

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 устройства загрузки

Обучающийся

Н.А. Шевченко

(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)

Тольятти 2023

Аннотация

В выпускной квалификационной работе предлагается новая технология изготовления корпуса устройства загрузки в объеме годового выпуска 15000 штук в год. В работе определяется служебное назначение рассматриваемой детали. Доказывается количественно и качественно технологичность детали. Показывается реальная возможность изготовления детали. Проектируются операции. На основе табличных данных определяются режимы резания с учетом материала и характеристик режущего инструмента. Проектируются необходимые при механической обработке заготовки приспособления. В работе используются методики определения типа производства и его стратегии; используется методика для проектирования заготовки; методика проектирования техпроцесса; методика проектирования операции и определения необходимой оснастки. Используется методика проектирования оснастки в виде системы автоматического управления обрабатывающим станком с числовым программным управлением и режущего инструмента. Все поставленные задачи выполнены в предлагаемой последовательности. Качество проработки данных задач определило в итоге качество проектирования техпроцесса в целом, что и способствовало достижению поставленной цели. Используется также методология для решения основных задач обеспечения безопасности техпроцесса. Выявляются опасные и вредные производственные факторы. Предлагаются мероприятия по защите, охране труда и окружающей среды. Решается задача по определению показателей экономической эффективности по самой современной методологии. Доказывается экономическая целесообразность предлагаемых изменений технологического процесса в сравнении с базовой технологией.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	7
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	7
1.2 Формулировка задач работы.....	12
2 Технология изготовления детали.....	13
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	13
2.2 Расчет технологических операций.....	29
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	33
3.1 Управление процессом резания на станках с ЧПУ.....	33
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	43
Заключение.....	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А. Технологическая документация.....	50

Введение

Любому специалисту в области машиностроения необходимо хорошо знать не только специфику производственного цикла, но также основные производственные задачи работников (минимизация себестоимости и производственных издержек при повышении производительности и сохранении качества продукции), решение которых требует как теоретических знаний, так и практических навыков, связанных с подбором оптимальных режимов, отладкой обрабатывающего оборудования, использованием измерительных инструментов для контроля качества процессов и проверки оборудования и так далее.

При этом необходимы навыки обслуживания как универсального оборудования [21], так и программируемого; в управляющий блок необходимо вводить новые программы обработки, кроме того, важен оптимальный подбор режущего инструмента [19]. Все указанные навыки чрезвычайно важны с точки зрения уровня профессиональной подготовки по анализируемой специальности.

Станки, выпускаемые сегодня, обладают огромными преимуществами, включая возможность интеграции в автоматические линии производства. Обычно компоновка станков в линии производится с использованием двух типов оборудования: специально разработанного для работы в автоматических линиях и универсального оборудования [3]. Однако на практике стало ясно, что во многих случаях применение универсального оборудования является более целесообразным подходом. Это позволяет ускорить процесс проектирования и изготовления автоматических линий.

Высокопроизводительное оборудование увеличивает выпуск продукции благодаря технологическим возможностям и скорости обработки [8].

Использование современных высокопроизводительных режущих инструментов позволяет снизить стоимость обработки за счет использования

высоких режимов обработки, уменьшения времени на смену инструмента, а также сокращения доли человеческого участия в процессе механического изготовления продукции.

Основные цели исследовательской работы включают в себя: углубление и расширение теоретических знаний, получение профессиональных знаний и навыков в области организации работы; компетентная разработка и заполнение «технологической документации для производства продукции для различных условий производства, от одиночного (универсальное оборудование) до массового (автоматические линии)» [6]; рассмотрение назначения детали и свойств обрабатываемого материала; анализ технологичности детали; определение метода и этапов обработки поверхности деталей; выбор рекомендуемых режимов резания и металлообрабатывающих станков; повышение производительности оборудования в процессе резания.

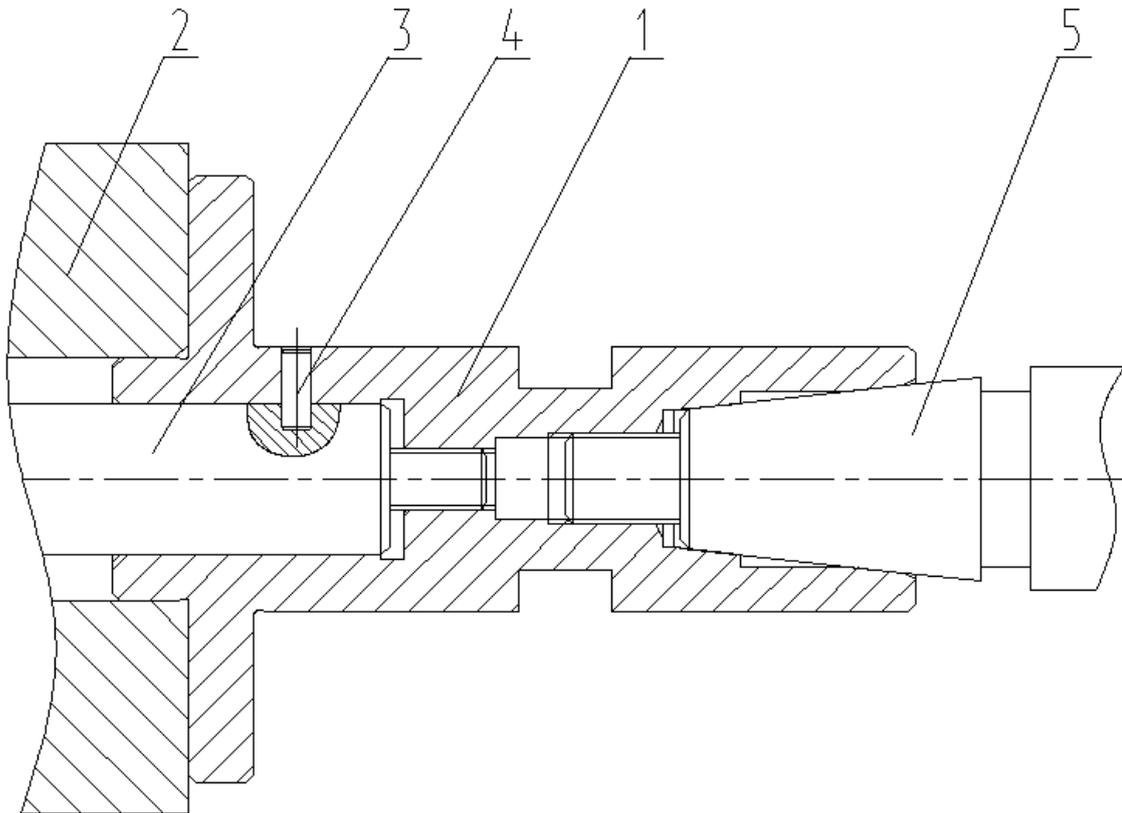
Процесс отбора и анализа отечественных и зарубежных научных публикаций играет важнейшую роль в осмыслении роли детали в специальном приспособлении [13]. Эта работа служит средством получения достоверной информации о функциональных возможностях, областях применения и отличительных характеристиках данного компонента. Кроме того, она позволяет освоить последние достижения в области механической обработки и связанных с ней технологий. Для отбора соответствующих научных публикаций рекомендуется использовать специализированные базы данных, такие как Scopus, Web of Science или Google Scholar [18]. В этих хранилищах можно найти множество статей и журналов, написанных исследователями по всему миру и охватывающих широкий спектр тем, включая инженерные системы и механическую обработку. Важнейшим критерием, который необходимо учитывать при отборе научных публикаций для изучения, является авторство. Целесообразно отдавать предпочтение работам, подготовленным выдающимися учеными с устоявшейся репутацией и большим опытом работы в области механической обработки. В равной

степени следует обращать внимание на современную актуальность источников, отдавая предпочтение тем, которые были опубликованы в последние годы [10]. При работе с отобранными источниками следует обратить внимание на несколько важнейших аспектов. Прежде всего, необходимо всесторонне изучить описание детали и ее роль в более широком контексте специального приспособления. Источники, в которых подробно рассматриваются различные приспособления, их сложная конструкция и многообразие применений, зачастую оказываются наиболее информативными. Во-вторых, необходимо тщательно изучить функциональные характеристики детали. Эти характеристики охватывают целый ряд параметров, включая, в частности, пороговые значения давления и температуры, состав материала и другие важные физические свойства. Кроме того, целесообразно ознакомиться с правилами установки и эксплуатации данного компонента. Кроме того, необходимо уделить пристальное внимание научным исследованиям, изучающим возможности применения детали в различных условиях окружающей среды или в сочетании с новыми материалами. Такие исследования позволяют получить ценные сведения о преимуществах и ограничениях деталей при их использовании в конкретных условиях [15]. После всестороннего изучения отечественной литературы целесообразно перейти к изучению зарубежных научных публикаций. Зарубежные авторы часто представляют новые взгляды и новаторские разработки в области машиностроения. Использование опыта зарубежных ученых может способствовать формированию инновационных решений и совершенствованию существующих методик. Представленные подходы в полной мере используются в предлагаемой работе.

1 Анализ объекта проектирования

1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

В работе будет разработана технология изготовления детали «Корпус». Деталь является основой устройства загрузки, предназначенного при закреплении оправки в этом устройстве зажима обрабатывающего станка, Оправка применяется в том случае, когда заготовка имеет сложные геометрические формы поверхностей. Часть устройства зажима представлена на рисунке 1.



1 – корпус устройства загрузки; 2 – шейка; 3 – вал; 4 – штифт; 5 – оправка.

Рисунок 1 – Часть устройства

«Корпус 1 устанавливается в торец с упором на шейке 2. С помощью штифта 4 происходит фиксация вала 3, который для дополнительного закрепления устанавливается на резьбовом конце во втулке с левого отверстия. Оправка 5 устройства загрузки устанавливается на резьбовом конце корпуса 1 в коническом отверстии с левого торца» [15].

Корпус относится к деталям типа валов; поверхность детали состоит из плоских и торцевых поверхностей вращения простых геометрических форм. Специальные инструменты и оборудование для обработки детали не требуются. В соответствии с ГОСТ 14.204-73, к технологическим характеристикам конструкции предъявляются следующие требования: конструкция должна либо быть стандартной, либо включать стандартные (унифицированные) детали; детали производятся из полученных рациональным методом стандартных «заготовок; размеры и поверхности детали должны характеризоваться оптимальными показателями точности и шероховатости» [4]; в соответствии с технологическими требованиями, «определяются механические и физико-химические характеристики материала, форма и параметры детали, а также уровень жесткости; точность установки, обработки и контроля обеспечиваются за счёт таких показателей базовой поверхности» [12] детали, как точность и шероховатость; конструкция предусматривает возможность использования при производстве детали стандартных (типовых) технологий. Исходя из служебного назначения детали, принимаем в качестве материала для заготовки сталь 19ХГН ГОСТ-1414, «так как ее физические и механические свойства полностью удовлетворяют тем требованиям, которые предъявляются для поддержания соответствующего напряженно-деформированного состояния детали при ее эксплуатации. В химическом составе» [21] выбранного материала доля содержания серы соответствует 0,035 процента, доля содержания хрома колеблется в пределах от 0,7 до 1,0 процента, доля содержания меди соответствует 0,30 процента, доля содержания фосфора соответствует 0,035 процента, доля содержания

магния колеблется в пределах от 0,55 до 0,80 процента, доля содержания никеля соответствует 0,25 процента, доля содержания никеля колеблется в пределах от 0,17 до 0,37 процента и остальное железо [21]. Функциональные требования к детали типовые. Они включают прочность (сталь 19ХГН соответствует по пределу прочности), износостойкость (обеспечивается сочетанием твердости, точности и шероховатости – все требования типовые), точность и другие качества, необходимые для выполнения задачи. Эти требования определяют методы обработки (много переходная технология) и контроля качества (операционного и комплексного в рамках отдельной операции). Функциональные требования к детали типовые. Они включают прочность (сталь 19ХГН соответствует по пределу прочности), износостойкость (обеспечивается сочетанием твердости, точности и шероховатости – все требования типовые), точность и другие качества, необходимые для выполнения задачи. Эти требования определяют методы обработки (много переходная технология) и контроля качества (операционного и комплексного в рамках отдельной операции).

Для анализа технологичности детали применим качественную методику [7]. Размеры детали средние. Они определяют не только методы обработки, но также выбор оборудования для производства деталей по рабочей зоне, точности и нагрузкам, которые могут возникнуть при обработке. Деталь с максимальным диаметром до 80 мм и длиной до 105 мм может быть изготовлена на большинстве автоматизированных станков. «При этом не требуются какие-либо специальные методы выверки или специальные» [12] приспособления. Исходя из конструктивных особенностей детали и технических требований чертежа разделим поверхности детали на четыре группы, классификация и систематизация поверхностей указаны на рисунке 2. Деталь может быть классифицирована по конструктивно-технологическим признакам в зависимости от ее формы, материала, размеров и требований к функциональности. Эта классификация является важным этапом при

проектировании технологии производства деталей, так как она позволяет определить оптимальные методы обработки и подобрать соответствующий инструмент. Первый этап классификации включает определение основных геометрических параметров детали, таких как длина, диаметр, соотношение размеров. Эта информация необходима для выбора подходящего метода получения заготовки: штамповка или прокат, выбора схемы установки.

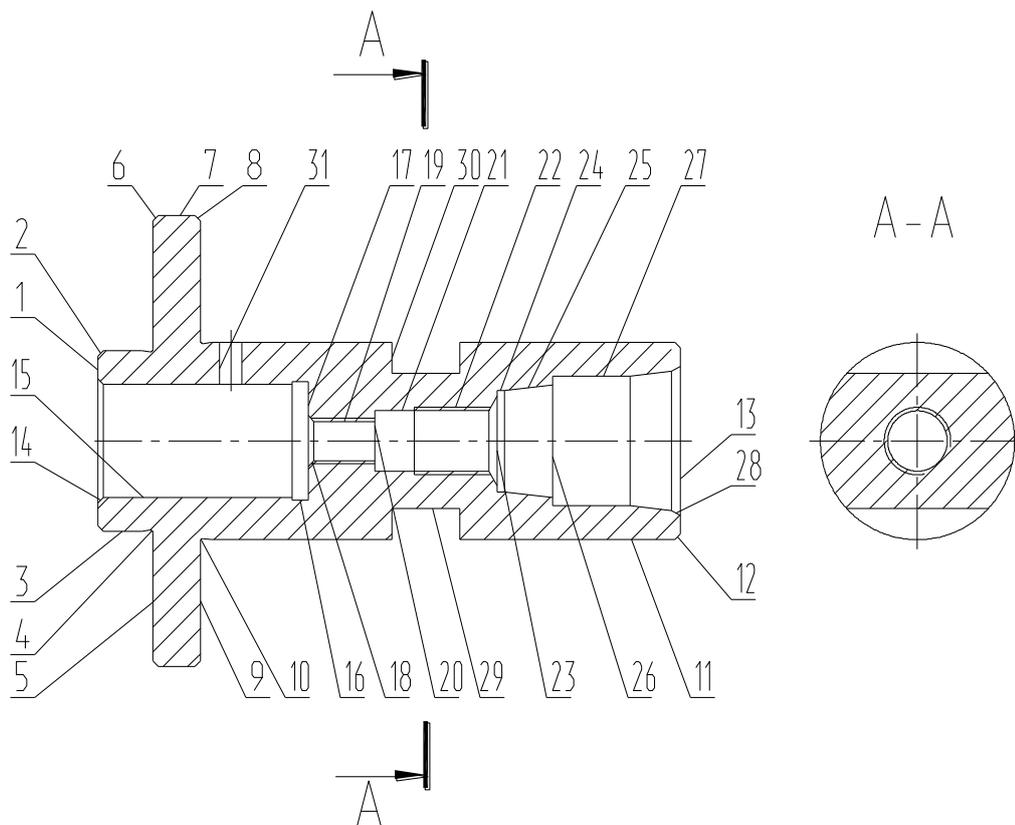


Рисунок 2 – Эскиз корпуса

Итог классификации: исполнительной поверхностью [1], определяющей служебное назначение детали является поверхность [1] 25 – коническое отверстие. «Поверхности, являющиеся основными конструкторскими базами, являются поверхность 3 – шейка и поверхность 5 – торец. В качестве поверхностей, определяющих вспомогательные конструкторские базы» [1] выбираем поверхности 15 – отверстие, 29 – шейка, 19 и 22 – отверстия с

резьбой. «Все остальные поверхности считаем свободными, так как они не контактируют ни с чем» [9]. При технологическом проектировании механической обработки детали применим определенные принципы и правила, которые способствуют эффективному выполнению процесса. Принципы проектирования: одним из ключевых принципов является принцип совмещения баз. Это означает, что при разработке технологической схемы необходимо объединить базы, то есть поверхности деталей, которые могут быть использованы в качестве опорных для последующих операций; важным принципом является также принцип постоянства баз. Это означает, что базы должны иметь постоянное положение и не подвергаться изменениям в процессе обработки деталей; для оптимизации процесса обработки деталей используем принцип разделения маршрута обработки. Это означает, что весь процесс разбивается на отдельные операции, которые выполняются последовательно; для достижения требуемой точности обработки поверхностей детали применим принцип поэтапного достижения. То есть, точность обработки поверхностей улучшается постепенно, с учетом высоких требований к качеству; принцип дифференциации операций подразумевает, что каждая операция должна быть четко определена и иметь свои конкретные особенности; применение принципа концентрации операций позволит объединить несколько операций в одну, что сэкономит время и ресурсы; принцип принятия решения предполагает, что каждая операция должна быть осуществима и эффективна для достижения желаемого результата. Также существуют правила проектирования, которые необходимо соблюдать. Согласно этим правилам, вначале обрабатываются поверхности деталей, которые могут быть использованы в качестве баз для последующих операций. Затем производится обработка поверхностей, относительно которых имеется определенное отношение. Например, размеры или допуски расположения. Конструкция детали технологична, поэтому механическая обработка для ее

получения не должна вызвать серьезные затруднения и дополнительных операций.

1.2 Формулировка задач проектирования

В работе необходимо показать реальную возможность изготовления детали. Для реализации служебного назначения детали выбрать материал для заготовки. Спроектировать операции. На основе табличных данных определить режимы резания с учетом материала и характеристик режущего инструмента. Спроектировать необходимые при механической обработке заготовки приспособления. Доказать экономическую целесообразность предлагаемых изменений технологического процесса в сравнении с базовой технологией. Выявить опасные и вредные производственные факторы. Предложить мероприятия по защите, охране труда и окружающей среды. По известной методике определить тип производства и его стратегию по методике [20]; используя методику из [4], спроектировать заготовку; используя методику из [9] и [16], спроектировать техпроцесс; используя методику из источников [1] и [17], спроектировать операции и определить необходимую оснастку. На следующем этапе используя методику из источников [16] и [14] спроектировать оснастку в виде системы автоматического управления для обрабатывающих станков с числовым программным управлением и режущий инструмент. Используя методику, представленную в [5] решить основные задачи обеспечения безопасности техпроцесса. Задача по определению показателей экономической эффективности решается по методике, представленной в [14]. Выполнять поставленные задачи необходимо именно в предлагаемой последовательности, представленной выше.

В разделе определено служебное назначение рассматриваемой детали. Доказана количественно и качественно технологичность детали. Показаны предпосылки для реализации технологии изготовления детали.

2 Технология изготовления детали

2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения

Согласно задания исходными данными являются: масса готовой детали равна 0,81 килограмма и годовая программа выпуска 15000 деталей в год. Определяем тип производства как среднесерийный и для выбора метода получения заготовки проведем сравнительный экономический анализ двух методов получения заготовки – это штамповка и прокат. Штамповка металлов представляет собой важный технологический процесс пластической деформации заготовок, при котором осуществляется выдавливание металлического материала через специальное отверстие в матрице под действием прилагаемого усилия со стороны пуансона. Штамповка нашла весьма широкое применение и активно используется для эффективной обработки самых разнообразных металлов как в нагретом, горячем состоянии, так и без предварительного подогрева – в холодном виде, а также данный метод актуален для формования и получения изделий из металлических порошков и различных пластмасс. Методом штамповки можно получать весьма разнообразную продукцию: прутки, трубы, профили самой разной сложной конфигурации. Детали и заготовки, изготовленные посредством прессования, как правило, являются более экономичными и выгодными по сравнению с другими альтернативными способами производства, такими как прокатка, прессование, литье с последующей механической обработкой деталей. Кроме того, методом штампования имеется возможность получать готовые изделия со сложными формами и конфигурациями, недостижимыми при использовании каких-либо иных альтернативных технологических методов обработки. Главным значимым преимуществом штамповки является наличие возможности эффективно осуществлять пластическую деформацию различных металлов с получением весьма высоких степеней вытяжки

заготовок. Методом штамповки можно получать детали с поперечными сечениями сложной формы, изготовление которых затруднительно или невозможно другими способами. К дополнительным достоинствам данного метода обработки можно также отнести достижение высокого качества обрабатываемой поверхности и высокой точности размеров поперечного сечения штампованных заготовок. К основным недостаткам штамповки можно отнести: повышенный расход металла на единицу продукции из-за значительных отходов в виде штамп-остатка, а также возможная неравномерность механических свойств металла по длине и поперечному сечению готовых изделий, высокая стоимость используемого оборудования. Процесс штамповки металлов выполняется в условиях интенсивного неравномерного всестороннего сжатия, что положительно сказывается на повышении общего уровня пластичности обрабатываемого материала.

«Для определения размера партии запуска воспользуемся формулой

$$n = N \cdot \frac{b}{254}, \quad (1)$$

где b – периодичность запуска (24 дня);

N – объем выпуска по заданию.

В результате получим:

$$n = 15000 \cdot \frac{24}{254} = 1500 \text{ дет.} \text{» [17].}$$

«Для определения массы заготовки M_{III} при штамповке будем пользоваться формулой

$$M_{III} = M_D \cdot K_P, \quad (2)$$

где M_D – масса детали, кг;

K_P равен 1,6» [17].

$$M_{Ш} = 0,81 \cdot 1,6 = 1,3 \text{ кг.}$$

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

$$M_{ПР} = V \cdot \gamma, \quad (3)$$

где V – объем заготовки, мм^3 ;

γ – плотность материала заготовки, кг./мм^3 » [17].

«Объем всех цилиндрических частей детали будет равен:

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

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot (85,5^2 \cdot 110) = 631240 \text{ мм}^3$$

Масса заготовки из проката будет

$$M_{ПР} = 631240 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4,96 \text{ кг.}» [17]$$

«Принимаем штамповку.

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_{Д} = C_{З} + C_{МО} - C_{ОТХ}, \quad (5)$$

где стоимость $C_{З}$ – заготовки;

$C_{МО}$ – механической обработки;

$C_{ОТХ}$ – стружки» [17].

«При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_{З} = C_{Б} \cdot M_{Ш} \cdot K_{Т} \cdot K_{СЛ} \cdot K_{В} \cdot K_{М} \cdot K_{П}, \quad (6)$$

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» [17].

«Примем C_B равным 0,4 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 0,84, K_B равным 1,29, K_M равным 1,21 и $K_{П}$ равным 1,0» [17].

«Тогда

$$C_3 = 0,4 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,29 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,68 \text{ руб.}$$

Определим стоимость обработки:

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} \quad (7)$$

где $C_{УД}$ – цена 1 кг материала, руб./кг» [17].

«Удельные затраты:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (8)$$

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

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД}. \quad (9) \text{» [17]}$$

«Тогда

$$C_{МО} = (1,3 - 0,81) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 9,8 \text{ руб.}$$

Так как $C_{ОТХ}$ является возвратной величиной, то:

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} \quad (10)$$

$C_{ОТХ}$ равна 0,35 руб./кг. Получим:

$$C_{ОТХ} = (1,3 - 0,81) \cdot 0,35 = 0,172 \text{ руб.} \text{» [17]}$$

«В итоге:

$$C_{Д} = 62,9 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки:

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

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

$C_{ОЗ}$ – отрезка, руб.

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

где $C_{ПЗ}$ – приведенные 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» [17].

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

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (14) \text{» [17]}$$

«Штамповка:

$$K_{ИМ} = \frac{0,81}{1,3} = 0,62.$$

Прокат:

$$K_{ИМ} = \frac{0,81}{4,96} = 0,16.$$

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

Определим годовой экономический эффект по формуле:

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

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

$C_{Д_{Ш}}$ – стоимость детали, если заготовка получена штамповкой» [17].

«Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (219,1 - 77,3) \cdot 15000 = 2127000 \text{ руб.}$$

Расчет припусков на размер 32Н7 проведем табличным методом» [17] и покажем в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет припусков

Переход	Элементы припуска, мкм			Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
	Rz	ρ	T		d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
1	160	200	567	1200	35,833	34,634	-	-
2	50	50	34	390	33,001	32,612	2,202	2,892
3	25	25	23	100	32,255	32,256	0,255	0,745
4	10	10	11	39	32,110	32,075	0,163	0,302
5	5	5	6	25	32,000	32,953	0,095	0,143

Покажем последовательность обработки заготовки и соответствующие технологические переходы, на которых используются предлагаемые методы обработки.

На технологических операциях 010 и 015 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 1 (шероховатость R_a равная 6,3

микрометра, десятый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начерно (получить показатель тринадцатого квалитета *IT*), точить начисто (получить показатель десятого квалитета *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 015 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 2 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начисто (получить показатель одиннадцатого квалитета *IT*) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 010, 015, 025 и 065 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 3 (шероховатость R_a равная 0,8 микрометра, седьмой квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начерно (получить показатель тринадцатого квалитета *IT*), точить начисто (получить показатель десятого квалитета *IT*), шлифовать начерно (получить показатель восьмого квалитета *IT*), провести термическую обработку и шлифовать начисто (получить показатель седьмого квалитета *IT*).

На технологической операции 015 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 4 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начисто (получить показатель одиннадцатого квалитета *IT*) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 010, 015, 025 и 065 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 5 (шероховатость R_a равная 0,8 микрометра, десятый квалитет *IT*) в технологическом процессе

предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начерно (получить показатель тринадцатого квалитета IT), точить начисто (получить показатель десятого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 015 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 6 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начисто (получить показатель одиннадцатого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 010 и 015 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 7 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, восьмой квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начерно (получить показатель тринадцатого квалитета IT), точить начисто (получить показатель десятого квалитета IT), шлифовать начерно (получить показатель девятого квалитета IT), провести термическую обработку и шлифовать начисто (получить показатель восьмого квалитета IT).

На технологической операции 015 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 8 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начисто (получить показатель одиннадцатого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 010, 015 и 030 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 9 (шероховатость R_a равная 3,2 микрометра, девятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начерно (получить показатель тринадцатого квалитета IT), точить

начисто (получить показатель десятого качества IT), шлифовать начерно (получить показатель девятого качества IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 015 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 10 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начисто (получить показатель одиннадцатого качества IT) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 010, 015 и 030 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 11 (шероховатость R_a равная 3,2 микрометра, девятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начерно (получить показатель тринадцатого качества IT), точить начисто (получить показатель десятого качества IT), шлифовать начерно (получить показатель девятого качества IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 015 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 12 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начисто (получить показатель одиннадцатого качества IT) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 010 и 015 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 13 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: точить начерно (получить показатель тринадцатого качества IT), точить

начисто (получить показатель десятого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 040 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 14 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: расточить начисто (получить показатель одиннадцатого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 020 и 070 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 15 (шероховатость R_a равная 0,8 микрометра, восьмой квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого качества *IT*), расточить начисто (получить показатель десятого качества *IT*), шлифовать начерно (получить показатель восьмого качества *IT*), провести термическую обработку и шлифовать начисто (получить показатель седьмого качества *IT*).

На технологической операции 040 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 16 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: расточить начисто (получить показатель одиннадцатого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 17 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель четырнадцатого качества *IT*), расточить начерно (получить показатель тринадцатого качества *IT*), расточить начисто

(получить показатель десятого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 040 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 18 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: расточить начисто (получить показатель одиннадцатого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 040 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 19 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого качества *IT*), нарезать резьбу (получить показатель десятого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 20 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого качества *IT*), расточить начисто (получить показатель десятого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 21 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, тринадцатый квалитет *IT*) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого качества *IT*) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 22 (шероховатость R_a равная 0,8 микрометра, шестой квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого квалитета IT), расточить начисто (получить показатель десятого квалитета IT), шлифовать начерно (получить показатель восьмого квалитета IT), провести термическую обработку и шлифовать начисто (получить показатель шестого квалитета IT).

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 23 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого квалитета IT), расточить начисто (получить показатель десятого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 24 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого квалитета IT), расточить начисто (получить показатель десятого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологических операциях 020, 035 и 075 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 25 (шероховатость R_a равная 0,4 микрометра, десятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого квалитета IT), нарезать резьбу (получить показатель десятого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 26 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого квалитета IT), расточить начисто (получить показатель десятого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 27 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, десятый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого квалитета IT), расточить начисто (получить показатель десятого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 020 для получения требуемого качества при обработке конической поверхности 28 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, одиннадцатый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: расточить начисто (получить показатель одиннадцатого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 040 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 29 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, тринадцатый квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: фрезеровать (получить показатель тринадцатого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 040 для получения требуемого качества при обработке плоской поверхности 30 (шероховатость R_a равная 6,3 микрометра, тринадцатый квалитет IT) в технологическом процессе

предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: фрезеровать (получить показатель тринадцатого квалитета IT) и провести термическую обработку.

На технологической операции 040 для получения требуемого качества при обработке цилиндрической поверхности 31 (шероховатость R_a равная 1,25 микрометра, седьмой квалитет IT) в технологическом процессе предлагается осуществить следующую последовательность технологических переходов: сверлить (получить показатель тринадцатого квалитета IT), зенкеровать (получить показатель десятого квалитета IT), развертывать начерно (получить показатель восьмого квалитета IT), развертывать начисто (получить показатель седьмого квалитета IT) и провести термическую обработку.

Эскиз заготовки показан на рисунке 3, а схема припусков на рисунке 4.

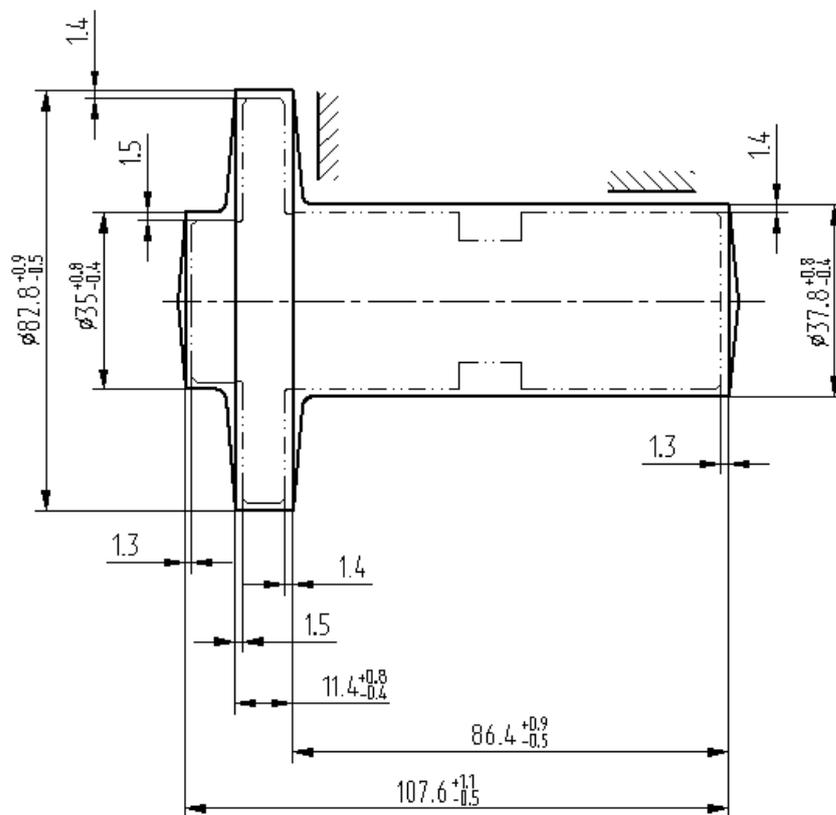


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

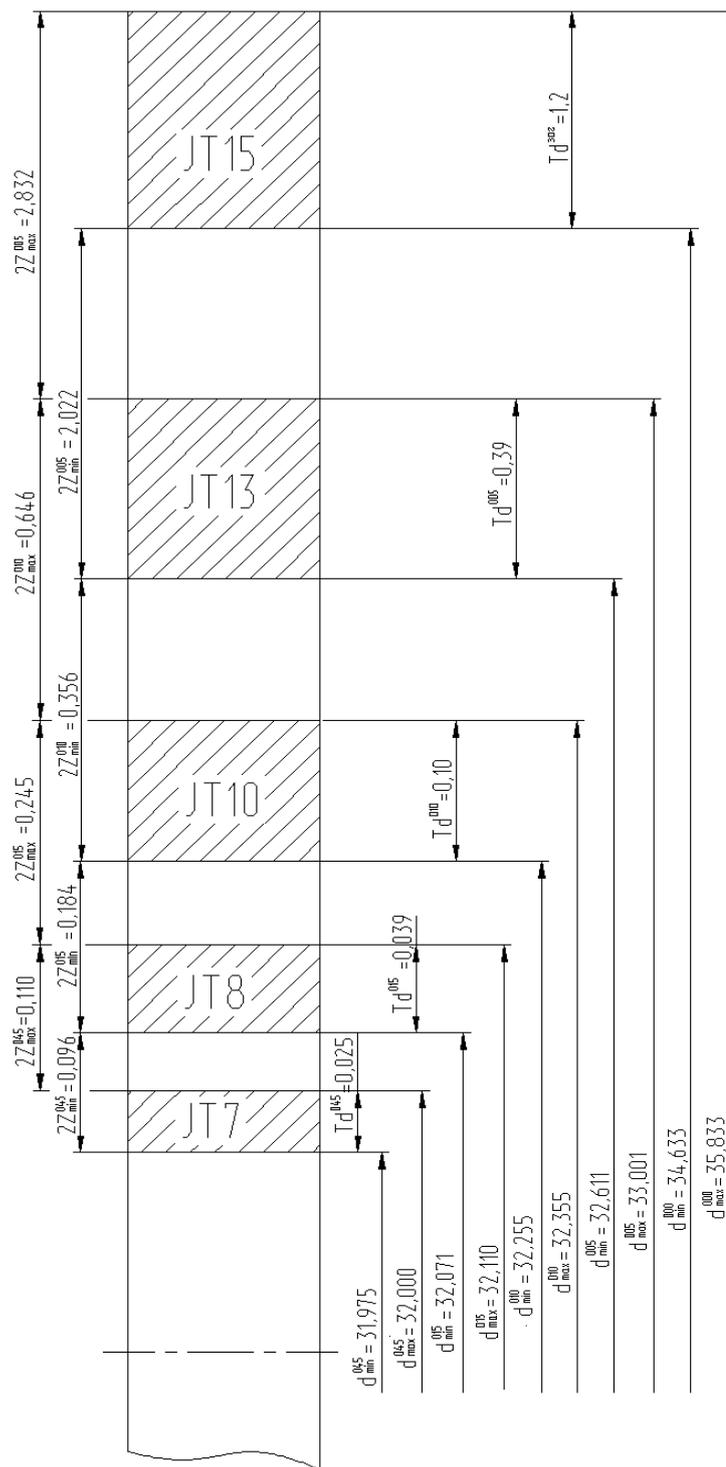


Рисунок 4 – Схема припусков на размер 32Н7

Современные методы производства, ориентированные на среднесерийное производство, сильно зависят от эффективности и качества используемой технологической оснастки, которая может составлять до 20%

общей стоимости продукции. Наибольшую долю в арсенале технологической оснастки занимают станочные приспособления, предназначенные для установки и фиксации заготовок и деталей. С учетом быстрого развития методов обработки материалов, критическое значение приобретает разработка более рациональных конструкций станочных приспособлений, учитывающих их металлоемкость и жесткость для обеспечения оптимальных условий обработки. «Обозначим в технологическом процессе технологические операции и оборудование, на котором происходит механическая обработка: 005 и 010 – черновые токарные (ВСТ-625-21 CNC с ЧПУ); 015 и 020 – чистовые токарные (ВСТ-625-21 CNC с ЧПУ); 025 и 065 – круглошлифовальные (Полуавтомат 3Б153Т); 030 – круглошлифовальная (Полуавтомат 3М151); 035 – внутришлифовальная (Полуавтомат 3К227В); 040 – фрезерная (500Н с ЧПУ); чистовая внутришлифовальная (Полуавтомат 3К227В)» [17]. Средства технологического оснащения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – СТО

«Операция	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
005, 010, 015, 020	патрон токарный.	проходной резец. пластина Т5К10 ОСТ 2И.101-83. расточной резец.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79.
025	патрон мембранный ОСТ 3-3443-76.	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление
030			калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79.
035	цанговый патрон ГОСТ 17200-71. Люнет.		шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ 14827-69» [17].

Продолжение таблицы 2

«Операция	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
040	СП ГОСТ 17205-71	центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5К5. спиральное сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5К5. цельный зенкер ГОСТ 12489-71. концевая фреза ГОСТ 17025-71.	шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.
065	цанговый патрон ГОСТ 17200-71.	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ 14827-69. приспособление мерительное с индикатором» [17].
070, 075	мембранный патрон ОСТ 3-3443-76		

2.2 Расчет технологических операций

«При расчете технологических операций присутствует несколько составляющих – это расчет операционных размеров, расчет технологических допусков, расчет режимов резания и расчет норм времени» [12]. «Расчет может выполняться с помощью применения статистических методов либо расчетно-аналитических. Расчеты производятся на основе известных алгоритмов и подходов к решению» [20]. «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;

время работы одной пластины T равно 60 мин;

табличные величины степеней: m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,35;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 0,63» [17].

«Тогда для первого перехода:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,63 = 180,2 \text{ м/мин.}$$

Для второго перехода:

$$V_P = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 162,1 \text{ м/мин.}$$

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

Тогда при точении поверхности диаметром 32,4 мм на первом переходе:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 180,2}{3,14 \cdot 32,4} = 1771 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении поверхности диаметром 80 мм на первом переходе:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 180,2}{3,14 \cdot 80} = 717 \text{ мин}^{-1}.$$

При растачивании поверхности диаметром 19,7 мм на втором переходе:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 162,1}{3,14 \cdot 19,7} = 2622 \text{ мин}^{-1} \text{» [17].}$$

«При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания при обработке поверхности диаметром 32,4 мм равную 162,8 м/мин, при обработке поверхности диаметром 80 мм – 158,2 м/мин, а для второго перехода при обработке поверхности диаметром 19,7 мм – 123,7 м/мин.

Определим составляющие силы резания по формуле» [17]:

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

где C_P – коэффициент обработки равный 300;

x, y, n – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

K_P – коэффициент коррекции» [17].

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

где K_{MP} , $K_{\phi P}$, $K_{\gamma P}$, $K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 1,4, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_Z = 216 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

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

Тогда

$$N = \frac{216 \cdot 158,8}{1020 \cdot 60} = 0,55 \text{ кВт} \rangle [17].$$

«Полученные режимы резания заносятся в технологическую документацию, которая показана в приложении А в таблице А.1. Технологическая документация. Численные значения расчетов норм времени на выполнение операций и расчетов режимов резания будем определять с помощью онлайн калькулятора» [16] и представим их в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Режимы выполнения операций и их нормирование

«Операция	Переход	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Глубина резания, об/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин» [6]
005	1	65,50	0,50	0,95	788	1,335
	2	79,80	0,50	1,05	319	
	3	14,90	0,35	9,50	284	
	4	22,00	0,15	3,50	1001	
	5	74,50	0,50	2,00	1206	
010	1	71,20	0,50	0,90	734	1,806
	2	79,80	0,50	0,90	327	
	3	15,10	0,40	12,00	225	
	4	13,30	0,35	8,50	299	
	5	70,00	0,50	1,50	1071	
015	1	162,80	0,25	0,35	1771	0,889
	2	158,20	0,25	0,35	717	
	3	123,70	0,25	0,35	2622	

Продолжение таблицы 3

«Операция	Переход	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Глубина резания, об/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин» [б]
020	1	177,30	0,25	0,35	1623	1,367
	2	158,20	0,25	0,35	716	
	3	154,50	0,25	0,35	2097	
	4	7,90	1,00	1,00	318	
	5	7,50	1,00	1,00	238	
025	1	45,00	2,00	0,14	446	0,740
030	1	45,00	0,01	0,15	409	1,103
035	1	35,00	5400	0,14	448	0,697
040	1	24,10	0,50	5,50	730	0,737
	2	12,50	0,10	1,00	2547	
	3	16,50	0,10	1,65	1833	
	4	14,50	0,50	0,20	1205	
	5	9,80	0,70	0,10	898	
	6	7,90	0,60	0,05	636	
060	1	35,00	1,40	0,06	348	0,696
070	1	35,00	4600	0,06	445	0,655
075	1	35,00	5400	0,15	557	0,714

В представленном разделе «была показана технология изготовления детали. Спроектирована заготовка на основе экономического сравнения двух методов. Определены характеристики типа производства как среднесерийного. Представлен план обработки детали с учетом характеристик и требований типа производства. Показаны средства технологического оснащения. Проведен расчет операций. Полученные результаты детально показаны» [17] в Приложении А «Технологическая документация» в таблице А.1.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Управление процессом резания на станках с ЧПУ

«Наиболее рациональным методом управления процессами резания на станках с ЧПУ следует считать метод управления по априорной информации. Структура модуля показана на рисунке 5.

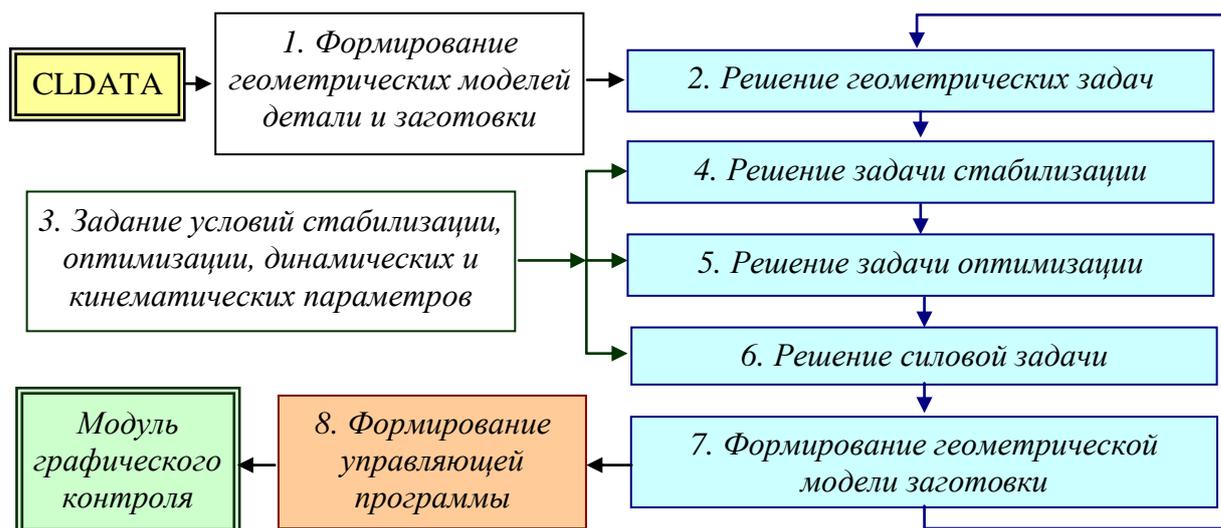


Рисунок 5 – Структура модуля управления резанием в САМ-системе

Для выполнения задач управления резанием модуль управления содержит следующие программные блоки:

Блок формирования массивов контуров заготовки и детали в виде цифровых дискретных геометрических моделей. Благодаря этому обеспечивается универсальный подход к решению последующих задач вне зависимости от входного языка задания геометрических образов в САМ-системе» [17].

«Блок решения задачи определения элементов резания, среди которых важнейшими являются параметры объема срезаемого материала, длина и положение линии контакта в зависимости от текущего положения

инструмента и заготовки в соответствии с заданным припуском, выбранной схемой снятия припуска, заданной по проходам глубиной резания» [17].

«Блок задания условий стабилизации, оптимизации, динамических и кинематических параметров технологической системы. Эти данные являются исходными и необходимы для решения последующих задач стабилизации, оптимизации и коррекции. Они содержат сведения о станке, инструменте, обрабатываемом материале, жесткости, массе, демпфировании в системе, кинематической схеме формообразования, параметрах сервоприводов формообразующих движений» [17].

«Блок решения задачи стабилизации выполняет расчет выбранного заранее управляющего воздействия, например, подачи, для обеспечения одинаковых условий резания, по заданному параметру которые оцениваются, например, по объему срезаемого припуска, на всех участках формообразующей траектории» [17].

«Блок решения задачи оптимизации рассчитывает оптимальные значения управляющих воздействий режима резания (например, подачи и скорости резания) в зависимости от заданных ограничений для достижения минимального времени обработки. Такая задача может быть многовариантной, т.е. дополняться выбором оптимальной глубины резания и оптимальной схемы съема припуска, особенно при многопроходной обработке. Например, оценивается эффективность двух методов обработки HSM (High Speed Machining – с высокими скоростями резания, но малыми глубинами) и НЕМ (High Efficiency Machining – с большими глубинами резания, но низкими скоростями резания). Однако во всех случаях критерием эффективности остается время обработки» [17].

«Блок расчета вектора силы резания по известным зависимостям согласно кинематической схеме и виду обработки. В зависимости от схемы закрепления детали, инструмента, а также жесткости, зазоров и других параметров динамической модели, проводится расчет вектора упругих

деформаций соответственно представлению ТОС, как системы, замкнутой через процесс резания. В результате выполняется расчет скорректированной формообразующей траектории» [17].

«Блок формирования геометрической модели текущей поверхности заготовки после каждого элементарного шага моделирования. Модуль выполняет также расчет поверхности заготовки после каждого прохода (при многопроходной обработке), геометрическая модель, построенная на последнем проходе, и будет представлять фактически обработанную поверхность детали» [17].

«Блок формирования управляющей программы должен обеспечивать работу в интерактивном режиме для окончательного формирования всех управляющих файлов, математической обработки полученных результатов, графической иллюстрации полученных результатов моделирования. Для этой цели используется модуль графического контроля» [17].

3.2 Проектирование режущего инструмента

Использование современных высокопроизводительных режущих инструментов позволяет снизить стоимость обработки за счет использования высоких режимов обработки, уменьшения времени на смену инструмента, а также сокращения доли человеческого участия в процессе механического изготовления продукции.

В металлообработке используется разного рода инструмент, одним из видов которых является металлорежущий. Ключевое назначение группы инструментов «металлорежущий инструмент» – обработка заготовок, с применением технологий резания.

Практически ни одно производство сегодня не обходится без данного технологического процесса, следовательно, к нему предъявляются достаточно серьезные требования для достижения высокого уровня производительности

производства. Металлорежущий инструмент – это целая группа инструментов, каждый из которых несет в себе свое функциональное назначение.

Инструмент непосредственно для резания (режущий) несет в себе функциональное назначение резки, под которой можно понимать создание новой поверхности металла путем снятия поверхностного слоя. Резка происходит с образованием металлической стружки.

«Геометрия каждого расточного инструмента (рисунок 6) предусматривает наличие следующих главных элементов:

- кромки, режущей главной. Она выполняет главную работу, связанную с устранением металлического слоя. По своей форме основная часть бывает фасонной либо прямой;
- кромки, режущей вспомогательной;
- вершины схождения режущих кромок» [6].

«Помимо этого, режущий инструмент бывает радиальным либо тангенциальным. В первой ситуации предусмотрено размещение рабочей области к подлежащей обработке поверхности под углом касательным способом.

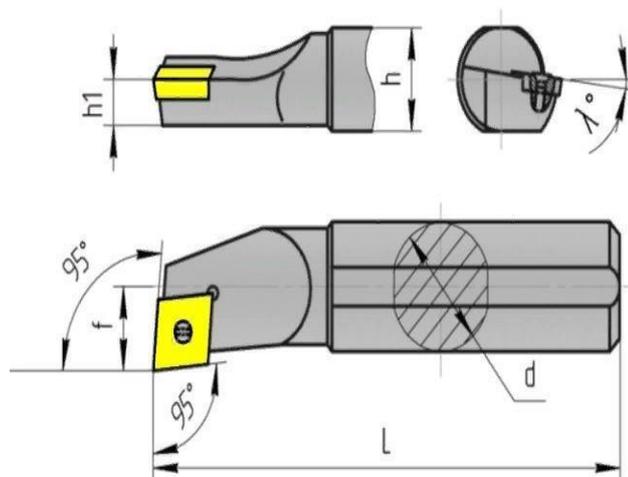


Рисунок 6 – Расточной резец

Во второй ситуации подобное размещение оказывается перпендикулярным по отношению к оси канала» [6]. «Наиболее часто используемые в разных технологических операциях, относящихся к машиностроению, режущие компоненты представлены в виде радиальных резцов для применения в токарных станках. Их спецификой оказывается то, что они без труда ставятся в резцедержатель и обладают удобной геометрией пластин для выполнения резки. Использование тангенциальной оснастки предусматривается тогда, когда следует обеспечить высокоуровневую чистоту поверхности» [6].

В разделе спроектирована система автоматического управления обрабатывающим станком с числовым программным управлением, а также представлена конструкция расточного резца, который используется в качестве режущего инструмента на координатно-расточной операции.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

«В качестве технического объекта, относительно которого будут рассматриваться вопросы обеспечения безопасности и экологичности является технологический процесс изготовления корпуса устройства загрузки» [2]. «Актуальность исследования обоснована тем, что процесс изготовления корпуса имеет определенное вредное и опасное действие на условия труда сотрудников предприятия, что чревато вредным влиянием на их здоровье, снижением производительности труда. Функционал системы управления человеческими ресурсами невозможно себе представить без такого важного раздела, как охрана труда. Поэтому в настоящем исследовании предпринята попытка решить проблему по улучшению обеспечения безопасности процесса изготовления масляных насосов с целью изменить в лучшую сторону условия труда работающего персонала, повысить качество и производительность работ» [5].

«Технический объект в своей реализации использует следующее оборудование: токарный станок с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC, круглошлифовальный полуавтомат 3Б153Т, круглошлифовальный полуавтомат 3М151, торцевнутришлифовальный п/а 3К227В, горизонтально-фрезерный с ЧПУ 500Н, электрохимический станок 4407. Приспособления: патрон токарный 3-х кулачковый рычажный, патрон мембранный ОСТ 3-3443-76, патрон цанговый ГОСТ 17200-71, люнет и приспособление специальное самоцентрирующее ГОСТ 17205-71. Инструмент: резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, сверло спиральное комбинированное, метчик машинный, шлифовальный круг, сверло центровочное, зенкер цельный, развертка машинная цельная, фреза концевая. Проводить анализ будем на потенциально опасных технологических операциях: токарная, фрезерная и

внутришлифовальная. Материал заготовки сталь 19ХГН ГОСТ 1414-75. Вспомогательные материалы: смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие» [11].

«В качестве рабочего места выберем рабочее место оператора станков с ЧПУ. Производственная схема размещения технологического оборудования и план изготовления корпуса представлены на соответствующих листах графической части» [5].

«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.

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» [5].

«Многие рабочие подвергаются воздействию различных источников шума на своем рабочем месте: роторы, шестерни, турбулентные потоки жидкости, процессы печати, электрические машины, двигатели внутреннего сгорания, пневматическое оборудование, дрели, прессы, взрывы, насосы и

компрессоры. Кроме того, звуки, издаваемые этими элементами, отражаются на полах, стенах, потолках и самом оборудовании, что увеличивает риск» [5].

«Отсутствие перерывов для отдыха вызывает чрезмерное утомление, напряжение и потерю внимания. Это становится причиной производственного травматизма. Необходимо правильно организовать режим труда и отдыха на предприятии, чтобы свести к минимуму риск несчастных случаев. На основе анализа проведенной идентификации опасных и вредных производственных факторов на конкретном рабочем месте оператора станков с ЧПУ установлено, что потенциальную опасность получения травм представляет фрезерная обработка, а именно разрушение режущих кромок инструмента для фрезерной обработки и износ элементов станочных приспособлений» [5].

Также существует несколько способов защиты от движущихся машин и механизмов:

- установка защитного ограждения или барьера вокруг движущегося оборудования, чтобы предотвратить доступ к нему или приближение к нему;
- установка сигнальных ламп, звуковых сигналов или аварийных кнопок, чтобы предупреждать о движущейся машине или механизме;
- разработка четких операционных процедур и правил безопасности для работы с движущимися машинами и механизмами. Проведение обучения персонала и наблюдение за их соблюдением;
- установка систем автоматического управления, которые могут обнаруживать присутствие людей в опасной близости и временно останавливать движение машины или механизма;
- обеспечение персонала специальной защитной одеждой и средствами индивидуальной защиты, такими как защитные очки, наушники, перчатки;

- регулярное обслуживание и ремонт машин и механизмов, чтобы предотвратить возможные поломки или неправильные работы, что может привести к авариям;
- отведение специальных безопасных зон, где людям запрещено находиться во время работы движущихся машин и механизмов [5].

«В рамках процесса предотвращения профессиональных рисков необходимо выявлять шумы, которые могут нанести вред здоровью работников. Эта часть довольно проста: шум – это специфическое явление, и чтобы его идентифицировать, вам нужно только прислушаться и определить, какие из них являются самыми громкими или раздражающими» [5].

«Для предотвращения несчастных случаев на производстве и заболеваний работодатели должны проводить оценку рисков и принимать решения о мерах профилактики и, при необходимости, об использовании средств индивидуальной защиты» [5].

«Организация тушения пожара регламентируется 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» [5]. «Все помещения в производственном участке оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей ИП 212-41М. Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР. 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 Сигнал – 20» [5].

«Наиболее вероятным источником возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера является 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» [5].

Также можно применить следующие действия:

- максимальное использование энергосберегающих технологий и ресурсов, таких как энергоэффективное освещение, утепление зданий, установка солнечных батарей и других возобновляемых источников энергии;
- установка экономичных сантехнических приборов, сбор и повторное использование дождевой воды, установка фильтров и систем очистки для уменьшения загрязнения воды;
- введение современных систем очистки выбросов, замена устаревших технологий на более экологически чистые, контроль и соблюдение нормативов по выбросам и стандартам качества воздуха;
- отдельный сбор и переработка отходов, использование утилизации и вторичного использования материалов, снижение потребления упаковочных материалов, использование биоразлагаемых и безопасных для окружающей среды продуктов.

В разделе проведен детальный анализ по выявлению опасных и вредных производственных факторов при реализации и функционировании технического объекта в виде технологического процесса изготовления корпуса устройства загрузки. Приведены мероприятия по снижению уровней опасности при реализации представляемого технологического процесса.

5 Экономическая эффективность работы

Любое техническое решение предполагает экономическое обоснование предложенных совершенствований. В этом и заключается основная задача данного раздела бакалаврской работы.

Подробное описание производимого изделия, его технологического процесса, применяемой оснастки и инструмента, а также трудоемкость операций, представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы. Но для выполнения основной задачи данного раздела, наибольший интерес представляют только предложенные изменения в технологический процесс.

Предложенные изменения технологического процесса и результаты представлены на рисунке 7.

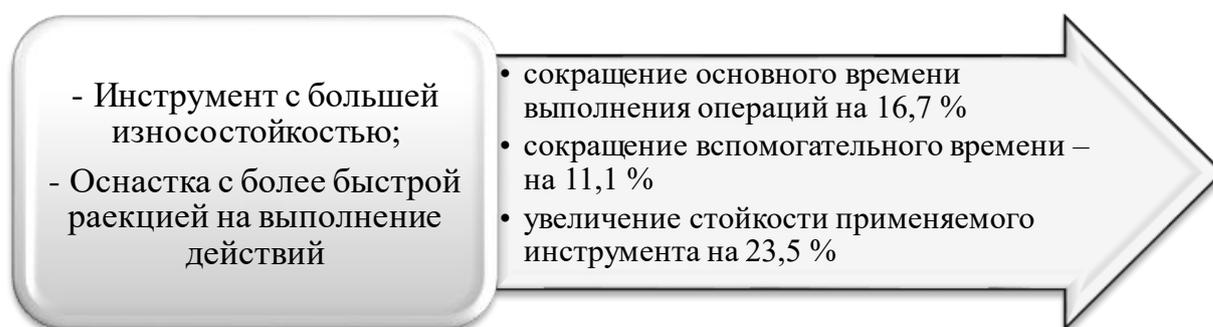


Рисунок 7 – Основные изменения технологического процесса и их технические результаты

Основываясь на технических результатах, представленных на рисунке 7, можно сделать предварительный вывод об эффективности предложенных совершенствований. Однако, для получения действительного подтверждения эффективности предложенных совершенствований, необходимо провести комплекс экономических расчетов. Этот комплекс, укрупнено, можно разделить на несколько этапов. Последовательность и название этапов, а также проводимые расчеты для их выполнения представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 – Последовательность выполнения этапов экономических расчетов определению эффективности проекта

Представленные на рисунке 8 расчеты и методики для их проведения [14] позволят получить результаты и сделать итоговые выводы по эффективности предложенных мероприятий. Для упрощения выполнения перечисленных расчетов дополнительно используется программное обеспечение Microsoft Excel. Результаты расчетов по определению себестоимости изготовления корпуса устройства загрузки двух сравниваемых вариантов, представлены на рисунке 9.

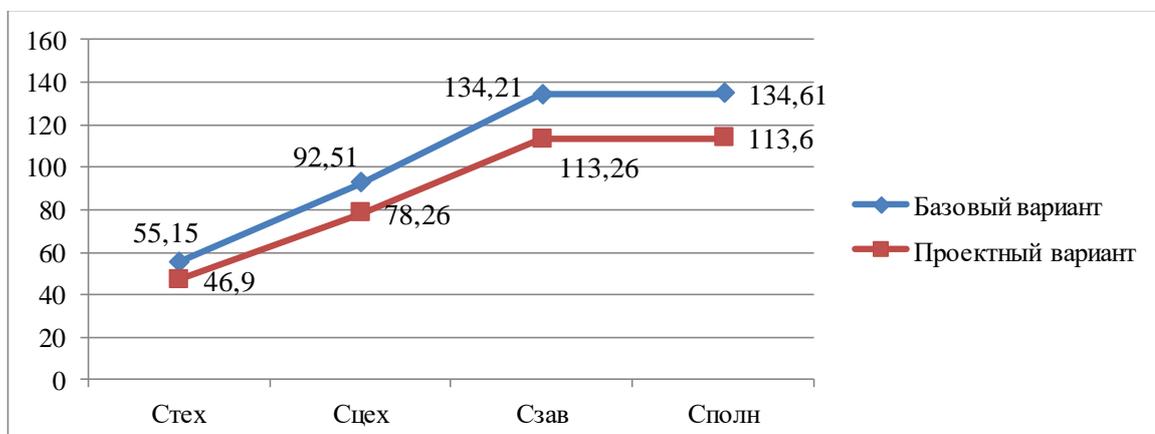


Рисунок 9 – Результаты расчетов по определению себестоимости

На рисунке 9 видно, что технологическая ($C_{ТЕХ}$), цеховая ($C_{ЦЕХ}$), производственная ($C_{ЗАВ}$) и полная ($C_{ПОЛН}$) себестоимости, по сравниваемым вариантам, в проектном варианте имеют меньшие значения. Это показывает снижение итоговых расходов на производство корпуса устройства загрузки после предложенных совершенствований на 15,6 %.

Результаты расчетов по определению капитальных вложений в совершенствованный технологический процесс, представлены на рисунке 10.

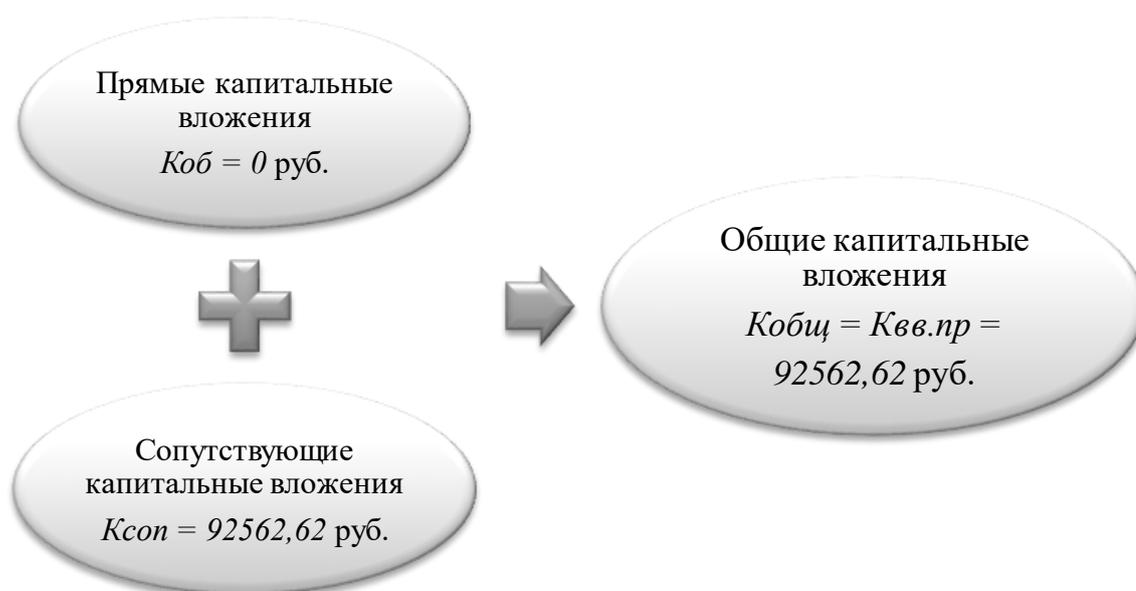


Рисунок 10 – Результаты расчетов по определению капитальных вложений

Из рисунка 10 видно, что совершенствование технологического процесса не предполагает затраты в основное оборудование ($K_{ОБ}$), так как оно не меняется. Основные затраты приходятся на сопутствующие капитальные вложения ($K_{СОП}$), которые учитывают такие затраты как:

- затраты на проектирование – $Z_{ПР}$ равны 23342,35 рублей;
- затраты на оснастку – $K_{ПР}$ равны 27176,99 рублей;
- затраты на инструмент – $K_{И}$ равны 41435,92 рублей;
- оборотные средства в производстве – $НЗП$ равны 607,36 рублей.

Поэтому в предложенном проекте общие капитальные вложения или капитальные вложения в проект ($K_{ВВ.ПР}$) совпадают с величиной сопутствующих капитальных вложений.

Результаты расчетов по определению экономической эффективности проекта представлены на рисунке 11.



Рисунок 11 – Результаты расчетов по определению экономической эффективности

В представленном разделе была показана экономическая эффективность разработанной технологии изготовления детали и, как видно из рисунка 11, предложенные совершенствования технологического процесса можно внедрять, так как это позволит получить предприятию экономический эффект в размере 60791,25 рублей.

Заключение

В выпускной квалификационной работе определялось служебное назначение корпуса устройства загрузки. Доказана количественно и качественно технологичность детали. Показана реальная возможность изготовления детали. Для реализации служебного назначения детали выбран материал для заготовки. Спроектированы операции. На основе табличных данных определены режимы резания с учетом материала и характеристик режущего инструмента. Доказана экономическая целесообразность предлагаемых изменений технологического процесса в сравнении с базовой технологией. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Предложены мероприятия по защите, охране труда и окружающей среды. По современной методике определен тип производства и его стратегия; используя автоматизированные средства инженерного расчета, спроектирована заготовка; спроектирован техпроцесс; спроектированы операции и определена необходимая оснастка в виде станочных приспособлений – системы автоматического управления обрабатывающими станками с числовым программным управлением. Также спроектирован режущий инструмент, который используется на лимитирующей операции в целях ее оптимизации. На следующем этапе, используя автоматизированные средства инженерного расчета, решены основные задачи обеспечения безопасности техпроцесса. Задача по определению показателей экономической эффективности решалась по методике, представленной в [14]. Выполнение поставленных задач проводилось в соответствии с необходимой последовательностью, соответствующей достижению цели выпускной квалификационной работы – разработке модернизированного технологического процесса с внесением существенных изменений при использовании самых современных средств автоматизированного проектирования.

Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. 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.
6. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
7. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
8. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
9. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
10. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
11. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.

12. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
13. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
14. 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: 18.09.2023).
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. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 15.10.2023).
21. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X? (дата обращения: 12.10.2023).

