

Аннотация

Архипов Вадим Александрович. Технологический процесс изготовления вала-шестерни коробки подач универсально-фрезерного станка FH-100. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни коробки подач универсально-фрезерного станка FH-100. Проектируемый технологический процесс должен обеспечить выпуск годовой программы деталей соответствующих конструкторским требованиям и при этом обеспечить минимальные затраты на изготовление.

В состав пояснительной записки входят введение, пять разделов, заключение и приложения. Введение содержит обоснование актуальности разработки выбранной темы и постановке цели работы. Первый раздел содержит анализ назначения, условий эксплуатации и технологичности детали. По результатам данного анализа сформулированы задачи работы. Второй раздел посвящен решению следующих задач: проектирование заготовки, расчет припусков на обработку, выбор средства технологического оснащения, разработка плана изготовления, определение режимов резания, нормирование операций. Третий раздел посвящен решению задач по совершенствованию технологического процесса путем проектирования специальных средств оснащения. В четвертом разделе рассмотрены анализ безопасности и экологичности технологического процесса и мероприятия по их совершенствованию. В пятом разделе рассмотрены расчеты экономической эффективности спроектированного технологического процесса.

Данная выпускная работа содержит пояснительную записку в объеме 66 страниц и графическую часть в объеме 8 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	4
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	4
1.2 Технологические характеристики детали.....	5
1.3 Выбор параметров техпроцесса.....	8
1.4 Формулировка задач работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Проектирование заготовки.....	10
2.2 Проектирование плана изготовления.....	17
2.3 Определение средств оснащения техпроцесса.....	18
2.4 Разработка технологических операций.....	21
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	25
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	25
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	32
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	33
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	38
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	40
5 Экономическая эффективность работы.....	42
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А Технологическая документация.....	51
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	63

Введение

Универсальный вертикально-фрезерный станок FH -100 используется для изготовления деталей из разнообразных конструкционных материалов таких как сталь, чугун, цветные металлы и неметаллические материалы. Для обработки данный станок может использовать разнообразный режущий инструмент: торцовые, концевые, цилиндрические, радиусные, модульные фрезы. Технические возможности станка позволяют обрабатывать плоскости, наклонные поверхности, различные по форме пазы, а также эвольвенты зубчатых венцов. При установке делительной головки и подключении ее вала передачи к продольному ходовому винту стола возможно выполнение обработки винтовой поверхности. В случае использования поворотного стола доступна обработка кулачков и дуговых пазов. Отличительными особенностями данного станка являются литая станина, наличие полуавтоматического и ручного режимов работы, наличие поворотной фрезерной головки, наличие встроенной автономной системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости, применение высокоточного устройства цифровой. Благодаря наличию данных особенностей станок нашел широкое применение в условиях единичного и среднесерийного производства, а также в ремонтно-механических цехах и отделениях предприятий. Работа в таких условиях требует выполнения жестких требований по надежности всех узлов, агрегатов и деталей входящих в состав станка. В условиях жесткой конкуренции также значительным фактором при выборе оборудования является его цена.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни коробки подач универсально-фрезерного станка FH-100. Проектируемый технологический процесс должен обеспечить выпуск годовой программы деталей соответствующих конструкторским требованиям и при этом обеспечить минимальные затраты на изготовление.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации

Вал-шестерня является промежуточным передаточным звеном крутящего момента коробки подач станка. Служебное назначение вала-шестерни заключается в передаче крутящего момента от входного вала коробки на выходной вал, соединенный с исполнительным механизмом. Момент передается посредством боковых поверхностей зубьев шестерни и внутренних шлицев. Данная конструкция позволяет существенно снизить габариты коробки подач, за счет того, что зацепление вала-шестерни с ведущим валом осуществляется при помощи внутреннего шлицевого зацепления. При сборке коробки подач вал-шестерня устанавливается в подшипниковых бобышках на двух опорных подшипниках.

Вал-шестерня имеет ступенчатую конструкцию, что характерно для деталей данного типа. Главная особенность данной детали заключается в наличии внутренних ступенчатых поверхностей и шлицов, что образует достаточно сложный профиль. Такие конструктивные характеристики формы детали обусловлены ее служебным назначением.

Величина рабочих нагрузок зависит от вида выполняемых на станке работ, используемого режущего инструмента, а также применяемых на операции режимов резания и может достигать больших значений. Станок может реализовывать как схему резания встречного фрезерования, так и попутного, поэтому направление нагрузок может быть знакопеременным. Условия работы вала-шестерни зависят от условий работы станка. Технологическое оборудование эксплуатируется в производственных помещениях, поэтому влиянием внешних климатических факторов можно пренебречь. Вал-шестерня устанавливается в закрытом герметичном корпусе коробки подач, поэтому на него не влияют повышенная запыленность окружающей среды, воздействие технологической смазочно-охлаждающей

жидкости и других агрессивных технологических сред, применяемых при фрезеровании. Возможное повышение температуры вследствие влияния микроклимата помещения и интенсивности работы механизма может привести к ухудшению свойств используемых для смазки трущихся поверхностей смазочных материалов, что может привести к увеличению износа исполнительных поверхностей детали. В целом условия эксплуатации детали можно охарактеризовать как умеренно тяжелые.

1.2 Технологические характеристики детали

Технологические характеристики детали оцениваются с использованием данных [11]. Лучше всего технологичность характеризуется соответствующими показателями материала детали, способа получения заготовки, конструкцией детали, характеристиками механической обработки.

Материал вала-шестерни сталь 20Х ГОСТ 4543-71. По данным [27] определяем химический состав и механические характеристики материала. Химический состав: 0,17-0,23% углерод, 0,7-1% хром, 0,5-0,8% марганец, до 0,03% фосфор, до 0,04% сера. Основные физико-механические свойства: предел прочности на растяжение 590 МПа, твердость по шкале НВ 150-180 единиц. Такие характеристики стали позволяют обеспечить необходимые эксплуатационные показатели вала-шестерни и показатели обрабатываемости резанием при обработке твердосплавным инструментом 0,95 и быстрорежущим инструментом 0,85.

Приемлемыми методами получения заготовки определяются, прежде всего, материалом детали. Для деталей из стали 20Х приемлемы методы получения заготовки как обработкой давлением, так и литьем [9, 23]. Форма детали и годовая программа выпуска ограничивают выбор метода получения заготовки методами литья в кокиль или горячей штамповкой. Данные методы обладают хорошими технологическими показателями, производительностью и позволяют получать заготовки с хорошими показателями точности и

характеристик поверхностей, что уменьшает количество требуемых операций механической обработки и снижает требуемые припуски на обработку.

Оценка конструкции детали основана на выявлении наиболее значимых поверхностей для выполнения ею служебного назначения. Для этого используется методика [25]. «Все поверхности детали классифицируем на основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные и свободные поверхности» [25]. Номера поверхностей представлены на эскизе детали (рисунок 1).

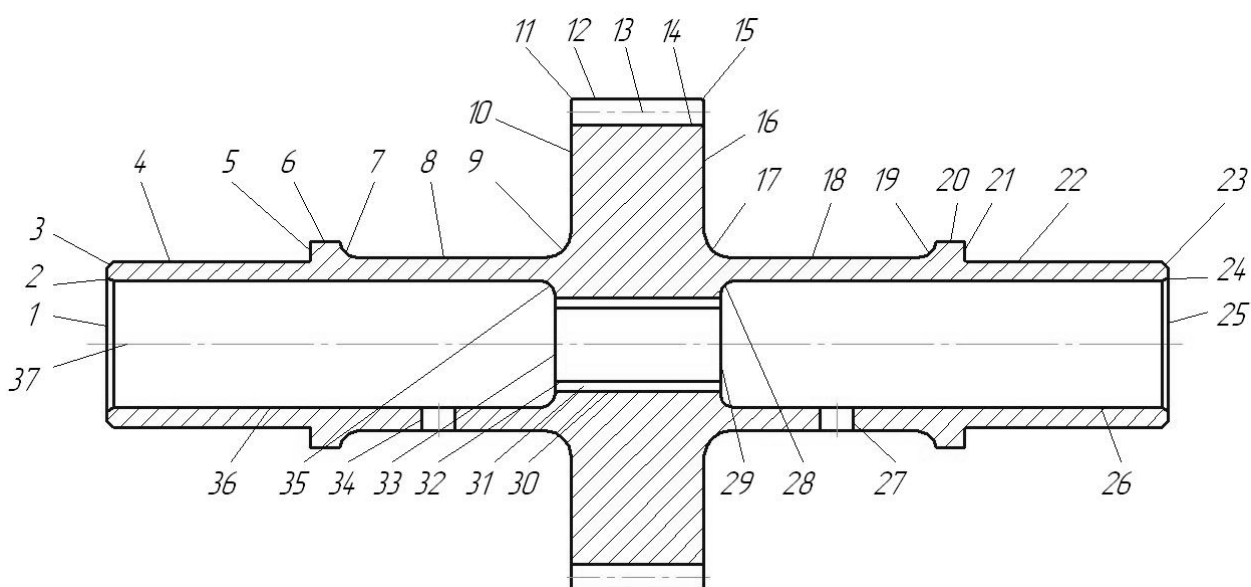


Рисунок 1 – Эскиз детали

Основными конструкторскими базами данной детали являются поверхности 4, 5, 22. При выполнении механической обработки данным поверхностям необходимо уделить особое внимание, так как от них зависит работоспособность детали и всего узла в целом.

Вспомогательными конструкторскими базами данной детали являются поверхности 21, 32. Данные поверхности отвечают за ориентацию других деталей относительно данной и, как правило, имеют ориентацию относительно основных конструкторских баз, что обуславливает необходимость их точной обработки и четкого соблюдения принципов

базирования при этом.

Исполнительными поверхностями данной детали являются поверхности 13, 31. От данных поверхностей зависит качество выполнения детали своего служебного назначения, поэтому их обработка достаточно трудоемка и требует обеспечения высоких показателей точности.

Технологичность механической обработки детали определяется годовой программой выпуска, необходимой точностью обработки, допусками формы и расположения поверхностей, а также требуемыми характеристиками поверхностного слоя. Анализируя данные параметры детали, можно сделать заключение, что механической обработке необходимо подвергнуть все ее поверхности. Применения при этом специальных методов обработки не требуется, так как определяющие выбор метода обработки параметры точности обработки и шероховатости достижимы стандартными методами.

Из анализа годовой программы следует, что наиболее применим метод достижения точности путем предварительной настройки оборудования. Это потребует предварительной проработки схем базирования. В данном случае реализация схем базирования возможна использованием как уже имеющихся поверхностей детали, так и специально созданных центровых отверстий.

Реализация предполагаемых методов механической обработки и схем базирования не потребует применения специальных средств оснащения и специального технологического оборудования, что существенно сократит стоимость обработки.

Проведенный анализ показал, что в целом рассматриваемый вал-шестерня может считаться технологичной деталью и не требует специальных подходов к проектированию или внесения изменений в конструкцию.

1.3 Выбор параметров техпроцесса

Тип производства является основой для определения параметров проектируемого техпроцесса. Определение типа производства производится по годовой программе выпуска, которая составляет 5000 штук в год и массе детали, которая составляет 0,83 кг. В соответствии с данными [26] тип производства среднесерийный.

Среднесерийный тип производства согласно данным [14] имеет следующие параметры техпроцесса. Проектирование ведется исходя из линейной последовательной стратегии проектирования. Организация техпроцесса на основе группового метода с применением выпуска деталей периодически повторяющимися сериями.

Методы получения заготовки выбираются по форме и материалу детали и экономических затрат на изготовление. Наиболее приемлемы для рассматриваемой детали методы литья и штамповки. Проектирование заготовки осуществляется на основе определения припусков на обработку расчетно-аналитическим методом для ответственных поверхностей и статистическим для неответственных поверхностей.

Технологические операции разрабатываются с учетом реализации максимальной экстенсивной концентрации переходов. Обязательным условием является применение принципов теории базирования при разработке схем установки. Настройка оборудования на размер с использованием статических и динамических методов настройки. На финишных операциях возможно применение активного контроля. Расчет режимов резания и нормирование операций осуществляется расчетными методами с применением статистических данных. Предпочтительным является использование оборудования с системами числового программного управления и оборудования с полуавтоматическим циклом. Станочные приспособления предпочтительно использовать универсальные, стандартизированные, в случае необходимости при проведении

соответствующих экономических расчетов специальные. Режущие инструменты предпочтительно использовать стандартные, допускается применение специальных инструментов. Средства контроля предпочтительно использовать стандартизированные, нормализованные.

Технологическая документация разрабатывается в виде маршрутной карты. Для ответственных операций разрабатываются операционные карты с картами эскизов и технологические наладки.

Участок формируется по групповому принципу расстановки оборудования с соблюдением правил и норм технологического проектирования.

1.4 Формулировка задач работы

Сформулируем задачи работы исходя из имеющихся данных о служебном назначении детали, условиях ее работы и анализе технологических характеристик детали. Основными задачами работы являются:

- выбор метода получения заготовки,
- проектирование заготовки,
- выбор средства технологического оснащения,
- разработка плана изготовления,
- проектирование технологических операций,
- совершенствование технологического процесса путем проектирования станочного приспособления,
- совершенствование технологического процесса путем проектирования металлорежущего инструмента,
- анализ безопасности и экологичности технологического процесса и разработка мероприятий по их совершенствованию,
- расчет экономической эффективности технологического процесса.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

«Экономическое обоснование выбора метода проектирования заготовки основано на расчете и сравнении общих затрат на получение детали из заготовок полученных различными методами по методике» [24]. В ходе выполнения анализа заготовки на технологичность было выяснено, что в данном случае лучшими вариантами являются методы литье в кокиль или горячую штамповку. Проведем их сравнение согласно предложенной методике.

Общие затраты определяются по формуле:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

где C_{zi} – стоимость заготовки, руб.;

$C_{обри}$ – стоимость механической обработки, руб.;

i – вариант получения заготовки.

Здесь и далее примем номер варианта 1 для горячей штамповки, номер варианта 2 для литья в кокиль.

Стоимость заготовки определяется по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где C_{mi} – стоимость тонны материала заготовки, руб.;

M_{zi} – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент способа получения заготовки;

K_T – коэффициент точности получения заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент сложности получения заготовки.

«Масса заготовки рассчитывается по формуле:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где M_d – масса детали, кг;

K_p – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [24].

По формуле (3) рассчитываем массу заготовок получаемых различными методами.

$$M_{z1} = 0,83 \cdot 2,17 = 1,8 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 0,83 \cdot 2,29 = 1,9 \text{ кг.}$$

По формуле (2) рассчитываем стоимость заготовок получаемых различными методами штамповки.

$$C_{z1} = \frac{20000 \cdot 1,8}{1000} \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 29,52 \text{ р.}$$

$$C_{z2} = \frac{20000 \cdot 1,9}{1000} \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 37,39 \text{ р.}$$

Стоимость механической обработки определяется по формуле:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_d}{K_0}, \quad (4)$$

где « $C_{уд}$ – удельная цена снятия стружки, руб./кг;

$K_{имi}$ – коэффициент использования материала;

K_0 – коэффициент обрабатываемости материала» [24].

«Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{имi} = \frac{M_d}{M_{zi}}. \quad (5) \text{» [24]}$$

$$K_{им1} = \frac{0,83}{1,8} = 0,46.$$

$$K_{им2} = \frac{0,83}{1,9} = 0,43.$$

По формуле (4) рассчитываем стоимость механической обработки.

$$C_{\text{обр}1} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,46} - 1\right) \cdot 0,83}{1,1} = 35,4 \text{ р.}$$

$$C_{\text{обр}2} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,43} - 1\right) \cdot 0,83}{1,1} = 40,1 \text{ р.}$$

По формуле (1) рассчитываем общие затраты на получение детали из заготовок получаемых различными методами получения заготовки.

$$C_1 = 29,52 + 35,4 = 64,92 \text{ р.}$$

$$C_2 = 37,39 + 40,1 = 77,49 \text{ р.}$$

Экономическое сравнение показало, что метод получения заготовки горячей штамповкой более выгоден, поэтому принимаем его для проведения дальнейших расчетов и проектирования заготовки.

На выбор маршрутов влияет форма, точность, шероховатость обрабатываемой поверхности и суммарные удельные затраты. Выбор маршрутов производится с использованием данных литературы [3]. Полученные результаты приведены ниже.

Используя полученные маршруты обработки поверхностей, производим расчет припусков на обработку.

Припуски на обработку точных поверхностей 4 и 22 диаметром $25k5^{+0,011}_{+0,002}$ определяются расчетно-аналитическим методом [20].

«Минимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

где a_{i-1} – величина дефектного слоя на предыдущем переходе, мм;

Δ_{i-1} – величина пространственных отклонений поверхностей на предыдущем переходе, мм;

ε_i – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [20].

«Максимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (7)$$

где Td_i – допуск размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск размера на предыдущем переходе, мм» [20].

Средний припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8)$$

Результаты проведения расчетов припусков приведены ниже.

$$z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,130^2 + 0,025^2} = 0,432 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,050^2 + 0,025^2} = 0,256 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \min} = a_{\text{Т0}} + \sqrt{\Delta_{\text{Т0}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,008^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

$$z_{5 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0,010 + \sqrt{0,003^2 + 0,012^2} = 0,023 \text{ мм.}$$

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,432 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,25) = 1,157 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,256 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,431 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{Т0}} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,039) = 0,382 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,192 \text{ мм.}$$

$$z_{5 \max} = z_{5 \min} + 0,5 \cdot (Td_4 + Td_5) = 0,023 + 0,5 \cdot (0,016 + 0,011) = 0,037 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,157 + 0,432) = 0,795 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2max} + z_{2min}) = 0,5 \cdot (0,431 + 0,256) = 0,344 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3max} + z_{3min}) = 0,5 \cdot (0,382 + 0,282) = 0,332 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,192 + 0,164) = 0,178 \text{ мм.}$$

$$z_{cp5} = 0,5 \cdot (z_{5max} + z_{5min}) = 0,5 \cdot (0,037 + 0,023) = 0,030 \text{ мм.}$$

Зная величины припусков для каждого перехода можно провести расчеты операционных размеров.

Минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (9)$$

В маршруте обработки поверхности предусмотрено выполнение термической обработки. С учетом этого минимальный диаметр на переходе предшествующем термическому рассчитывается по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (10)$$

Максимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11)$$

Средний диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{i\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{imax} + d_{imin}). \quad (12)$$

Ниже приведены результаты проведения расчетов.

Результаты проведения расчетов операционных размеров приведены ниже.

$$d_{5min} = 25,002 \text{ мм.}$$

$$d_{5max} = 25,011 \text{ мм.}$$

$$d_{5cp} = 0,5 \cdot (d_{5max} + d_{5min}) = 0,5 \cdot (25,011 + 25,002) = 25,007 \text{ мм.}$$

$$d_{4min} = d_{5min} + 2 \cdot z_{5min} = 25,002 + 2 \cdot 0,023 = 25,059 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = d_{4min} + Td_4 = 25,059 + 0,016 = 25,076 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (25,076 + 25,059) = 25,068 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 25,059 + 2 \cdot 0,164 = 25,404 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 25,404 + 0,039 = 25,443 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (25,443 + 25,404) = 25,424 \text{ мм.}$$

$$d_{TO min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 25,404 + 2 \cdot 0,282 = 26,007 \text{ мм.}$$

$$d_{TO max} = d_{TO min} + Td_{TO} = 26,007 + 0,160 = 26,167 \text{ мм.}$$

$$d_{TO cp} = 0,5 \cdot (d_{TO max} + d_{TO min}) = 0,5 \cdot (26,167 + 26,007) = \\ = 26,087 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO min} \cdot 0,999 = 26,007 \cdot 0,999 = 25,971 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 25,971 + 0,100 = 26,071 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (26,071 + 25,971) = 26,021 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 25,971 + 2 \cdot 0,256 = 26,583 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 26,583 + 0,250 = 26,833 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (26,833 + 26,583) = 26,708 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 26,583 + 2 \cdot 0,432 = 27,697 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 27,697 + 1,200 = 28,897 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5 \cdot (d_{0max} + d_{0min}) = 0,5 \cdot (28,897 + 27,697) = 28,297 \text{ мм.}$$

Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0 min} - d_{5 max}. \quad (13)$$

Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_5. \quad (14)$$

Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15)$$

$$2z_{min} = 27,697 - 25,011 = 2,686 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 2,686 + 1,200 + 0,011 = 3,897 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,686 + 3,897) = 3,292 \text{ мм.}$$

Значения припусков на обработку остальных поверхностей по переходам определяются на основе метода и данных, содержащихся в литературе [6]. В таблице 1 приведены результаты определения припусков на обработку поверхностей.

Таблица 1 – Результаты определения припусков на обработку поверхностей

Поверхность	Номер перехода	Минимальное значение припуска, мм	Максимальное значение припуска, мм
5, 21	1	1,8	2,2
	2	0,8	1,07
	3	0,4	0,497
	4	0,03	0,068
12	1	0,75	1,6
	2	0,125	0,335
	3	0,2	0,31
13	1	0,6	0,9
	2	0,18	0,47
	3	0,2	0,38
26, 36	1	0,5	0,647
32	1	0,7	0,777

Имея значения припусков на обработку поверхностей, производим проектирование заготовки. Основные параметры заготовки для ее проектирования выбираем по ГОСТ 7505-89 [4]: класс точности получения заготовки Т4, группа материала М1, степень сложности С1, исходный индекс И9. Напуски также определяем по ГОСТ 7505-89: «наружные штамповочные уклоны 5°, радиусы скруглений 2,5 мм, значение максимального остаточного облоя не более 1,2 мм, значение смещения по поверхности разъема штампа не более 1,0 мм, concentricность отверстий не более 1,0 мм» [4].

Результаты проектирования заготовки представлены на листе графической части работы.

2.2 Проектирование плана изготовления

Основой проектирования плана изготовления является технологический маршрут изготовления детали. В соответствии с характеристиками типа производства разработка технологического маршрута изготовления детали ведется на основе типовых маршрутов [16, 18, 19] с учетом обеспечения принципа максимальной концентрации переходов. Получаем маршрут изготовления детали, представленный в таблице 2.

Таблица 2 – Маршрут изготовления вала-шестерни

Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Метод обработки
005 Фрезерно-центровальная	1, 2, 24, 25	фрезерование сверление
010 Токарная	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	точение
015 Токарная	4, 5, 12, 21, 22	точение
020 Сверлильная	26, 32, 36	сверление
025 Токарная	26, 28, 29, 32, 33, 35, 36	токарная
030 Сверлильная	27, 34	сверление
035 Протяжная	30, 31, 32	протягивание
040 Зубофрезерная	13, 14	зубофрезерование
050 Зубошевинговальная	13	шевингование
055 Термическая	все	термическая обработка
060 Центрошлифовальная	2, 24	шлифование
065 Торцекруглошлифовальная	4, 5, 21, 22	шлифование
070 Круглошлифовальная	12	шлифование
075 Торцекруглошлифовальная	4, 5, 21, 22	шлифование
080 Зубошлифовальная	13	шлифование
085 Круглошлифовальная	4, 22	шлифование
090 Полировальная	4, 22	полирование
095 Моечная	все	мойка
100 Контрольная	все	контроль

Маршрут изготовления детали является основой для проектирования плана ее изготовления. Для этого необходимо: определить состав операций,

разработать операционные эскизы, разработать схемы базирования на операциях, определить технические требования на выполнение операций. Результаты проектирования плана изготовления отражаются в маршрутной карте, операционных картах, которые представлены в приложении А данной работы, а так же отображаются в виде плана изготовления на листе графической части работы, сформированного по рекомендациям [17].

2.3 Определение средств оснащения техпроцесса

«В состав средств технологического оснащения входят технологическое оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент и контрольные приспособления» [22].

Выбор технологического оборудования зависит от типа производства, метода обработки, точности обработки, геометрических параметров детали и ряда других требований [22]. В таблице 3 представлены результаты выбора технологического оборудования с использованием данных [12, 21].

Выбор станочных приспособлений зависит от типа производства, схемы базирования на операции, требуемой точности обработки, геометрических параметров детали и ряда других требований [22]. В таблице 3 представлены результаты выбора станочных приспособлений с использованием данных [7, 21].

Выбор режущего инструмента зависит от типа производства, метода обработки, точности обработки, геометрических параметров детали и ряда других требований [22]. В таблице 3 представлены результаты выбора режущего инструмента с использованием данных [1, 22].

Выбор контрольных приспособлений зависит от типа производства, требуемой точности контроля, геометрических параметров детали и ряда других требований [22]. В таблице 3 представлены результаты выбора контрольных приспособлений с использованием данных [15, 22].

Таблица 3 – Определение средств технологического оснащения

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
005 Фрезерно-центровальная	фрезерно-центровальный 2Г942	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66	фрезы торцевые ГОСТ 1695-80, сверло центровочное специальное	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80
010 Токарная	токарный CL 1500 CNC	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-73	резец контурный ОСТ 2.И10.1-83	калибр контроля центрального отверстия
015 Токарная	токарный CL 1500 CNC	патрон поводковый гост 2571-71	резец контурный ОСТ 2.И10.1-83, резец канавочный ОСТ 2.И10.1-83,	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80
020 Сверлильная	вертикально-сверлильный GHD-55PFA	тиски самоцентрирующие специальные	сверло специальное, сверло комбинированное специальное	микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78
025 Токарная	токарный CL 1500 CNC	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	резец расточной ОСТ 2.И10.1-83	нутромер НМ ГОСТ 10-80
030 Сверлильная	вертикально-сверлильный GHD-55PFA	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66	сверло спиральное ГОСТ 10903-77	нутромер НМ ГОСТ 10-80
035 Протяжная	горизонтально-протяжной Н30-60		протяжка специальная	нутромер НМ ГОСТ 10-80
040 Зубофрезерная	зубофрезерный YBS3112	патрон поводковый ГОСТ 2571-71	фреза зубонарезная червячная ГОСТ 9324-80	шаблон
045 Зубофасочная	зубофасочный ВС-500	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	фреза	шаблон
050 Зубошевинговальная	зубошевинговальный HURTH ZS 150	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	шевер ГОСТ 8570-75	шаблон
055 Термическая	печь термическая			

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средство контроля
060 Центрошлифовальная	центрошлифовальный ZSM 5100	тиски самоцентрирующие	головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ 2447-82	шаблон
065 Торцекруглошлифовальная	торцекруглошлифовальный GA-3535 CNC	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	круг шлифовальный 3-300×127×200 23A46M8V30M/C1A	шаблон
070 Круглошлифовальная-	круглошлифовальный GUN-3540 CNC	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	круг шлифовальный 1 300×127×50 23A46M8V30M/C1A	скоба рычажная
075 Торцекруглошлифовальная	торцекруглошлифовальный GA-3535 CNC	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	круг шлифовальный 3-300×127×200 23A80K5V30M/C1A	скоба рычажная
080 Зубошлифовальная	зубошлифовальный YK7332A	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	круг шлифовальный 4-250×76,2×10 25A80M5V30M/C1A	скоба рычажная
085 Круглошлифовальная	круглошлифовальный GUN-3540 CNC	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	круг шлифовальный 1 300×127×50 24A80M5V35M/C1A	шаблон
090 Полировальная	полировальный KSP 100	патрон цанговый специальный восьмилепестковый	24A61V	скоба рычажная

Выбранные средства технологического оснащения, представленные в таблице 3, заносятся в технологическую документацию, которая оформляется в виде маршрутной карты и операционных карт (приложение А). Так же сведения об используемом на операции технологическом оборудовании заносятся в соответствующую графу разрабатываемого плана изготовления вала-шестерни, который представлен в графической части работы.

2.4 Разработка технологических операций

Основой для разработки технологических операций является определение режимов резания и их нормирование. «К режимам резания относят подачу инструмента, скорость резания и частоту вращения шпинделя. Нормирование операций заключается в определении времени на их выполнение» [20].

Определение режимов резания проводится в соответствии с типом производства расчетно-аналитическим методом [13].

Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

где V_T – статистическая скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент материала детали;

K_2 – коэффициент материала инструмента;

K_3 – коэффициент метода обработки.

Частота вращения рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (17)$$

где d – диаметр поверхности обработки при точении или диаметр инструмента при сверлении и фрезеровании, мм.

Действительная скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (18)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин.

Нормирование операций согласно типу производства выполняется по методике [3].

«Сначала определяется длина резания по формуле:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (19)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{рез}}$ – длина обработки, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм» [13].

«Затем определяется основное время выполнения операции по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (20)$$

где S_0 – подача инструмента, мм/об» [13].

«Для операций фрезерования основное время выполнения операции определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_z \cdot z \cdot n_d}, \quad (21)$$

где S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

z – количество зубьев фрезы, шт.» [13].

В таблице 4 представлены результаты определения режимов резания и нормирования.

Таблица 4 – Результаты определения режимов резания и нормирования

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Фрезерно-центровальная					
1	(0,15)	46,4	250	35	0,6
2	1,1	6	36	3	0,42
010 Токарная, установ А					
1	0,3	146	630	120	0,64
010 Токарная, установ Б					
1	0,3	146	630	100	0,53
015 Токарная, установ А					
1	0,17	186	800	53	0,39
015 Токарная, установ Б					
1	0,17	186	800	33	0,39
020 Сверлильная, установ А					
1	0,34	38	630	95	0,44
020 Сверлильная, установ Б					
1	0,34	38	630	70	0,33
025 Токарная, установ А					
1	0,19	75	1250	95	0,4
025 Токарная, установ Б					
1	0,19	75	1250	73	0,31
030 Сверлильная					
1	0,12	13	800	5	0,1
2	0,12	13	800	5	0,1
035 Протяжная					
1	0,11	5,2		600	0,72
040 Зубофрезерная					
1	2,5	40	250	25	0,97
045 Зубофасочная					
1	0,15	35	600	0,3	0,7
050 Зубошевинговальная					
1	120	12	260	25	0,92
060 Центрошлифовальная					
1	0,55	15	300	0,8	0,18
065 Торцекруглошлифовальная, установ А					
1	0,009	26	300	0,323	0,2
065 – Торцекруглошлифовальная, установ Б					
1	0,009	26	300	0,323	0,2
070 Круглошлифовальная					
1	0,013	26	368	76	0,65
075 Торцекруглошлифовальная, установ А					
1	0,003	30	300	0,174	0,32
075 Торцекруглошлифовальная, установ Б					
1	0,003	30	300	0,174	0,32
080 Зубошлифовальная					
1	0,01	250	1500	25	0,82
085 Круглошлифовальная, установ А					

Продолжение таблицы 4

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
1	0,008	30	368	21	0,4
085 Круглошлифовальная, установ Б					
1	0,008	30	368	21	0,4
090 Полировальная, установ А					
1	0,001	35	300	21	0,19
090 Полировальная, установ Б					
1	0,001	35	300	21	0,19

Далее проектируется необходимая технологическая документация, отражающая результаты определения режимов резания и нормирования технологических операций. Под технологической документацией понимаются маршрутная карта, отражающая укрупненное представление проектируемого технологического процесса, и операционные карты с картами эскизов, содержащие подробные результаты проектирования технологических операций. Спроектированная технологическая документация представлена в приложении А настоящей работы.

Кроме того, для наиболее технологически сложных операций проектируются технологические наладки, в которых также отражены результаты определения режимов резания и нормирования технологических операций. Спроектированные технологические наладки представлены в графической части работы.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

В ходе анализа базового технологического процесса было установлено, что на операции 020 Сверлильной имеются погрешности обработки, вызванные нестабильностью сил зажима, появления которых можно избежать. Причина их возникновения заключается в использовании приспособления с ручным приводом. Операционный эскиз данной операции представлен на рисунке 2.

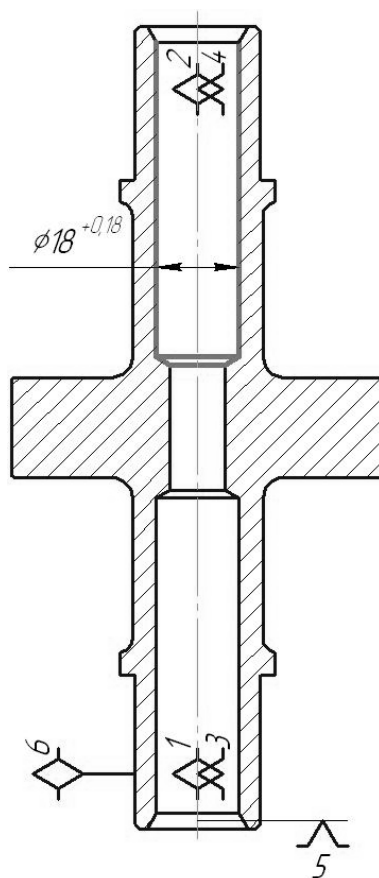


Рисунок 2 – Операционный эскиз

Устранение выявленных недостатков возможно путем проектирования станочного приспособления с механизированным приводом по методике и данным [5, 21].

«Согласно принятой методике осевая сила резания рассчитывается по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (22)$$

где C_p , q , y , K_p – поправочные коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают фактические условия операции;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

S – продольная подача, мм/об» [21].

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 18^{1,0} \cdot 0,34^{0,7} \cdot 0,84 = 4832 \text{ Н.}$$

«Крутящий момент от силы резания рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (23)$$

где C_m – поправочный коэффициент, который учитывает фактические условия операции» [21].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 18^{2,0} \cdot 0,34^{0,8} \cdot 0,84 = 38,75 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Осевая сила прижимает заготовку к опоре, поэтому при выполнении силового расчета приспособления ее можно не учитывать.

Силовой расчет необходимо выполнить относительно системы равенства крутящего момента от силы резания и момента силы закрепления.

Момент силы зажима равен:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2}, \quad (24)$$

где W – сила зажима, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

d – диаметр закрепления, мм

α – угол призмы, град.

«Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{2 \cdot M_3 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{f \cdot d} \cdot K, \quad (25)$$

где K – коэффициент запаса» [5].

«Коэффициент запаса учитывает особенности выполнения операции и рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (26)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент увеличения сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

K_3 – коэффициент прерывистости процесса резания» [5].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

По формуле (25) определяем силу зажима.

$$W = \frac{2 \cdot 38,75 \cdot \sin 45^\circ}{30 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15} \cdot 1,8 = 21920 \text{ Н.}$$

«Усилие зажима на постоянных кулачках рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (27)$$

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [5].

$$W_1 = \frac{21920}{1 - \frac{3 \cdot 90}{95} \cdot 0,2} = 50790 \text{ Н.}$$

Усилие, которое необходимо развить силовому приводу определяется

по уравнению:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (28)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма.

$$Q = \frac{50790}{2,0} = 25395 \text{ Н.}$$

Для создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение гидроцилиндра, диаметр поршня которого рассчитывается по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (29)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{25395}{6,3}} = 69 \text{ мм.}$$

«Для расчета приспособления на точность используется формула:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (30)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления рабочих поверхностей призм, мм;

Δ_2 – погрешность изготовления рычага, мм;

Δ_3 – погрешность присоединительного размера рычага и ползушки, мм;

Δ_4 – погрешность присоединительного размера рычага и тяги, мм;

Δ_5 – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и ползушки, мм;

Δ_6 – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и тяги, мм» [5].

$$\begin{aligned}\varepsilon_y &= \frac{1}{2} \sqrt{0,047^2 + 0,110^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,016^2} = \\ &= 0,038 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Расчетное значение погрешности установки должно быть меньше, чем допускаемое, которое в данном случае составляет 0,054 мм. Условие выполняется, следовательно, приспособление отвечает заданной точности установки и может быть использовано на токарной черновой операции.

Проектируемое приспособление состоит из самоцентрирующих призм, прикрепленных к ползушкам. Перемещение ползушек осуществляется при помощи рычагов, которые вращаются на оси. Движение рычагам передается через втулку, которая соединена с гидроцилиндром при помощи штока. Гидроцилиндр состоит из корпуса, в который установлены поршень и шток, а также крышки корпуса.

Процесс установки происходит следующим образом. Вал-шестерня устанавливается на упор. Призмы при этом находятся в разжатом положении. Затем производится подача давления в штоковую полость гидроцилиндра и поршень со штоком двигаются в противоположном направлении. Шток тянет за собой втулку, которая воздействует на рычаги, тем самым движение передается на ползушки и призмы, которые сходятся к центру, обеспечивая тем самым центрирование и закрепление заготовки. Для раскрепления заготовки рабочая жидкость подается в бесштоковую полость гидроцилиндра и система возвращается в исходное положение.

Конструкция станочного приспособления представлена на листе графической части работы. Спецификация на приспособление представлена в приложении Б.

3.2 Проектирование режущего инструмента

На 020 Сверлильной операции выполняется сверление глубокого отверстия. Основными проблемами при применении стандартного режущего инструмента в данном случае является снижение качества обработки, увеличение времени на обработку и снижение стойкости режущего инструмента. Причина данных проблем заключается в плохом отводе стружки, что приводит к резкому увеличению температуры в зоне резания и ухудшению теплоотвода из зоны резания. В связи с этим необходимо провести проектирование режущего инструмента, который поможет решить данные проблемы. Для этого используем методику и данные [8].

Выбираем конструкцию инструмента в виде пушечного сверла, что позволит обеспечить заданную точность и производительность обработки.

Диаметр сверла определяется по формуле:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (31)$$

где D_{min} – минимальный диаметр отверстия, мм;

TD – допуск на выполняемый размер, мм.

$$D = 18,40 + \frac{0,21}{2} = 18,505 \text{ мм.}$$

Точность диаметра сверла зависит от требуемой точности обработки и принимается на два качества точнее, то есть в данном случае должна соответствовать 10 качеству. Тогда диаметр инструмента должен составлять $18,505_{-0,084}$ мм.

Конструкцию режущей части сверла принимаем в виде твердосплавных пластин из твердого сплава T15K10, приклеенных к корпусу. Такое решение обусловлено тем, что обрабатывается низколегированная сталь, что может привести к появлению после обработки наклепанного слоя. Кроме того это снизит стоимость режущего инструмента.

Хвостовую часть сверла выполняем в виде конуса Морзе. «Расчет диаметра для определения номера конуса Морзе выполняется по формуле:

$$d = \frac{6 \cdot \mu_{\text{ср}} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta\theta)}, \quad (32)$$

где $\mu_{\text{ср}}$ – момент сопротивления силам резания, Н·м;

θ – угол конуса, град;

μ – коэффициент трения на поверхности контакта;

P_0 – осевая сила, Н;

$\Delta\theta$ – допуск угла конуса, град» [8].

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 39,6 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 27,9 \text{ мм.}$$

Исходя из полученного значения расчетного диаметра принимаем конус Морзе №2.

Геометрия сверла принимается исходя из требуемых параметров шероховатости и условия обеспечения стойкости сверла:

- задний угол α равен 6° ;
- передний угол γ равен 15° .

«С целью устранения возможного заедания сверла при обработке передняя поверхность выполняется выше центра сверла на величину 0,5 мм. Уменьшение трения направляющей о стенки отверстия обеспечивается наличием лыски под углом 30° » [8].

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Выполнение данного раздела позволит обеспечить безопасность выполнения спроектированного технологического процесса изготовления вала-шестерни коробки подач универсально-фрезерного станка FH-100, обеспечить пожарную безопасность производства и минимизировать его влияние на экологию. Решение данных задач будем выполнять по данным [2].

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Согласно принятой методике необходимо составить паспорт рассматриваемого технологического процесса (таблица 5). В данном паспорте необходимо описать краткую характеристику технологического процесса включая необходимых для его осуществления работников, оборудование, средства оснащения, материала и другие применяемые в ходе его выполнения вещества.

Таблица 5 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [2]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [2]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [2]	«Материалы, вещества» [2]
технологический процесс изготовления вала-шестерни	сверлильная операция	сверловщик	станок вертикально-сверлильный GHD-55PFA, тиски самоцентрирующие специальные, сверло специальное, сверло комбинированное	20X ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, обтирочная ветошь

Основываясь на полученных данных, производится дальнейшее рассмотрение технологического процесса на наличие профессиональных рисков, обеспечение пожарной безопасности и соответствие экологическим нормам.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Оценка профессиональных рисков в соответствии с рекомендациями [2] заключается в выявлении опасных и вредных факторов, возникающих в ходе выполнения технологического процесса и источников их возникновения. Следует отметить, что опасные и вредные факторы выбираются исходя из списка государственного стандарта и рекомендаций [2]. В таблице 6 приведены результаты идентификации профессиональных рисков.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
сверлильная операция	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих	заготовка, режущий инструмент

Продолжение таблицы 6

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
	вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	металлорежущий станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость
	стереотипные рабочие движения	металлорежущий станок

Основываясь на представленных данных по наличию профессиональных рисков и их источниках проводится разработка

мероприятий и выбор средств для снижения или полного устранения влияния данных рисков на работников принимающих участие в выполнении спроектированного технологического процесса.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В таблице 7 приведены результаты разработки соответствующих методов и средств, которые позволят снизить влияние профессиональных рисков.

Таблица 7 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев	нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды,	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение ограждающих устройств	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат

Продолжение таблицы 7

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных виброгасящих приспособлений и устройств	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение средств поглощения шума» [2]	наушники противошумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [2]	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной	

Продолжение таблицы 7

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
	документации, применение местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение ограждающих устройств	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником» [2]
стереотипные рабочие движения	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности регламентируемых перерывов	

Представленные в таблице средства и методы позволят эффективно снизить влияние профессиональных рисков на работников.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность участка выполняющего данный техпроцесс обеспечивается в зависимости от характеристик возможного пожара, то есть его класса и возникающих опасных факторов. В таблице 8 приведены полученные по результатам анализа в соответствии с рекомендациями [2] данные.

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
участок изготовления вала-шестерни коробки подачи универсально-фрезерного станка FH-100	станок вертикально-сверлильный GHD-55PFA, тиски самоцентрирующие специальные, сверло специальное, сверло комбинированное	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [2]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [2]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [2]

На основе данных таблицы 8 определяем рекомендованные к применению в данном случае технические средства обеспечения пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические средства пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения» [2]	«Мобильные средства пожаротушения» [2]	«Стационарные установки и системы пожаротушения» [2]	«Средства пожарной автоматики» [2]	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	«Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)» [2]	«Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [2]
«ведра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна кошмы, ломы, пилы, топоры» [2]	«пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители» [2]	«автоматическая газовая система пожаротушения» [2]	«приборы управления пожарные, системы передачи извещений о пожаре» [2]	гидранты, колонки, стволы, рукава, соединительные колонки, гидроэлеваторы	противогазы, самоспасатели	конусные ведра, ломы, багры с деревянной ручкой, полотно, лопаты, тележка,	оповещатели звуковые автоматические, световые оповещатели «Выход»

Исходя из данных таблицы 9, определяем организационные мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
технологический процесс изготовления вала-шестерни коробки подачи универсально-фрезерного станка FH-100	«разработка приказов и распоряжений для организации проведения работы по пожарной безопасности» [2]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации» [2],

Продолжение таблицы 10

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
	«разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара, обучение работников объекта мерам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [2]	«автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [2]

Предложенный комплекс технических средств и организационных мероприятий, в полной мере обеспечит пожарную безопасность на участке изготовления рассматриваемой детали.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность производственного процесса обеспечивается исходя из тех негативных факторов, действие которых необходимо нейтрализовать или уменьшить. В связи с этим, сначала необходимо определить какие именно негативные факторы будут воздействовать на окружающую среду в результате выполнения данного технологического процесса. Результаты определения негативных факторов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса» [2]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [2]
техпроцесс изготовления вала-шестерни	станок вертикально-сверлильный GHD-55PFA	аэрозоль от смазочно-охлаждающей жидкости	смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, пыль	металлическая стружка, смазочно-охлаждающая жидкость

На основе полученных данных по негативным факторам, действующим на экологию, разработаем комплекс организационных и технических мероприятий, которые позволят снизить это влияние или нейтрализовать его. Полученные данные представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

«Наименование технического объекта» [2]	технологический процесс изготовления вала-шестерни коробки подач универсально-фрезерного станка FH-100
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«использование систем фильтрации воздуха на основе электрофильтров и абсорберов» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«использование отстойников, решеток, аэраторов» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«использование отдельной переработки отходов, повторная переработка металлического лома» [2]

В результате выполнения данного раздела обеспечена безопасность выполнения спроектированного технологического процесса изготовления вала-шестерни, обеспечена пожарная безопасность производства и минимизировано его влияние на экологию.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Вал шестерня». Эти изменения касаются двух операций:

– первая, это сверлильная, на которой для закрепления детали предложено использовать тиски машинные с гидравлическим зажимом, вместо тисков с ручным зажимом;

– вторая – зубофрезерная, на которой были пересмотрены режимы резанья.

Используя данное описание изменений, рассчитаем необходимые для определения эффективности параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров необходимо воспользоваться соответствующим учебно-методическим пособием [10] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимо последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, все параметры имеют тенденцию к снижению, а именно проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Вал шестерня» на 5,68 руб., что составит 33,1 %.

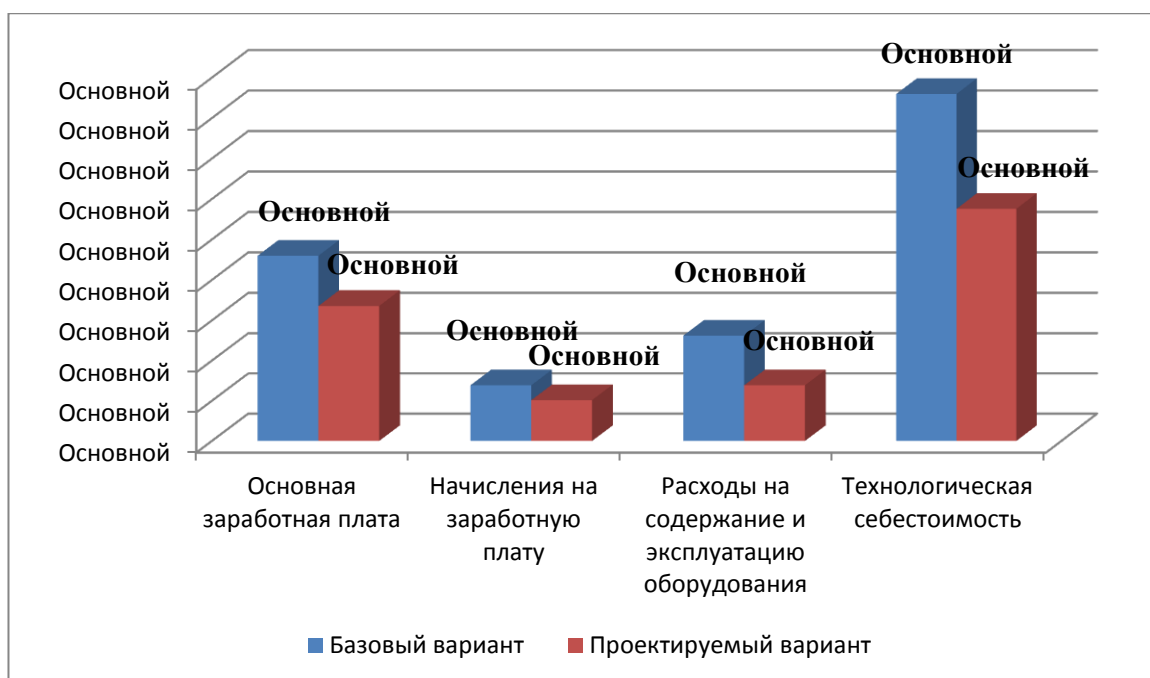


Рисунок 3 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 50,78 рублей, а для проектируемого – 36,06 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 28,9% или 14,72 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определим сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 58880 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали

«Вал шестерня» затрагивают только замену станочной оснастки и инструмента, то капитальные вложения будут складываться из затрат на приспособление, инструмент и затрат на проектирование нового технологического процесса. Общая сумма инвестиций составит 48624,32 рублей. Структура параметров инвестиций представлена на рисунке 4.

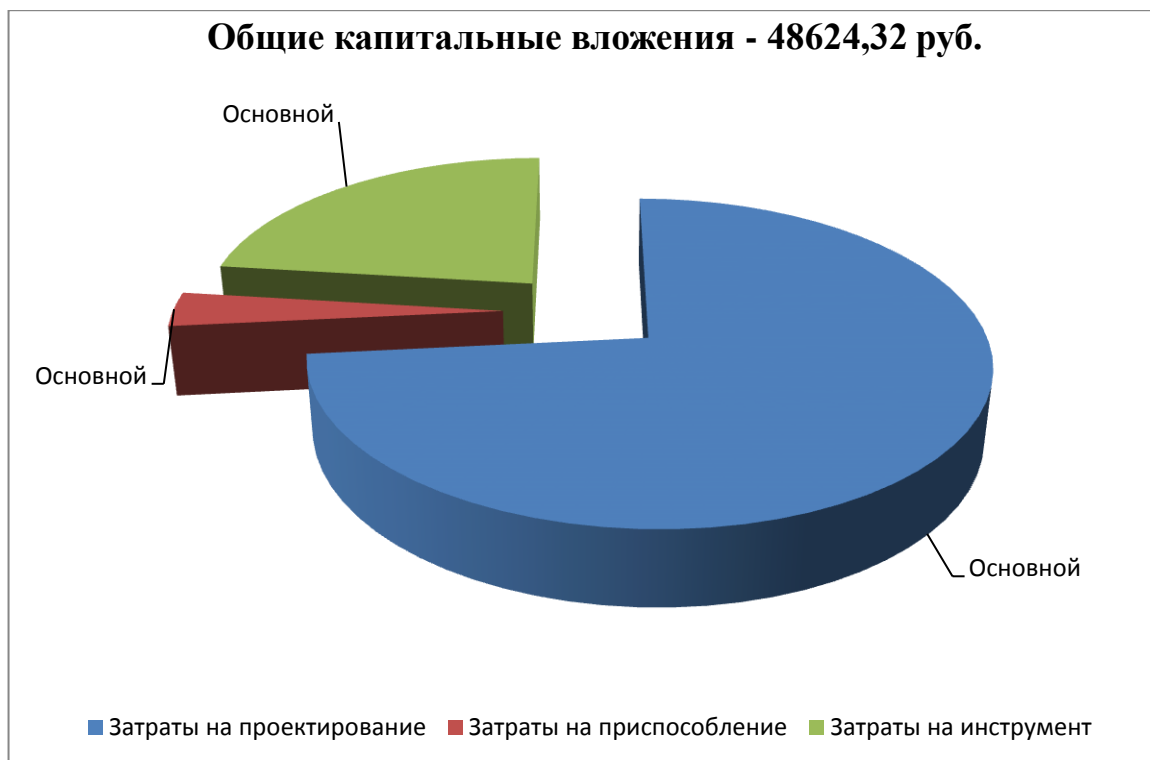


Рисунок 4 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, указанную на рисунке 4, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, она составила 73,44 %.

Имея все необходимые параметры, можно приступать к обоснованию эффективности предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс

доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	60874,26
Интегральный экономический эффект, руб.	12249,93
Индекс доходности, руб. / руб.	1,25

Анализируя, представленные в таблице 13, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 12249,93 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Именно по этому, определялся индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,25 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 25 %.

Заключение

В ходе выполнения работы была обоснована актуальность разработки выбранной темы. В результате проведения анализа назначения, условий эксплуатации и технологичности детали были сформулированы задачи работы.

В ходе выполнения первого этапа работы был проведен анализ назначения, условий эксплуатации и технологичности детали. По результатам данного анализа сформулированы задачи работы.

Далее были решены следующие задачи: проектирование заготовки, расчет припусков на обработку, выбор средства технологического оснащения, разработка плана изготовления, определение режимов резания, нормирование операций.

Решены задачи по совершенствованию технологического процесса путем проектирования специальных средств оснащения, путем проектирования станочного приспособления и металлорежущего инструмента. Решение данных задач позволило механизировать процесс закрепления на сверлильной операции, а также спроектировать сверло для перехода сверления, позволяющее увеличить его производительность.

Проведен анализ безопасности и экологичности выполнения технологического процесса и разработаны мероприятия по их совершенствованию.

Расчеты экономической эффективности спроектированного технологического процесса подтвердили правильность принятых решений

В результате цель выпускной квалификационной работы, которая заключается в разработке технологического процесса изготовления вала-шестерни коробки подач универсально-фрезерного станка FH-100. Проектируемый технологический процесс обеспечивает выпуск годовой программы деталей соответствующих конструкторским требованиям и при этом обеспечивает минимальные затраты на изготовление.

Список используемых источников

1. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 05.05.2020).
3. Горохов В.А. Материалы и их технологии: учеб. для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1 / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе ; под ред. В.А. Горохова. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 588 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-06-30. – М. : Стандартиформ, 2010. – 36 с.
5. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки : [монография] / Ю.Н. Кузнецов [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 476 с.
6. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 06.04.2020).
7. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 20.04.2020).
8. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата

обращения: 30.04.2020).

9. Константинов И.Л. Технологияковки и горячей объемной штамповки: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению 22.03.02 "Металлургия" / И.Л. Константинов. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 549 с.

10. 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: 07.05.2020).

11. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

12. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 20.04.2020).

13. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 25.05.2019).

14. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 05.04.2020).

15. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 10.04.2020).

16. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных

материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 07.04.2020).

17.Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 13.04.2020).

18.Седых Л.В. Технология машиностроения: практикум / Л.В. Седых. – Москва. : МИСиС, 2015. – 73 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/69757> (дата обращения: 06.04.2020).

19.Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 17.04.2020).

20.Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

21.Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

22.Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

23.Схиртладзе А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд.,

перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

24.Технология машиностроения: курсов. проектирование и диплом. проектирование: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности 15.05.01 "Проектирование технол. машин и комплексов" и направлению подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" (бакалавриат) / М. Ф. Пашкевич [и др.]. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 443 с.

25.Технология машиностроения: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Л.В. Лебедев [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 620 с.

26.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: 20.04.2020).

27.Химический состав и физико-механические свойства стали 20Х [Электронный ресурс]. – URL: <http://tekhnar.ru/materialy/20h.html> (дата обращения: 02.04.2020).

Приложение А
Технологическая документация

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа								
						СМ	проб.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Б	Код, наименование оборудования													
Т 19	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-73; 392101 Резец контурный ОСТ 2И10.1-83 Т5К10;													
Т 20	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.													
21														
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная													
Б 23	381101 Токарный СЛ 1500					3	18217	312	1Р	1	1	1200	1	158
0 24	Точить последовательно поверхности и торцы: Установ А пов. 4, 5, 12 $\phi 26,071_{-0,084}$; $\phi 74,62_{-0,12}$;													
0 25	112,275 ^{+0,14} ; Установ Б 21, 22 $\phi 26,071_{-0,084}$; 112,275 ^{+0,14} .													
Т 26	396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец контурный ОСТ 2И10.1-83 Т30К4; 392101 Резец канавочный ОСТ 2И10.1-83 Т30К4; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.													
Т 27														
28														
А 29	XX XX XX 020 4121 Сверлильная													
Б 30	381213 Сверлильный GHD-55PFA					3	15292	312	1Р	1	1	1200	1	157
0 31	Сверлить: Установ А пов. 26, 32, в размер $\phi 18_{+0,21}^{+0,10}$; $\phi 9,6_{+0,07}^{+0,10}$; 47 ^{+0,07} ; 79 ^{+0,07} ; Установ Б пов. 36 в размер $\phi 18_{+0,21}^{+0,10}$; 79 ^{+0,07} .													
0 32														
Т 33	396171 Тиски самоцентрирующие специальные; 391303 Сверло специальное Т5К10; 391303 Сверло специальное комбинированное Т5К10; 393450 Нумерер НМ ГОСТ10-80.													
Т 34														
35														
А 36	XX XX XX 025 4110 Токарная													
Б 37	381101 Токарный СЛ 1500					3	18217	312	1Р	1	1	1200	1	151
0 38	Растачивать Установ А: пов. 26, 28, 29 в размер $\phi 19_{+0,004}^{+0,004}$; 75 ^{+0,07} ; Установ Б: пов. 33, 35, 36 в размер $\phi 19_{+0,004}^{+0,004}$; 75 ^{+0,07} .													
0 39														
Т 40	396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец расточной ОСТ 2И10.1-83 Т30К4;													
Т 41	393450 Нумерер НМ ГОСТ10-80.													
МК														

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
0 94	<i>Шевинговать пов. 13 в размер 8-й степени точности</i>											
Т 95	<i>396171 Патрон цанговый специальный; 391810 Шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75 Р18; 393610 Шаблон.</i>											
96												
А 97	<i>XX XX XX 055 Термическая</i>											
98												
А 99	<i>XX XX XX 060 4142 Центрошлифовальная</i>											
Б 100	<i>381317 Центрошлифовальный ZSM 5100 3 18873 312 1P 1 1 1200 1 0,98</i>											
0 101	<i>Шлифовать поверхность: пов. 2, 24 в размер Ø19^{+0,005}</i>											
Т 102	<i>396171 Тиски самоцентрирующие специальные; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82; 393610 Шаблон.</i>											
Т 103												
104												
А 105	<i>XX XX XX 065 4130 Торцекруглошлифовальная</i>											
Б 106	<i>381311 Торцекруглошлифовальный БА3535 3 18873 312 1P 1 1 1200 1 1,2</i>											
0 107	<i>Шлифовать: Установ А. пов. 4, 5 в размер Ø25,433^{0,033}; 128,8^{+0,054}; Установ Б пов. 21, 22 в размер.</i>											
0 108	<i>Ø25,433^{0,033}; 128,8^{+0,054}</i>											
Т 109	<i>396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.</i>											
110												
А 111	<i>XX XX XX 070 4131 Шлифовальная</i>											
Б 112	<i>381311 Круглошлифовальный GUN-3540CNC 3 18873 312 1P 1 1 1200 1 1,45</i>											
0 113	<i>Шлифовать поверхность 12 в размер Ø74^{0,1}.</i>											
Т 114	<i>396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная</i>											
115												
А 116	<i>XX XX XX 075 4130 Торцекруглошлифовальная</i>											
МК												

Дубл.	Взам.	Подп.																		
Разработ.	Архипов																			
Проверил	Козлов																			
Начинт.																				
Наименование операции			ТГУ, Кафедра ОТМП			Вал-шестерня														
Точарная			Материал	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД											
Обработка, устройство ЧПУ			Сталь 20Х ГОСТ 4543-71	166	0,83	φ77х162,4		18	1											
CL 1500			Обозначение программы	Тб	Тпз	Тшп		СОЖ												
				0,76		0,95		Укринал-1												
			ПИ	L	+	S		n	V											
01	1. Установить заготовку																			
T 02	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-73; 392101 Резец контурный ОСТ 2.110.1-83 Т5К10;																			
T 03	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																			
0 04	2. Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 выдерживая размеры																			
P 05	согласно эскиза.																			
P 06	1																			
07	3. Переустановить заготовку																			
0 08	4. Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 выдерживая размеры																			
0 09	согласно эскиза.																			
P 10	1																			
	2,0																			
	0,3																			
	630																			
	146																			
	2,0																			
	0,3																			
	630																			
	146																			

Приложение Б
Спецификации к сборочным чертежам

Инв. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № инв.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № дробл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
																<u>Документация</u>		
										A1				20.БР.ОТМП.740.65.00.000СБ	Сборочный чертеж			
															<u>Детали</u>			
										A3	1		20.БР.ОТМП.740.65.00.001	Призма	4			
										A4	2		20.БР.ОТМП.740.65.00.002	Ползушка	2			
										A4	3		20.БР.ОТМП.740.65.00.003	Рычаг	3			
										A4	4		20.БР.ОТМП.740.65.00.004	Ось	2			
										A2	5		20.БР.ОТМП.740.65.00.005	Толкатель	1			
										A3	6		20.БР.ОТМП.740.65.00.006	Корпус	1			
										A3	7		20.БР.ОТМП.740.65.00.007	Корпус пневмоцилиндра	1			
										A4	8		20.БР.ОТМП.740.65.00.008	Шток	1			
										A3	9		20.БР.ОТМП.740.65.00.009	Поршень	1			
										A2	10		20.БР.ОТМП.740.65.00.010	Крышка	1			
										A3	11		20.БР.ОТМП.740.65.00.011	Крышка	2			
										A3	12		20.БР.ОТМП.740.65.00.012	Крышка	1			
										A4	13		20.БР.ОТМП.740.65.00.013	Штырь	1			
															<u>Стандартные изделия</u>			
											14			Манжета ГОСТ 6967-60	1			
											15			Манжета ГОСТ 6967-60	1			
											16			Винт М5х20 ГОСТ 11871-78	4			
20.БР.ОТМП.740.65.00.000																		
															Лит.	Лист	Листов	
																1	2	
Приспособление станочное															ТГУ, ИМ, гр. ТМБЗ-1502Б			
Копировал															Формат А4			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Винт М6х20 ГОСТ 17477-84	4	
		18		Винт М5х20 ГОСТ 11871-78	4	
		19		Винт М6х15 ГОСТ 17477-84	2	
		20		Винт М6х20 ГОСТ 17477-84	4	
		21		Винт М6х15 ГОСТ 17477-84	8	
		22		Гайка М12 ГОСТ 11878-87	1	
		23		Уплотнение ГОСТ 13465-77	1	
		24		Уплотнение ГОСТ 13465-77	1	
		25		Кольцо ГОСТ 17679-72	2	
		26		Уплотнение ГОСТ 13465-77	2	
		27		Шпонка ГОСТ 6321-80	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата