машиностроении являются неотъемлемой частью процесса проектирования и производства машин и оборудования. Они представляют собой различные устройства и инструменты, которые способствуют сокращению объемов ручного труда при создании сложных механических конструкций.

Одним из важных видов специальных средств оснащения являются приспособления для точной обработки деталей. Это могут быть различные приспособления сверлильных операций. Они могут также быть установлены на станки ЧПУ и токарные станки, которые позволяют производить высокоточную обработку различных материалов. Также в машиностроении широко используются специальные приспособления для сборки и монтажа сложных узлов и деталей. Это могут быть различные крепежные и фиксирующие устройства, которые обеспечивают точность и надежность соединения элементов конструкции.

Ещё одним важным видом специальных средств оснащения являются измерительные приборы. Они позволяют контролировать размеры и параметры деталей и конструкций на различных этапах производства. Среди таких приборов можно выделить микрометры, штангенциркули, нутромеры и прочие инструменты, которые обеспечивают точность и качество

Исходя из этого, были определены припуски и допуски на каждую поверхность. Определено содержание технологических операций. Для самой точной поверхности был вычислен оптимальные режимы резания с помощью расчетно-аналитического метода для каждого перехода. Для остальных операций режимы резания были определены в соответствии с справочными нормативами. Были выполнены технически обоснованные расчеты для установления норм времени на каждую операцию.

### **3 Разработка специальной технологической оснастки**

#### **3.1 Разработка приспособления станочного**

«Анализ 010 токарной операции показал, что используемое на данной операции станочное приспособление не отвечает предъявляемым требованиям в условиях среднесерийного производства, так как не обеспечивает механизацию закрепления» [9]. «Устранение данного недостатка возможно путем проектирования патрона для данной операции с механизированным приводом при помощи методики и данных» [26].

Для решения вопросов автоматизации выгрузки обработанных деталей из зажимного приспособления предложена конструкция электромагнитного толкателя. Каждое зажимное приспособление имеет отверстие в плите для выхода штока толкателя и извлечения детали из приспособления.

Электромагнитный толкатель, также известный как электромагнитный привод, является устройством, используемым в машиностроении для генерации силовых импульсов. Он состоит из электромагнита и намагниченного элемента, такого как плунжер или рычаг.

Основной принцип работы электромагнитного толкателя заключается в использовании электромагнитной силы для перемещения намагниченного элемента в заданном направлении. Когда электромагнит включается, он создает магнитное поле, которое притягивает намагниченный элемент. Это притяжение создает силу толчка, которая перемещает элемент в нужное положение, рисунок 6.

Одной из главных преимуществ электромагнитного толкателя является его высокая точность и быстрота реакции. Благодаря этому электромагнитные толкатели широко используются в различных областях машиностроения, включая автомобильную промышленность, производство электроники и робототехнику.

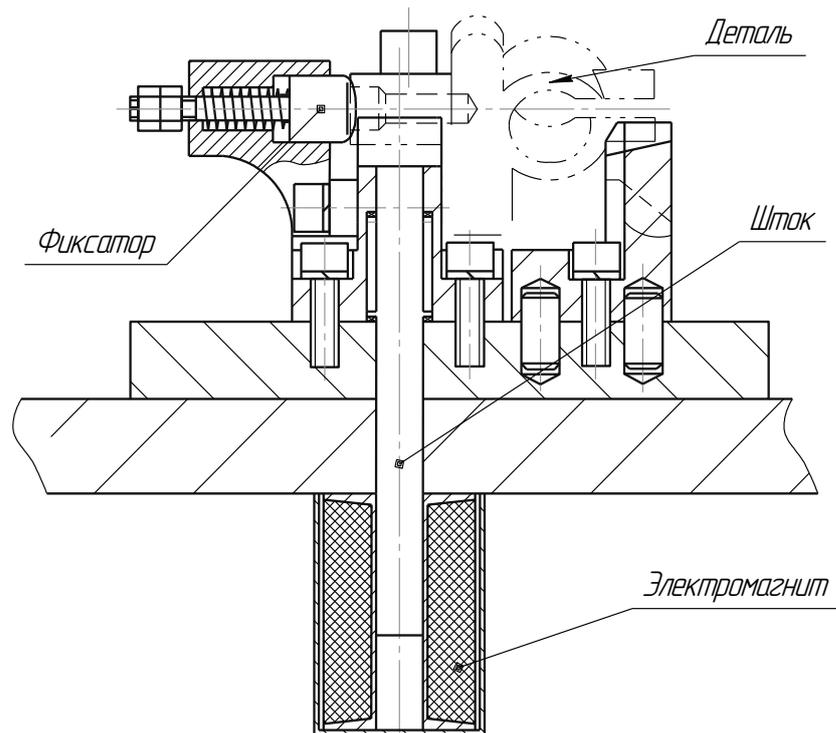


Рисунок 6 - Конструкция электромагнитного толкателя

Электромагнитный толкатель работает следующим образом. После отвода кронштейна (рисунок 6) на электромагнит подается электрический ток, возникает поле магнитной индукции, под действием силы которой шток перемещается в крайнее верхнее положение и выталкивает обработанную деталь из зажимного приспособления, т.е. из фиксатора. После выталкивания детали сила магнитной индукции направляется в противоположную сторону, и шток перемещается в исходное положение

Тяговый электромагнит используется для разгрузки обработанных деталей и происходит это следующим образом: на обмотку подается напряжение, возникает поле магнитной индукции, и магнитные волны заставляют стержень перемещаться. Стержень двигается и выталкивает деталь из зажимного приспособления преодолевая усилие пружины.

Стальной магнитопровод 1 (рисунок б), намагничиваясь в магнитном поле обмотки 3, притягивает или отталкивает металлический стержень - шток с силой  $F_M$ , большей силы пружины. Значение  $F_M$  выбираем исходя из конструктивного подхода: масса детали невелика и усилие пружины тоже достаточно небольшое, поэтому для выдергивания заготовки из пружинного плена достаточно будет приложить усилие равное 50 Н.

$$F_M = B^2 \cdot S / 2 > P, \quad (30)$$

где  $B$  – магнитная индукция, Тл;

$S$  – площадь сечения полюса - штока,  $m^2$ .

Выполним расчеты.

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 79 \text{ мм}^2 = 0,000079 \text{ м}^2, \quad (31)$$

где  $D$  – выбранный диаметр штока по конструкции, целесообразнее всего при данной конструкции принять  $D = 10$  мм.

Находим магнитный поток:

$$B = \sqrt{\frac{2F_M}{S}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50}{0,000079}} = 1125 \text{ Тл}. \quad (32)$$

Отсутствие зазоров между катушкой 2 (рис.7.57) и магнитопроводом  $L$  делает магнитный поток ( $\Phi = B \cdot S$ ) максимальным, а сопротивление минимальным. Конструкция помещается в цоколь изолятора 4.

Используя выражение (32) определяем закон изменения В, преобразовав его получаем следующее равенство:

$$\frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{\ell} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_M \cdot \mu_0}{S}}, \quad (33)$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;

I – сила тока, I = 5А;

N – число витков;

L – длина обмотки, м.

Используя это равенство, определяем выражение для S, необходимое для определения диаметра отверстия катушки d под магнитопровод. В результате получим:

$$d_o = K_3 \frac{2\ell}{I \cdot N} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot F_M}{\pi \cdot \mu_0}}, \quad (34)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса.

Используя данные сети станка I = 5А, U = 36В, определяем по справочным данным диаметр провода d = 1,8 мм, при N = 200 витков. Из расчета 50 витков в ряд и 4 слоев намотки виток к витку длина катушки L = 50 мм = 0,07 м.

Далее выполним расчет параметров силового гидроцилиндра. На позиции разгрузки гидроцилиндр выполняет функцию транспортировщика: лоток предназначен для того, чтобы уже обработанные детали попадали в тару, но цельным и неподвижным его сделать не представляется возможным.

Т.к. призматическое приспособление вращается вместе с поворотным столом и то же время имеет квадратную форму, то у призматического приспособления возникает радиус поворота равный 230 мм. В связи с этим при повороте стола необходимо отодвигать лоток от центра стола, чтобы не произошло удара опорных цилиндров призматического приспособления непосредственно о лоток разгрузки, для этого и предназначен данный гидроцилиндр.

Для того чтобы рассчитать необходимый гидроцилиндр нужно знать рабочее усилие необходимое по станку, а также немного информации о его работе. В данном случае необходим одноштоковый гидроцилиндр с относительно небольшим диаметром гильзы и давлением, т.к. каких-либо больших усилий на данной позиции не требуется.

Рабочее усилие  $F$  принимаем исходя из массы конструкции, которую необходимо будет толкать гидроцилиндр, а также делаем поправки на силу трения и возможные непредвиденные нагрузки (например, скопление деталей на лотке).

Поскольку при работе гидроцилиндра возникают неизбежные потери, в частности на трение в уплотнениях, расчетное (максимальное) усилие принимаем большим, чем рабочее по формуле 1 (с.3, [1]):

$$F_p = \bar{F} \cdot F = 2 \cdot 2000 = 4000 \text{ Н}, \quad (35)$$

где  $\bar{F} \approx 2$  - коэффициент запаса для гидроцилиндра;

$F$  - рабочие усилие, нагрузка.

Для проведения расчета будем использовать материалы источника литературы. Согласно имеющимся в нем данным для начала необходимо рассчитать усилие привода, при этом используется следующая формула:

$$Q = \frac{F}{i}, \quad (36)$$

где  $i$  - передаточное отношение по силе механизма (выигрыш в силе),

В нашем случае  $i = 1$ , т.к. конструкцией не предусмотрено наличие каких-либо рычажных устройств.

Далее, согласно расчету, необходимо определить диаметр поршня цилиндра силового привода, по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (37)$$

где  $P$  - давление рабочей среды в магистрали станка, различают  $P=0,4$ МПа для пневмопривода,  $P=2,5$ МПа,  $5$ МПа,  $7,5$ МПа для гидропривода.

Давление в расчете нужно подставлять такое, чтобы значение диаметра  $D < 120$  мм. В зависимости от этого определяется тип силового привода, используемый в данном случае. Затем определяем необходимый ход поршня цилиндра по чертежу:

$$S_0 = 120 \text{ мм.}$$

Проведя расчеты по формулам (10.7) в результате получим:

$$\theta = \frac{4000}{1} = 4000 .$$

Принимаем тип привода – гидравлический, подставляя в формулу расчетное давление  $2,5$  МПа:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{4000}{2,5}} = 45,2 < 120 \text{ мм.}$$

«Используя справочные данные, подберем тип соответствующего гидроцилиндра. По ГОСТ 6540-68 определяем: тип гидроцилиндра "гидроцилиндр с односторонним штоком" по ОСТ2 Г21-1-73 , исполнения 1. Для него принят стандартный диаметр поршня гидроцилиндра равный  $D=80$  мм. Выбор гидроцилиндра объясняется необходимостью наличия средних

перемещений поршня при передаче ему небольших мощностей, усилия, давления масла и выполнения условий жесткости его конструкции» [1].

Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б.

Спроектированное приспособление обеспечивает механизацию закрепления и отвечает требованиям по точности установки, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой.

### 3.2 Разработка фрезы дисковой

«С целью обеспечения оптимального качества обработки и максимальной износостойкости проведем проектирование зубострогальных резцов для нарезания конического зубчатого венца с использованием методики и справочных данных» [9], [17].

На основе анализа содержания операции выбираем сборную дисковую фрезу с механическим креплением пластин производства фирмы «СКИФ М», Россия, МТ389N. Данная фреза была разработана специально для прорезки пазов и для фрезерования плоскостей, в том числе и для обработки деталей из цветных металлов и сплавов (рисунок 7).

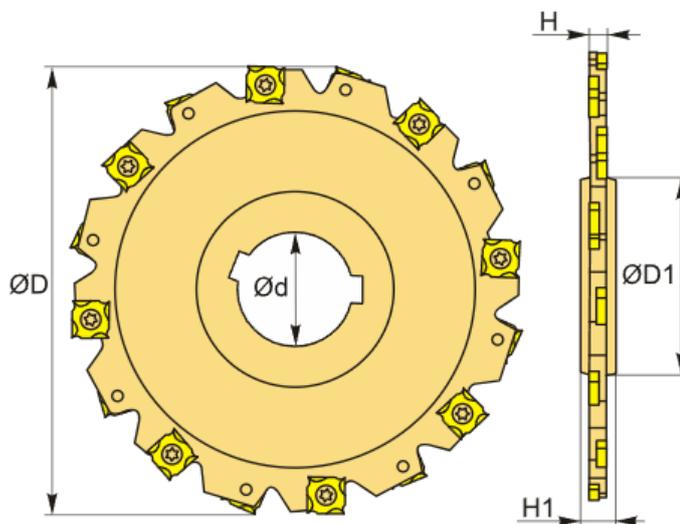


Рисунок 7 - Фреза со сменными твердосплавными пластинами

Согласно схеме обработки детали фреза устанавливается неподвижно на вращающемся валу шпинделя станка, консольно. Для установки фрезы по внутреннему диаметру на валу применяют шпоночное крепление (рисунок 7).

Расчетными параметрами фрезы являются. Диаметр фрезы  $D = 125$  мм. Диаметр прилабочной плоскости корпуса фрезы:  $d_1 = 58$  мм. Ширина по привалочной плоскости фрезы:  $B_1 = 12$  мм. Максимальное значение рабочих оборотов:  $n_{\max} = 9000$  об/мин. Ширина поверхности обработки:  $a = 4$  мм. Стойкость материала режущих пластин:  $T=120$  мин. Число режущих пластин в корпусе фрезы равно 7.

Расчет длины рабочего хода  $L_{p.x}$  в мм и средней ширины фрезерования  $b_{cp}$  в мм, равна 4 мм согласно чертежа детали:

$$L_{p.x} = L_{рез} + y + L_{доп}, \quad (38)$$

где  $L_{рез}$  – длина резания равная длине обработки, измеренной в направлении резания,  $L_{рез} = 20$  мм;

$y$  – длина подвода, врезания и перебега инструмента,  $y = 10$  мм, ([1], стр.73, стр. 301-302, приложение 3);

$L_{доп}$  – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конрисурации детали;

$F$  – площадь фрезеруемых поверхностей,  $F = 355$  мм<sup>2</sup>.

Выполним расчеты.

$$L_{p.x} = 20 + 10 + 0 = 30 \text{ (мм)}$$

Определение рекомендуемой подачи на зуб фрезы по нормативам  $s_z$  в мм/зуб, [1]. Исходные данные. Обрабатываемый материал и его твердость: Латунь ЛЦ40С ГОСТ 17711-93, 90...110 НВ. Тип фрезы: дисковая. Инструментальный материал: твердый сплав ВК30. Глубина резания  $t$ , ширина фрезерования  $b$ , диаметр фрезы  $D$ :  $t = 20$  мм,  $b = 4$  мм,  $D = 125$  мм. Выбираем  $s_z = 0,2$  мм/зуб.

Определение стойкости инструмента по нормативам  $T_p$  в минутах резания, [1]. Исходные данные. Тип фрезы и ее диаметр: дисковая фреза,  $D = 125$  мм. Инструментальный материал: твердый сплав ВК30. Коэффициент времени резания  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{р.х}} = \frac{20}{30} \approx 0,667, \quad (39)$$

где  $L_{рез}$  – длина резания равная длине обработки, измеренной в направлении резания,  $L_{рез} = 20$  мм;

$L_{р.х}$  – длина рабочего хода фрезы.

$$T_p = K_\phi \cdot T_M \cdot \lambda, \quad (40)$$

где  $T_M$  – стойкость инструмента наладки, т.е. фрезы,  $T_M = 200$  (мин);

$\lambda$  – коэффициент времени резания каждого инструмента, равный отношению длины резания  $L_{рез}$  инструмента к длине рабочего хода стола  $L_{р.х}$ ;

$K_\phi$  – коэффициент, учитывающий количество инструментов в наладке, ([1], стр.87, карта Ф-3).

Выполним расчеты.

$$T_p = 1 \cdot 200 \cdot 0,667 = 133,4 \text{ (мин)}$$

Расчет скорости резания  $v$  в м/мин, частоты вращения шпинделя  $n$  в минуту, минутной подачи  $s_m$  в мм/мин, [1].

Исходные данные. Обрабатываемый материал и его твердость: Латунь ЛЦ40С ГОСТ 17711-93, 90...110 НВ. Тип фрезы и ее материал: дисковая фреза, твердый сплав ВК30. Диаметр фрезы  $D$  и число зубьев  $z_u$ :  $D = 125$  мм,  $z_u = 12$ . Подача на зуб  $s_z$ :  $s_z = 0,2$  мм/зуб. Глубина резания  $t$ , ширина фрезерования  $b$ :  $t = 20$  мм,  $b = 4$  мм. Стойкость  $T_p = 133,4$  мин.

Далее выполним определение рекомендуемой нормативами скорости резания, [1].

Для дисковой фрезы со вставными ножами из твердого сплава  $v = 600$ - $800$  м/мин. Принимаем  $v = 700$  м/мин.

Далее выполним расчет частоты вращения шпинделя, соответствующего рекомендуемой скорости резания и его уточнение:

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 700}{3,14 \cdot 125} = 1783,5 \text{ об/мин}; \quad (41)$$

Принимаем  $n = 1368$  об/мин.

Выполним уточнение скорости резания по принятым оборотам вращения шпинделя:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 1368}{1000} = 537 \text{ м/мин}; \quad (42)$$

Выполним расчет минутной подачи по принятому значению частоты вращения шпинделя:

$$s_M = s_z z_u n = 0,2 \cdot 12 \cdot 1368 = 3283 \text{ мм/мин} \approx 3,3 \text{ м/мин} \quad (43)$$

Рассчитываем основного машинного времени обработки  $t_M$  в мин на комплект (комплект включает все детали, установленные на столе станка) [1].

Исходные данные длина рабочего хода фрезерной головки  $L_{o.p.x}$ ,  $L_{o.p.x} = 500$  мм. Принятая минутная подача  $s_M$ ,  $s_M = 3283$  мм/мин.

$$t_M = \frac{L_{o.p.x}}{s_M} = \frac{500}{3283} = 0,15 \quad (44)$$

Определение подачи на зуб фрезы  $s_z$  в мм/зуб по принятым режимам резания [1]. Исходные данные число зубьев фрезы  $z_u$ :  $z_u = 12$ . Принятая

минутная подача  $s_M$ ,  $s_M = 3283$  мм/мин. Установленная частота вращения шпинделя  $n$ ,  $n = 1368$  об/мин.

$$s_z = \frac{s_M}{nz_u} = \frac{3283}{1368 \cdot 12} = 0,2 \text{ мм/зуб.} \quad (45)$$

Выполняем проверочные расчеты по мощности резания [1]. Исходные данные обрабатываемый материал. Латунь ЛЦ40С ГОСТ 1771-93, и его твердость НВ 90...110. Тип фрезы и число зубьев  $z_u$ : дисковая,  $z_u = 12$ ; 3). Материал инструмента: твердый сплав ВК30. Максимальная ширина фрезерования  $b_{\max}$ ,  $b = 4$  мм. Глубина резания  $t$ ,  $t = 20$  мм. Скорость резания  $v$ ,  $v = 537$  м/мин. Мощность двигателя  $N_{\text{дв}}$ ,  $N_{\text{дв}} = 4$  кВт. К.п.д. станка  $\eta = 0,8$ . Допустимый по прочности для данного частоты вращения шпинделя крутящий момент  $M_{\text{кр}} = 3200$  Нм.

Определение осевой силы резания  $P$  в Н по нормативам [1]:

$$P = P_{\text{табл}} K_p, \quad (46)$$

где  $P_{\text{табл}}$  – табличное значение осевой силы резания,  $P_{\text{табл}} = 500$  Н;

$K_p$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала,  $K_p = 1$ .

Выполним расчеты.

$$P_0 = 500 \cdot 1 = 500 \text{ Н}$$

Далее выполним определение по нормативам потребной мощности  $N_{\text{рез}}$  в кВт([1]):

$$N_{\text{рез}} = E \frac{vtz_u}{1000} K_1 K_2 \quad (47)$$

где  $E$  – величина, определяемая по таблице ([1], стр.102),  $E = 0,3$ ;

$v$  – скорость резания в м/мин,  $v = 537$  м/мин;

$t$  – глубина резания в мм,  $t = 20$  мм;

$z_u$  – число зубьев фрезы,  $z_u = 12$ ;

$b_{\max}$  – максимальная ширина фрезерования  $b = 4$  мм;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемости материала, [1],  $K_1 = 0,52$ ;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от типа фрезы и скорости резания (для твердосплавных фрез), [1],  $K_2 = 0,75$ .

Выполним расчеты.

$$N_{рез} = 0,3 \frac{537 \cdot 20 \cdot 12}{1000} 0,39 \cdot 0,23 \approx 3,5 \text{ кВт.}$$

По итогам расчета параметров спроектированной фрезы выполняется проверка по мощности двигателя  $N_{дв}$ :

$$N_{рез} \leq 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta, \quad (48)$$

Выполним проверку условия.

$$3,5 \leq 1,2 \cdot 4 \cdot 0,8$$

$$3,5 \leq 3,84$$

Условие выполняется. Следовательно спроектированный режущий инструмент обладает оптимальной геометрией для заданного качества обработки и максимальной износостойкости, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой. Конструкция представлена в графической части работы и в приложении Б.

В ходе выполнения данного раздела разработаны технические мероприятия, направленные на совершенствование базовой технологии изготовления детали. Для этого сначала были выявлены технически несовершенные операции. С целью устранения выявленных недостатков спроектировано станочное приспособление для установки заготовок на фрезерных операциях и фреза для проведения данных операции на станке с ЧПУ.

## 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 8), составленного на основе рекомендаций» [6].

Таблица 8 – 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	токарная	оператор станков с числовым программным управлением	вертикально фрезерный чпумetal mark vf5150	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная	оператор станков с числовым программным управлением	станок координатно-расточной 2д450аф2	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]
	фрезерная	оператор станков с числовым программным управлением	вертикально фрезерный чпумetal mark vf5150	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная	оператор станков с числовым программным управлением	станок координатно-расточной 2д450аф2	сталь 40Х 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 9.

Таблица 9 – 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 токарная	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 9

«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 9 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 10.

Таблица 10 – 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 10

«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]	—

Использование приведенных мероприятий, указанных в таблице 10, позволит снизить риск травматизма и возникновения профессиональных заболеваний.

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.

Правила обращения с химическими веществами являются важным аспектом обеспечения безопасности в производственных условиях. Химические вещества могут быть опасными, если не учитывать соответствующие меры предосторожности персонала. Корректное соблюдение этих правил способствует минимизации рисков, связанных с обращением с химическими веществами. Важно также регулярно обновлять свои знания о правилах обращения с такими веществами.

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 010, 020, 030 и 035 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 030 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 020-035. 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].

Технологическая себестоимость может изменяться в зависимости от различных технологий выполнения процессов и использования различных материалов или инструментов. Это играет важную роль в определении конечной стоимости обработки детали.

Одним из факторов, влияющих на изменение технологической себестоимости, является выбор материалов, используемых при выполнении операций. Например, использование дешевых, но менее качественных материалов может снизить себестоимость, но также может привести к более низкому качеству продукции или услуги.

Операции, требующие больше времени или сложных навыков, могут также повлиять на изменение технологической себестоимости. Например, автоматизация операций 020-035 в данной работе позволит при обработке

рычага снизить величину времени, затраченного на выполнение, и следовательно уменьшить себестоимость.

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 8, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2744968,77 рублей.

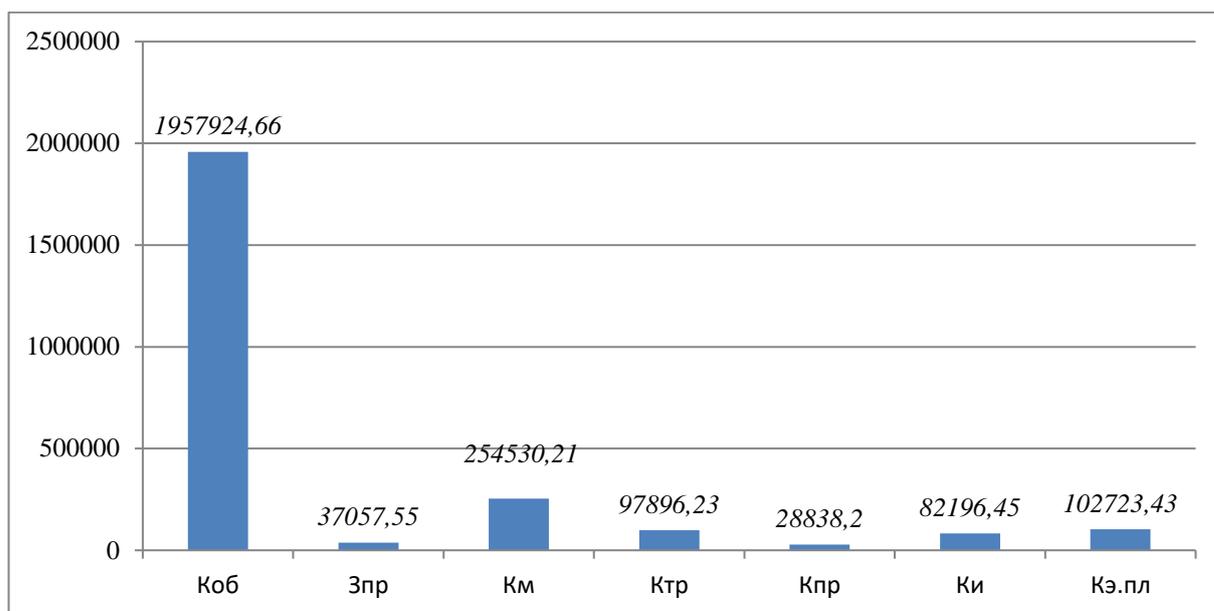


Рисунок 8 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«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.

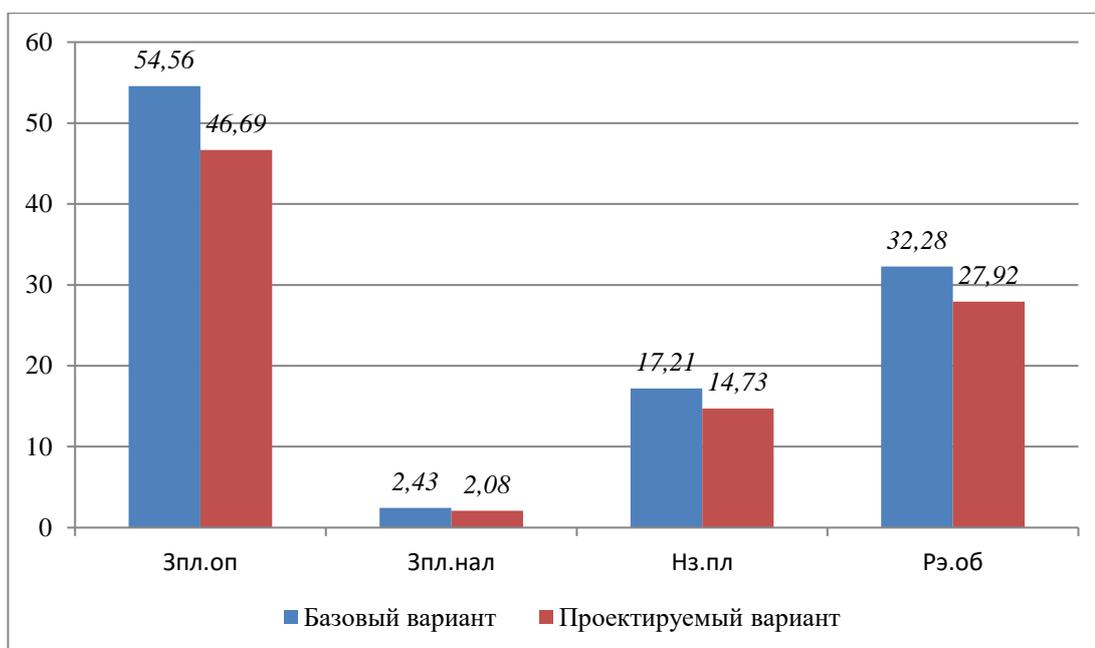


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «матрица», по вариантам, руб.

«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].

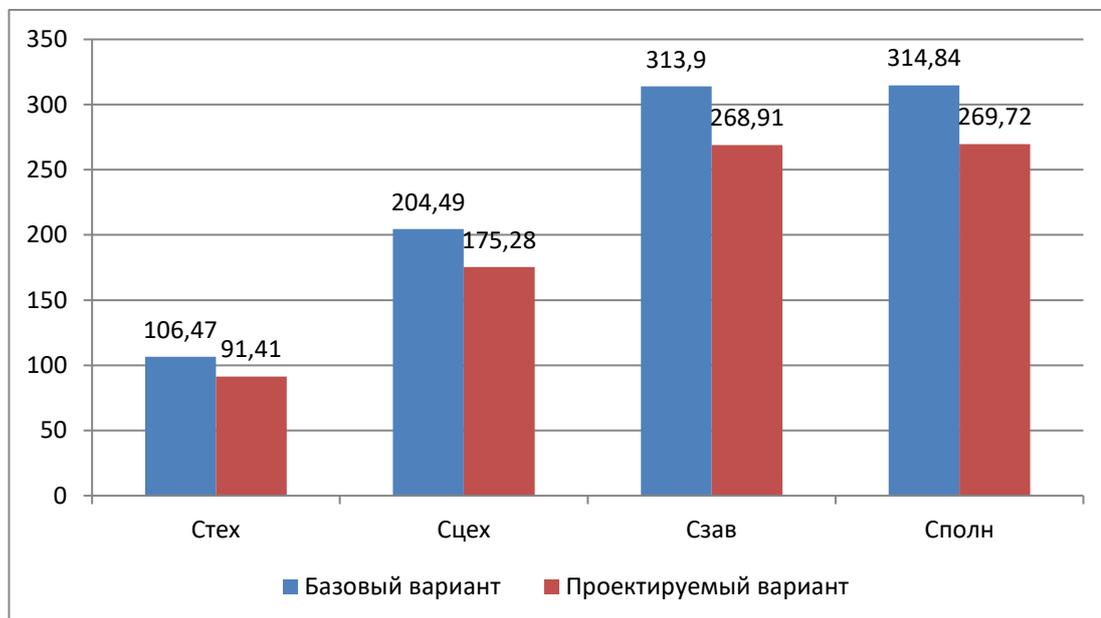


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно данным из рисунка 7, 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.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, которые составляют 2966669,62 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 1,26 рубля. Величина интегрального экономического эффекта составляет 513973,24 рубля..

## Заключение

В процессе выполнения работы был разработан технологический процесс изготовления детали рычаг с учетом указанных характеристик и программы производства. Также было разработано и спроектировано станочное зажимное устройство. На лимитирующей операции применен более прогрессивный режущий инструмент.

Для достижения высокой точности и скорости обработки, повторяемости, оптимального расхода материалов, снижения отходов и исключения брака в процессе изготовления данного изделия было использовано современное высокоточное, и автоматизированное оборудование с ЧПУ. В процессе выполнения работы был разработан технологический процесс изготовления детали - с учетом всех указанных характеристик и программы производства. Этот процесс был разработан с учетом определенных требований и целей, таких как качество, точность, производительность и экономическая эффективность.

После анализа данных и проведения расчетов была определена оптимальная последовательность операций, включающая такие этапы, как обработка на станках с ЧПУ, термическая обработка, шлифовка, полировка, проверка геометрических параметров и качества детали.

Важным элементом разработанного технологического процесса является обеспечение безопасности на каждом этапе производства детали. Для этого были предусмотрены специальные мероприятия и средства оснащения, а также критерии принятия решений на производстве.

В итоге, можно заявить, что цель работы была достигнута, разработанный нами технологический процесс позволяет достичь высокого уровня качества и эффективности производства детали - с учетом заданных характеристик и программы производства. Все задачи, по разработке технологического процесса изготовления детали в условиях среднесерийного производства можно считать достигнутыми.

## 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: 05.09.2023).

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 Б  
**Спецификации к сборочным чертежам**

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.	A1				<u>Документация</u>			
					Сборочный чертеж	1		
					<u>Сборочные единицы</u>			
Справ. №			1		Корпус	1		
			2		Электромагнит	4	Зажимной	
			3		Электромагнит	4	Топляющий	
					<u>Детали</u>			
			4		Компенсатор	12		
			5		Компенсатор	12		
			6		Опора	4		
			7		Опора	4		
			8		Ось	12		
			9		Планка	4		
			10		Планка	4		
			11		Планка	8		
			12		Плита	2		
			13		Призма	4		
			14		Рычаг	4		
			15		Серьга	8		
			16		Штифт	12		
		17		Штифт	8			
Лист и дата					<u>Стандартные изделия</u>			
			18		Винт М6х16 ГОСТ 11738-84	8		
			19		Винт М6х20 ГОСТ 11738-84	24		
			20		Винт М8х20 ГОСТ 11738-84	4		
			21		Винт М8х25 ГОСТ 11738-84	8		
Взам. инв. №			22		Винт М8х30 ГОСТ 11738-84	8		
			23		Винт М8х35 ГОСТ 11738-84	12		
Лист и дата								
Инв. № лист	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Давыдюк						
	Пров.	Левашкин						
	Н.контр.							
	Утв.							
<b>Приспособление зажимное</b>						Лит.	Лист	Листов
						1а	1	2
						ТГУ, ТМДЗ-1801а		

Копировал

Формат А4



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист	Лист	Листов																																																								
										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																																			
A1				<i>Документация</i>																																																													
										<i>сборочной чертеж</i>	1																																																						
																	<i>Детали</i>																																																
																							<i>Корпус</i>	1																																									
<i>Клин</i>	18																																																																
A4		1		<i>Корпус</i>	1																																																												
A4		2		<i>Клин</i>	18																																																												
A4		3		<i>Нож</i>	18																																																												
A4		4		<i>Пластина</i>	18																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;"></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="3" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><i>Фреза торцовая</i></td> <td>Лит</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td>Давыдюк</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Д</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Левашкин</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><i>ТГУ, ТМБЗ-1801а</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>Фреза торцовая</i>			Лит	Лист	Листов	Разраб.	Давыдюк				Д		1	Проб.	Левашкин				<i>ТГУ, ТМБЗ-1801а</i>						Н.контр.								Утв.							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>Фреза торцовая</i>			Лит	Лист	Листов																																																							
Разраб.	Давыдюк							Д		1																																																							
Проб.	Левашкин				<i>ТГУ, ТМБЗ-1801а</i>																																																												
Н.контр.																																																																	
Утв.																																																																	

Копировал

Формат А4