

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)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления обоймы механизма передачи движения

Обучающийся

Ш.Ф. оглы Давудов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.А. Гуляев

(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)

Аннотация

Представленная в работе технология разработана для производства обоймы механизма передачи движения массой 5,59 килограмма из стали 40Х в количестве 5000 деталей в год. Технология соответствует стандартам качества и безопасности производства, а все изменения базовой технологии учитывают требования по экономической эффективности. Предлагаемая технология включает в себя процессы штамповки, обработки на станках с ЧПУ (токарная, фрезерная, шлифовальная), термической обработки. Все процессы обработки обоймы сопровождаются контролем качества. Выбранные технологические переходы осуществляются с применением современного оборудования с ЧПУ. Лимитирующая токарная операция выполнена с применением передовых технологических решений в конструировании оснащения. Конструкторская разработка направлена на усовершенствование станочного приспособления и инструментального оснащения для лимитирующей операции с целью повышения эффективности обработки материала и улучшения качества обработки поверхности. В работе показано, что уменьшение времени и затрат на обработку на токарных переходах, а также увеличение срока службы инструмента приводит к экономическому эффекту. Меры безопасности включают в себя проведение обязательного технического обслуживания инструментов. В результате усовершенствования средств технологического оснащения ожидается улучшение процесса обработки, снижение затрат на производство и повышение безопасности труда. Разработанная технология является высокопроизводительной, обеспечивает заданное качество детали, что позволяет снизить издержки производства. Технология изготовления детали соответствует среднесерийным условиям производства. Технология представляет собой оптимальное решение для производства обоймы механизма передачи движения и соответствует требованиям исходных данных на задание.

Содержание

Введение	4
1 Анализ технического объекта.....	6
1.1 Обоснование технологичности технического объекта	6
1.2 Постановка задач.....	9
2 Технология изготовления технического объекта	11
2.1 Получение заготовки, порядок и средства ее обработки	11
2.2 Расчет режимов резания и норм времени	26
3 Средства технического и технологического оснащения.....	28
3.1 Станочное приспособление	28
3.2 Инструментальное оснащение.....	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта	35
5 Экономическая эффективность работы	41
Заключение	45
Список используемых источников.....	46
Приложение А Технологическая документация	49

Введение

В работе используются «станки с ЧПУ. Они обладают огромными преимуществами, включая возможность интеграции в автоматические линии производства [24]. Рассмотрим некоторые мировые производители станков с ЧПУ и бренды – это Mazak, Trumpf, DMG MORI, MAG, Haas, Hardinge, AMADA, Okuma, Makino, EMAG, SAMAT.

Yamazaki Mazak производит токарные станки с ЧПУ, токарные центры с ЧПУ, системы ЧПУ, многозадачные станки, фрезерные станки с ЧПУ, горизонтальные обрабатывающие центры, вертикальные обрабатывающие центры, лазерные станки с ЧПУ, FMS (гибкая производственная система [5]), программное обеспечение CAD/CAM и системы управления.

Trumpf является одним из ведущих производителей в области глобальных производственных технологий, основанный в 1923 году, и является одним из инициаторов немецкой индустрии [20]. TRUMPF Group является технологическим лидером и лидером рынка в области промышленных лазерных станков и лазерных систем.

DMG MORI является совместным предприятием немецкой Demag и японской Mori Seiki. Вертикальные обрабатывающие центры, горизонтальные обрабатывающие центры, трехосные, четырехосные, пятиосевые, токарные и фрезерно-компаундные обрабатывающие центры, а также ультразвуковые / лазерные обрабатывающие центры производства Demagesen Seiki представляют направление развития и высочайший технический уровень станкостроительной промышленности в стране и за рубежом.

Haas Automation является одним из лучших брендов станков с ЧПУ в Западном полушарии, производящим широкий «ассортимент вертикальных и горизонтальных обрабатывающих центров с ЧПУ, токарных станков с ЧПУ и поворотных столов [18]. Компания также производит серию специальных моделей, включая 5-осевые обрабатывающие центры, центры обработки пресс-форм, токарные станки [23] и порталные обрабатывающие центры.

Hardinge проектирует, производит и продвигает высокоточные, высоконадежные металлорежущие станки и сопутствующие принадлежности для инструментов, которые завоевали репутацию на мировом рынке более 100 лет.

AMADA занимается производством станков для изготовления листового металла. Это мировой лидер в области машин и оборудования для обработки листового металла.

Okuma производит различные токарные станки с ЧПУ, токарные центры, вертикальные, горизонтальные, порталные (пятигранные) обрабатывающие центры и шлифовальные станки с ЧПУ [6].

Makino разработала первый в Японии фрезерный станок с ЧПУ в 1958 году, а в 1966 году успешно разработала первый в Японии обрабатывающий центр с ЧПУ.

EMAG является «скрытым чемпионом» типичной немецкой станкостроительной промышленности. Компания обладает богатым опытом в производстве станков. Бизнес EMAG Group в основном распространяется на автомобилестроение и вспомогательные отрасли, машиностроение и аэрокосмическую промышленность, возобновляемые источники энергии, энергетику и нефтяную промышленность. EMAG является ведущим в мире производителем инвертированных станков с ЧПУ.

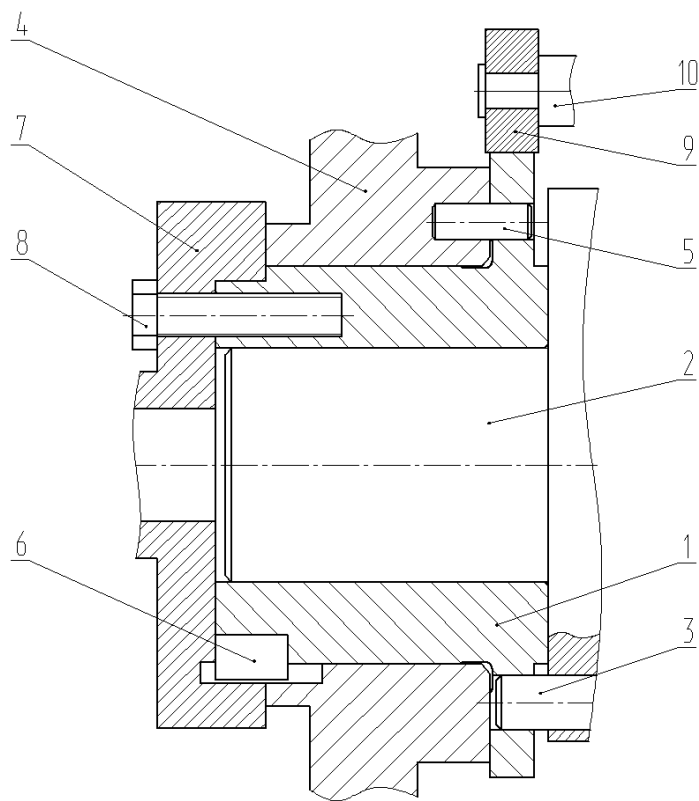
SAMAT – средневожский станкостроительный завод осуществляет производство металлорежущих станков [19]. Производство началось в конце января 1926 года. Первым выпущенным станком на предприятии был токарно-винторезный станок со ступенчатым шкивом модели ТВ-155В.

В работе на 010 токарной операции будем применять станок модели SAMAT 135 NC.

1 Анализ технического объекта

1.1 Обоснование технологичности технического объекта

Для проектирования технологического процесса изготовления, согласно задания предлагается деталь «Обойма». Часть механизма передачи движения, в состав которой входит деталь, показана на рисунке 1. Механизм передачи движения в станках – это ключевой элемент, который преобразует вращательное движение от двигателя с высокой скоростью и низким крутящим моментом в медленное вращение с большим крутящим моментом, необходимым для работы инструмента станка.



1 – обойма; 2 – вал; 3 и 5 – фиксирующие штифты; 4 – ступица; 6 – шпонка; 7 – фланец; 8 – крепежные болты; 9 – ролик; 10 – ось ролика

Рисунок 1 – Часть механизма передачи движения

В функции механизма передачи движения входит передача мощности от двигателя, изменение скорости и крутящего момента, например, снижает скорость вращения, увеличивая при этом крутящий момент, в некоторых случаях механизмы передачи движения могут изменять направление вращения.

Исходя из служебного назначения детали, определим материал сталь 40Х. Сталь 40Х обладает хорошей пластичностью, что позволяет ей сохранять прочность при придании различных форм. Однако повышенное содержание углерода в стали улучшает ее прочностные характеристики, но снижает пластичность и ухудшает свариваемость. Эти свойства делают сталь 40Х незаменимым материалом для изготовления детали. Сталь 40Х обладает высокой прочностью и твердостью и способна выдерживать большие нагрузки без разрушения. Добавление хрома в состав сплава придает ему устойчивость к коррозии.

В состав материала детали входят «следующие химические элементы: углерод (С) от 0,36 до 0,44 процентов, молибден (Мо) 0,04 процента, фосфор (Р) 0,04 процента, ванадий (V) 0,05 процента, сера (S) 0,04 процента, никель (Ni) 0,3 процента, кремний (Si) от 0,17 до 0,37 процентов, хром (Cr) от 0,8 до 1,1 процентов, марганец (Mn) от 0,5 до 0,8 процентов и остальное железо (Fe)» [22]. Свойства материала указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства материала

Тип образца	Образец	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость, кДж/м ²
продольный	термически обработанный	более 245	более 470	более 10	более 45	более 59

Дополнительно при поковке материал имеет следующие свойства: «предел пропорциональности или предел текучести (σ_T) равный при поковке 245-275 МПа; предел кратковременной прочности (σ_B) равный при поковке 470-530 МПа; относительное удлинение при разрыве (δ) равное при поковке

15 процентов; относительное сужение (ψ) равно при поковке 45-52 процента; ударная вязкость (КСУ) равная при поковке 64 килоджоулей на квадратный метр и твердостью по Бринеллю (НВ) равной» [22] 143-197 единиц.

Для соблюдения технических требований, указанных на чертеже детали в обязательном порядке необходимо провести систематизацию и классификацию всех поверхностей. Результат этой процедуры показан на рисунке 2.

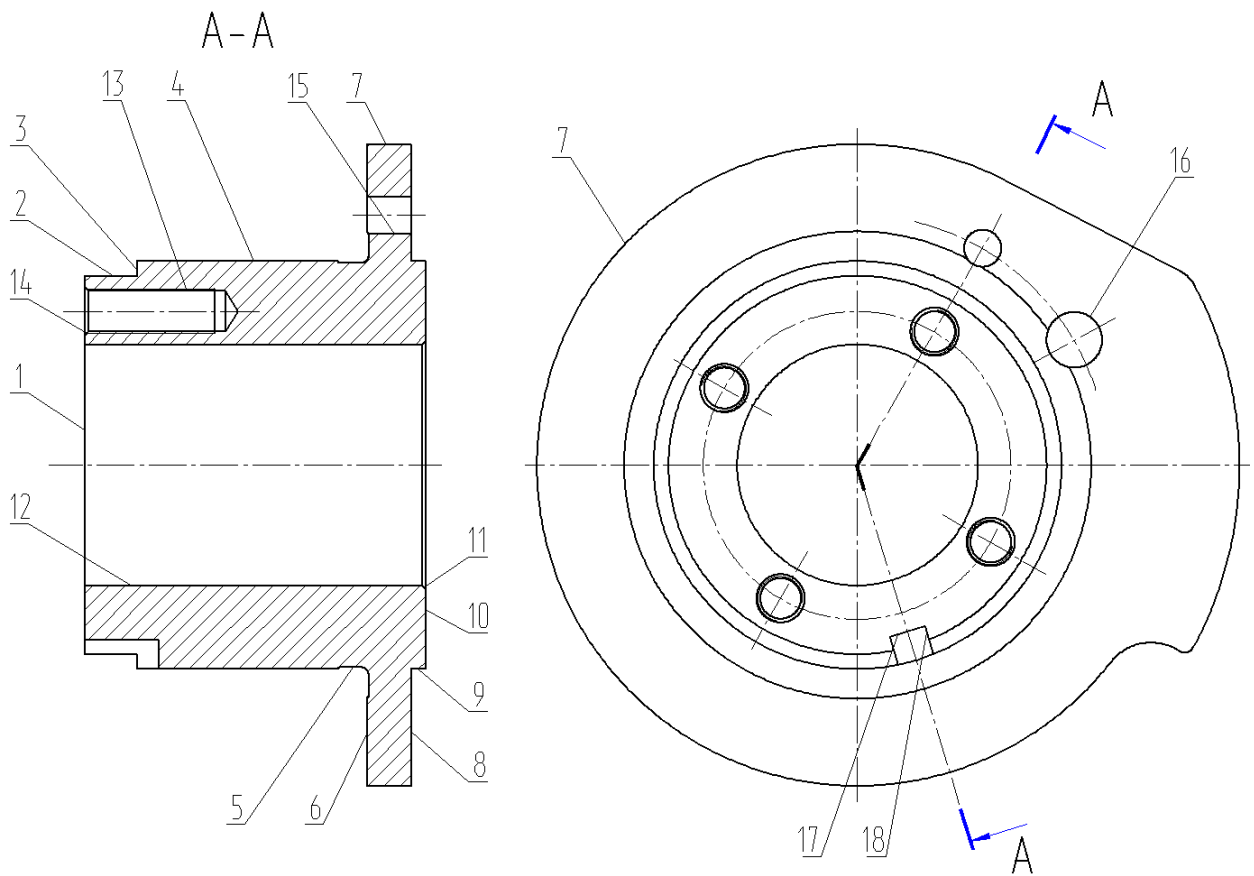


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

«Основные конструкторские базы – поверхности 10 и 12.

Вспомогательные конструкторские базы – поверхности 1, 2, 4, 6, 13 и 17.

Исполнительные поверхности – поверхности 7, 15, 16 и 18.

Все остальные поверхности свободные» [13].

При изучении процесса обработки детали были обнаружены недостатки. Оборудование морально устарело, в следствии чего, снижается производительность труда. Для устранения выявленных проблем в исходном

технологическом процессе предлагается следующий план мероприятий: замена устаревшего оборудования.

Современное оборудование должно соответствовать следующим техническим и технологическим требованиям:

- точность: оборудование должно обеспечивать точность обработки, чтобы соответствовать требованиям к качеству продукции;
- автоматизация: оборудование должно быть полностью автоматизировано для выполнения технологических задач без постоянного присутствия оператора;
- программируемость: оборудование должно поддерживать программирование для выполнения различных задач обработки;
- безопасность: оборудование должно быть безопасным в использовании и обеспечивать безопасность;
- эффективность: оборудование должно быть энергоэффективным и способным работать в течение длительного времени без перегрева и износа;
- техническое обслуживание: Оборудование должно быть простым в обслуживании, с возможностью замены изношенных или поврежденных компонентов;
- совместимость: оборудование должно быть совместимо с другими схемами и технологиями, используемыми в производстве.

Возможность изготовления детали является достижимой в виду ее технологичности. Таким образом реализация проектирования технологического процесса является реальной.

1.2 Постановка задач

Необходимо спроектировать технологический процесс изготовления обоймы механизма передачи движения, который включает широкое использование автоматизированных систем, высокопроизводительных

средств оснащения и инструмент. Необходимо применить программное управление процессом обработки, особенно для переходов по точению. На высокоточные операции необходимо предусмотреть системы контроля.

Предложить технологию, которая должна включать в себя процессы штамповки, обработки на станках с ЧПУ, термическую обработку. Все процессы обработки обоймы механизма передачи движения сопроводить контролем качества. Технологические переходы осуществить с применением современного оборудования с ЧПУ. Лимитирующую токарную операцию выполнить с применением передовых технологических решений в конструировании оснащения. Конструкторскую разработку направить на усовершенствование станочного приспособления и инструментального оснащения для лимитирующей операции с целью повышения эффективности обработки материала и улучшения качества обработки поверхности. Доказать, что уменьшение времени и затрат на обработку на токарных переходах, а также увеличение срока службы инструмента приводит к экономическому эффекту. Для этого требуется спроектировать соответствующие приспособление и инструментальное оснащение. Предложить меры безопасности, которые в обязательном порядке должны включать в себя проведение обязательного технического обслуживания инструментов. Усовершенствовать средства технологического оснащения для улучшения процесса обработки, снижения затрат на производство и повышения безопасности труда. Разработать высокопроизводительную технологию, которая должна обеспечить заданное качество детали, что позволит в итоге снизить издержки производства.

В разделе созданы все предпосылки для разработки технологии изготовления детали, которая соответствует среднесерийным условиям производства. Поставлены задачи для работы, решение которых в последующих разделах приведет к созданию условий производства обоймы механизма передачи движения, соответствующим требованиям задания на проектирование.

2 Технология изготовления технического объекта

2.1 Получение заготовки, порядок и средства ее обработки

В таблице 2 представлены исходные данные для выбора типа производства и проектирования заготовки.

Таблица 2 – Проектирование заготовки (исходные данные)

Масса детали, кг	Тип производства	Выпуск, шт.	Сравниваемые методы
5,59	среднесерийный	5000	прокат и штамповка

Рассмотрим два «метода получения заготовки – прокат и штамповка.

При штамповке [8] «массу заготовки $M_{Ш}$ определим по формуле

$$M_{Ш} = M_{Д} \cdot K_{Р}, \quad (1)$$

где $M_{Д}$ – масса детали, кг;

$K_{Р}$ равен 1,6.

$$M_{Ш} = 5,59 \cdot 1,6 = 8,94 \text{ кг.}$$

Для определения массы заготовки, полученной с помощью проката, используем формулу:

$$M_{ПР} = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³» [14].

«Размеры заготовки при прокате будем определять по формулам:

$$d_{ПР} = d_{Д}^{max}, \quad (3)$$

где $d_{Д}^{max}$ – максимальный диаметр заготовки» [14] равный 189,5 мм.

«Тогда

$$d_{\text{ПР}} = 189,5 \cdot 1,05 = 199 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равным 199 мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}}, \quad (4)$$

где $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ – максимальный линейный размер заготовки» [14] равный 92 мм.

«Тогда

$$l_{\text{ПР}} = 92 \cdot 1,05 = 96,6 \text{ мм}$$

Принимаем $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равным 96.6 мм.

Тогда:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}}. \quad (5)$$

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 199^2 \cdot 96,6 = 3033240 \text{ мм}^3$$

Масса заготовки из проката будет

$$M_{\text{ПР}} = 3033240 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 23,81 \text{ кг} \gg [17].$$

«Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_{\text{Д}} = C_3 + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (6)$$

где стоимость C_3 – заготовки;

$C_{\text{МО}}$ – механической обработки;

$C_{\text{ОТХ}}$ – стружки.

При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (7)$$

где C_B – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{Ш}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

K_T – точность;

$K_{СЛ}$ – сложность;

K_B – массу;

K_M – материал;

$K_{П}$ – серийность» [14].

«Примем C_B равным 11,20 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 1,0, K_B равным 0,89, K_M равным 1,18 и $K_{П}$ равным 1,0» [11].

«Тогда

$$C_3 = 11,20 \cdot 8,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 105,15 \text{ руб.}$$

Определим стоимость по формуле:

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} \quad (8)$$

где $C_{УД}$ – цена 1 кг материала, руб./кг.

Удельные затраты:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (9) \text{» [14]}$$

«Принимаем E_H равным 0,16, C_C равным 14,8 руб./кг и C_K равным 32,5 руб./кг.

$$C_{МО} = (8,94 - 5,59) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 67 \text{ руб.}$$

Так как $C_{ОТХ}$ является возвратной величиной, то определяется по формуле

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} \quad (10) \text{» [14]}$$

« $C_{ОТХ}$ равна 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{ОТХ} = (8,94 - 5,59) \cdot 0,35 = 1,17 \text{ руб.}$$

Получим:

$$C_{Д} = 105,5 + 67 - 1,17 = 170,98 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость заготовки из проката будет:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (11)$$

где $C_{МПР}$ – стоимость 1 кг материала примем равным 13,5 руб./кг;

$C_{ОЗ}$ – отрезка, руб.

$$C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (12)$$

где $C_{ПЗ}$ – рабочие затраты 30,2 руб./ч.

$T_{ШТ}$ определяется по формуле:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (13)$$

где T_0 – машинное время, мин;

ϕ_K – коэффициент, учитывающий оснастку.

Примем ϕ_K равным 1,5, а T_0 будем определять по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (14) \gg [14]$$

«Тогда окончательно получим:

$$T_0 = 0,19 \cdot 199^2 \cdot 10^{-3} = 7,60 \text{ мин.};$$

$$T_{ШТ} = 7,60 \cdot 1,5 = 11,40 \text{ мин.};$$

$$C_{ОЗ} = \frac{30,2 \cdot 11,40}{60} = 5,74 \text{ руб.};$$

$$C_{ПР} = 13,5 \cdot 23,81 + 5,74 = 327,17 \text{ руб.};$$

$$C_{MO} = (23,81 - 5,59) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5 = 364,40 \text{ руб.};$$

$$C_{ОТХ} = (23,81 - 5,59) \cdot 0,35 = 6,38 \text{ руб.}$$

$$\text{Тогда } C_D = C_3 + C_{MO} - C_{ОТХ} = 685,19 \text{ руб.} \text{ [9].}$$

«Сравним варианты исходных заготовок. Для этого определим

$$K_{ИМ} = \frac{M_D}{M_3} \quad (15) \text{ [14]}$$

«При штамповке:

$$K_{ИМ} = \frac{5,59}{8,94} = 0,62.$$

При прокате:

$$K_{ИМ} = \frac{5,59}{23,81} = 0,23 \text{ [3].}$$

«Исходя из полученного результата, делаем вывод: штамповка выгоднее проката.

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д_{ПР}} - C_{Д_{Ш}}) \cdot N_G \quad (16)$$

где $C_{Д_{ПР}}$ – стоимость детали, если заготовка получена прокатом;

$C_{Д_{Ш}}$ – стоимость детали, если заготовка получена штамповкой»

[14].

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_Г = (685,19 - 170,98) \cdot 5000 = 2076050 \text{ руб.}$$

На следующем этапе проектирования «для выбранного типа производства необходимо определить припуски на точные поверхности. Выбираем поверхность диаметром 110f7 мм. Воспользуемся расчетно-аналитическим методом определения припусков» [21] Расчетные данные с количественными показателями значений припусков на сторону показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Припуски

«Переходы»	Элементы, мкм			2Z min	Td/IT	Размеры, мм		Припуск, мм» [1]	
	Rz ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹			d ⁱ min	d ⁱ max	2Z min	2Z max
	«первый»	0,160	-			1,025	-	2,8 Т3	113,677
«второй»	0,050	0,440	0,062	-	0,540 13	110,726	111,266	5,211	5,211» [1]
«третий»	0,025	0,100	0,041	2,24	0,140 h10	110,291	110,431	0,835	0,835» [1]
«четвертый»	0,010	0,050	0,021	0,37	0,054 h8	110,062	110,116	0,315	0,315» [1]
«пятый»	0,005	0,030	0,010	0,12	0,035 f7	109,929	109,964	0,152	0,152» [1]

На рисунке 3 показан эскиз спроектированной заготовки с применением данных таблицы 3.

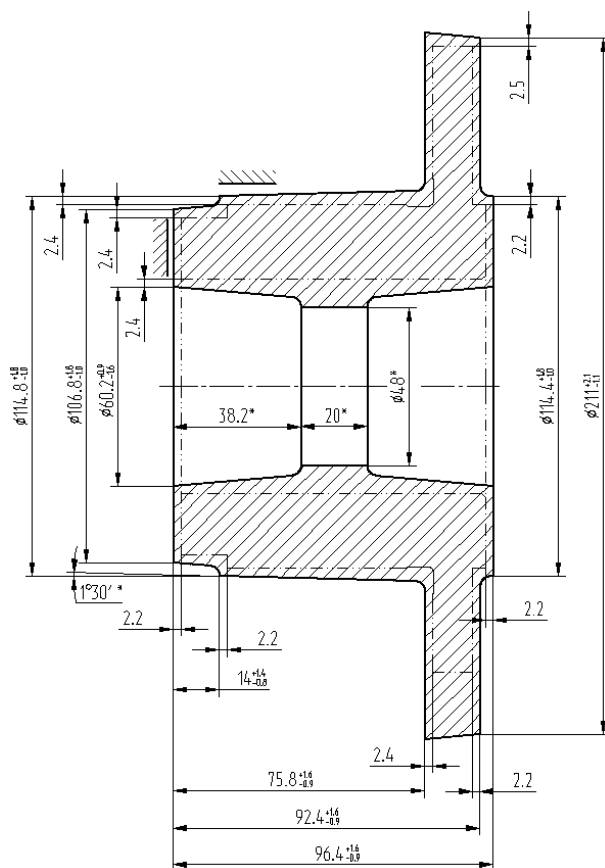


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

Далее покажем в какой последовательности обрабатываются поверхности детали.

Плоская поверхность 1 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Точить начерно с тринадцатым квалитетом точности IT , точить начисто с десятым квалитетом точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 102/65 миллиметров, линейные – 18,5 миллиметров. Обработка проводится на 010 токарно-черновой и 020 токарно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Цилиндрическая поверхность 2 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 1,25 микрометра с седьмым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. «Точить начерно с тринадцатым квалитетом точности IT , точить начисто с десятым квалитетом точности IT , провести термическую обработку, шлифовать начерно» [14] с восьмым квалитетом точности IT и шлифовать начисто с седьмым квалитетом точности IT . Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 102f7 миллиметров, линейные – 14 миллиметров. Обработка проводится на 010 токарно-черновой с технологическим припуском 1,1 миллиметра; 020 токарно-чистовой с технологическим припуском 0,35 миллиметров; 030 кругло-шлифовальной с технологическим припуском 0,10 миллиметра и 070 кругло-шлифовальной с технологическим припуском 0,05 миллиметра «технологических операциях».

Плоская поверхность 3 для достижения требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a

равной 6,3 микрометра с десятым квалитетом» [14] точности *IT* получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Точить начерно с тринадцатым квалитетом точности *IT*, точить начисто с десятым квалитетом точности *IT* и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 110/102 миллиметров, линейные – 4 миллиметра. Обработка проводится на 005 токарно-черновой и 015 токарно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Цилиндрическая поверхность 4 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 1,25 микрометра с седьмым квалитетом» [14] точности *IT* получается в ходе выполнения ряда технологических операций. «Точить начерно с тринадцатым квалитетом точности *IT*, точить начисто с десятым квалитетом точности *IT*, провести термическую обработку, шлифовать начерно» [14] с восьмым квалитетом точности *IT* и шлифовать начисто с седьмым квалитетом точности *IT*. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 112f7 миллиметров, линейные – 14 миллиметров. Обработка проводится на 010 токарно-черновой с технологическим припуском 1,1 миллиметра; 020 токарно-чистовой с технологическим припуском 0,35 миллиметров; 030 кругло-шлифовальной с технологическим припуском 0,10 миллиметра и 070 кругло-шлифовальной с технологическим припуском 0,05 миллиметра «технологических операциях».

Цилиндрическая поверхность 5 для достижения требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым квалитетом» [14] точности *IT* получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Точить начисто с десятым квалитетом точности *IT* и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 8/0,5 миллиметров, линейные – 8

миллиметров. Обработка проводится на 005 токарно-черновой и 015 токарно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Плоская поверхность 6 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 1,25 микрометра» [14] с восьмым качеством точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. «Точить начерно с тринадцатым качеством точности IT , точить начисто с десятым качеством точности IT , провести термическую обработку, шлифовать начерно» [14] с девятым качеством точности IT и шлифовать начисто с восьмым качеством точности IT . Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 206/110 миллиметров, линейные – 48 миллиметров. Обработка проводится на 005 токарно-черновой с технологическим припуском 1,4 миллиметра; 015 токарно-чистовой с технологическим припуском 1,1 миллиметра; 030 кругло-шлифовальной с технологическим припуском 0,10 миллиметра и 070 кругло-шлифовальной с технологическим припуском 0,05 миллиметра технологических операциях.

Плоская поверхность 7 для достижения требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 0,63 микрометра с восьмым качеством точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Фрезеровать начерно с тринадцатым качеством точности IT , фрезеровать начисто с десятым качеством точности IT , провести термическую обработку, шлифовать начисто с восьмым качеством точности IT и цековать с восьмым качеством точности IT . Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 173/103 миллиметров, линейные – 12 миллиметров. Обработка проводится на 010 токарно-черновой с технологическим припуском 1,4 миллиметра; 020 токарно-чистовой с технологическим припуском 1,1 миллиметра; 030 кругло-

шлифовальной с технологическим припуском 0,10 миллиметра и 070 круглошлифовальной с технологическим припуском 0,05 миллиметра «технологических операциях».

Плоская поверхность 8 для достижения требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым качеством» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Точить начерно с тринадцатым качеством точности IT , точить начисто с десятым качеством точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 206/110 миллиметров, линейные – 48 миллиметров. Обработка проводится на 010 токарно-черновой и 020 токарно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Цилиндрическая поверхность 9 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым качеством» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Точить начерно с тринадцатым качеством точности IT , точить начисто с десятым качеством точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 110 миллиметров, линейные – 4 миллиметра. Обработка проводится на 010 токарно-черновой и 020 токарно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Плоская поверхность 10 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым качеством» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Точить начерно с тринадцатым качеством точности IT , точить начисто с десятым качеством точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры

результатирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 110/65 миллиметров, линейные – 22,5 миллиметров. Обработка проводится на 010 токарно-черновой и 020 токарно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Конусная поверхность 11 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. расточить начисто с десятым квалитетом точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 1 миллиметр под 45 градусов, линейные – 1 миллиметр. Обработка проводится на 005 токарно-черновой и 015 токарно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Цилиндрическая поверхность 12 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 2,5 микрометра с седьмым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Сверлить начерно с четырнадцатым квалитетом точности IT , расточить начерно с «тринадцатым квалитетом точности IT , расточить начисто с десятым квалитетом точности IT , шлифовать начерно с восьмым квалитетом точности IT , провести термическую обработку и шлифовать начисто с седьмым квалитетом» [14] точности IT . Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 65Н7 миллиметров, линейные – 92 миллиметра. Обработка проводится на 005 токарно-черновой с технологическим припуском 1,4 миллиметра; 015 токарно-чистовой с технологическим припуском 1,1 миллиметра; 025 внутришлифовальной с технологическим припуском 0,35 миллиметра и 065

внутришлифовальной с технологическим припуском 0,10 миллиметра «технологических операциях.

Цилиндрическая поверхность 13 для достижения требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с седьмым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Сверлить начерно с тринадцатым квалитетом точности IT , нарезать резьбу с седьмым квалитетом точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – М12, линейные – 38 миллиметров. Обработка проводится на 035 фрезерной с технологическим припуском 0,35 миллиметра.

Конусная поверхность 14 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. сверлить с тринадцатым квалитетом точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 1 миллиметр под 45 градусов, линейные – 1 миллиметр. Обработка проводится на 035 фрезерно-черновой и 040 фрезерно-чистой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Цилиндрическая поверхность 15 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 1,25 микрометра с седьмым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Сверлить начерно с «тринадцатым квалитетом точности IT , зенкеровать с десятым квалитетом точности IT , развернуть с восьмым квалитетом точности IT , провести термическую обработку и шлифовать начисто с седьмым квалитетом» [14] точности IT . Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 10Н7

миллиметров, линейные – 12 миллиметров. Обработка проводится на 075 координатно-шлифовальной технологической операции с технологическим припуском 0,05 миллиметра.

Цилиндрическая поверхность 16 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 1,25 микрометра с седьмым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. Сверлить начерно с «тринадцатым квалитетом точности IT , зенкеровать с десятым квалитетом точности IT , развернуть с восьмым квалитетом точности IT , провести термическую обработку и шлифовать начисто с седьмым квалитетом» [14] точности IT . Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 15Н7 миллиметров, линейные – 12 миллиметров. Обработка проводится на 075 координатно-шлифовальной технологической операции с технологическим припуском 0,05 миллиметра.

Плоская поверхность 17 для достижения «требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым квалитетом» [14] точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. фрезеровать с тринадцатым квалитетом точности IT и провести термическую обработку. Геометрические параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 10 миллиметров, линейные – 20 миллиметров. Обработка проводится на 035 фрезерно-черновой и 040 фрезерно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Плоская поверхность 18 для достижения требуемого качества технических показателей при механической обработке с шероховатостью R_a равной 6,3 микрометра с десятым квалитетом точности IT получается в ходе выполнения ряда технологических операций. фрезеровать с тринадцатым квалитетом точности IT и провести термическую обработку. Геометрические

параметры результирующей поверхности должны соответствовать следующим показателям: радиальные – 8 миллиметров, линейные – 20 миллиметров. Обработка проводится на 035 фрезерно-черновой и 040 фрезерно-чистовой технологических операциях с технологическим припуском 1,1 миллиметра.

Далее самые точные поверхности полируются на 080 полировальной технологической операции.

Для реализации предлагаемой последовательности обработки поверхностей детали и получения готового изделия необходим определенный состав средств технологического оснащения, который приведен в таблице 4.

Таблица 4 – СТО

«Операция	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент» [3]
005, 010, 015, 020	«патрон токарный ГОСТ 2675-80	проходной резец. пластина ромбическая Т15К6 ОСТ 2И.101-83. расточной резец.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ14827-69.
025, 030	патрон цанговый ГОСТ 17200-71	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	калибр-пробка ГОСТ 14807-69. мерительное приспособление с индикатором.
035	специальное приспособление ГОСТ 12195-66. поворотный стол	концевая фреза ГОСТ 17026-71. центровочное сверло ГОСТ 14952-75. спиральное сверло ГОСТ 10903-77. зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71. машинная развертка ГОСТ 1672-80.	шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ14827-69.
040		ступенчатое специальное сверло ОСТ 2И21-2-76. машинный метчик ГОСТ 3266-81. шпоночная фреза ГОСТ 9140-78» [4]..	

Продолжение таблицы 4

«Операция	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент» [3]
065	«патрон мембранный ОСТ 3-3443-76.	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	калибр-пробка ГОСТ 14807-69. мерительное приспособление с индикатором» [4].
070	«патрон цанговый ГОСТ 17200-71.	-	шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Приспособление мерительное с индикатором.
075	специальное приспособление ГОСТ 12195-66.	-	калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79. приспособление мерительное с индикатором.
080	патрон ГОСТ 2675-80.	лента полировальная	микроинтерферометр МИИ-6» [4]

Более подробная информация находится в технологической документации, которая показана в приложении А в таблице А.1.

Конструкторско-технологическая документация – это документация с графической и текстовой информацией, определяющей состав изделия.

Конструкторская документация:

Проектная документация:

- техническое предложение;
- технический проект;
- чертёж общего вида;
- эскизный проект.

Рабочая документация:

- графическая;
- рабочие чертежи (деталей, сборочные):
- текстовая (спецификация, пояснительная записка).

- Технологическая документация:
- маршрутно-комплектовочная карта;
- карта технологического процесса;
- ведомость деталей;
- операционная карта;
- инструкция;
- карта эскизов.

2.2 Расчет режимов резания и норм времени

«Расчет проведем для 010 токарной операции, где применяется оборудование – станок модели SAMAT-135NC токарно-винторезный. Инструмент выбираем из таблицы 4 – проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83, пластина T15K6, покрытие (Ti, Si)» [14]. Данные по режимам резания и нормам времени приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Режимы резания

«Операц ия	Переход	t, мм	S, мм/об.	V_T , м/мин	n_T , об./мин	$n_{пр}$ об./ми н	$V_{пр}$ м/мин » [1]
«005	точение $\varnothing 111$	2,0	0,5	146	420	420	146
	точение $\varnothing 208$	2,0	0,5	146	220	220	146
	расточка $\varnothing 63,6$	2,0	0,5	132	660	660	132
010	точение $\varnothing 103,4$	2,0	0,5	146	450	450	146
	точение $\varnothing 111,4$	2,0	0,5	146	420	420	146
	подрезка торца до $\varnothing 208$	2,0	0,5	146	220	220	146
015	точение $\varnothing 110$	0,5	0,25	344	1000	1000	344
	подрезка торца до $\varnothing 208$	0,5	0,25	344	530	530	344
	расточка $\varnothing 64,56$	0,5	0,25	310	1530	1530	310
020	точение $\varnothing 102,44$	0,5	0,25	344	1070	1070	344
	точение $\varnothing 110,44$	0,5	0,25	344	1000	1000	344
	подрезка торца до $\varnothing 208$	0,5	0,25	344	530	530	344
025	шлифовка $\varnothing 64,86$	0,15	4400 0,008	25	120	120	25
030	шлифовка $\varnothing 110,14$	0,15	1,25/0,35	25	70	70	25» [2]

Продолжение таблицы 5

«Операц ия	Переход	t, мм	S, мм/об.	V _г , м/мин	n _г , об./мин	n _{пр} об./ми н	V _{пр} м/мин » [1]
«035	фрезеровка Ø26	8	0,9	35	430	430	35
	фрезеровка Ø26	0,5	0,3	55	670	670	55
	центровка Ø4	2	0,08	24	1900	1900	24
	сверление Ø9	4,5	0,2	28	1000	1000	28
	сверление Ø14	7	0,3	32	730	730	32
	зенкеровка Ø9,7	0,35	0,4	16	520	520	16
	зенкеровка Ø14,7	0,35	0,5	18	390	390	18
	развертка Ø9,9	0,1	0,6	11	400	400	11
	развертка Ø14,9	0,1	0,6	12	260	260	12
040	фрезеровка паза Ø10	8	0,08	25	800	800	25
	сверление Ø11	5,5	0,25	30	870	870	30
	нарезка резьбы M12	1	1	8	210	210	8
065	шлифовка Ø65	0,07	5400	35	170	170	35
			0,005				
070	шлифовка Ø 110	0,07	1,0/0,25	35	100	100	35» [2]

Таблица 6 – Нормы времени (в минутах)

«Операция	T ₀	T _B	T _{ОП}	T _{ОБ,ОТ}	T _{П-З}	T _{ШТ}	n, об./мин	T _{ШТ-К}
005	0,774	0,763	1,537	0,092	17	1,629	472» [8]	1,665
010	0,913	0,647	1,150	0,094	17	1,244		1,280
015	0,747	0,703	1,450	0,087	21	1,537		1,581
020	0,940	0,647	1,587	0,095	21	1,682		1,726
025	0,857	0,644	1,501	0,143	21	1,644		1,688
030	2,289	0,921	3,210	0,193	29	3,403		3,464
035	0,391	0,824	1,215	0,116	24	1,331		1,382
040	5,818	1,164	6,982	0,419	40	7,401		7,485
065	0,519	0,644	1,163	0,107	21	1,270		1,314
070	0,319	0,826	1,145	0,105	24	1,250		1,301
075	4,618	0,911	5,529	0,486	21	6,015		6,059
080	0,642	0,648	1,290	0,077	21	1,367		1,411

В разделе приведена технология изготовления детали. Экономически обоснован выбор метода получения заготовки. Приведена последовательность обработки всех поверхностей, составляющих деталь. Определен состав технологической обрабатывающей системы, которая включает в себе обрабатывающее оборудование, используемое станочное, инструментальное и мерительное оснащение. Расширенная информация по разделу показана в Приложении А «Технологическая документация» в таблице А.1.

3 Средства технического и технологического оснащения

3.1 Станочное приспособление

Для «010 операции проведем расчет при выбранных параметрах обработки цангового патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке» [13]. «Ранее при проектировании 010 операции получено значение главной составляющей силы резания 1250 Н.

Необходимо рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 4. Сила зажима препятствует силе резания, обеспечивая равенство моментов этих сил» [15].

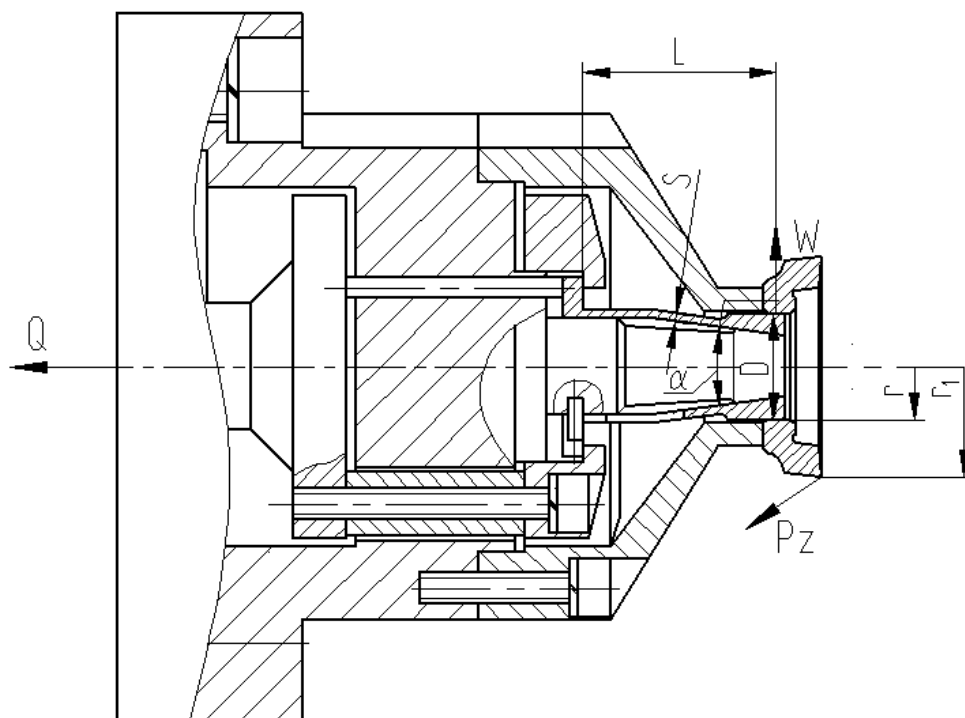


Рисунок 4 – Патрон

Проведем «расчет силы зажима заготовки.

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot r_2}{f \cdot r_1}, \quad (22)$$

где K – запас;

P_z – составляющая силы резания;

r_1 – радиус поверхности контакта равен 19,5 мм;

r_2 – радиус обрабатываемой поверхности равен 42 мм;

f – параметр подвижности для кулачков с кольцевыми канавками, который равен 0,16» [17].

«Коэффициент запаса K определим согласно [13] равным 2,16. Тогда сила зажима:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 92 \cdot 42}{0,16 \cdot 19,5} = 3096 \text{ Н.}$$

Далее определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод для реализации такой силы зажима заготовки:

$$Q = K \cdot (W_z + W_1) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \phi\right), \quad (23)$$

где $K = 1,05$ » [9]; α – «угол конуса цанги;

ϕ – угол трения между цангой и втулкой;

W_1 – сила зажима лепестков цанги» [13].

Для «расчета силы зажима трех лепестков цанги используем выражение:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{\Delta \cdot s \cdot D^3}{L^3}, \quad (24)$$

где Δ – зазор между цангой и заготовкой;

s – толщина лепестка цанги;

D – диаметр лепестка цанги;

L – длина лепестка цанги» [4].

Соответственно получим:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 19,5^3}{36^3} = 191 \text{ Н.}$$

«Тогда получим:

$$Q = 1,05 \cdot (3096 + 191) \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{15^\circ}{2} + 5^\circ 50' \right) = 818 \text{ Н.}$$

Для обеспечения усилия в 818 Н можно использовать как пневматический привод, так и гидравлический привод. Выбор вида привода согласно условиям обработки отдадим в пользу пневматического привода двустороннего действия с рабочим давлением 0,4 МПа» [10].

Определим «диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (25)$$

где p – необходимое давление;

η – КПД привода равное 0,9» [15].

Тогда «получим:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{818}{0,4 \cdot 0,9}} = 55,7 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее стандартное к расчетному значение для диаметра штока 80 мм» [11].

«Ход штока поршня определим по формуле:

$$h_{ш} = S_{Ц} \cdot i_n, \quad (26)$$

где $S_{Ц}$ – ход лепестков цанги;

i_n – передаточное число по перемещению.

$$S_{Ц} = T + \Delta_{ГАР} + \Delta S_p, \quad (27)$$

где T – допуск на размер $\varnothing 19,5$ равен 0,084 мм;

$\Delta_{ГАР}$ – гарантированный зазор равен 0,1 мм;

ΔS_p – запас хода цанги равен 0,08 мм» [12].

Тогда «получим:

$$S_{Ц} = 0,084 + 0,1 + 0,08 = 0,26 \text{ мм};$$

$$i_n = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \operatorname{ctg} 7,5^\circ = 7,6;$$

$$h_{ин} = 0,26 \cdot 7,6 = 1,976 \text{ мм}.$$

Принимаем ход лепестков цанги 2 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [11].

3.2 Инструментальное оснащение

Режущие инструменты могут быть классифицированы по-разному. Однако наиболее распространенный метод основан на количестве ведущих режущих кромок, одновременно участвующих в процессе резки. Режущие инструменты можно разделить на три группы: одноточечный режущий инструмент; двухточечный режущий инструмент; многоточечный режущий инструмент.

Одноточечный режущий инструмент состоит только из одной основной режущей кромки, которая может выполнять операции по удалению материала одновременно. Одноточечные режущие инструменты используются при токарной обработке, придании формы, планировании и аналогичных операциях.

Изготовлен из твердых материалов, таких как высокоуглеродистая сталь, быстрорежущая сталь, керамика и алмаз.

При использовании одноточечных режущих инструментов вся работа выполняется одной режущей кромкой, и материал может не удаляться быстро, что увеличивает вероятность поломки кромки.

Если одна из режущих кромок сломается во время использования, весь инструмент необходимо остановить и заменить перед повторным использованием.

Одноточечный инструмент, такой как развертка с одним лезвием, имеет только одну режущую кромку для удаления материала. Однолопастные развертки работают только с одной кромкой и часто отнимают много времени.

Главное преимущество одноточечных режущих инструментов заключается в том, что они очень просты и быстры в проектировании и изготовлении, а также такие инструменты относительно недороги.

Одиночная режущая кромка также имеет недостатки. Он находится в постоянном контакте с обрабатываемой деталью во время механической обработки.

Результатом является повышенный износ инструмента и сокращение срока службы инструмента. Благодаря непрерывному контакту скорость повышения температуры инструмента высока. С одной стороны, это ускоряет износ инструмента, а с другой стороны, приводит к термическому повреждению обработанной поверхности.

Если температура становится слишком высокой, наконечник инструмента может подвергнуться пластической деформации, что приведет к снижению точности обработки. Скорость удаления материала (MRR) намного ниже, поскольку только для одной режущей кромки требуется полная глубина резания (нагрузка на стружку) за один проход. Таким образом, производительность низкая.

Двухточечный режущий инструмент состоит из двух режущих кромок, которые могут резать или срезать в одно и то же время за одну операцию. В отличие от этого, одноточечный режущий инструмент содержит только одну основную режущую кромку.

Многозубый режущий инструмент содержит более двух режущих кромок для выполнения операций обработки за один проход. Кроме того, режущая кромка получается за счет пересечения торца рейки и фланца. Таким

образом, двухточечные режущие инструменты содержат две режущие поверхности и две боковые части.

Многоточечный режущий инструмент содержит более двух основных режущих кромок, которые работают одновременно за один проход. Количество режущих кромок, присутствующих в многоточечном резце, может варьироваться от трех до нескольких сотен.

В отличие от одноточечного инструмента, многоточечный режущий инструмент позволяет одновременно использовать более одной режущей кромки. В конечном счете, многоточечный инструмент позволяет удалять материал несколькими кромками инструмента одновременно.

Это позволяет многорежущим инструментам или инструментам «с несколькими лезвиями» работать быстрее, чем однорежущим инструментам.

Поскольку количество тепла, выделяющегося на режущих кромках, распределяется по каждому режущему лезвию, инструмент часто может работать дольше и быть более износостойким.

Многоточечные режущие инструменты обладают многими преимуществами, такими как более высокая скорость и подача, высокий MRR и производительность, а также меньший износ инструмента, низкая температура резания и более длительный срок службы инструмента.

У него также есть недостатки, такие как прерывистые порезы, режущие кромки и колебательные нагрузки. Это создает шумы, вибрации и приводит к необратимому выходу из строя.

«Примем основные параметры для резца и пластины, которые указаны в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Параметры резца

Материал	HRC	φ , °	h, мм	b, мм	h_1 , мм	L, мм
40X	40...45	93	25	25	25	115

В таблице 7 указаны: твердость (HRC), главный угол в плане (φ), рабочая высота (h), ширина державки (b), высота державки (h_1), длина (L)» [11].

Таблица 8 – Параметры пластины

Твердый сплав	Передний угол γ , °	Задний угол α , °
T15K6	10	5

«Расчет показал, что величина вылета резца составляет 31 мм, Учитывая, полученное значение составляющей силы резания 1250 Н, величина изгибающего момента будет составлять 2852 Н, величина момента сопротивления изгибу 2604 мм³, величина напряжения изгиба в державке составляет 1,1 МПа и величина допустимого напряжения на изгиб 1,1 МПа» [16].

В разделе проведено проектирование станочного и инструментального оснащения технологической обрабатывающей системы, которая реализует спроектированный технологический процесс изготовления детали. Станочное оснащение представлено в разделе в виде цангового патрона, а инструментальное оснащение в виде проходного резца.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В разделе «проведем анализ технического объекта на предмет обеспечения его безопасности и экологичности. В разделе будем рассматривать для проведения мероприятий наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции:

- токарная;
- фрезерная;
- шлифовальная;
- сверлильная» [7].

Технологическая операция представляет собой выполнение определенной части технологического процесса на одном рабочем месте. Она может быть непрерывной и включать обработку или сборку одного или нескольких изделий одновременно, а также вовлекать одного или нескольких рабочих.

Условием непрерывности операции называется выполняемая операция, которая не может быть прекращена без перехода на обработку другого изделия. На основе операций:

- в зависимости от объёма и сложности изготовления изделий устанавливаются нормы рабочего времени и тарифы.;
- задаётся необходимое количество оборудования, инструментов и рабочих;
- устанавливается стоимость обработки в процентах;
- осуществляется календарная планировка производства;
- проводится контроль за качеством и сроками выполнения работы.

Проведение работы по выявлению недостатков применяемого предприятием технологического процесса. Для сокращения потерь от бракованных деталей, связанных с нарушением технологической последовательности, необходимо внести изменения в должностные

инструкции технологического мастера для обеспечения обязательной проверки первой детали подчиненными рабочими при их изготовлении.

При выполнении операции по производству одинаковых деталей, рабочий выполняет следующие задачи:

- подбирает необходимый инструмент.
- устанавливает станок на первую деталь.
- изготавливает изделие.
- предъявляет на контроль производственному мастеру.

После приемки и примерки детали производственным мастером на точность выполнения работы, соответствием технологической документации и чертежу, рабочий приступает к изготовлению остальных деталей. Такой подход позволяет предотвратить брак всех остальных деталей и сократить ущерб от его возникновения.

«Рассмотрим технологический процесс изготовления обоймы механизма передачи движения. При производстве детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Технический объект реализуется с помощью использования технологического оборудования» [7], представленного в таблице 3.

В процессе механической обработки «используются в качестве материала для заготовки сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие вспомогательные материалы. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе предусмотрены профессиональные рабочие места. Для выбранных технологических операций – это оператор станков с ЧПУ. Технологический процесс реализуется организационно и технически на производственном участке, который оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали применяется двусменный режим работы» [7].

«Идентификация опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке проводится по локальному нормативному документу, устанавливающему порядок идентификации экологических аспектов, промышленных опасностей и потенциальных рисков. Использование метода предполагает построение показателей с помощью математических моделей и репрезентативных статистических данных» [7].

«Идентификация и оценка рисков осуществляется путем сбора сведений о процессе деятельности. В процессе идентификации и оценки рисков учитывают: проблемы (источники как внешние, так и внутренние), связанные с качеством процессов деятельности/продукции; обычную и нерегулярную деятельность; оптимальный технологический режим, режимы останова и пуска, инциденты, аварии; инфраструктуру, сырье, материалы; деятельность соседних подразделений/предприятий, подрядчиков и потребителей; условия труда (шум, вибрация, вредные вещества в рабочей зоне); воздействие на окружающую среду (стоки, выбросы, отходы); происшествия (инциденты, несчастные случаи, аварии), как уже имевшие место на предприятии, так и реально прогнозируемые» [7].

«В качестве потенциальных рисков можно выделить: неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов; падение предметов, падение на скользкой поверхности, неадекватное поведение лиц, пожар, авария, заболевание персонала» [7].

«К причинам возможной реализации перечисленных рисков можно отнести: неисправность оборудования; чрезвычайная ситуация природного и техногенного характера; сон на рабочем месте, ошибки проектирования; внос, употребление запрещенных веществ (легковоспламеняющиеся жидкости и другие материалы, запрещенные к свободному обороту); психическое заболевание; пандемия. Это может привести к травме или заболеванию вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов» [7].

«Выявленные потенциальные риски вносятся в реестр. С реестрами рисков знакомят всех рабочих, на которых он распространяется под роспись в листе (журнале) ознакомления. При необходимости реестры рисков вывешиваются на информационных досках, размещаются в электронной обменной папке. Реестр рисков хранится у разработчика не менее трех лет. Для снижения рисков необходимо обеспечить: точное соблюдение норм технологического регламента и выполнение требований инструкций по рабочим местам и по охране труда; исправность оборудования, арматуры, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов, систем аварийной сигнализации и защитных блокировок; немедленное устранение любой утечки горючих и агрессивных газов и жидкостей» [7].

«Для снижения рисков необходимо соблюдать нормы технологического регламента и выполнять требования инструкций по рабочим местам; регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности. Назначить локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [7]. «Запрещается пользоваться неисправным ручным инструментом: молотками, зубилами и тому подобное, не отвечающим требованиям техники безопасности, гаечными ключами несоответствующих размеров, с разбитыми или разогнутыми губками, со сбитой рабочей гранью. При обслуживании машин и механизмов с электрическим приводом необходимо соблюдать меры электробезопасности. Все токоведущие части должны быть закрыты, и исключен доступ к частям, находящимся под напряжением. Все движущиеся части машин и приводов должны иметь надежное и исправное ограждение. Не допускается эксплуатация машин без защитных ограждений» [7].

Также «необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой отопления; системой водоснабжения; системой канализации; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации» [7].

«Возникновение пожара на объекте можно отнести к наиболее вероятным источникам возникновения аварийных ситуаций техногенного характера. Пожар возможен на производственном участке. Распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения, и на кровлю здания. Линейная скорость распространения огня может составлять 0,6 – 1,0 м/мин. Спасание пострадавших осуществляется пожарными, а также работниками предприятия. Для оказания первой помощи пострадавшим используется оборудование автомобиля скорой помощи» [7].

«Самым рациональным способом для тушения возможного пожара будет способ тушения и охлаждения сплошными постоянными струями воды. Подачу воды производить от гидрантов через насосы пожарных автомобилей. Начинать тушить установки под напряжением можно только после получения сообщения об их отключении от сети электропитания. Организация тушения пожара регламентируется соответствующим приказом № 444 МЧС России от 16 октября 2017 года. Таким образом, опасный фактор возможного пожара на техническом объекте можно отнести к классу D и E соответственно горение металлов, металлосодержащих веществ и горение технического объекта пожара, который находится под напряжением электрического тока» [7].

«Помещения производственного участка оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей «AJAX FireProtect Plus». Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР-Р2. Все автоматические извещатели закреплены на перекрытиях, а ручные на стенах и конструкциях на высоте 1,5 метра от пола. Оборудованием, которое считывает показания извещателей является приемно-контрольный прибор «AJAX Hub Plus»» [7].

Для «снижения рисков необходимо: соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний. Также необходимо снабдить производственный участок следующими

инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации. Необходимо оснащение производственного участка первичными средствами пожаротушения такими как: пожарным гидрантом, огнетушителями, емкостями с песком, пожарными веревками, карабинами, респираторами, противогазами, баграми, лопатами и топорами. Также необходима пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения» [7].

К «наиболее вероятным источникам возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера можно отнести выделение токсических испарений, масляного тумана, металлической стружки. Для снижения рисков экологического характера на атмосферу необходимо создание и использование фильтрационных систем вентиляции производственного участка; на гидросферу необходимо создание и использование локальной многоступенчатой очистки сточных вод; на литосферу необходимо разделение, сортировка и утилизация на полигонах отходов» [7].

В разделе проведены мероприятия по увеличению безопасности технического объекта, а также предлагаются мероприятия по защите, охране труда и окружающей среды.

5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены разработке технологического процесса изготовления обоймы. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих разработок.

Для этого, сначала, на рисунке 5, представим результат этой разработки, а точнее изменившиеся условия технологического процесса.

Проектируемый вариант Операция 010 - Токарная чистовая
<ul style="list-style-type: none">• Инструмент - резцы токарные с повышенной стойкостью• Оснастка - патрон токарный, с более быстрым откликом на выполнение действий по закреплению детали

Рисунок 5 – Изменившиеся условия технологического процесса

Как видно из рисунка 5, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данной операции. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления обоймы на 16,5 %, основное время – на 17 % и вспомогательное – на 15,1 %. На снижение основного времени выполнения операции непосредственное влияние оказал применяемый инструмент с повышенной стойкостью. Что касается вспомогательного времени, то на его изменение повлиял применяемый токарный патрон с более быстрым откликом на выполнение действий.

На основе описанных изменений, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 6.

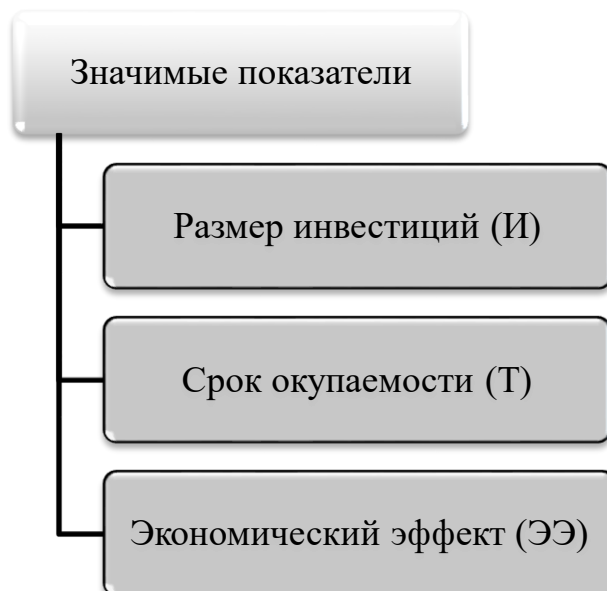


Рисунок 6 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 6, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенную разработку. Для его определения используют специальную методику [13], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 7.

Анализируя рисунок 7, можно сказать, что максимальную долю инвестиций занимают затраты на проектирование ($K_{ПР}$), которые учитывают весь спектр трудовых затрат при разработке технологического процесса. Их доля в общем размере инвестиций составит 72,8 %, что в денежном эквиваленте составляет 27555,44 руб. Следующей по весомости влияния на величину инвестиций, можно считать затраты на программное обеспечение ($K_{П.ОБ}$), которые составляют 18,45 % или 6976,47 руб. Это обосновывается тем,

что при замене инструмента и оснастки на более стойкое и быстрое, соответственно, возникает необходимость скорректировать рабочую программу. Все остальные статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми долями его увеличивают. Доля остальных затрат примерно одинаковая – 4,13 % и 4,55 %.



Рисунок 7 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Значения срока окупаемости в сокращенном и развернутом формате можно рассчитать по формуле (28).

$$T = \frac{И}{П_{чист}}, \text{ год} \quad (28)$$

где « $П_{чист}$ – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [13].

Размер чистой прибыли определялся по специальной методике [13] с применением программного обеспечения, которое упростило процесс получения значений.

$$T = \frac{37812,69}{30400} = 1,24 = 2 \text{ года}$$

Расчет величины экономического эффекта производится по формуле (29)

$$\text{ЭЭ} = \left(\sum_1^T \text{П}_{\text{ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - И \quad (29)$$

где « E – процентная ставка на капитал;

t – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета» [13]

$$\text{ЭЭ} = \left(30400 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) \right) - 37812,69 = 8631,76 \text{ руб.}$$

В разделе, согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен в размере 8631,76 руб. Положительная величина этого показателя позволяет считать целесообразными и обоснованными предложенные изменения технологического процесса.

Заключение

В работе разработана технология для производства обоймы механизма передачи движения массой 5,59 килограмма из стали 40Х в количестве 5000 деталей в год. Технология была выполнена с учетом всех необходимых стандартов качества и безопасности производства, а все предложенные изменения полностью обоснованы по экономической эффективности. Предлагаемая технология включает в себя процессы штамповки, обработки на станках с ЧПУ (токарная, фрезерная, шлифовальная), термической обработки. Все процессы обработки обоймы механизма передачи движения подвергаются контролю качества. Выбранные технологические переходы осуществляются с применением современного оборудования с ЧПУ. Лимитирующая токарная операция выполнена с применением передовых технологических решений в конструировании оснащения. Конструкторская разработка направлена на усовершенствование станочного приспособления и инструментального оснащения для лимитирующей операции с целью повышения эффективности обработки материала и улучшения качества обработки поверхности. В работе доказано, что уменьшение времени и затрат на обработку на токарных переходах, а также увеличение срока службы инструмента приводит к экономическому эффекту. Предложенные меры безопасности включают в себя проведение обязательного технического обслуживания инструментов. В результате усовершенствования средств технологического оснащения достигнуто улучшение процесса обработки, снижение затрат на производство и повышение безопасности труда. Разработанная технология является высокопроизводительной, обеспечивает заданное качество детали, что позволяет снизить издержки производства. Технология изготовления детали соответствует среднесерийным условиям производства. Она представляет собой оптимальное решение для производства обоймы механизма передачи движения и соответствует требованиям задания на проектирование.

Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 13.04.2024).
2. Аверченков В.И. Технология машиностроения: сборник задач и упражнений: учебное пособие / В.И. Аверченков и др.; под общей редакцией В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – М. : Инфра-М, 2016. 288 с.
3. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
4. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник / О.М. Балла. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. –392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 15.03.2024).
5. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
6. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
7. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно- методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
8. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
9. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
10. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.

11. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
12. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
13. 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: 25.05.2024).
14. Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.
15. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
16. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
17. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.
18. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
19. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
20. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Припуски и допуски отливок и поковок: справочник / Ю.А. Торопов. – СПб. : Издательство «Профессия», 2017. 598 с.

21. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
22. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X? (дата обращения: 14.03.2024).
23. Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.
24. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.

