

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления оправки многофункциональной

Обучающийся

Р.П. Светлов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

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

Консультант(ы)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

## Аннотация

В рассматриваемой работе предлагается разработка технологического маршрута и плана изготовления детали «Оправки» многофункциональной для условий среднесерийного производства. Объем выпуска задан в количестве 5000 штук в год.

В работе проводится анализ служебного назначения и технологичности детали. Для проектирования технологии выбран тип производства. Представленная технология по всем признакам соответствует необходимым характеристикам среднесерийного типа производства. Для спроектированной детали назначены по стандартам требования с учетом обеспечения технологичности по всем группам показателей. Спроектирована для выбранного метода исходная заготовка в виде штамповки. С учетом штамповки минимальной точности и среднесерийного производства разработана операционная технология. Разработан технологический маршрут обработки, выбор и проектирование заготовки. Разработана операционная технология. Выбраны станочное оборудование и станочные приспособления. Разработаны технологические наладки, операционные карты, а также составлена маршрутная карта, содержащая полное описание техпроцесса. Рассмотрены особенности динамических характеристик резания при механической обработке на станках с числовым программным управлением. Также представлена конструкция специального сверла. Проектирование технологического процесса сопровождается разработкой мероприятий по защите охраны труда, обеспечению экологичности и охраны окружающей среды спроектированного объекта. Показана эффективность изменений базового технологического процесса, которая подтверждается соответствующим экономическим расчетом, проведенным по известной методике расчета.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач работы.....	11
2 Технология изготовления детали.....	13
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	13
2.2 Расчет технологических операций.....	24
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	27
3.1 Динамические характеристики процесса резания.....	27
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	31
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	31
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	32
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	33
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объект.....	34
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта....	35
5 Экономическая эффективность работы.....	37
Заключение.....	41
Список используемых источников.....	42
Приложение А. Технологическая документация.....	44

## Введение

На настоящий момент в металлообрабатывающей индустрии применяется весьма широкий спектр разновидностей режущего инструмента с различными конструктивными особенностями, в частности, предназначенного для фрезерно-сверлильных, токарно-расточных и зубообрабатывающих станков, строгальных и протяжных, а также иного станочного оборудования узкоспециального профиля [8]. Специфика того или иного типа инструментов зависит от конкретных условий формовки детали, которые должны приниматься во внимание ещё на этапе разработки проектирования инструмента.

Можно выделить ряд ключевых направлений развития режущего инструмента, а именно: совершенствование и разработка новых материалов для изготовления инструментов, а также разработка покрытий, устойчивых к износу и новых методик изготовления (применение вышлифовки в производстве монолитного инструмента, аддитивные методы и прочее); разработка новых конструкций конкретных инструментов, а также инновационных решений для всей системы инструментов в целом [1]. Можно, например, отметить введение в конструкцию элементов, предназначенных для подвода в саму зону резания смазочно-охлаждающих материалов (в частности, через дополняющие корпус внутренние каналы). Особые конструктивные решения на настоящий момент используются также для эффективной высокоскоростной обработки деталей.

В мировой инструментальной отрасли одна из наиболее актуальных тенденций – это широкое применение в конструктивных решениях ИКТ, предназначенных для управления процессами обработки, системного мониторинга и обеспечения автономности производства [21]. За счёт этого на рабочие ПК и мобильные устройства работников поступает необходимая информация. На всех стадиях проектирования, производства и использования

режущего инструмента отражаются также возрастающие экологические требования.

В современной промышленности, как уже упоминалось, возросла актуальность вопросов, связанных с интеграцией (в том числе, в рамках реализации концепции «интернета вещей») инструментальных систем в систему автоматизированного управления предприятием и с обеспечением экологичности всех производственных этапов [10].

Говоря о производстве режущего инструмента, необходимо отметить специальные САМ-системы, дополняющие шлифовально-заточные центры с ЧПУ, предназначенные для производства и переточки целого ряда инструментов (относящихся, главным образом, к конечному типу) и для обработки изготовленных из инструментальных материалов режущих пластин [19]. Новые САМ-системы, в отличие от систем массового производства, ориентированных на самые распространенные типы формообразующей обработки, например, фрезерную, токарную и прочие, входят в комплектацию соответствующей модели станка.

Основные затруднения при обучении операторов оборудования, а также проходящих практическую часть курсов студентов и аспирантов связаны с тем, что бесплатные учебные версии для вышеописанных САМ-систем не предусмотрены [3]. Вместе с тем, нельзя недооценивать функциональные возможности указанного ПО; оно обеспечивает изготовление инструментов даже самых сложных конфигураций, от специальных концевых фрез до инструментов со сверхтвёрдыми материалами и зуборезных инструментов. Следует также учитывать такие функции, как графическая эмуляция производственных процессов и систематическое онлайн-обновление ПО [18].

## 1 Анализ объекта проектирования

### 1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Рассматриваемая деталь «Оправка» предназначена для закрепления в зажимных устройствах технологических обрабатывающих систем проблематичных для зажима, в силу своих геометрических пространственных параметров, заготовок. Посредством оправки происходит передача крутящего момента от, например, патрона обрабатывающего станка заготовке [6], посредством установки сопрягаемых элементов механизма зажима. Часть механизма зажима обрабатывающего станка представлена на рисунке 1.

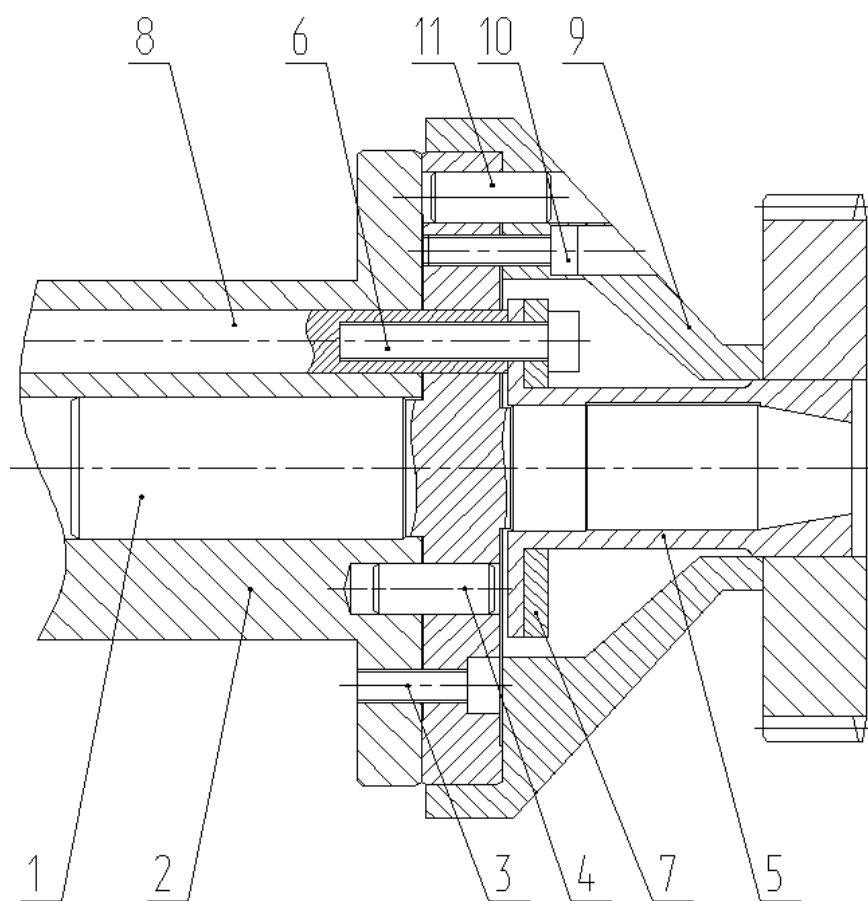


Рисунок 1 – Часть устройства

На рисунке 1 указаны следующие позиции: 1 – оправка; 2 – фланец; 3, 6

и 10 – винты; 4 и 11 – штифты; 5 – цанга; 7 – кольца; 8 – толкатель; 9 – опора.

С помощью винтов 3 и штифта 4 оправка 1 закрепляется во фланце 2 в коническом отверстии. К толкателю 8 посредством кольца 7 и винтов 6 на конус оправки 1 закрепляется цанга 5. Заготовка устанавливается на оправке 1 с помощью штифта 11 и винтов 10 на цанге 5 и своим торцом упирается в опору 9.

Исходя из служебного назначения корпуса целесообразно выбрать для заготовки материал сталь 19ХГН ГОСТ 4543, химический состав которой в процентном содержании химических элементов представлен в таблице 1. Физико-механические свойства материала согласно справочным данным также соответствуют правильности его выбора и соответствуют требованиям служебного назначения детали.

Таблица 1 – Химический состав

Углерод	Сера	Хром	Молибден	Фосфор	Марганец	Никель	Кремний
0,16-0,21	0,035	0,80-1,10	0,10	0,035	0,70-1,00	0,80-1,10	0,17-0,37

Так как рассматриваемую деталь, в связи с ее геометрическими особенностями можно отнести к классу тел вращения, то для удобства обработки заготовку целесообразно закрепить в специальном приспособлении. Специальное приспособление оснащено для направления прижима штоком для дальнейшей фиксации заготовки зажимом. Заготовка должна в приспособлении находиться в неподвижном состоянии и возможно подвергаться равномерным переменным нагрузкам для равномерной и качественной механической обработки.

Для удобства проектирования маршрутов обработки каждой поверхности детали предварительно эти поверхности пронумеруем.

С учетом назначения детали, проведем систематизацию ее поверхности по служебному назначению. Для этого на рисунке 2 показана нумерация поверхностей оправки.

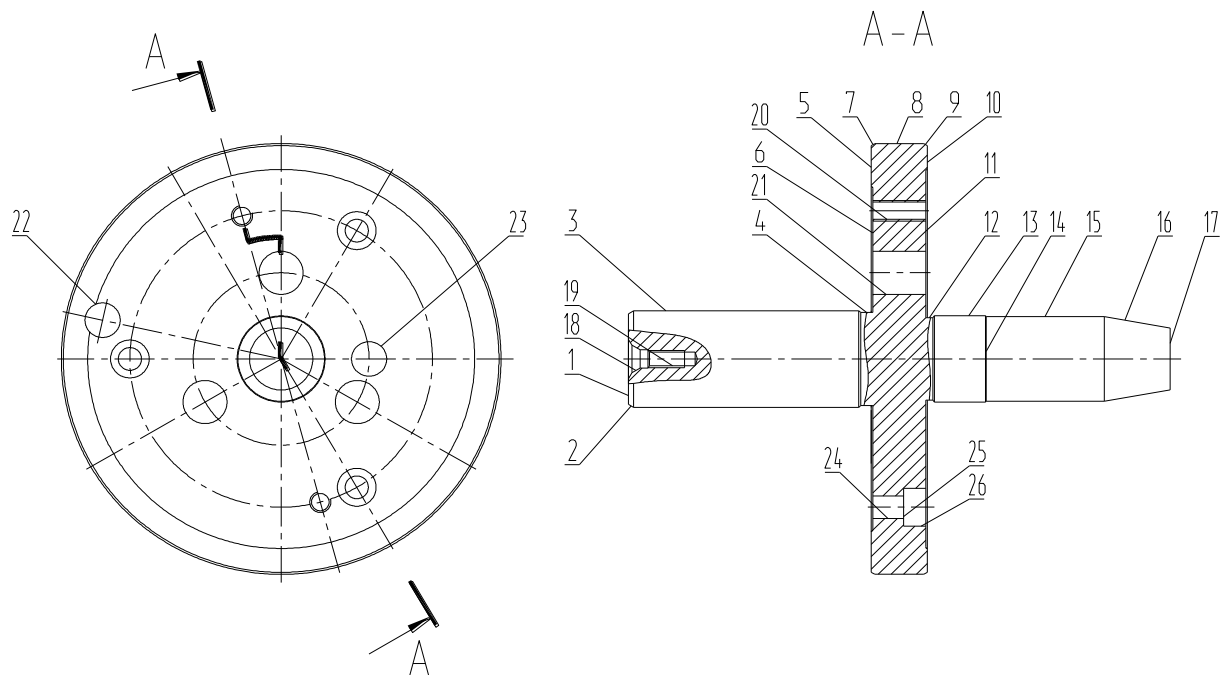


Рисунок 2 – Эскиз оправки

Все поверхности сгруппированы по своему назначению.

Основные конструкторские базы – это шейка 3 и торец 5.

Исполнительные поверхности – это коническая поверхность 16.

Вспомогательные конструкторские базы – это шейки 8 и 13, торец 10, глухое отверстие 19, сквозные отверстия 20, 21, 22, 23, 24 и 25.

Все остальные поверхности являются свободными, так как они не контактируют ни с чем.

Проведена оценка соответствия чертежа детали требованиям единой системы конструкторской документации [2] и единой системы допусков и посадок.

Технологичность конструкции детали улучшится, если будут выполнены требования стандартов единой системы конструкторской документации и единой системы допусков и посадок., и она количественно оценена дополнительным показателем - коэффициентом стандартизации [4].



Линейные размеры детали должны попасть в предпочтительные ряды размеров по ГОСТ 6639-69. [7]

В основные ряды нормальных размеров по ГОСТ 6639-69 в порядке предпочтительности попали размеры, получаемые после механической обработки: в ряд R10 – 32 мм; в ряд R40 – 17 мм, 21 мм, 34 мм, 48 мм, 60 мм и 130 мм. Ни в основные, ни в дополнительные ряды не попали размеры 51 мм, 55 (2 раза) мм, 68 мм и 73 мм. Таким образом, из 12 размеров 5 являются не стандартным.

Значения допусков формы и взаимного расположения поверхностей (биения – торцового - 0,03 мм и радиального - 0,01 мм, 0,016 мм и 0,025 мм) попали в предпочтительный ряд по ГОСТ 24643-81.

Все значения параметров шероховатости: 0,4 мкм (3 раза), 1,25 мкм (1 раз), 2,5 мкм (4 раза) и 12,5 мкм на поверхностях с неуказанной шероховатостью попали в предпочтительные ряды по ГОСТ 2789-73.

Все обозначения полей допусков размеров являются стандартными по ГОСТ 25347-2013.

Размеры канавок для выхода шлифовального круга при шлифовании цилиндрических поверхностей выполнены в соответствии с ГОСТ 8820-69.

Простановка большинства осевых размеров относительно правого и левого торца, используемых за настроечную технологическую базу на двух токарных операциях, технологична [15].

Оценка технологичности конструктивных форм детали:

С учетом вида обрабатываемых поверхностей.

Основные обрабатываемые поверхности детали: поверхности вращения.

Поскольку производство среднесерийное, то обработку поверхностей вращения нужно производить на токарных, шлифовальных и фрезерных станках – агрегатных, универсальных и с ЧПУ.

С учетом жесткости и удобства закрепления на станке.

Деталь является жесткой, ее удобно закреплять в центрах или трехкулачковых самоцентрирующихся патронах.

С учетом унификации конструктивных элементов деталей.

Конструктивными элементами являются стандартные, выполняемые стандартными шлифовальными кругами, отверстия выполняются стандартными центровочными сверлами, фаски выполняются стандартными проходными отогнутыми резцами.

Точность установки, обработки и контроля детали обеспечивается, следовательно, данная деталь в целом технологична.

В базовом технологическом процессе деталь изготавливалась на универсальном оборудовании.

Базовый технологический процесс:

010 Токарная (Универсальный станок 16К20);

015 Токарная (Токарно-винторезный станок 16К20);

020, 025, 070, 075, 090 и 095 Круглошлифовальная (Круглошлифовальный станок 3М151);

040 Сверлильная (Сверлильно-фрезерно-расточной станок ИР800МФ4);

080 Координатно-шлифовальная (Координатно-шлифовальный полуавтомат 3Б282).

С целью повышения производительности обработки детали предлагается применить токарно-винторезный станок с числовым программным управлением 16ГС25Ф3С1.

16ГС25Ф3С1 – новое поколение вертикальных обрабатывающих центров мирового класса. Эти станки производят различное количество операции высокого уровня. Они выполняют обработку на высоких скоростях и обработку тяжёлого режима резанья. Система ЧПУ SMART значительно позволяет упростить программирование, управление и повышает надежность. Применение выбранного оборудования позволит объединить лезвийную обработку детали на одном металлорежущем станке, тем самым повысить производительность и точность изготовления.

## 1.2 Формулировка задач проектирования

Согласно поставленного задания – разработка технологии, которая обеспечит изготовление оправки многофункциональной по требованиям чертежа в указанном в задании объеме 5000 штук в год для изготовления детали должна быть спроектирована заготовка. Так как возможно использовать два варианта, необходимо выбрать наиболее оптимальный.

Для детали и выбранной и спроектированной заготовки выбрать методы обработки. С учетом типового проектирования технологического процесса необходимо выбрать тип производства, что позволит более обосновано подходить к выбору оборудования с оснащением.

С помощью типовой технологии необходимо сформировать технологический маршрут, который будет ориентироваться на наиболее ответственные или лимитирующие операции, которые необходимо подробно разработать. Для чего провести расчет режимов обработки и нормирования технологических операций.

Необходимо провести процедуру конструирования для разработки технологического процесса и оснащение в виде приспособления, режущего инструмента и мерительного инструмента.

Провести научные исследования силовых характеристик используемого оборудования и инструмента.

Назначить для опасных производственных факторов меры по охране труда и окружающей среды.

Провести технико-экономическое обоснование предложенных изменений в технологии и оснащении. Показать экономическую эффективность внесенных изменений в базовый технологический процесс.

Для решения обозначенных задач в последующих разделах работы воспользуемся следующими методами: рассмотрение существующих стандартов, нормативов, методик расчетов и рекомендаций. С помощью использования современных систем поддержки и средств автоматизации

инженерных расчетов провести научные исследования силовых характеристик процесса резания.

В рассмотренном разделе был проведен детальный анализ служебного назначения детали. Показаны все преимущества и недостатки конструктивных особенностей геометрических параметров детали. Показана ее технологичность с учетом вида обрабатываемых поверхностей, с учетом жесткости и удобства закрепления заготовки на станке и с учетом унификации конструктивных элементов детали. Выработана основная стратегия разработки проектируемого технологического процесса изготовления детали. Предложены методы получения заготовки, для чего далее необходимо провести сравнительный анализ и осуществить выбор оптимального способа получения заготовки. Проведенный анализ объекта проектирования показал реальную возможность для проектирования технологического процесса его изготовления.

## **2 Технология изготовления детали**

### **2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения**

В рамках мелкосерийного производства пользуются штамповкой в подкладных штампах. В данной ситуации форма заготовки оказывается приближенной к форме нужной детали. Однако обладает большими припусками под выполнение механической обработки. Выполнение штамповки предусматривается с помощью ковочных молотов и прессов [15].

В рамках массового и крупносерийного производства пользуются штамповкой в зафиксированных штампах. При этом такие зафиксированные штампы могут быть закрытыми и открытыми. В этой ситуации заготовка будет отличаться самой правильной формой. К минусам методики относится увеличенное расходование штампов.

При выборе метода получения заготовки необходимо учесть, что заготовки, полученные через свободную ковку, обладают формой, издалика похожую на форму нужной детали. Однако как раз подобные заготовки обладают лучшей структурой. Ведь в ходе проковки происходит упрочнение материала. Подобная методика получения нужных заготовок применяется в рамках единичного производства и при изготовлении ответственных деталей.

С учётом формы и размеров детали, эксплуатационных условий работы, марки материала, а также типа выпуска (среднесерийное) сделан вывод о возможности изготовления необходимой заготовки. Во время выбора варианта заготовки следует учесть и эксплуатационные условия изготовления детали, форму, параметры и экономичность её выпуска [15]. Следует выбрать самый экономичный метод изготовления заготовки. Вид заготовки существенно повлияет на особенности технологического процесса, на экономичность и трудоёмкость выполнения её обработки. определим тип производства. Согласно требованиям чертежа масса детали равна 1,91 килограмма, а объем выпуска согласно заданию 5000 штук в год. Это соответствует

среднесерийному типу производства. Сравним для экономического подтверждения предварительного выбора способа получения заготовки с помощью штамповки два метода получения заготовки – это прокат и штамповка.

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:

$$n = 5000 \cdot \frac{24}{254} = 500 \text{ шт.}$$

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

$$M_{Ш} = M_{Д} \cdot K_{Р}, \quad (2)$$

где  $M_{Д}$  – масса детали, кг;

$K_{Р}$  равен 1,45.

$$M_{Ш} = 1,91 \cdot 1,45 = 2,77 \text{ кг} \text{ [9].}$$

«Определим массу заготовки, используя формулу:

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

где  $V$  – объем заготовки, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – плотность материала заготовки, кг/мм<sup>3</sup>» [9].

«Размеры заготовки при прокате будем определять по формулам:

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

где  $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$  – максимальный диаметр заготовки равный 125 мм.

Тогда

$$d_{\text{ПР}} = 125 \cdot 1,05 = 131,3 \text{ мм}$$

Принимаем  $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$  равным 135 мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}}, \quad (5)$$

где  $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$  – максимальный линейный размер заготовки равный 154 мм.

Тогда

$$l_{\text{ПР}} = 154 \cdot 1,05 = 161,7 \text{ мм}$$

Принимаем  $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$  равным 162 мм.

Тогда:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} = \frac{3,14}{4} \cdot 135^2 \cdot 162 = 2313381 \text{ мм}^3 \quad (6)$$

Масса заготовки из проката будет

$$M_{\text{ПР}} = 2313381 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 18,16 \text{ кг}$$

Принимаем прокат.

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_{\text{Д}} = C_{\text{З}} + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (7)$$

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

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

$C_{\text{ОТХ}}$  – стружки.

При штамповке:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (8)$$

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

$M_{Ш}$  – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, учитывающие:

$K_T$  – точность;

$K_{СЛ}$  – сложность;

$K_B$  – массу;

$K_M$  – материал;

$K_{П}$  – серийность» [9].

«Примем согласно [11]  $C_B$  равным 11,20 руб./кг,  $K_T$  равным 1,0,  $K_{СЛ}$  равным 1,0,  $K_B$  равным 1,0,  $K_M$  равным 1,27 и  $K_{П}$  равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 11,20 \cdot 2,77 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,27 \cdot 1,0 = 39,40 \text{ руб.}$$

Обработка:

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

где  $C_{УД}$  – цена 1 кг материала, руб./кг» [9].

«Затраты определяем по формуле:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (10)$$

Принимаем  $E_H$  равным 0,16,  $C_C$  равным 15 руб./кг и  $C_K$  равным 33 руб./кг.

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (2,77 - 1,91) \cdot (15 + 0,16 \cdot 33) = 17,44 \text{ руб.}$$

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

[9]



$$\llcorner C_{OTX} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{OTX} \quad (11)$$

Пусть  $C_{OTX}$  будет равна 0,5 руб./кг. Тогда получим

$$C_{OTX} = (2,77 - 1,91) \cdot 0,5 = 0,43 \text{ руб.}$$

И окончательно получим из:

$$C_{Д} = 39,40 + 17,44 - 0,43 = 56,41 \text{ руб.} \llcorner [9].$$

«Стоимость заготовки из проката:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{OЗ}, \quad (12)$$

где  $C_{МПР}$  – стоимость 1 кг материала примем равным 14 руб./кг;

$C_{OЗ}$  – отрезка, руб.

$$C_{OЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (13)$$

где  $C_{ПЗ}$  – на рабочем месте примем 30,2 руб./ч» [9].

« $T_{ШТ}$  определяется по формуле:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (14)$$

где  $T_0$  – машинное время, мин;

$\phi_K$  – коэффициент, учитывающий оснастку» [9].

«Примем  $\phi_K$  равным 1,5, а  $T_0$  будем определять по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (15)$$

Тогда согласно (11 – 14):

$$T_0 = 0,19 \cdot 135^2 \cdot 10^{-3} = 3,46 \text{ мин.};$$

$$T_{ШТ} = 3,46 \cdot 1,5 = 5,19 \text{ мин.};$$

$$C_{OЗ} = \frac{32 \cdot 5,19}{60} = 2,77 \text{ руб.};$$

$$C_{ПР} = 14 \cdot 18,16 + 2,77 = 257,01 \text{ руб.};$$

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (18,16 - 1,91) \cdot (15 + 0,16 \cdot 33) = 329,55$$

руб.;

$$C_{ОТХ} = (18,16 - 1,91) \cdot 0,5 = 8,12 \text{ руб.}$$

$$\text{Тогда } C_{Д} = C_{З} + C_{МО} - C_{ОТХ} = 578,44 \text{ руб.} \text{» [9].}$$

«Если учесть коэффициент цен к настоящему году, то есть к 2020 году, то полученный результат необходимо удвоить. Поэтому стоимость будет равна 1156,88 руб.

Сравним варианты исходных заготовок. Для этого определим

$$K_{ИМ} = \frac{M_{Д}}{M_{З}} \quad (16)$$

$$\text{Штамповка: } K_{ИМ} = \frac{1,91}{2,77} = 0,69.$$

$$\text{Прокат: } K_{ИМ} = \frac{1,91}{18,81} 16 = 0,11.$$

Полученный результат дает возможность сделать вывод: штамповка выгоднее проката» [9].

«Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д_{ПР}} - C_{Д_{Ш}}) \cdot N_Г \quad (17)$$

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

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

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_Г = (1156,88 - 112,82) \cdot 5000 = 5220300 \text{ руб.} \text{» [9].}$$

Расчет припусков на размер 28h5 проведем табличным методом [13] и покажем в таблице 2.

Припуски на обработку по операциям представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Расчет припусков

Переход	Элементы припуска, мкм			Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$		$d_{min}$	$d_{max}$	$2z_{min}^{pp}$	$2z_{max}^{pp}$
1	360	-	705	1600	30,933	32,533	-	-
2	100	400	42	330	28,592	28,922	2,011	3,941
3	50	24	28	84	28,295	28,379	0,213	0,627
4	30	16	14	33	28,131	28,164	0,131	0,248
5	20	8	7	13	28,039	28,052	0,079	0,125
6	7	0	4	9	27,991	28,000	0,039	0,061

Таблица 3 - Припуски на обработку

Переход	Операция	Поверхности	Припуск, мм
обточить	010	10, 11, 13-16	1,30
обточить	015	3, 5, 6	1,40
обточить	020	9-16	0,30
обточить	025	2-8	0,30
шлифовать	030	10	0,10
		16	0,11
шлифовать	035	3, 5, 8, 13	0,11
шлифовать	070	3, 5, 8, 13	0,06
шлифовать	075	16	0,06
шлифовать	080	3, 13	0,03
шлифовать	085	16	0,03

Параметры при получении заготовки сведем в таблицу 4, схему припусков на размер 28h5 покажем на рисунке 3 и эскиз заготовки покажем на рисунке 4.

Таблица 4 – Параметры штамповки

Оборудование	Нагрев	Класс	Группа	Степень	Конфигурация	Индекс
КГШП	индукционный	T3	M1	C2	П	11

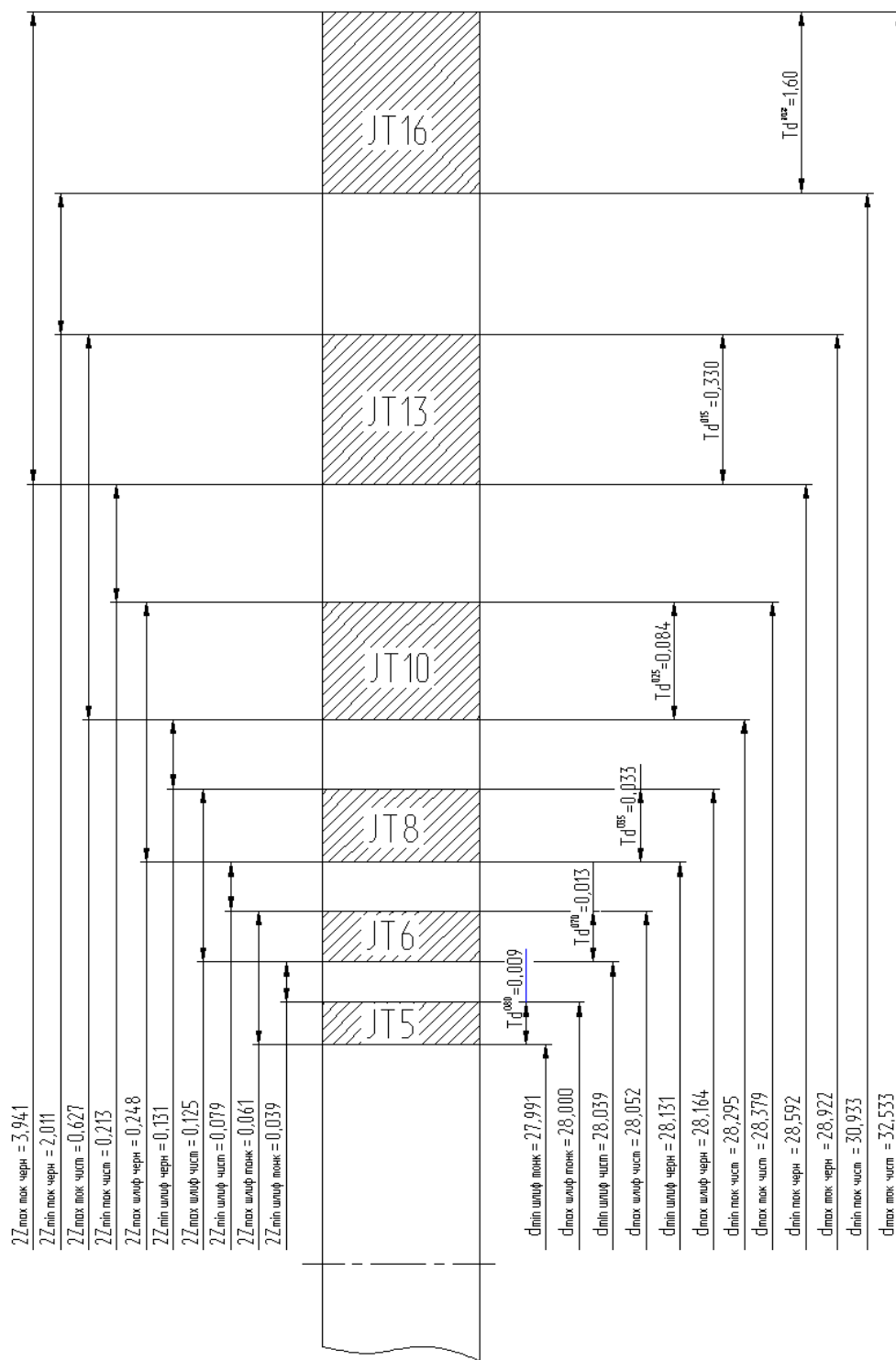


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 28h5

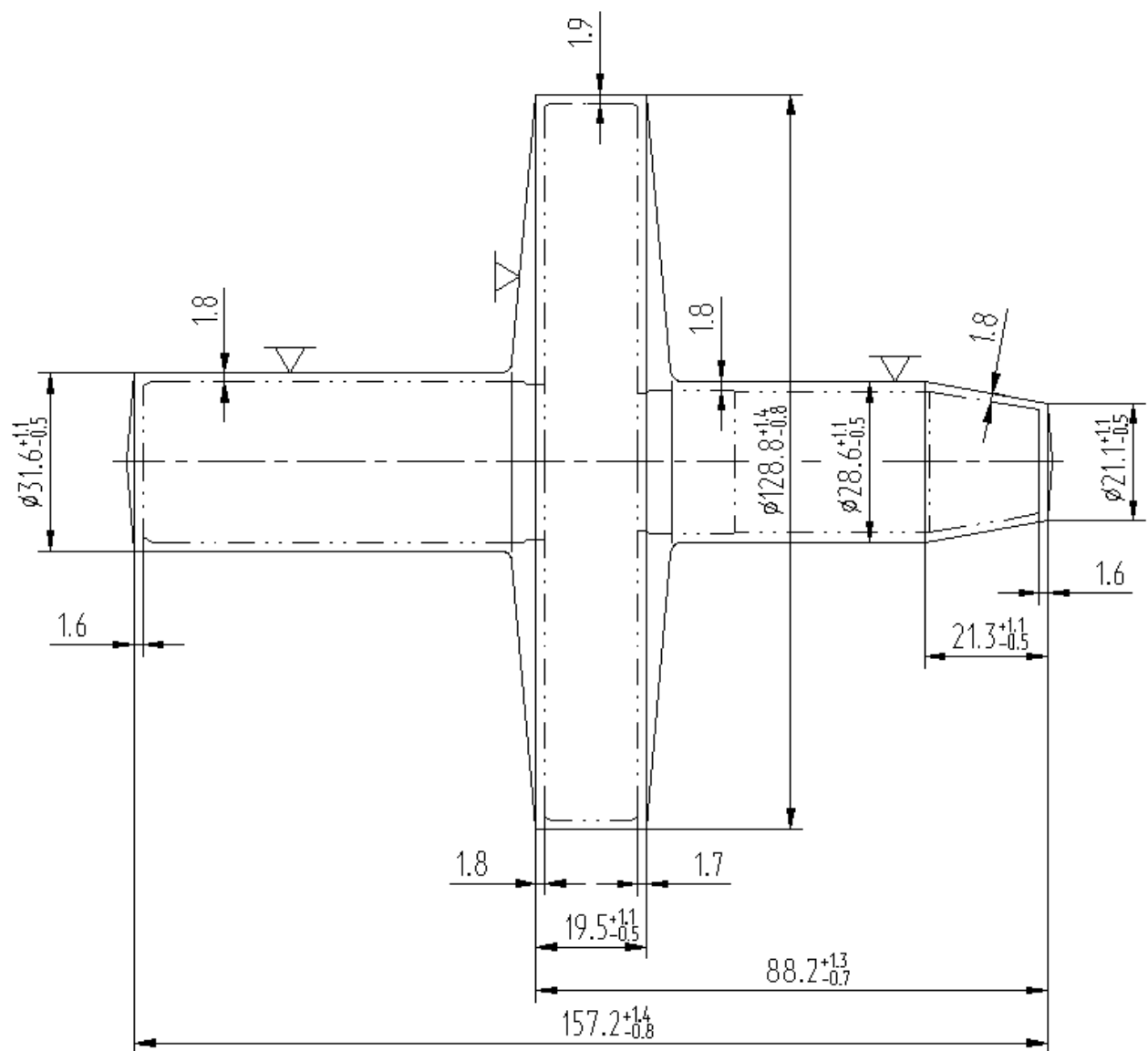


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

Порядок обработки представим в виде последовательности переходов, а номера поверхности укажем в порядке возрастания их номеров. Также в таблице 5 укажем параметры поверхностей.

Таблица 5 – Методы и порядок обработки

«Поверхность»	Ra, мкм	Переходы
1	6,3	П-ТО
2	6,3	Т-ТЧ-ТО
3	0,4	Т-ТЧ-Ш-ТО-ШЧ-ШТ
4	6,3	Т-ТЧ-ТО

Продолжение таблицы 5

Поверхность	Ra, мкм	Переходы
5	0,8	т-тч-ш-то-шч
6	6,3	т-тч-то
7	6,3	т-тч-то
8	0,8	т-тч-ш-то-шч
9	6,3	т-тч-то
10	1,6	т-тч-то-ш
11	6,3	т-тч-то
12	6,3	т-тч-то
13	0,4	т-тч-ш-то-шч-шт
14	6,3	т-тч-то
15	6,3	т-тч-то
16	0,4	т-тч-ш-то-шч-шт
17	1,25	ц-то-шч
18	1,25	ц-то-шч
19	6,3	с-рз-то
20	6,3	с-рз-то
21	1,25	с-з-то
22	0,8	с-з-зч-рв-то
23	0,8	с-з-зч-рв-то» [14]
24	6,3	с-то
25	6,3	с-то
26	6,3	с-то

Для обработки «необходимо использование специализированного наладочного оснащения с использованием типовых установочных и зажимных элементов. В таблице 6 для каждой операции, с учётом выбранного станка, предлагаются выбранные зажимное приспособление для установки заготовки, а также режущий и мерительный инструменты для переходов, которые показаны» [12] в таблице 3. Обозначим в технологическом процессе технологические операции и оборудование, на котором происходит механическая обработка: 005 центровально-подрезная (полуавтомат для зацентровки и подрезки 2А923); 010, 015, 020 и 025 токарные (токарно-винторезный с ЧПУ 16ГС25Ф3С1), 030, 075 и 085 круглошлифовальные (торцекруглошлифовальный п/а 3Т153Ф1); 035, 070 и 080 круглошлифовальные (круглошлифовальный с ЧПУ ШУ 321.22); 040 координатно-расточная (горизонтальный фрезерно-расточной станок с ЧПУ 500Н); 065 центрошлифовальная (центрошлифовальный станок РРН 250).

Таблица 6 – Приспособление, инструмент режущий и мерительный

Операция	Технологическая оснастка		
	Оснащение	Инструмент	Контроль
005	«СНП ГОСТ 12195-66.	пластина ГОСТ 19052. центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5.	калибр-пробка ГОСТ14827-69. шаблон ГОСТ 2534-79.
005	СНП ГОСТ 12195-66.	пластина ГОСТ 19052. сверло ГОСТ 14952-75.	калибр-пробка по ГОСТ 14827-69. шаблон по ГОСТ 2534-79.
010 015	патрон ГОСТ 2571-71. Вращающийся центр ГОСТ 8742-75.	резец проходной. пластина ОСТ 2И.101-83.	калибр-скоба по ГОСТ 18355-73. шаблон по ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ14827-69.
020 025			калибр-пробка ГОСТ 14807-69. мерительное приспособление с индикатором.
030	патрон ГОСТ 2571-71 Упорный центр ГОСТ 18259-72	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	шаблон по ГОСТ 2534-79. калибр-скоба ГОСТ 18355-73. мерительное приспособление с индикатором.
035	СНП ГОСТ 12195-66		шаблон по ГОСТ 2534-79. калибр-пробка по ГОСТ 14827-69.
040		спиральные сверла. сверло ГОСТ 10902-77. зенкер ГОСТ 12489-71. машинная развертка ГОСТ 1672-80.	шаблон по ГОСТ 2534-79. калибр-скоба по ГОСТ 18355-73. мерительное приспособление с индикатором.
065	СНП ГОСТ 12195-66	головка шлифовальная по ГОСТу 8027-86	шаблон по ГОСТу 2534-79. калибр-скоба по ГОСТу 18355-73.
070	патрон ГОСТ 2571-71	шлифовальный круг по ГОСТ» [16] Р 52781-2007.	приспособление мерительное с индикатором.
075	упорный центр ГОСТ 18259-72		
080			
085	мембранный патрон ОСТ 3-3843-77		

## 2.2 Проектирование технологической операции

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]. «Скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (18)$$

где выберем базовую величину  $C_U$  равную 350;

время работы одной пластины  $T$  равное 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 0,83» [9].

«Тогда

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,83 = 146 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (19)$$

Тогда при точении поверхности диаметром 103,4 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 103,4} = 450 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении поверхности диаметром 111,4 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 111,4} = 420 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении поверхности диаметром 208 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 208} = 220 \text{ мин}^{-1} \text{» [9].}$$



«Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (20)$$

где  $C_P$  – коэффициент обработки равный 300 [17, с.273];

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

$K_P$  – коэффициент коррекции» [9].

$$\langle K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (21)$$

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.

Тогда

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 146^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1250$$

Н.

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (22)$$

Тогда

$$N = \frac{1250 \cdot 146}{1020 \cdot 60} = 2,98 \text{ кВт} \rangle [9].$$

Полученные режимы резания заносятся в операционную карту, которая показана в приложении А. Численные значения расчетов норм времени на выполнение операций и расчетов режимов резания будем определять с помощью онлайн калькулятора «Sandvik Coromant» [16] и представим их в виде таблицы 7.

Таблица 7 – 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
005	1	7,40	0,06	1,57	1112	1,075
	2	73,90	0,06	1,60	705	
010	1	81,60	0,40	1,30	986	2,345
	2	80,80	0,40	2,00	199	
015	1	72,80	0,40	1,30	884	2,589
	2	79,10	0,40	2,00	203	
020	1	159,50	0,25	0,30	2570	1,589
	2	197,80	0,25	0,30	518	
025	1	178,30	0,25	0,30	2298	1,541
	2	196,90	0,25	0,30	520	
030	1	35,00	1,3/0,35	0,11	90	1,050
035	1	35,00	0,008	0,11	390	1,799
	2	35,00	0,008	0,13	90	
040	1	21,60	0,12	2,75	1273	4,979
	2	7,50	0,50	0,50	424	
	3	20,80	0,12	2,25	1321	
	4	7,90	0,50	0,50	509	
	5	17,30	0,25	5,50	550	
	6	19,40	0,25	4,65	616	
	7	18,80	0,25	6,00	530	
	8	15,70	0,50	0,25	458	
	9	15,20	0,50	0,20	558	
	10	19,60	0,30	0,10	643	
	11	9,90	0,50	0,05	318	
065, 070	1	35,00	0,005	0,06	390	0,830, 1,822
	2	35,00	0,008	0,07	90	
075	1	35,00	1,0/0,25	0,06	450	0,982
080, 085	1	35,00	0,003	0,03	390	1,871, 1,200
	2	35,00	0,7/0,15	0,03	450	

В рассматриваемом разделе была спроектирована технология изготовления детали. Произведен выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения двух методов. Учтены результаты анализа технологичности материала детали и определения характеристик типа производства. Разработан план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства. Выбраны средства технологического оснащения. Выполнен расчет операций технологического процесса. Все полученные результаты показаны в Приложении А. Технологическая документация.

### **3 Проектирование специальных средств оснащения**

#### **3.1 Динамические характеристики процесса резания**

Классификация динамических погрешностей обработки делится на четыре группы.

Первая группа включает погрешности, которые зависят только от координат обработки или их производных по времени. Погрешности, которые зависят от координаты, в общем случае являются статическими, тогда как погрешности, которые зависят от скорости или ускорения формообразующих движений являются динамическими. Вообще, разделение на статические и динамические погрешности можно считать достаточно условным, потому что оно предусматривает сравнение с динамическими свойствами всей системы, которые изменяются в широком диапазоне, на что указывает сам автор.

Вторая группа объединяет погрешности по характеру их зависимости во времени. Здесь определяются стационарные погрешности как такие, которые возникают при неизменном векторе скорости формообразующего движения, а также периодические, закон изменения которых во времени остается неизменным. Переходные динамические погрешности провоцируются и определяются разными переходными процессами в технологической системе при резании, вызванными, например, резкими изменениями условий резания, направления формообразующего движения и тому подобное.

Третья группа включает погрешности обработки, которые обусловлены кинематическими или геометрическими погрешностями кинематических цепей станка, неточностью геометрических размеров и формы поверхностей, которые определяют направление формообразующих движений.

Четвертая группа разделяет погрешности по их достоверности на случайные зависимые и независимые. В самом простом случае суммирование случайных погрешностей с нормальным законом распределения предлагается выполнять по стандартной квадратичной зависимости.

Такая классификация может быть использована для выяснения причин возникновения динамической погрешности обработки и определения путей ее уменьшения или устранения.

Последующее развитие исследований по динамическим явлениям при обработке материалов резанием свидетельствует о все большем применении амплитудно-фазовых частотных характеристик, полученных экспериментально и расчетным путем. Установлено, что математическая модель относительного перемещения резца и заготовки определяется тремя основными динамическими звеньями упругой системы станка: 1) шпиндельным узлом в направлении оси X; 2) суппортом в том же направлении; 3) суппортом в направлении оси Z. Подавляющее большинство таких исследований направлено на определение показателей устойчивости технологической системы и критических параметров режима резания – глубины и ширины допустимого слоя срезаемого припуска.

В последнее время предложена новая концепция оценки точности изготовления деталей. Эта концепция учитывает влияние ТОС на точность обработки, но созданная автоматизированная система прогнозирования точности детали базируется на статических зависимостях, а динамические явления представлены в виде экспериментально полученных траекторий биения оси шпинделя в разных сечениях по длине детали.

Многочисленными исследованиями, экспериментально и расчетным путем доказано, что относительное положение инструмента и детали, которое обеспечивает формообразование, существенно зависит от динамических факторов, действующих в ТОС во время обработки. Особенное значение это приобретает при обработке заготовок с неравномерным припуском, и специальных видах токарной обработки, в частности при токарно-копировальной обработке, когда ТОС все время находится под действием периодических возмущений, например изменения глубины припуска в поперечном сечении заготовки.

Следовательно, для усовершенствования прогнозирования точности

изготовления деталей необходимо учитывать динамические характеристики ТОС в процессе резания, которые обуславливают общую технологическую наследственность от упругих деформаций и изменяются по координате формообразующего движения.

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

Для «облегчения обработки центрального отверстия, базирующегося на поверхности 22 принято решение по разработке специального сверла повторяющее форму и размеры обрабатываемых поверхностей. Сверло должно быть изготовлено из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 19265-73. Твёрдость рабочих поверхностей после закалки HRC 63 – 65» [18].

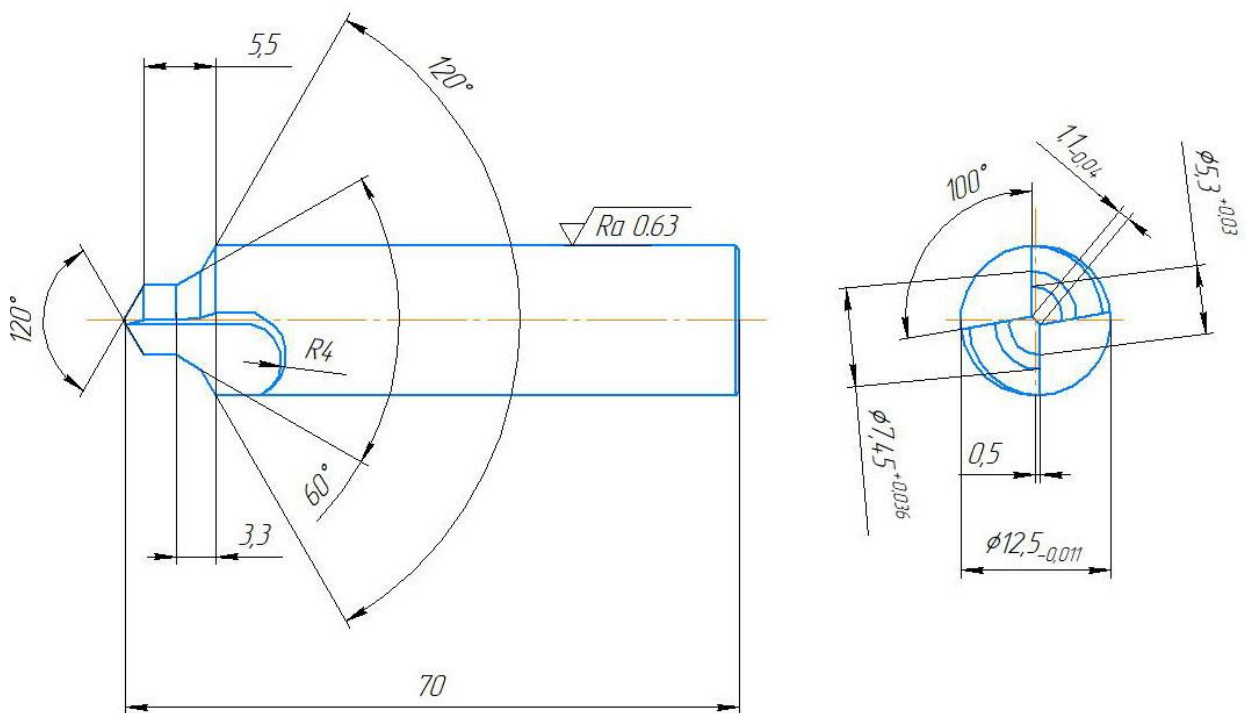


Рисунок 5 – Сверло специальное

«Исходные данные для проектирования. Обрабатываемый материал сталь 19ХГН. Сверло должно обработать цилиндрическую часть отверстия диаметром 5,3 мм на расстоянии от торца 22 в  $5,5 \pm 0,150$  мм, длина

цилиндрической части 2,2 мм и две конические поверхности в 60 и 120 градусов, конус 60 градусов заглубляется на глубину 3,3 мм, конус 120 градусов должен иметь максимальный диаметр  $11,4^{+0.43}$  мм» [18].

Разработанное сверло позволит обработать три поверхности детали за один проход повышает качество обработки (соответствие геометрии поверхностей чертежу) и соответственно снижает время изготовления деталей.

В разделе рассмотрены особенности динамических характеристик резания при механической обработке на станках с числовым программным управлением. Показаны элементы, из которых складывается погрешность обработки. Также представлена конструкция специального сверла, которое используется в качестве режущего инструмента на координатно-расточной операции проектируемого технологического процесса.

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта**

«В качестве технического объекта, относительно которого будут рассматриваться вопросы обеспечения безопасности и экологичности является технологический процесс изготовления оправки многофункциональной» [2]. Актуальность исследования обоснована тем, что процесс изготовления оправки 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.

Для проведения анализа опасного технологического процесса на производстве вначале необходимо изучить, какой тип производства применяется на предприятии, технологическое оснащение и производственные мощности организации. По результатам анализа было выявлено, что организация имеет возможность применять у себя как единичный тип производства, так и мелко и среднесерийный тип производства, исходя из потребностей заказчика.

Технический объект в своей реализации использует следующее оборудование: полуавтомат для зацентровки и подрезки 2А923, токарно-винторезный с ЧПУ 16ГС25Ф3С1, торцекруглошлифовальный п/а 3Т153Ф1, круглошлифовальный с ЧПУ ШУ 321.22, горизонтальный фрезерно-расточной станок с ЧПУ 500Н и центрошлифовальный станок РРН 250.

Приспособления: СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66, патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71, центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75, центр упорный ГОСТ 18259-72 и патрон мембранный ОСТ 3-3843-77. Инструмент: резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, сверло спиральное комбинированное, зенкер цельный с коническим хвостовиком, шлифовальный круг и развертка машинная цельная. Проводить анализ будем на потенциально опасных технологических операциях: токарная, координатно-расточная и круглошлифовальная. Материал заготовки сталь 19ХГН ГОСТ 4543-2016. Вспомогательные материалы: смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие.

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. Для оценки и идентификации основных источников опасностей в рабочей зоне оператора станков с ЧПУ необходимо проанализировать следующие ключевые объекты:

- производственное технологическое оборудование;
- специальные станочные приспособления и режущие инструменты;
- обеспеченность средствами обучения и инструктажа.

#### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

«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.

Также можно выделить наиболее часто встречающуюся причину травматизма, как физические перегрузки персонала, поэтому была предложена автоматизация процесса проведения инструктажей, подготовки и аттестации персонала в области охраны труда.

#### **4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

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. Режущая кромка содержит первую подкромку, проходящую назад от режущей концевой поверхности и вторую подкромку, проходящую назад от первой подкромки. Пересечение перехода угла определяет, где заканчивается первая подкромка и начинается вторая подкромка. Приведены конструктивные особенности выполнения каждой режущей кромки. Повышается стойкость фрезы.

В результате проведенного анализа существующих технических решений, можно сделать рекомендацию к внедрению в существующее производство режущий инструмент – сверло специальное, аналогом которого служит техническое решение, предложенное в предыдущем разделе.

Данный режущий инструмент является более износостойким и менее хрупким, что способствует устранению выявленных в разделе причин производственных травм и повышения безопасности на рабочем месте оператора станков с ЧПУ.

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.

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.

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Практическая значимость исследований – сбор и анализ разрозненных информационных данных относительно организации нормативного

противопожарного режима на объекте исследований, с последующей разработкой медианного алгоритма, который включает формирование локальных условий пожарообразования и разработку соответствующих тактико-технологических решений по тушению вероятного пожара, что может быть применено для объектов аналогичного назначения.

«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].

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

«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].

В разделе проведен детальный анализ по выявлению опасных и вредных производственных факторов при реализации и функционировании технического объекта в виде технологического процесса изготовления оправки многофункциональной.

Производственные рабочие места на каждой технологической операции оснащены соответствующими средствами реализации безопасности при осуществлении механической обработки заготовки.

Выбранные в разделе мероприятия и средства по снижению профессиональных рисков позволяют снизить их общий уровень, сократить производственный травматизм и уровень производственной заболеваемости.

Выбранные в разделе мероприятия и технические средства оснащения по пожарной безопасности и снижению негативного экологического воздействия выбранные в разделе соответствуют уровням опасности. Но требуют постоянного контроля за их исполнением.

## 5 Экономическая эффективность работы

Основной задачей данного раздела является экономическое обоснование предложенного совершенствования технологического процесса.

Для выполнения данной задачи необходимо проанализировать только отличия между совершенствованиями технического решения [14]. Основываясь на подробном описании технологического процесса из предыдущих разделов бакалаврской работы, на рисунке 6, представлено описание изменившейся операции.

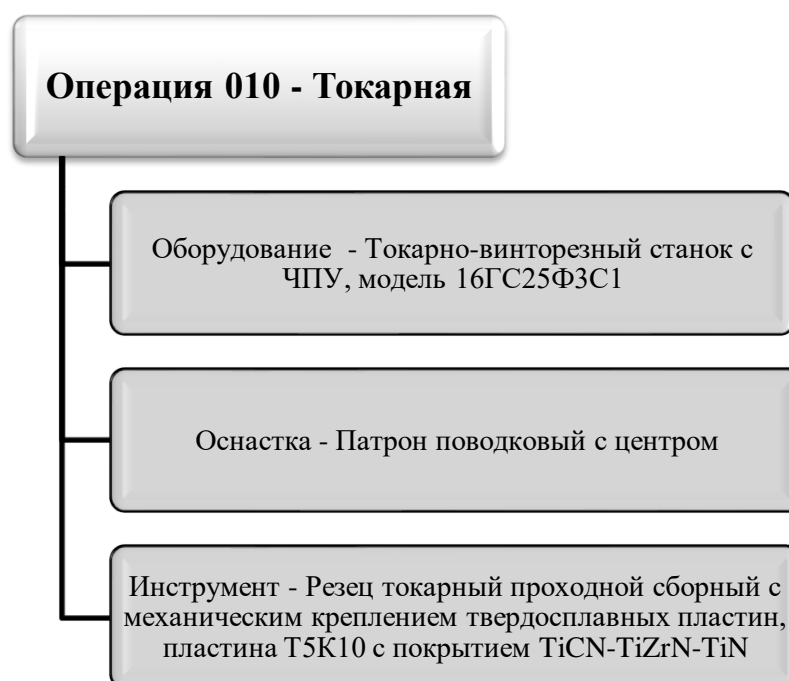


Рисунок 6 – Описание изменившейся операции в результате совершенствования

На рисунке 6 представлены предлагаемые изменения на токарной операции. В результате этих изменений снизилась трудоемкость ее выполнения, это относится и к основному и к штучному времени.

Чтобы дать компетентное заключение по предложенному совершенствованию, необходимо воспользоваться определенными

материалами и информацией, которые позволят сделать необходимый вывод. Более детальное описание материалов и информации представлено на рисунке 7.

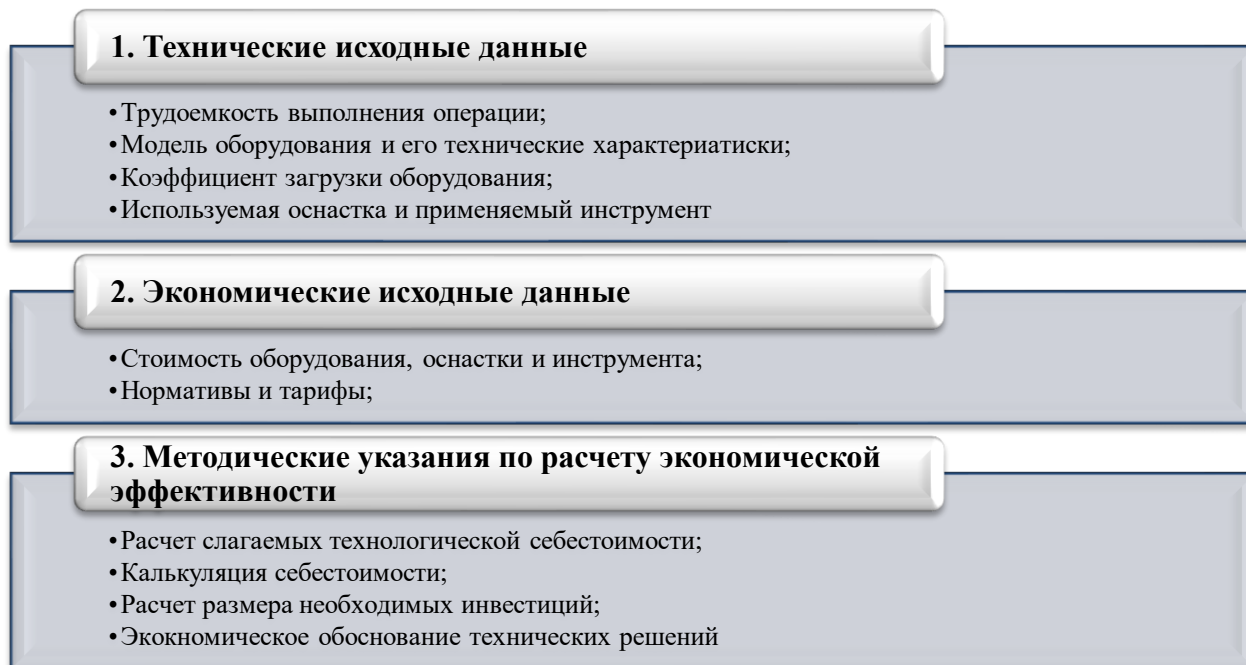


Рисунок 7 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

Информация и материалы, представленные на рисунке 7, описывают совокупность необходимых данных для проведения всех соответствующих расчетов. А также показывают направление на источник, для этой информации, а именно: Технические исходные данные – это тот материал, который можно найти в технической части бакалаврской работы. При разработке технологического процесса описывают используемое оборудование, оснастка и инструмент, рассчитывается трудоемкость выполнения предложенных операций и коэффициент загрузки этих операций. Естественно оборудование подбираю исходя из серийности производства, которые напрямую зависит от программы выпуска изделия. Что касается технических параметров используемого оборудования, то это общедоступная информация из справочной литературы. Экономические исходные данные –

это стоимостные значения оборудования, оснастки и инструмента, то есть его цена, тарифы на энергоносители, тарифные ставки по оплате труда и всевозможные экономические коэффициенты. Эти данные, как правило, предоставляются предприятиями, соответствующими министерствами и регулируются правительством РФ.

Методические указания по расчету экономической эффективности [14] – это методики по расчету всех необходимых экономических показателей. По их значениям можно сделать вывод о необходимости внедрения или, наоборот, об отказе вкладывать денежные средства в данный проект. Зная методику и используя соответствующее программное обеспечение, например такое, как Microsoft Excel, можно рассчитать все итоговые показатели и сделать заключение.

Если первые два пункта: технические и экономические исходные данные, это только источники информации, а вот третий – является объектом пристального внимания. Поэтому, далее будут представлены результаты расчетов всех необходимых экономических показателей, по результатам которых будут сделаны выводы, на которые и нацелен данный раздел.

На рисунке 8 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

Из рисунка 8 видно, что все значения совершенствованного варианта значительно меньше исходного. Такое изменение привело к итоговой разнице между вариантами значения величины технологической себестоимости в размере 4,32 рублей, что составило 16,55%. Максимальное влияние на такой результат оказал такой показатель, как расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ). Его доля в величине технологической себестоимости составляет 58,42% в исходном варианте, и 60,15% – в совершенствованном.

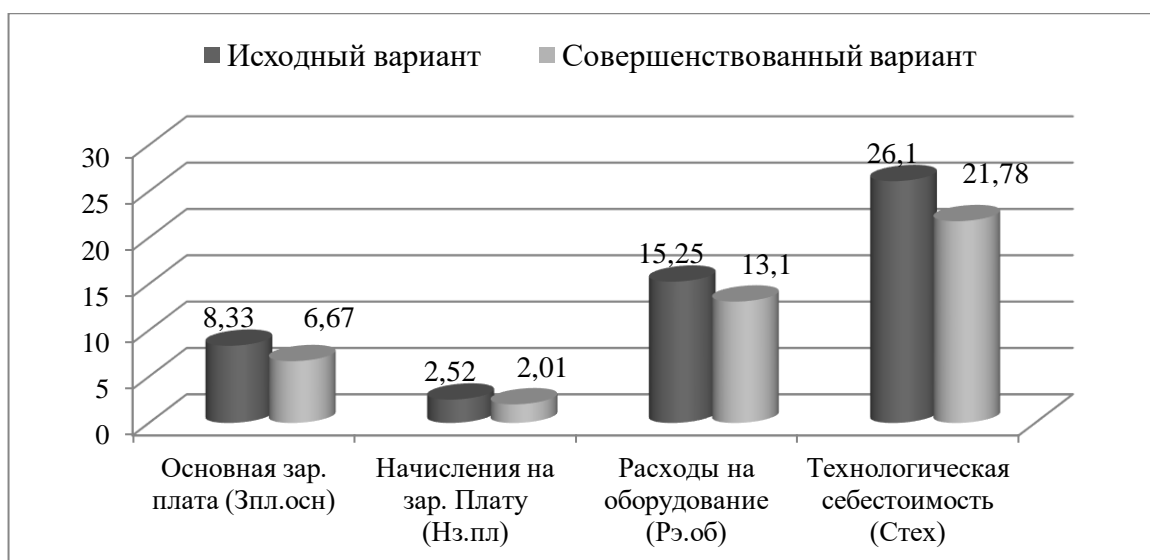


Рисунок 8 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

На рисунке 9 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

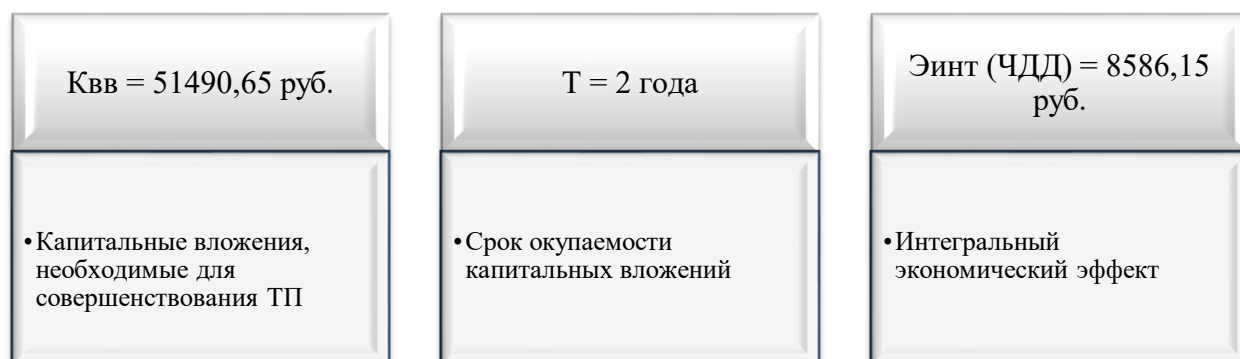


Рисунок 9 – Значения итоговых показателей

Итогом выполнения раздела, учитывая полученные и показанные на рисунке 9 данные, можно сделать вывод об эффективности предлагаемых совершенствований, так как экономический эффект в результате расчетов получился положительным.



## Заключение

В выпускной работе спроектирована технология изготовления оправки многофункциональной. Для спроектированной детали назначены по стандартам геометрические требования и физико-механические свойства материала. С учетом технических требований, указанных в чертеже, выполненного анализа технологичности и объема изделий в год 5000 штук выбран среднесерийный тип производства. Все последующее проектирование выполнено с учетом обеспечения характеристик данного производства.

Проведен анализ служебного назначения и технологичности детали. Для проектирования технологии выбран тип производства. Для спроектированной детали назначены по стандартам требования с учетом обеспечения технологичности по всем группам показателей. Спроектирована для выбранного метода исходная заготовка в виде штамповки. С учетом штамповки минимальной точности и среднесерийного производства разработана операционная технология. Выбраны станочное оборудование и станочные приспособления. Разработаны технологические наладки, операционные карты, а также составлена маршрутная карта, содержащая полное описание техпроцесса. рассмотрены особенности динамических характеристик резания при механической обработке на станках с числовым программным управлением. Также представлена конструкция специального сверла, которое используется в качестве режущего инструмента на координатно-расточной операции. Проектирование технологического процесса сопровождалось разработкой мероприятий по защите охраны труда, обеспечению экологичности и охраны окружающей среды спроектированного объекта. Показана эффективность изменений базового технологического процесса, которая подтверждается соответствующим экономическим расчетом, проведенным по известной методике и даны рекомендации по внедрению результатов проектирования в реальное производство.

## 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: 07.09.2022).
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: 15.09.2022).
21. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – [https://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/40X?](https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X?) (дата обращения: 01.09.2022).





















