

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 корпуса толкателя

Обучающийся

Л.О. Попов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

ст. преподаватель И.В. Резникова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Выпускная квалификационная работа рассматривает технологию изготовления корпуса толкателя в годовом объеме выпуска 5000 деталей в год. Исходя из служебного назначения детали, показана возможность ее изготовления, которая доказана с помощью анализа технологичности. Выбран материал для заготовки, учитывая его физико-механические свойства, химический состав и возможность механической обработки. Определен материал – сталь 40Х ГОСТ 4543-2016. Проведена систематизация всех поверхностей детали и назначена стратегия их обработки. Проведен сравнительный экономический анализ для выбора наиболее оптимального метода получения заготовки. Проведен расчет припусков для заготовки. Выбраны «средства технологического оснащения в виде необходимого и подходящего оборудования; доступных и несложных приспособлений; режущего инструмента и средств контроля» [11] для получения требуемого качества, обработанных в результате их применения, поверхностей. Спроектированы операции. Назначены скорость резания и подачи. Режимы резания определены на основе табличных данных, учитывая тип материала и характеристики инструмента. Проведено нормирование после определения режимов резания. Спроектировано приспособление, которое обеспечило надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Спроектировано контрольное приспособление. Доказана экономическая эффективность предлагаемых изменений технологического процесса относительно базового. Выполнен анализ технологии на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотрены мероприятия по защите труда для обеспечения заданных условий обработки. Предложены мероприятия для достижения безопасности и экологичности рассматриваемого технического объекта. Даны рекомендации для внедрения разработанного нового технологического процесса на реальном производстве.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач проектирования.....	9
2 Технология изготовления детали.....	11
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения	11
2.2 Проектирование технологической операции	26
3 Проектирование специальных средств оснащения	29
3.1 Станочное приспособление.....	29
3.2 Приспособление для контроля инструмента.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
5 Экономическая эффективность работы.....	40
Заключение.....	45
Список используемых источников.....	46
Приложение А. Технологическая документация.....	49

Введение

Станки играют важную роль в промышленной металлообработке. Вид основного оборудования, потребление станков является сильным показателем общей производственной мощности. Производство высоко концентрировано, и подавляющее большинство прецизионных станков, используемых в передовом производстве по всему миру, производится в небольшом числе стран. Наиболее важными производителями станков являются Китай, Германия и Япония. Китай уникален тем, что его массовое производство в подавляющем большинстве предназначено для его собственного внутреннего производственного сектора, в то время как все другие крупные производители экспортируют значительную часть своих станков. Другими крупными производителями станков являются Италия, Южная Корея, Соединенные Штаты, Тайвань и Швейцария; за пределами этих стран почти все прецизионные станки должны импортироваться. В настоящей выпускной квалификационной работе при реализации технологического процесса используется высокопроизводительное оборудование [5]. В России, США и Великобритании с момента их пика наблюдался спад производства станков в разной степени, в то время как несколько восточноазиатских экономик за тот же период построили или значительно расширили свою станкостроительную промышленность, а несколько европейских стран сохранили высокий уровень производства. Это произошло потому, что производство станков требует существенной социальной инфраструктуры, такой как образованные работники, значительные капиталовложения и сильная клиентская база, которую компании на фрагментированном рынке станкостроения, как правило, не могут создать самостоятельно [9]. Эти моменты требуют преднамеренных действий государства для создания и продолжения политики для поддержания. Все успешные страны придерживаются четкой политики, помогающей производителям станков, в то время как те, которые пришли в упадок или вообще не смогли наладить значительное производство, этого не

сделали. Эта политика была успешно реализована только государствами с сильной координацией между элитами в правительстве, бизнесе и финансах. Продукты, начиная от автомобилей и заканчивая самолетами, военными кораблями и медицинскими приборами, мобильными телефонами и оборудованием для горнодобывающей промышленности, требуют скорости производства, качества и точности обработки, а также масштабируемости станков. Квалифицированная рабочая сила необходима для производства станков. В процессе проектирования требуются инженерные разработки в области механики, электротехники и программного обеспечения, опытные технические специалисты необходимы для сборки и тестирования, для соблюдения графика требуется отличное управление цепочками поставок и производством, а для поддержания отношений с клиентами необходимы глобальные команды технических продаж и поддержки. Компании, находящиеся на переднем крае, должны постоянно инвестировать в НИОКР, которые для наиболее специализированных и передовых станков должны включать тесные отношения с ключевыми заказчиками, чтобы гарантировать, что расходы на НИОКР направлены на проекты, которые принесут реальную пользу.

В работе проводится сравнительный анализ технических средств, потенциально возможных для использования в проектируемом технологическом процессе. Для реализации предлагаемого технологического процесса в этой работе будем использовать высокопроизводительное оборудование с числовым программным управлением на лимитирующей технологической операции.

1 Анализ объекта проектирования

1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

«Корпус» является основной деталью для установки элементов, составляющих механизм толкателя, часть которого показана на рисунке 1. Основное назначение детали – передача усилия и задание траектории рабочего органа толкателя.

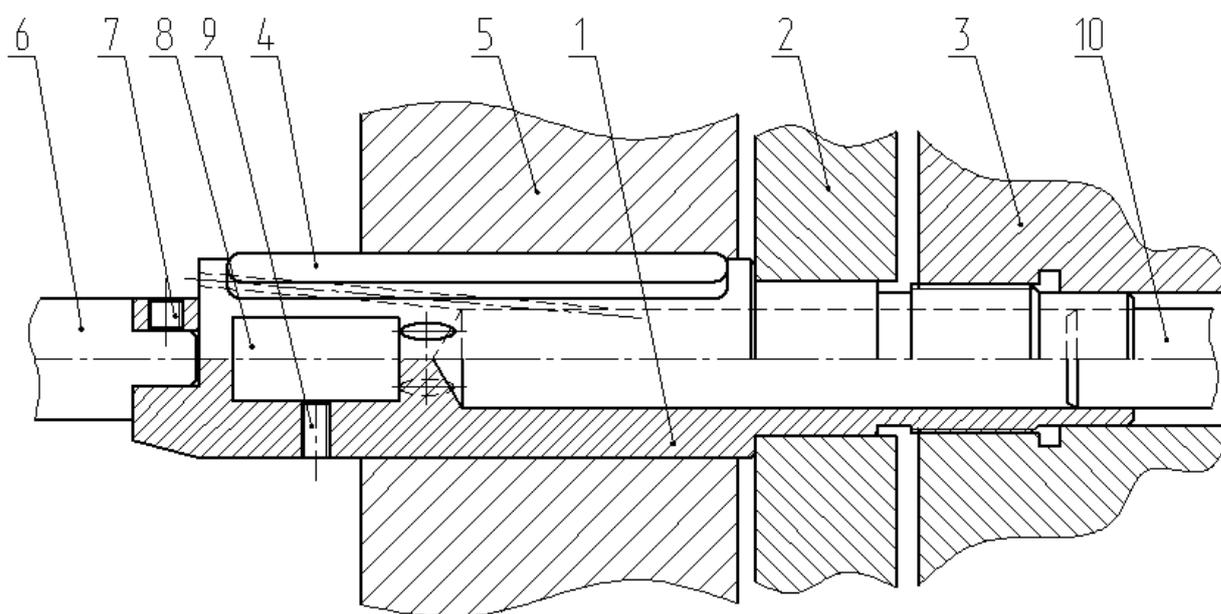


Рисунок 1 – Часть толкателя

В радиальном отверстии корпуса 1 толкателя установлена планка 8, которая крепится с помощью винта 9. В торец плиты 2 упирается корпус 1 толкателя. Фланец 3 расположен справа корпуса 1 толкателя. Также справа от корпуса 1 располагается штуцер 10. С торца корпуса 1 толкателя с помощью винтов зафиксирована ось 6. Посредством шпонок 4 в корпусе установлена втулка 5.

Исходя из служебного назначения детали, для ее изготовления наиболее подходит материал – сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, так как его физические и

механические свойства полностью удовлетворяют тем требованиям, которые предъявляются для поддержания соответствующего рабочего эксплуатационного состояния детали при ее эксплуатации.

Химический состав материала также соответствует предъявляемым требованиям – содержание углерода от 0,36 до 0,44 процента, содержание фосфора 0,035 процента, содержание серы 0,035 процента, содержание никеля 0,3 процента, содержание кремния от 0,17 до 0,37 процента, содержание меди 0,3 процента, содержание хрома от 0,8 до 1,2 процента, содержание магния от 0,5 до 0,8 процента и остальное железо.

Проведем классификацию поверхностей. Для чего их пронумеруем и систематизируем. Такая систематизация (рисунок 2) позволит начать проектирование технологического процесса обработки этих поверхностей.

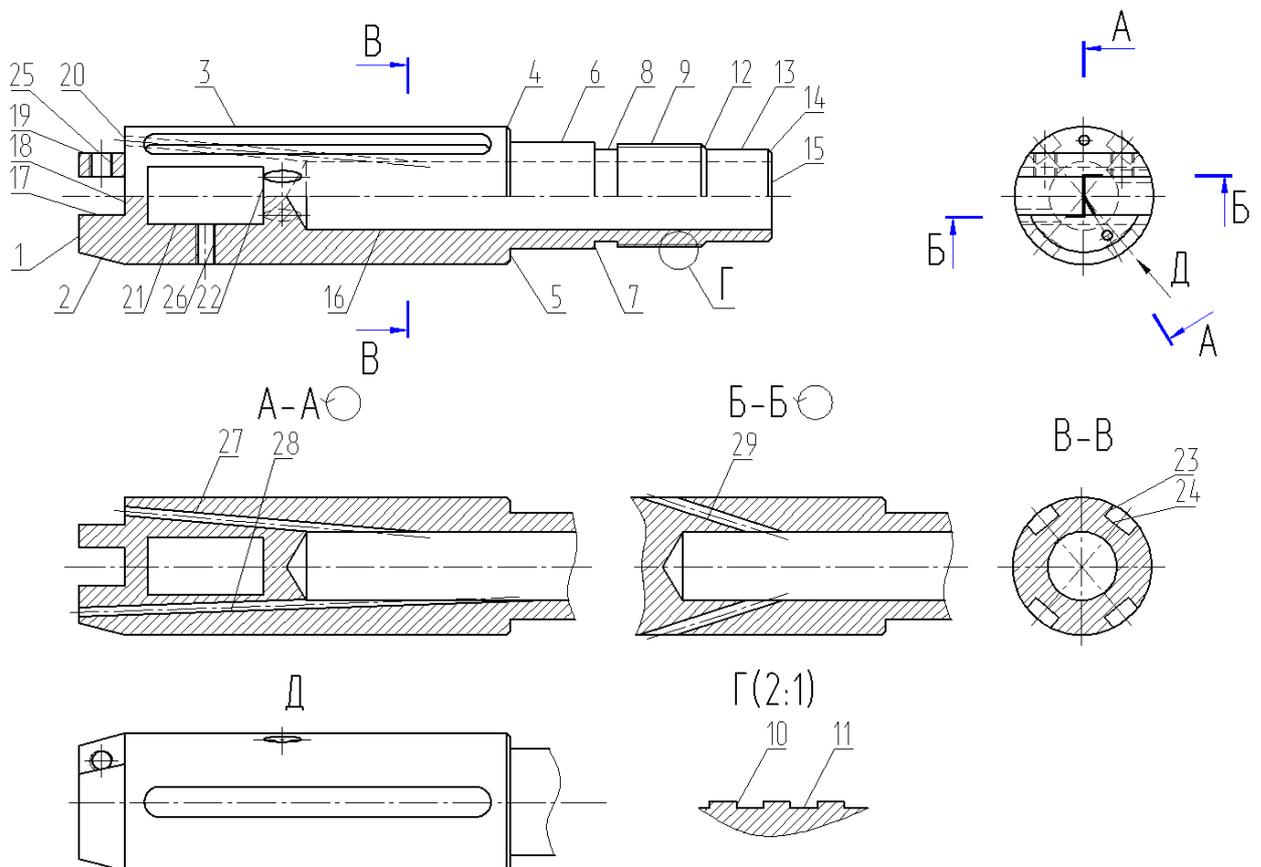


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

В качестве основных конструкторских баз определим поверхности 5 и 6, в качестве вспомогательных конструкторских баз определим поверхности 9, 13, 16, 23-29. Исполнительными поверхностями, исходя из служебного назначения детали, являются поверхности 10, 17, 21 и 22. Остальные поверхности определяем свободными.

Намечая технологический процесс обработки детали, взятой по заданию на выпускную квалификационную работу, желательно руководствоваться следующими принципами.

В начало технологического процесса относят процедуры, раскрывающие скрытые дефекты на начальной стадии обработки (пористость, коробление, трещины, и тому подобное), а также создаются оптимальные условия для перераспределения остаточных напряжений в заготовке.

Осуществляется выбор технологических баз и обоснование этих выбранных баз. Задаётся очерёдность и способы обработки поверхностей заготовки. Исходя из требований к качеству детали, устанавливается количество переходов при обработке каждой поверхности, а также оборудование для выполнения данной операции.

Выявляется индивидуальная технологическая оснастка для выполнения операции и разрабатываются условия, которым должен соответствовать каждый вид выбранной оснастки.

Одно из основных требований к детали – это её технологичность, определяемая удобством в изготовлении и эксплуатации. Совершенство конструкции детали также определяется использованием наиболее экономических, экономичных и производительных технологических методов её изготовления. В значительной мере технологичность конструкции детали определяется возможностью наиболее простой механической обработки. Принято считать, что конструкция детали должна отрабатываться на технологичность в процессе её проектирования, а не изготовления.

Для поворотных поверхностей следует максимально избегать смены баз и связанных с необходимыми сменами добавочных погрешностей.

При выборе установочных баз соблюдаются основные условия: постоянство баз и совмещение технологических баз с конструкторскими.

Не рекомендуется комбинирование обработок «(черновой и чистовой) в одной операции и на одном оборудовании. Подобное совмещение допустимо только при обработке жёстких деталей с небольшими припусками» [11].

Крайней производят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например, наружной резьбы. Последовательность операций зависит от последующих термической (ТО) и химико-термической обработки (ХТО).

Рабочие поверхности необходимо шлифовать и полировать [19].

1.2 Формулировка задач проектирования

В предлагаемой выпускной квалификационной работе планируется разработать новую технологию изготовления рассматриваемой детали. Для чего необходимо провести ряд технологических, технических и экономических мероприятий, при этом поставлены следующие задачи.

Исходя из служебного назначения детали, показать возможность ее изготовления, которая доказывается с помощью анализа технологичности. Выбрать материал для заготовки, учитывая его физико-механические свойства, химический состав и возможность механической обработки этого материала. Определен материал – сталь 40Х ГОСТ 4543-2016. Провести систематизацию всех поверхностей детали и назначить стратегию их обработки. Провести сравнительный экономический анализ для выбора наиболее оптимального метода получения заготовки. Провести расчет припусков для заготовки и переходы. Выбрать «средства технологического оснащения в виде необходимого и подходящего оборудования; доступных и несложных приспособлений; режущего инструмента и средств контроля» [11] для получения требуемого качества, обработанных в результате их применения, поверхностей. Спроектировать операции. Назначить скорость резания и подачи. Режимы резания должны быть определены на основе

табличных данных, учитывая тип материала и характеристики инструмента. Провести нормирование после определения режимов резания. Спроектировать приспособление, которое обеспечит надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Спроектировать контрольное приспособление. Доказать экономическую эффективность предложенных изменений технологического процесса относительно базового. Выполнить анализ технологии на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотреть мероприятия по защите труда для обеспечения заданных условий обработки. Предложить мероприятия для достижения безопасности и экологичности рассматриваемого технического объекта. Дать рекомендации для внедрения разработанного нового технологического процесса на реальном производстве.

В результате в разделе проведен анализ исходных данных для реализации проектирования нового технологического процесса и определены задачи для достижения поставленной цели. Решение поставленных задач предлагается в последующих разделах работы.

2 Технология изготовления детали

2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения

Перед производством изделия необходимо учитывать следующие параметры: форму заготовки; размеры заготовки; массу заготовки; материал заготовки; тип производства; припуск.

Обоснованный экономический выбор заготовки для производства ведет к снижению себестоимости детали и снижению трудоёмкости изготовления.

На основании этих суждений сделаем вывод, что важной задачей при выборе заготовки является снижение затрат на основные материалы, то есть уменьшение расхода материалов.

Исходные данные детали: масса – 1,02 килограмма, программа выпуска 5000 деталей в год. При выборе заготовки для производства необходимо учитывать ряд факторов. Материал, подлежащий штамповке. Различные материалы имеют разную твердость, прочность и ударную вязкость, что может повлиять на способ получения заготовки. Необходимо учитывать диаметр и длину заготовки, ее ступенчатость. Ее размеры определяются возможным напуском для упрощения формы заготовки и потерями на дополнительную обработку. Для полый заготовки необходимо определиться с желаемым размером отверстия и возможностью его получения.

Эти факторы должны быть приняты во внимание для эффективного проектирования заготовки и технологии ее изготовления.

Масса $M_{Ш}$ «при штамповке определяется:

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

где $M_{Д}$ – масса, кг;

$K_{Р}$ равен 1,65.

$$M_{III} = 1,02 \cdot 1,4 = 1,43 \text{ кг.}$$

Определим массу заготовки, полученной с помощью проката:

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

где V – объем, мм³;

γ – плотность, кг/мм³» [16].

«Рассчитаем объемные габариты детали

$$d_{IIIP} = d_D^{max} \text{ мм,} \quad (3)$$

где d_D^{max} – максимальный диаметр.

Пусть d_D^{max} равен 38 мм.

$$l_{IIIP} = l_D^{max}, \quad (4)$$

где l_D^{max} – максимальный размер.

$$l_{IIIP} = 180 \cdot 1,05 = 189 \text{ мм.}$$

Пусть l_D^{max} равен 189 мм» [17].

«Тогда:

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

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 38^2 \cdot 189 = 214239 \text{ мм}^3.$$

Получим массу заготовки:

$$M_{\text{ПР}} = 214239 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 1,69 \text{ кг}$$

Определять метод получения заготовки будем по минимальной себестоимости [10]:

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

где стоимость $C_{\text{З}}$ – заготовки;

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

$C_{\text{ОТХ}}$ – стружки» [16].

«При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_{\text{З}} = C_{\text{Б}} \cdot M_{\text{Ш}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{СЛ}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{Б}}$ – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{\text{Ш}}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

$K_{\text{Т}}$ – точность;

$K_{\text{СЛ}}$ – сложность;

$K_{\text{В}}$ – массу;

$K_{\text{М}}$ – материал;

$K_{\text{П}}$ – серийность» [16].

«Примем согласно [6] $C_{\text{Б}}$ равным 11,2 руб./кг, $K_{\text{Т}}$ равным 1,0, $K_{\text{СЛ}}$ равным 0,89, $K_{\text{В}}$ равным 1,29, $K_{\text{М}}$ равным 1,18 и $K_{\text{П}}$ равным 1,0» [6].

«Тогда

$$C_3 = 11,2 \cdot 1,43 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,29 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 21,70 \text{ руб.}$$

Определим удельные затраты по формуле:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K \text{» [6]} \quad (8)$$

«Пусть E_H равно 0,16, C_C равно 15 руб./кг и C_K равно 35 руб./кг.

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (1,43 - 1,02) \cdot (15 + 0,16 \cdot 35) = 8,45 \text{ руб.}$$

$C_{ОТХ}$ является возвратной величиной и определяется с помощью выражения:

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} \quad (9)$$

Принимаем $C_{ОТХ}$ равной 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{ОТХ} = (1,43 - 1,02) \cdot 0,35 = 0,14 \text{ руб.}$$

Окончательно получим из (6)» [1]:

$$«C_{Д} = 21,7 + 8,45 - 0,14 = 30,01 \text{ руб.}$$

Далее определим стоимость заготовки, полученной из проката по формуле:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (10)$$

где $C_{МПР}$ – стоимость 1 кг материала проката 16 руб./кг;

$C_{ОЗ}$ – отрезка, руб.

$$C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (11)$$

где $C_{ПЗ}$ – затраты на рабочем месте 31 руб./ч

$T_{шт}$ определяется:

$$T_{шт} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (12)$$

где T_0 – машинное время, мин;

ϕ_K – «серийность» [16].

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

$$T_0 = 0.19 \cdot d_{шт}^2 \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

Согласно (10 – 13) получим:

$$C_{шт} = 16 \cdot 1,69 + 0,2 = 27,24 \text{ руб.}$$

$$C_{оз} = \frac{31 \cdot 0,40}{60} = 0,2 \text{ руб.}$$

$$T_{шт} = 0,27 \cdot 1,5 = 0,40 \text{ мин.}$$

$$T_0 = 0,19 \cdot 38^2 \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ мин.}$$

$$C_{мо} = (1,69 - 1,02) \cdot (15 + 0,16 \cdot 35) = 13,80 \text{ руб.}$$

$$C_{отх} = (1,69 - 1,02) \cdot 0,35 = 0,24 \text{ руб.}$$

$$C_{д} = 27,24 + 13,80 - 0,24 = 40,80 \text{ руб.} \text{» [16].}$$

«Проведем сравнение заготовок. Для этого определим

$$K_{им} = \frac{M_{д}}{M_3} \quad (14)$$

Штамповка:

$$K_{им} = \frac{1,02}{1,43} = 0,71.$$

Прокат:

$$K_{ИМ} = \frac{1,02}{1,69} = 0,60.$$

Видим, что «штамповка выгоднее проката» [10].

«Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д_{ПР}} - C_{Д_{Ш}}) \cdot N_Г \quad (15)$$

где $C_{Д_{ПР}}$ – стоимость детали (заготовка получена прокатом);

$C_{Д_{Ш}}$ – стоимость детали (заготовка получена штамповкой).

Тогда получим:

$$\mathcal{E}_Г = (40,80 - 30,01) \cdot 5000 = 53950 \text{ руб.} \text{» [16].}$$

Для выбора средства оснащения проведем анализ штампов. Штампы, которые используются при штамповке металла, можно охарактеризовать как однопозиционные или многопозиционные штампы. Одностанционные штампы включают в себя как составные штампы, так и комбинированные штампы. Составные штампы выполняют более одной операции резки за один пресс, например, в случае многократных надрезов, необходимых для создания простой шайбы из стали. Комбинированные штампы – это штампы, которые включают в себя как режущие, так и нерезающие операции за один ход прессы. Примером может быть матрица, которая производит разрез, а также фланец для данной металлической заготовки. Многопозиционные штампы включают в себя как прогрессивные штампы, так и передаточные штампы, где операции надрезания, штамповки и резки выполняются последовательно из одного и того же набора штампов.

Выбираем горизонтально-штамповочную машину.

В таблицу 1 сведем результаты расчета припусков и допусков.

Таблица 1 – Припуски и допуски на диаметральный размер 28 мм

«Переходы»	Элементы, мкм			2Z min	Td/IT	Размеры, мм		Припуск» [4]	
	a	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	ρ^{i-1}			d ⁱ min	d ⁱ max	2Z min	2Z max
«первый»	0,360	-	0,666	-	1,4 T3	30,796	32,196	-	-
второй	0,100	0,380	0,040	2,2 54	0,33 IT13	28,542	28,872	2,254	3,324
третий	0,050	0,090	0,027	0,3 97	0,084 IT10	28,145	28,229	0,397	0,643
четвертый» [8]	0,025	0,040	0,013	0,1 97	0,052 IT6	27,948	28,000	0,197	0,229

Эскиз заготовки представлен на рисунке 3.

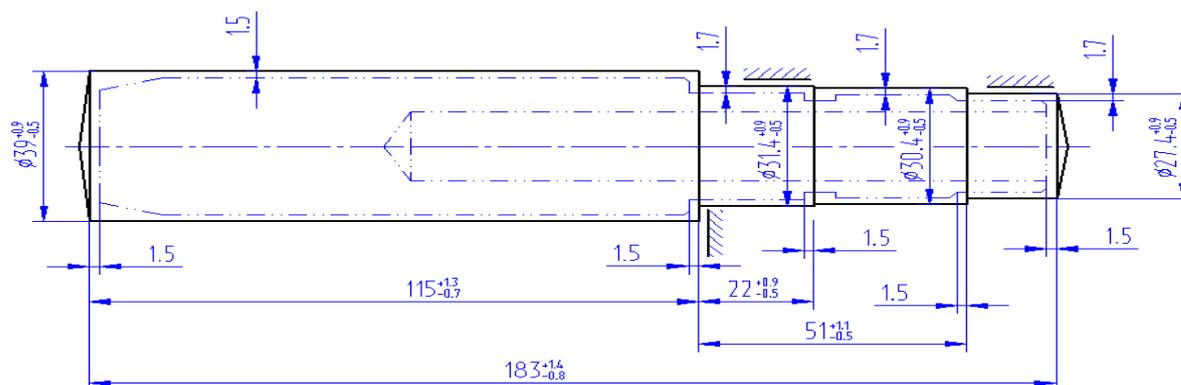


Рисунок 3 – Заготовка (эскиз)

Выбор технологических переходов по обработке поверхностей корпуса включает этапы:

Первый этап: определение требований к изделию – необходимо определить геометрические параметры детали, требования к качеству поверхности, точности размеров и другие характеристики.

Второй этап: анализ возможных вариантов технологии обработки. Необходимо проанализировать различные переходы, которые могут быть

применены для изготовления. Это может включать разные комбинации токарной обработки, сверления, шлифования.

Третий этап: оценка влияющих факторов на выбор технологии обработки. К ним относятся стоимость оборудования, стоимость материалов, время обработки, требования к точности и качеству поверхности. Нужно учесть возможности переналадки оборудования для серийного производства.

Четвертый этап: сравнение технологических переходов с учетом оценки влияющих факторов. Выбрать наиболее подходящие для конкретной ситуации по критерию минимальной себестоимости.

Пятый этап: определение последовательности операций и параметры обработки для каждой операции. Это включает в себя выбор инструментов, режимов резания, скорости и подачи.

Шестой этап: после определения последовательности переходов необходимо разработать управляющие программы для станка, которые будут использоваться для обработки заготовки.

Выбор методов обработки для каждой поверхности:

Плоская поверхность 1 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью $Ra_{6,3}$. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость $Ra_{12,5}$), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость $Ra_{6,3}$).

Конусная поверхность 2 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью $Ra_{6,3}$. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость $Ra_{12,5}$), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость $Ra_{6,3}$).

Цилиндрическая поверхность 3 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью $Ra_{6,3}$. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность

переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra12,5), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Конусная поверхность 4 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Плоская поверхность 5 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra12,5), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 6 характеризуется 9 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra12,5), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифование черновое (точность 9 квалитет, шероховатость Ra3,2).

Плоская поверхность 7 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 8 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 9 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra12,5), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Плоская поверхность 10 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: нарезание резьбы (точность 10 квалитет, шероховатость Ra3,2).

Цилиндрическая поверхность 11 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: нарезание резьбы (точность 10 квалитет, шероховатость Ra3,2).

Конусная поверхность 12 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra12,5), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 13 характеризуется 6 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra12,5), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифование черновое (точность 6 квалитет, шероховатость Ra1,6).

Конусная поверхность 14 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Плоская поверхность 15 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: точение черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra12,5), точение чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 16 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и

характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: сверление (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 17 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: фрезерование черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra6,3), фрезерование чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra3,2).

Плоская поверхность 18 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: фрезерование черновое (точность 13 квалитет, шероховатость Ra6,3), фрезерование чистовое (точность 10 квалитет, шероховатость Ra3,2).

Цилиндрическая поверхность 19 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: фрезерование (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Плоская поверхность 20 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: фрезерование (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 21 характеризуется 7 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: обработка электроэрозионная (точность 7 квалитет, шероховатость Ra3,2).

Плоская поверхность 22 характеризуется 10 квалитетом точности, с шероховатостью Ra3,2. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: обработка электроэрозионная (точность 10 квалитет, шероховатость Ra3,2).

Плоская поверхность 23 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: фрезерование (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Плоская поверхность 24 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: фрезерование (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 25 характеризуется 9 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: сверление (точность 13 квалитет, шероховатость Ra6,3), нарезание резьбы (точность 9 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 26 характеризуется 9 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: сверление (точность 13 квалитет, шероховатость Ra6,3), нарезание резьбы (точность 9 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 27 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: сверление (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 28 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: сверление (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Цилиндрическая поверхность 29 характеризуется 13 квалитетом точности, с шероховатостью Ra6,3. Для данного типа поверхности и характеристик точности необходима следующая последовательность переходов: сверление (точность 10 квалитет, шероховатость Ra6,3).

Из проведенного анализа современных научных исследований в области повышения производительности механической обработки с минимизацией затрат можно сделать вывод, что необходимо совершить выбор не только высокопроизводительного и современного оборудования и инструмента, но и средств программного обеспечения и правильность построения самого технологического процесса с обеспечением всех требований, предъявляемых к производству детали. На основании проведенного анализа для повышения производительности механической обработки предлагается замена универсального оборудования на современные металлообрабатывающие центры с ЧПУ, которые позволят выполнять широкий спектр работ за один постанов детали, тем самым минимизируя время изготовления, производственные затраты с увеличением точности и качества обработки.

Выбор скоростных режимов обработки является многофакторной задачей. Данный параметр зависит от вида обработки. Черновой этап предусматривает снятие не стабильного по размерам и свойствам слоя материала, что приводит к динамическим нагрузкам на элементы станка и заготовку. Поэтому скорость обработки на данном этапе выбирается небольшая. При обработке на чистовом этапе при уже стабильных параметрах снимаемого слоя скорость резания повышают.

Для выполнения токарных работ по обработке общего контура детали в сочетании с выполнением расточных и фрезерных работ принимаем станок с ЧПУ SAMAT-135NC, который позволит совместить операции 005-025 за счет последовательного выполнения всех переходов по данным операциям на одном станке за два постановления детали.

Для шлифования цилиндрических поверхностей принимаем специализированный станок марки КШ-3СNC с ЧПУ, который предназначен для операций шлифования как профиля, так и шлицевых и прямых пазов произвольной формы с помощью червячных, дисковых и различных профильных шлифовальных кругов. Обработка производится с использованием системы ЧПУ в диалоговом режиме, правка и

профилирование детали и абразивного инструмента осуществляется силами станка в процессе операции.

В таблицу 2 сведем выбранные средства технологического оснащения: к каждой технологической операции определим необходимое оборудование, приспособление, инструмент с его характеристиками и средства контроля.

Таблица 2 – Выбор СТО

«Операция	Оборудование	Оборудование	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
005	SAMAT-135NC	3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80	проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83	шаблон ГОСТ 2534-73
010	SAMAT-135NC	3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80	ромбическая пластина, Т5К10, покрытие (Ti,Cr)	калибр-скоба ГОСТ 18355-73
020	SAMAT-135NC	цанговый патрон токарный ГОСТ 17200-71	проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83. пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si)	калибр-скоба ГОСТ18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
025	SAMAT-135NC	цанговый патрон токарный ГОСТ 17200-71	резьбовой резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83. резьбовая пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si)	калибр-скоба ГОСТ18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
030	ЧПУ КШ-3СNC	цанговый патрон ГОСТ 17200-71	круг шлифовальный 91А F60 М ГОСТ Р 52781-2007	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-73 приспособление мерительное» [4]

Продолжение таблицы 2

«Операция	Оборудование	Оборудование	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
035	ЧПУ СТЦ Ф45	самоцентрирующее специализированное наладочное поворотное приспособление с пневмоприводом	<p>центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5</p> <p>специальное ступенчатое сверло ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5</p> <p>сверло спиральное ГОСТ 10903-77 Р6М5К5</p> <p>цельный зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71 Р6М5К5</p> <p>шпоночная фреза ГОСТ 9140-78 Р6М5К5</p> <p>Машинный метчик М5; М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5К5</p> <p>машинная развертка цельная с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 1672-80 Р6М5К5</p>	<p>калибр-скоба ГОСТ 18355-73</p> <p>шаблон ГОСТ 2534-79</p>
040	СКЭКП4525	специализированное наладочное приспособление с пневмоприводом ГОСТ 12195-66	графитовый электрод	шаблон ГОСТ 2534-73
045	4407			
050	Машина моечная» [4]			

Более подробно технология изготовления детали представлена в графической части в виде плана обработки и в технологической документации в Приложении А в таблице А.1.

2.2 Проектирование технологической операции

«На 020 токарной операции применяется оборудование – станок модели SAMAT-135NC токарно-винторезный. Инструмент выбираем из таблицы 6. – проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83, пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si). Припуск – 0,4 мм. Перемещение инструмента – 0,25 мм/об. Тогда скорость резания будем рассчитывать по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (16)$$

где выберем базовую величину C_U равную 420 [12];

работа одной пластины T равно 60 мин;

m равно 0,2; x равно 0,15; y равно 0,20 [16];

K_U примем равным 1,27» [16].

«Тогда

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,27 = 356 \text{ м/мин.}$$

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

Тогда

$$n = \frac{1000 \cdot 356}{3,14 \cdot 36} = 3100 \text{ мин}^{-1}.$$

Составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (18)$$

где C_p – коэффициент обработки равный 300 [12];

x, y, n – соответственно равны 1,0, 0,75, 0,15;

K_p –коррекция.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (19)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 0,83, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [16].

«Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 356,1^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \\ = 131 \text{ Н.}$$

Определим необходимую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (20)$$

Тогда

$$N = \frac{131 \cdot 356}{1020 \cdot 60} = 0,76 \text{ кВт.}$$

У станка SAMAT-135NC мощность намного выше и равна 6 кВт, то есть использование выбранного оборудование оправдано. Режимы резания на остальных операциях представлены в таблице 3» [16].

Таблица 3 – Режимы резания

«Операция	S , мм/об	t , мм	V , м/мин	n , об/мин
005	0,5	1,1	160	2000
	0,5	1,1	160	1750
010	0,5	2,0	146	1250
	0,5	1,1	160	1400
020	0,25	0,4	283	3200
025	0,1	1,5	140	1850
	0,25	0,4	356	3100
	0,25	0,4	243	3200
030	0,006	0,12	35	460
	5	0,12	35	400» [7]

Продолжение таблицы 3

«Операция»	S , мм/об	t , мм	V , м/мин	n , об/мин
035	0,06·2	2,0	35	1400
	0,04·2	5,0	26	1050
	0,1·2	5,0	32	850
040	6 мм/мин	3max» [7]	-	-

Нормы времени указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Нормы времени (в минутах)

«Операция»	T_0	T_B	T_{OP}	$T_{OB,O-T}$	$T_{П-3}$	$T_{ШТ}$	n	$T_{ШТ-К}$
005	0,106	0,851	0,957	0,057	17	1,014	236	1,086
010	0,142	0,772	0,914	0,055	17	0,969	236	1,041
020	0,140	1,292	1,432	0,086	24	1,518	236	1,620
025	0,174	0,799	0,973	0,058	17	1,031	236	1,103
030	0,260	0,839	1,099	0,097	21	1,196	236	1,285
035	7,069	1,867	8,936	0,536	46	9,472	236	9,667
040» [7]	6,205	1,031	7,236	0,434	22	7,670	236	7,763

В разделе был обоснован тип производства, спроектирована заготовка, показан маршрут обработки всех поверхностей, осуществлен выбор средств технологического оснащения, произведен расчет технологических операций – режимов резания и норм времени. Из проведенного анализа можно сделать вывод, что выбор высокопроизводительного и современного оборудования и инструмента, но и средств программного обеспечения и правильность построения самого технологического процесса с обеспечением всех требований, предъявляемых к производству детали, позволил получить совершенно новый технологический процесс изготовления детали. Более детально результаты показы в технологической документации в таблице А.1 в Приложении А.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Станочное приспособление

«В разделе для 020 операции «проведем расчет для выбранных параметров обработки клинового патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке [9]. Ранее при проектировании 020 операции получено значение главной составляющей силы резания 131 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» [2].

«Проведем расчет силы зажима заготовки с помощью трех кулачков. Зависимость этой силы от составляющей силы резания определяется формулой:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot r_2}{f \cdot r_1}, \quad (21)$$

где K – запас;

P_z – составляющая силы резания;

r_1 – радиус поверхности контакта с кулачком равный 54,44 мм;

r_2 – радиус обрабатываемой поверхности равный также 54,44 мм;

f – параметр подвижности для кулачков с кольцевыми канавками, который равен 0,4» [7].

«Коэффициент запаса K определим согласно [14] равным 2,5. Тогда сила зажима, расчетная схема которой показана на рисунке 4» [16]:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 919 \cdot 54,44}{0,4 \cdot 54,44} = 5743 \text{ Н.}$$

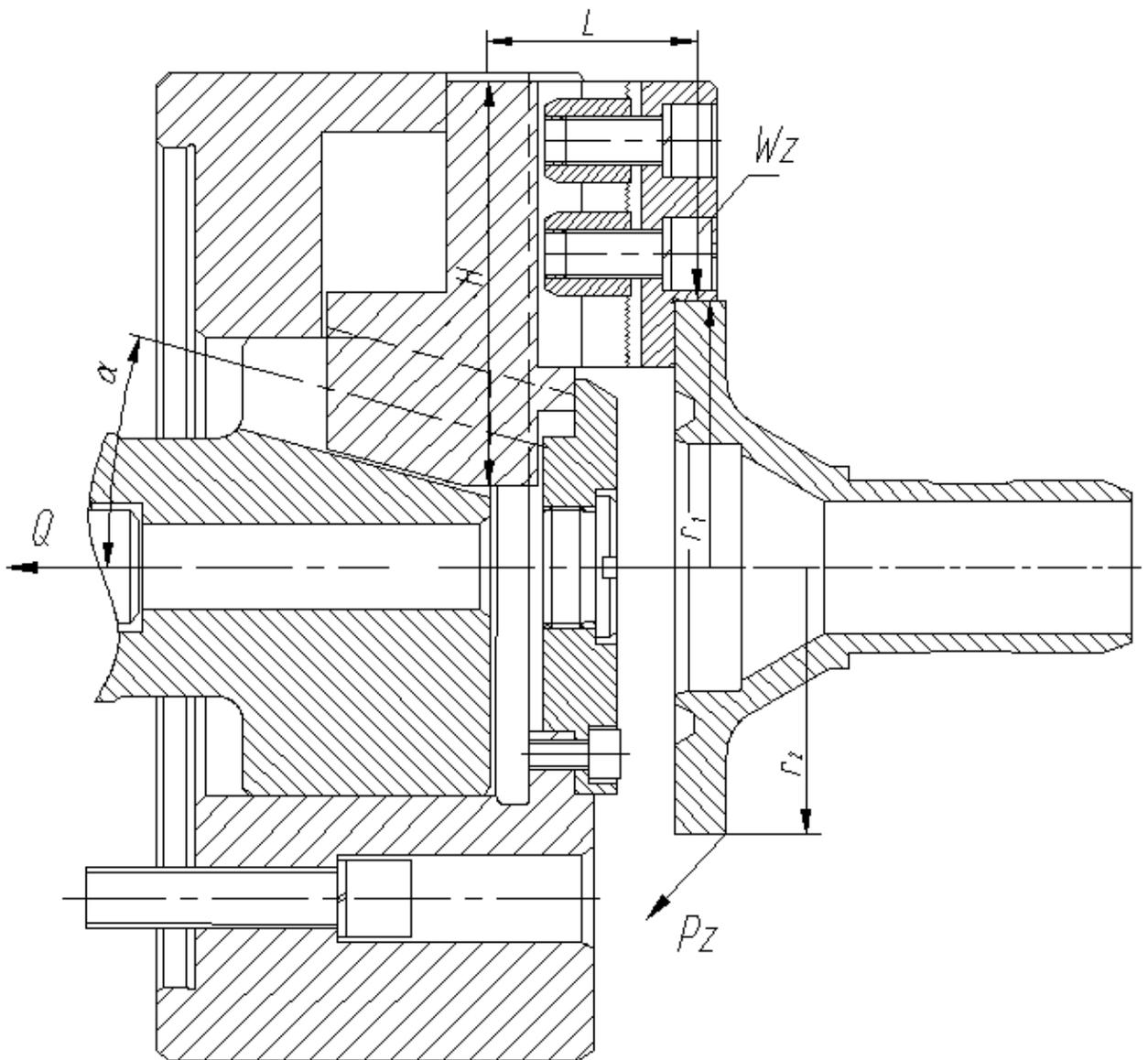


Рисунок 4 – Схема действия сил

Для «определения силы зажима, которая осуществляется сменными кулачками, в отличие от постоянных кулачков, используем выражение:

$$W_1 = \frac{W}{1-3 \cdot f_1 \cdot (L/H)}, \quad (22)$$

где f_1 – препятствующий коэффициент скольжению равен 0,1 [7];

L – плечо между точкой приложения силы резания и кулачка равное 42 мм;

H – параметр поверхности по перемещению кулачка равный 82 мм.

Тогда получим

$$W_1 = \frac{5743}{1-3 \cdot 0,1 \cdot (42/82)} = 6786 \text{ Н.}$$

Далее определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод для реализации такой силы зажима заготовки [20]:

$$Q = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi), \quad (23)$$

где α – скашивающий угол направляющих;

ϕ – угол трения» [17].

«Тогда получим:

$$Q = 6786 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 43') = 2566 \text{ Н.}$$

Патроны данного типа имеют три радиальных паза, их особенность в том, что одновременно с закреплением заготовки происходит центрирование. Кулачки синхронно движутся по спиральным траекториям при действии усилия, приложенного точно торцевым рычагом или ключом (зависит от механизма передачи в конструкции).

Для обеспечения усилия в 2566 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.

Диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу определяется, согласно выражения:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (24)$$

где p – необходимое давление;

η – КПД привода равное 0,9» [16].

«Тогда получим:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2566}{0,4 \cdot 0,9}} = 76 \text{ мм.}$$

В заключении расчета станочного приспособления согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значению для диаметра штока 80 мм, ход кулачков патрона 2 мм и ход штока цилиндра 7 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [7].

3.2 Приспособление для контроля инструмента

«Чтобы провести измерение выбранного инструмента, нужно предварительно закрепить его в шпинделе при необходимости применив соответствующее вспомогательное приспособление, запустить программу «стандартная оптическая схема», в окне программы нажать кнопку произвести измерение, навести камеру на измеряемый элемент с помощью маховиков каретки и траверсы, при этом вращая шпиндель для выявления крайнего положения, произвести захват кадра. При этом контур инструмента совмещают с перекрестием на экране, согласно карты измерений. В левом нижнем углу окна программы в соответствующих полях появятся значения по осям X и Z, что соответствует параметрам вылета и диаметра инструмента. Полученные параметры можно сохранить сразу в предварительно заполненном файле отчёта или заполнить его позже» [18].

«Вывод можно сделать из анализа применения приборов размерной настройки инструмента вне станка различными предприятиями. В виду того, что настройка инструмента непосредственно на станке занимает значительное время – до двадцати процентов от рабочего времени, то применение приборов предварительной настройки инструмента вне станка экономически оправданно даже на малых и средних предприятиях. Единственное замечание – для малых предприятий экономически целесообразнее применять приборы с

контактным методом измерения. Они дешевле по стоимости и в обслуживании» [15].

«При измерении проводится контроль параметров: вылет (Z мм); радиус (X мм); угол наклона режущей пластины (α).

Методика проведения измерения: Измерение точек окружности. Навести перекрестие видеокамеры на скругление режущей пластины, измерить набор точек (от трех до восьми точек).

Измерение точек прямой. Навести перекрестие видеокамеры на верхнюю грань, измерить набор точек (от двух до пяти точек).

Проводим вспомогательную прямую через центр найденной окружности перпендикулярно прямой на нулевом уровне. Получаем две точки пересечения прямой с окружностью. Расстояние от верхней точки пересечения до нулевого уровня будет являться вылетом (Z , мм).

Проводим вспомогательную прямую через центр найденной окружности перпендикулярно оси расточной оправки. Получаем две точки пересечения прямой с окружностью. Расстояние от крайней левой точки до центра расточной оправки будет являться расстоянием (X , мм). Найти угол между вспомогательной прямой и верхней гранью пластины. Данный угол является углом наклона режущей пластины» [12].

«Приспособление предназначено для настройки положения вершины инструмента относительно нулевой точки системы координат инструмента. Оно состоит из корпуса 11, в нижней плите которого устанавливается подставка 9, по пазу которой может перемещаться базовая опора 10, которая имеет установочный хвостовик для различного осевого инструмента. В нижней плите корпуса 11 установлена направляющая скалка 8, по которой перемещается направляющий кронштейн 16. П-образным зацепом он фиксируется на линейном энкодере 2, который отслеживает перемещение кронштейна 12, в котором устанавливается камера 4. На краю линейного энкодера 2 в кронштейне установлен соосно с камерой 4 осветитель 3. Кронштейн 12 с камерой 3 через кольцо 14 с прорезью зафиксирован на

ходовом валу шариковой винтовой парой винт-гайка 6. Через штифт, при помощи гайки 22, на ходовом валу закрепляется маховик 13. Линейный энкодер 2 винтами 19 закрепляется на корпусе 11. Шариковая пара винт-гайка 5 установлена вертикально. Она фиксируется в нижней паре подшипников: радиальном 24 и осевом 23. Сверху винт 5 закрепляется в радиальном подшипнике 25 с поджимом гайкой. Вертикальное перемещение этой гайки 5 отслеживается на линейном энкодере 1, который винтами 19 закрепляется на корпусе 11. Вертикальный винт пары 5 также имеет маховик 13 для регулировки положения измерительной системы. Горизонтальное перемещение базовой опоры 10 производится при помощи винта 15 также при помощи маховика 13. Горизонтальное перемещение отслеживается на линейном энкодере 7» [13].

«Приспособление работает следующим образом. Перед настройкой инструмента, в хвостовик базовой опоры 10 устанавливается контрольная оправка. Путем вращения маховиков 13 горизонтальным винтом 15 переводят ее в центр изображения, получаемого с камеры 3. Винтом 6 производят настройку резкости изображения, а ходовым винтом 5 совмещают положение вершины оправки под центром изображения. Далее заменяют контрольную оправку настраиваемым инструментом. Маховиком 13, вращая вертикальный винт 5, производится совмещение вершины инструмента с центром изображения. По показаниям линейного энкодера 1 определяется разность координат камеры в первоначальном положении на оправке и после настройки по инструменту. Смещение, определяемое с точностью 0,1 мкм, является поправкой положения инструмента относительно нулевой точки системы координат инструмента» [11].

В разделе проведено проектирование основного и вспомогательного приспособления для осуществления механической обработки на 020 технологической операции.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Техническим объектом, в отношении которого будут решаться вопросы безопасности, экологичности и охраны труда в этом разделе и в работе в целом является технологический процесс изготовления корпуса толкателя.

Технологические операции: заготовительная, токарная, кругло-шлифовальная, фрезерно-расточная, электроэрозионная.

Рабочие места: кузнец-штамповщик, оператор станков с ЧПУ, термист, контролёр ОТК, оператор электроэрозионного станка.

Оборудование: горизонтально-ковочная машина, токарный обрабатывающий центр SAMAT-135NC, кругло-шлифовальный станок с ЧПУ КШ-3CNC, обрабатывающий центр с ЧПУ Ф45, электроэрозионный станок СКЭКП4525.

Материалы: сталь 40Х, вода, смазывающая охлаждающая жидкость, масло, керосин, поверхностно активные вещества, электроды.

Ключевым моментом является процесс изготовления, то есть условия, порядок механической обработки, а также средства технологического оснащения. Рассматривая технологическое оборудование и его значение в технологическом процессе, в обязательном порядке необходимо соблюдать некоторые условия: необходимость в формировании качества поверхностей детали в соответствии с техническими требованиями; соблюдение технических и документальных требований к оснащённости процесса; соразмерность между крупным оборудованием и мелкими составляющими; обеспечение более качественных методов для обработки поверхностей.

При выборе критериев выбора технологической оснастки, необходимо с помощью анализа учитывать все возможности реализации технологических и технических процессов и требований к деталям.

Выбранные средства технологического оснащения технологического процесса указаны в таблице 2, а расчет режимов резания детально расписан в пункте 2.2 раздела 2, а также в Приложении А в таблице А.1. В составлении

технологической документации учитываются графические схемы, чертежи и текстовые документы, эти документы в своей совокупности могут определять ход и порядок различных технологических операций.

Для идентификации опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке обычно руководствуются локальными нормативными документами, устанавливающими порядок этой процедуры.

На производственном участке возможно возникновение травмирующих воздействий на человека. Это травма, поражение электрическим током, пожар, шум и так далее.

«Источниками возникновения или получения травмы могут потенциально быть движущиеся части производственного оборудования, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.012–75; разрыв шлифовального круга, вырыв обрабатываемой детали, вращающийся инструмент при обработке детали, приспособления для закрепления инструмента, перемещение шлифовальной бабки, слесарно-монтажный инструмент и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.033–78 2.

Источниками поражения электрическим током могут быть потенциально пробой фазы на корпус, нарушение изоляции токоведущих частей, перегрузка электрооборудования, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82 3» [3].

«Источниками возникновения пожара могут выступать действия, возникающие при нарушении изоляции токоведущих частей; перегрузке электрооборудования; нарушении технологического процесса; наличии промасленной ветоши; открытом огне и наличии искр; повышенной температуре воздуха и окружающих предметов; наличии токсичных продуктов горения; дыма; негерметичности системы питания; подаче топлива самотёком, курении в непосредственной близости от системы питания; применении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при мойке

двигателя и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82.

Источниками возникновения шума является вибрация поверхностей оборудования, электродвигатель, зубчатая, клиноременная и др. передачи, периодические соударения в сочлененных деталях, непосредственно обработка резанием, компрессоры, двигатели автомобилей, электрические двигатели технологического оборудования, механические передачи, воздухопроводы, технологическое оборудование и механизированный инструмент, уровень которого по ГОСТ 12.1.003–83 не может превышать 80 дБА» [3].

«Для снижения уровня профессиональных рисков разрабатываются инструкции по охране труда для каждой профессии, занятой на техническом объекте [12].

Обязательно применение средств индивидуальной защиты и технических средств защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и вредного производственного фактора.

Так при защите от повышенной или пониженной температуры поверхностей оборудования, материалов применяется специальная одежда, защитные щитки, очки, перчатки и рукавицы, специальная обувь и ограждение опасной зоны» [3].

«При защите от поражения электрическим током применяются защитное заземление зануление, ограждение токопроводящих частей, применение УЗО, выравнивание потенциалов, спец одежда, защитные очки, перчатки и спец обувь.

Для защиты от движущихся машин и механизмов подвижных частей производственного оборудования; передвигающиеся изделий и заготовок применяются спец одежда, защитные очки, перчатки, головной убор (каска или каскетка) и спец обувь, зонирование территории цехов (обозначение безопасных проходов), сигнализация и защитные ограждения.

При защите от повышенного уровня шума на рабочем месте и повышенного уровня вибрации на объекте применяется спец одежда, спец обувь, перчатки, наушники, беруши, наладка оборудования, увеличение жёсткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания» [3].

«Для обеспечения пожарной безопасности технического объекта применяются технические средства: первичные (огнетушители, ящики с песком, пожарные краны, асбестовая ткань), мобильные (пожарные автомобили), стационарные установки и системы пожаротушения (пожарный резервуар, система пожаротушения), средства пожарной автоматики (приборы приёмно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией при пожаре), пожарное оборудование (пожарные шланги, наконечники пожарных рукавов, запорная аппаратура, насосное оборудование, разметка эвакуационная напольная), средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре (самоспасатель изолирующий противопожарный СИП-1М), пожарный инструмент (ломы, вёдра, багры, топоры, лестницы), пожарные сигнализация, связь и оповещение (система пожарной сигнализации, аварийное автономное освещение)» [3].

«Негативное экологические воздействие, влияющие на атмосферу на операции 040 координатно-расточной – это испарение технических жидкостей, металлическая пылевая и водно-аэрозольная взвесь.

Негативное экологические воздействие, влияющие на гидросферу – это проливы загрязнённой воды и технических жидкостей при проведении профилактики и очистке оборудования в сточные воды.

Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу - проливы технических жидкостей (масла, СОЖ) при

проведении профилактики и ремонта, а также в аварийных ситуациях, внесение частиц металлической стружки частиц окалины на поверхность полов» [3].

«Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду на рассматриваемой операции проводятся следующие мероприятия - применение защитных щитков препятствующих распространению паров, взвеси и разбрызгиванию СОЖ, подвод приточно-вытяжной вентиляции, оборудованной фильтрами.

В разделе выработаны мероприятия и средства по снижению профессиональных рисков, которые позволяют снизить их общий уровень, сократить производственный травматизм и уровень производственной заболеваемости» [3].

5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел предполагает решение главной задачи бакалаврской работы, которая заключается в экономическом обосновании целесообразности внедрения предложенных в технологический процесс изменений.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает замену инструмента и оснастки. Предлагаемый инструмент имеет большую износостойкость, а оснастка – более быстрое реагирование на выполнение действий. Все эти изменения обеспечивают снижение трудоемкости операции, как за счет увеличения режимов резания, так и за счет уменьшения вспомогательного времени выполнения операции.

Результаты технических изменений после совершенствований операций, а именно замены инструмента и оснастки:

- сокращение основного времени выполнения операций на 21,9%;
- сокращение вспомогательного времени – на 21,3%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента на 26,7 %.

Описанные результаты достаточно существенны для того, чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 5 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 5 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [6]

Используя, описанную на рисунке 5, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (К_{ВВ}), которая составила 84624,46 рублей. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование технологического процесса. На рисунке 6 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

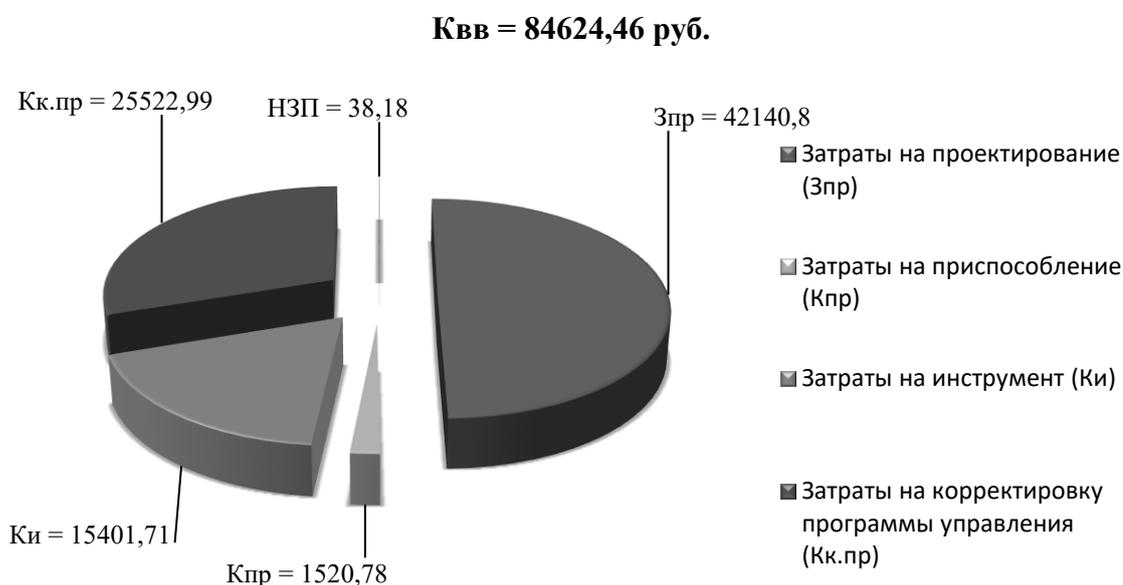


Рисунок 6 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Анализируя рисунок 6, можно сказать, что затраты на проектирование

являются самыми существенными, так как их доля составила 49,8% в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 7.

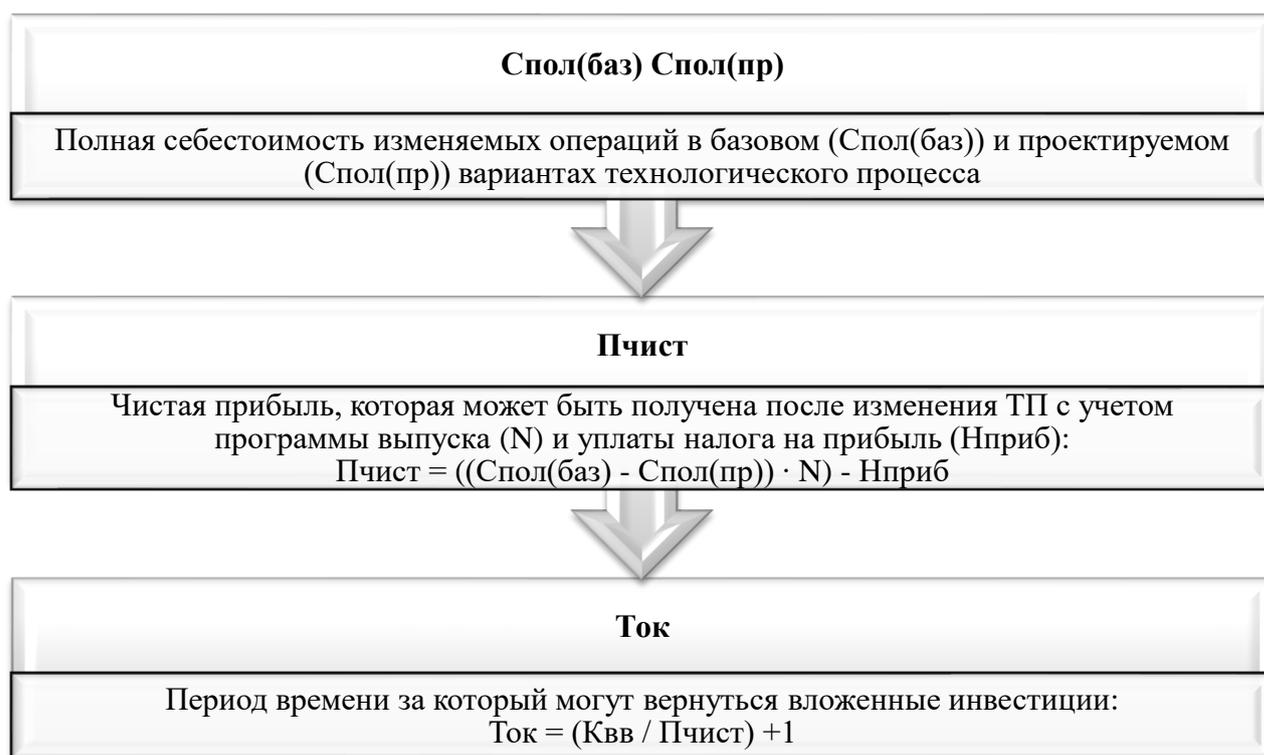


Рисунок 7 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 7, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того, чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизится или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она снизится, потому что чем

больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Результаты расчета полной себестоимости по вариантам технологического процесса представлены на рисунке 8.

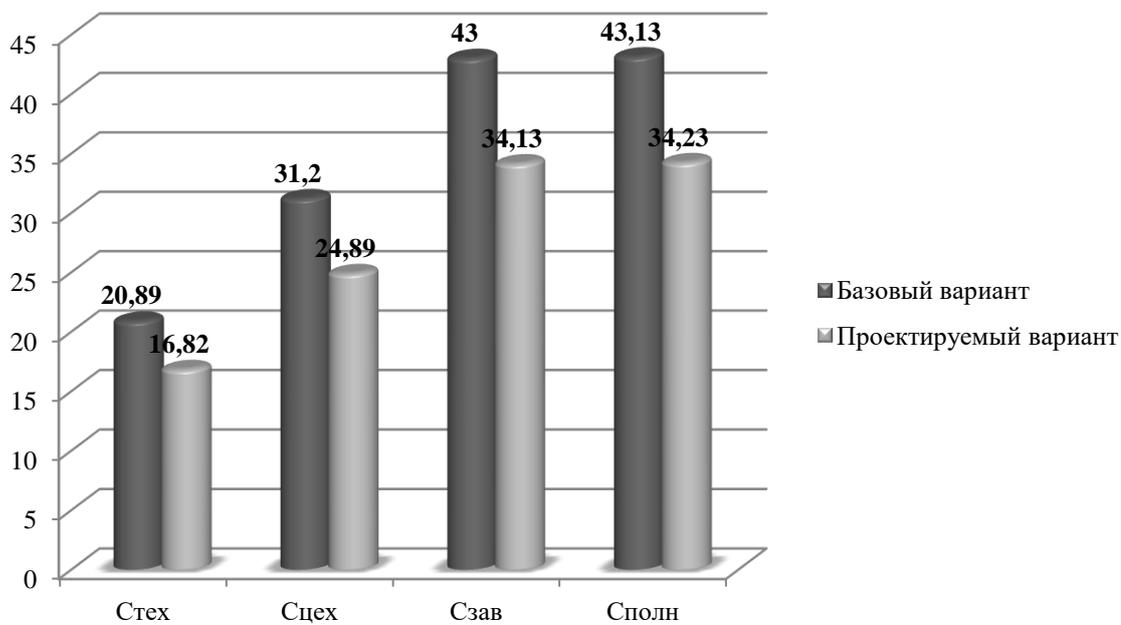


Рисунок 8 – Результаты расчета полной себестоимости по вариантам, руб.

Из рисунка 8 видно, что полная себестоимость в проектируемом варианте снижается, это изменение составляет около 20,6 %.

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций за 4 года. Если срок будет выше, то внедрение совершенствований нецелесообразно.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный

экономический эффект ($\text{Э}_{\text{инт}}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволят максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 9 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.



Рисунок 9 – Значения показателей чистой прибыли ($\text{П}_{\text{чист}}$), срока окупаемости ($\text{Т}_{\text{ок}}$) и экономического эффекта ($\text{Э}_{\text{инт}}$)

В разделе проведены все необходимые экономические расчеты. Как показано на рисунке 9, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы по разработке технологии изготовления корпуса толкателя в годовом объеме выпуска 5000 деталей в год, исходя из служебного назначения детали, была показана возможность ее изготовления, которая доказана с помощью анализа технологичности. Выбран материал для заготовки, учитывая его физико-механические свойства, химический состав и возможность механической обработки. Определен материал. Проведена систематизация всех поверхностей детали и назначена стратегия их обработки. Проведен сравнительный экономический анализ для выбора наиболее оптимального метода получения заготовки. Проведен расчет припусков для заготовки. Выбраны средства технического оснащения в виде необходимого и подходящего оборудования; доступных и несложных приспособлений; режущего инструмента и средств контроля для получения требуемого качества, обработанных в результате их применения, поверхностей. Спроектированы операции. Назначены скорость резания и подачи. Режимы резания определены на основе табличных данных, учитывая тип материала и характеристики инструмента. Проведено нормирование после определения режимов резания. Спроектировано приспособление, которое обеспечило надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Спроектировано контрольное приспособление. Доказана экономическая эффективность предлагаемых изменений технологического процесса относительно базового. Выполнен анализ технологии на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотрены мероприятия по защите труда для обеспечения заданных условий обработки. Предложены мероприятия для достижения безопасности и экологичности рассматриваемого технического объекта. Даны рекомендации для внедрения разработанного нового технологического процесса в реальном производстве.

Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
2. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
3. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
4. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
5. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
7. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. -

782 с.

8. 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. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

9. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

10. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

11. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

12. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

13. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15

01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

14. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

15. 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.

16. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

17. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) «Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в», «Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)» / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.

18. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

19. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

20. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.

