

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 вала-шестерни
погрузчика 332С

Студент

В.А. Курдин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н. Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.В. Краснов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Курдин Виктор Александрович: Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора.

Выпускная квалификационная работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

- 1) анализ исходных данных;
- 2) технологическая часть, где разрабатывается технологический процесс изготовления детали, проектируется заготовка, ведется определение припусков и режимов обработки;
- 3) проектирование специальных средств технологического оснащения, состоящих из станочной оснастки и режущего инструмента;
- 4) безопасность и экологичность технического объекта;
- 5) расчет экономической эффективности работы;
- 6) заключение.

Также имеется список используемой литературы и приложения, где располагается технологическая документация к техпроцессу.

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 58 страниц, графическая часть составляет 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали	6
1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия....	6
2 Технологическая часть работы.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
2.4 Определение припусков.....	13
2.5 Определение режимов обработки.....	16
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	20
3.1 Описание операции.....	20
3.2 Проектирование приспособления.....	20
4 Проектирование режущего инструмента.....	27
4.1 Анализ формы, размеров, точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.....	27
4.2 Выбор диаметра инструмента с учетом полей допусков.....	28
4.3 Выбор формы, размеров, числа стружечных канавок и зубьев	28
4.4 Расчет длины фрезы.....	28
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	32
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	33
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	34
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	35
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	37
6 Экономическая эффективность работы.....	39

Заключение.....	43
Список используемых источников.....	44
Приложение А. Операционные карты.....	46

Введение

Особое место в современном машиностроении занимают редукторы. Редукторы предназначены для изменения частоты вращения, входящей в механизм, и увеличения крутящего момента на выходе. Редукторы подразделяются на следующие основные виды: цилиндрические, коническо-цилиндрические, червячно-цилиндрические и червячные.

В связи с наибольшей технологичностью, высоким коэффициентом полезного действия и хорошей несущей способностью наибольшее распространение в машиностроении получили цилиндрические редукторы. Цилиндрическими они названы в связи с тем, что в их состав входят цилиндрические зубчатые колеса.

Зубчатые колеса редукторов должны обладать высоким качеством и долговечностью, так как срок службы редукторов, согласно ГОСТ 16162-78 [1], не должен быть менее 10...15 лет. На долговечность и работоспособность зубчатых колес редукторов также имеются государственные стандарты, регламентирующие эти характеристики.

В России действует единая система конструкторской документации, которая определяет порядок конструирования изделий, независимо от их назначения, а также состав и содержание документов, разрабатываемых на различных стадиях проектирования изделия.

Введение этой системы позволило выработать единый подход к конструированию, создать единый комплекс документов, соответствующий основным стадиям проектирования: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора требуемого качества с наименьшей себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1. Назначение и условия работы детали

Вал-шестерня входит в состав цилиндрического редуктора, который за счет уменьшения частоты вращения увеличивает величину крутящего момента.

1.2 Классификация поверхностей и материала изделия

Пронумеруем все поверхности детали и произведем их классификацию по назначению (рисунок 1).

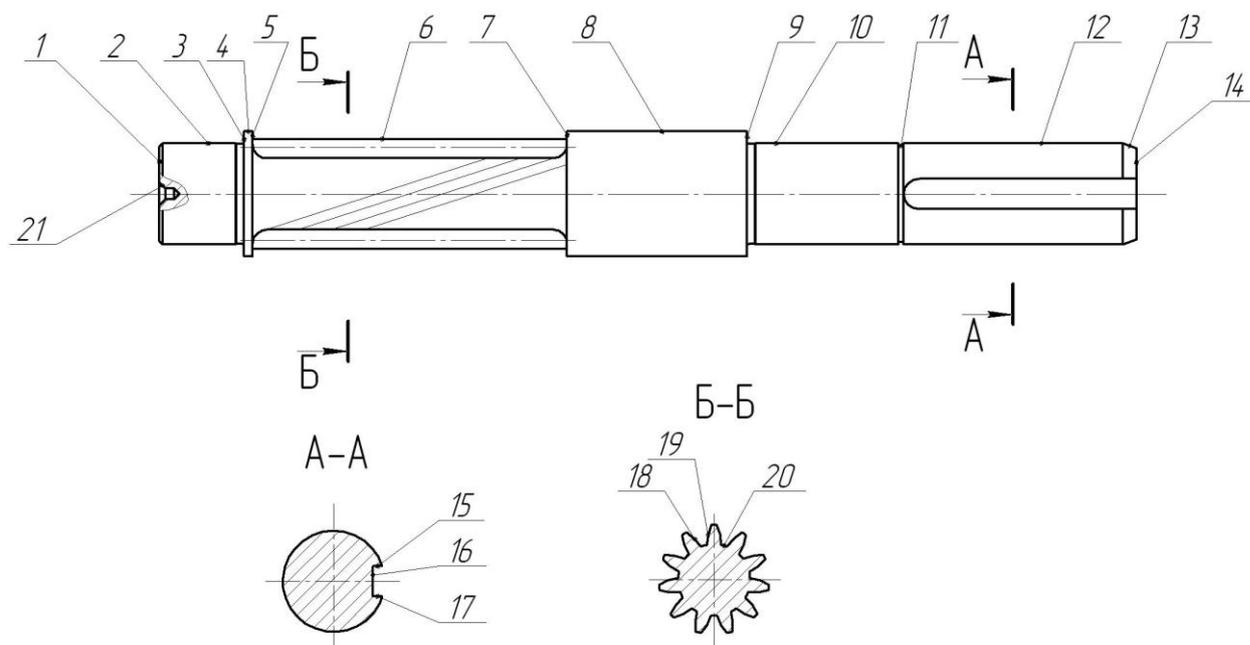


Рисунок 1 - Классификация поверхностей детали

Исполнительными поверхностями детали являются поверхности шпоночного паза 15 и 17, а также эвольвентные поверхности зубчатого венца 18 и 19.

Основными конструкторскими базами являются наиболее точные цилиндрические поверхности 2 и 10, а также торцевая поверхность 3.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются оставшаяся не рассмотренной поверхность шпоночного паза 16, а также цилиндрическая поверхность для шестерни 12.

Материалом детали является сталь 45 ГОСТ 1050-88. [2]

Химические элементы, входящие в состав стали 45 представлены в таблице 1. [3]

Таблица 1 - Химические элементы, входящие в состав стали 45

Химический элемент	Содержание, %
Углерод	0,42...0,50
Сера	не более 0,04
Марганец	0,5...0,8
Фосфор	не более 0,035
Кремний	0,17...0,37
Никель	не более 0,25
Хром	не более 0,25
Мышьяк	не более 0,08
Медь	не более 0,25
Железо	остальное

Основными физико-механическими свойствами материала стали 45 являются: $\sigma_B = 650...690$ МПа, твердость после заготовительной операции $HВ = 143...179$. [3]

«Проектируемая машина должна удовлетворять различным требованиям, которые устанавливаются техническими условиями. Эти требования касаются прежде всего производительности машины, мощности и рабочих скоростей, её стоимости – начальной и в эксплуатации, весовых характеристик, желательного (гарантированного) срока службы. В зависимости от служебного назначения машины формулируются дополнительные требования, касающиеся габаритов и возможности транспортировки (например, по железным дорогам, когда важно обеспечить вписывание погруженной на платформы машины в соответствующие габариты и т. д.), степени равномерности вращения, бесшумной работы, простоты и легкости управления, степени автоматизации, технологичности

при техническом обслуживании, внешнего вида, экологичности, совместимости с информационными сетями и другие». [4]

Для выхода резцов и шлифовальных кругов при обработке точных поверхностей конструкцией детали предусмотрены специальные канавки. Для возможности базирования детали в центрах конструкцией детали предусмотрены центровые отверстия.

«Для черновых операций критерием обрабатываемости является интенсивность износа инструмента, для отделочных – шероховатость поверхности или эксплуатационные характеристики поверхностного слоя; для операций глубокого сверления и многих операций, выполняемых на автоматизированном оборудовании – вид образующейся стружки, определяющей удобство ее удаления из зоны резания». [5]

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение типа производства

Масса нашей детали $m = 13,0$ кг, годовая программа выпуска детали $N = 3000$ штук в год. Для этих параметров принимаем тип производства для нашей детали – среднесерийный.

«В серийном производстве используется универсальное, специализированное и специальное оборудование. Широко применяются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ, связанных транспортирующими устройствами. Применяется как универсальная, так и специальная оснастка, а также универсально-сборная, переналаживаемая технологическая оснастка, существенно повышающая коэффициент оснащенности среднесерийного производства. Средняя квалификация рабочих выше, чем в массовом производстве, но ниже, чем в единичном». [5]

2.2 Выбор метода получения заготовки

В соответствии с выбранной стратегией, определяем, что для данной детали целесообразно применить в качестве заготовки прокат или штамповку на ГКШП.

Масса заготовки при штампованной заготовке $m_{3\phi} = 18,67$ кг, при заготовке из проката $m_{3\gamma} = 21,69$ кг, а масса детали $m = 13,0$ кг.

Найдем стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [6].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_H \cdot C_k, \quad (1)$$

где $E_H = 0,15$; $C_c = 0,495$; $C_k = 1,085$. [6]

Тогда

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ (руб/кг)}.$$

Найдем стоимость одного килограмма заготовки, полученной штамповкой [6].

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ум}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n, \quad (2)$$

где $C_{\text{шт}} = 0,15; k_T = 0,9; k_C = 0,84; k_B = 1,14; k_M = 1,0; k_{\text{П}} = 1,0$. [6]

Тогда

$$C_{\text{заг}} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ (руб)}.$$

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [6].

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{ум}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{ум}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{ум}} - q), \quad (3)$$

где $Q_{\text{од}} = 18,67; q = 13,0; C_{\text{отх}} = 0,0144$. [6]

Тогда

$$C_{\text{од}} = 0,2381 \cdot 18,67 + 0,6578(18,67 - 13) - (18,67 - 13)0,0144 = 8,0934 \text{ (руб)}.$$

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом.[6]

$$C_{\text{от}} = 0,1219 \cdot 21,69 + 0,6578(21,69 - 13) - 0,0144(21,69 - 13) = 8,2352,$$

где $Q_{\text{пр}} = 21,69; q = 13,0; C_{\text{отх}} = 0,0144$. [6]

Наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

«Под точностью деталей и машины понимают степень ее приближения к геометрически правильному прототипу, то есть степень приближения

действительных значений параметров к заданным на чертеже. За меру точности принимается величина отклонения от заданного номинала». [8]

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 1 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: центральная-подрезная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 2 с параметрами $Ra=0,8$, $IT=6$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 3 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, черновое шлифование.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 4 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 5 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 6 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=10$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 7 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 8 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 9 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=14$ необходима следующая

последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, черновое шлифование.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 10 с параметрами $Ra=0,8$, $IT=6$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 11 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 12 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 13 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое и чистовое.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 14 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: центrovально-подрезная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 15 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=9$ необходима следующая последовательность методов обработки: шпоночно-фрезерная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 16 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=11$ необходима следующая последовательность методов обработки: шпоночно-фрезерная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 17 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=9$ необходима следующая последовательность методов обработки: шпоночно-фрезерная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 18 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=8$ необходима следующая последовательность методов обработки: зубофрезерная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 19 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=8$ необходима следующая последовательность методов обработки: зубофрезерная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 20 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: зубофрезерная операция.

Для достижения заданных требований по качеству изготовления поверхности 21 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=12$ необходима следующая последовательность методов обработки: центровально-подрезная и центрошлифовальная операции.

2.4 Определение припусков

Определим припуски на обработку самой точной поверхности с диаметром $60k6^{(+0,021)}_{+0,002}$ мм расчетно-аналитическим методом.

Технологический маршрут изготовления этой поверхности состоит из черного и чистового точения, термообработки, черного и чистового шлифования.

Исходные данные: $D = 60k6^{(+0,021)}_{+0,002}$ мм; $L = 84$ мм; $Ra = 0,8$ мкм.

Определяем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки (мм).

По ГОСТ 25346-89 определяем допуски на каждую операцию [9]:

$Td_4 = 0,019; Td_3 = 0,046; Td_{\tau_0} = 0,120; Td_2 = 0,074; Td_1 = 0,30; Td_0 = 2,8.$

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [8] \quad (4)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,8 = 0,700 .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,30 = 0,075 .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,074 = 0,019 .$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,120 = 0,030.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,046 = 0,012.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,019 = 0,005.$$

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad [8] \quad (5)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,700^2 + 0,025^2} = 1,100.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,075^2 + 0} = 0,275.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{00})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,030^2 + 0^2} = 0,130.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,012^2 + 0} = 0,062.$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). \quad [8] \quad (6)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,100 + 0,5(2,8 + 0,30) = 2,650.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,275 + 0,5(0,300 + 0,074) = 0,462.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,130 + 0,5(0,074 + 0,046) = 0,190.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,062 + 0,5(0,046 + 0,019) = 0,095.$$

Рассчитаем максимальный и минимальный диаметры на каждый переход (мм).

$$d_{4\min} = 60,002.$$

$$d_{4\max} = 60,021.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 60,021 + 2 \cdot 0,062 = 60,145.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 60,145 + 0,019 = 60,164.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 60,164 + 2 \cdot 0,130 = 60,424.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 60,424 + 0,120 = 60,544.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 60,544 \cdot 0,999 = 60,483.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 60,483 + 0,074 = 60,557.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 60,557 + 2 \cdot 0,275 = 61,107.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 61,107 + 0,300 = 61,407.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 61,407 + 2 \cdot 1,100 = 63,607.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 63,607 + 2,800 = 66,207.$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cp_i} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). \quad (7)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(66,207 + 63,607) = 64,907.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(61,407 + 61,107) = 61,257.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(60,557 + 60,483) = 60,520.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(60,544 + 60,424) = 60,484.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(60,164 + 60,145) = 60,155.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(60,021 + 60,002) = 60,012.$$

Рассчитаем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}. \quad [8] \quad (8)$$

$$2Z_{\min} = 63,607 - 60,021 = 3,586.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4. \quad [8] \quad (9)$$

$$2Z_{\max} = 3,586 + 2,800 + 0,021 = 6,407.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad [8] \quad (10)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,586 + 6,407) = 5,382.$$

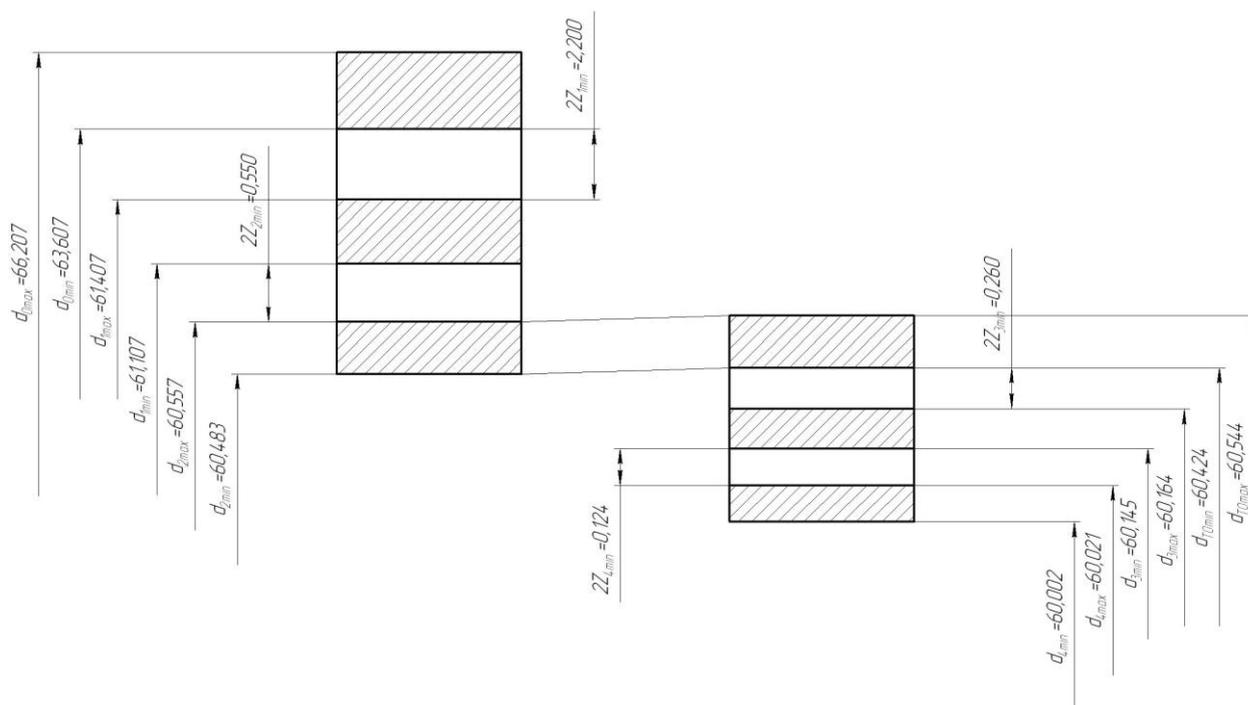


Рисунок 2 - Схема расположения припусков и полей допусков на поверхность диаметром $60k6$ ($+0,021$ / $+0,002$).

2.5 Определение режимов обработки

«На данном этапе разрабатывается каждая операция технологического процесса. Инженер-технолог выбирает схему построения операций и выполнения технологических переходов, производит расчёт точности получения размеров, назначает режимы резания (скорость основного движения резания, скорость движений подач, припуск на обработку), уточняет средства технологического оснащения». [4]

2.5.1 Расчет режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Переход 1

Примем глубину резания и подачу соответственно $t = 0,5$ мм и $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Определим скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$ м/мин. [10]

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 60} = 955 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка». [10]

$$n_{\delta} = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 800}{1000} = 150,7 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время

$$T_0 = \frac{L_{\delta\delta}}{S} = \frac{2}{240} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Примем глубину резания и подачу соответственно $t = 0,3$ мм $S_0 = 0,2$ мм/об. [10]

Определим скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$ м/мин.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 74} = 775 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка». [10]

$$n_{\delta} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 74 \cdot 630}{1000} = 146,4 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{569}{126} = 4,52 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 4,52 = 4,53, \text{ мин.}$$

2.5.2 Расчет режимов резания на операцию 030 Шпоночно-фрезерная.

Примем при однопроходной обработке глубину резания $t = 7,0$ мм. [10]

Примем подачу на зуб $S_z = 0,025$ мм/зуб. [10]

Определим подачу на оборот шпинделя [10]

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (14)$$

где $z = 2$ число зубьев инструмента.

Тогда $S_0 = 0,025 \cdot 2 = 0,05$, мм/об.

Определим скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}. \quad (15)$$

Здесь

$$K_v = K_{Mv} K_{Uv} K_{Lv}, \quad (16)$$

Отсюда $K_v = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,48$.

$D = 18; C_v = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30$. [10]

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 18^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 7^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 0,48 = 44,03, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 44,03}{3,14 \cdot 18} = 779, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 630}{1000} = 35,6, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 630 = 31,5, \text{ мм/мин.}$$

Определим основное время

$$T_0 = \frac{n_{OT} \cdot L_{PX}}{S}, \quad (17)$$

где $n_{OT} = 1; L_{PX} = 138 \text{ мм.}$

Тогда

$$T_0 = \frac{1 \cdot 138}{31,5} = 4,38 \text{ мин.}$$

Технологические наладки представлены в графической части работы.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Описание операции

На 020 токарной операции на токарном станке 16Б16Т1С1 с ЧПУ обрабатываются поверхности детали. Для осуществления закрепления заготовки спроектируем зажимное приспособление.

Операционная схема представлена на рисунке 3.

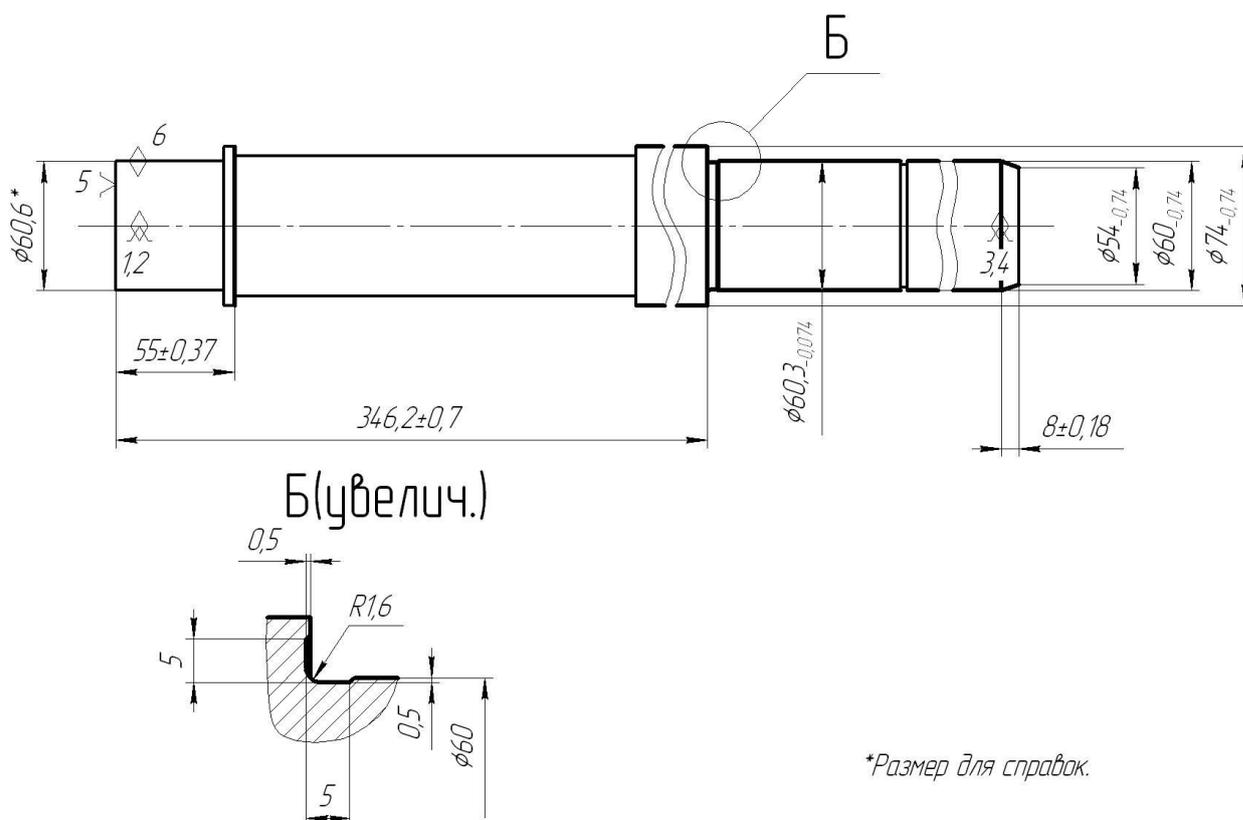


Рисунок 3 - Эскиз операции 020

Базирование заготовки на этой операции осуществляется по центровым отверстиям. Это, так называемая, двойная направляющая база.

3.2 Проектирование приспособления

Нами предлагается на этой операции применить поводковый токарный патрон с эксцентриковыми кулачками.

«В отличие от обычных поводковых устройств с пальцем и хомутиком (ГОСТ 2571-71 и ГОСТ 2572-71) эти патроны имеют два или три эксцентриковых кулачка с насечкой, которыми они в момент начала резания захватывают обрабатываемую деталь и приводят ее во вращение. С увеличением крутящего момента резания, автоматически увеличивается и крутящий момент патрона. Поэтому они надежно работают при любых сечениях стружки. Детали, как обычно, устанавливаются на неподвижные или плавающие центры. Для удобства установки деталей на центры применяют конструкции с автоматически раскрывающимися кулачками, а для обеспечения равномерного зажима всеми кулачками применяют плавающую систему кулачков или систему с кулачками независимого действия». [12]

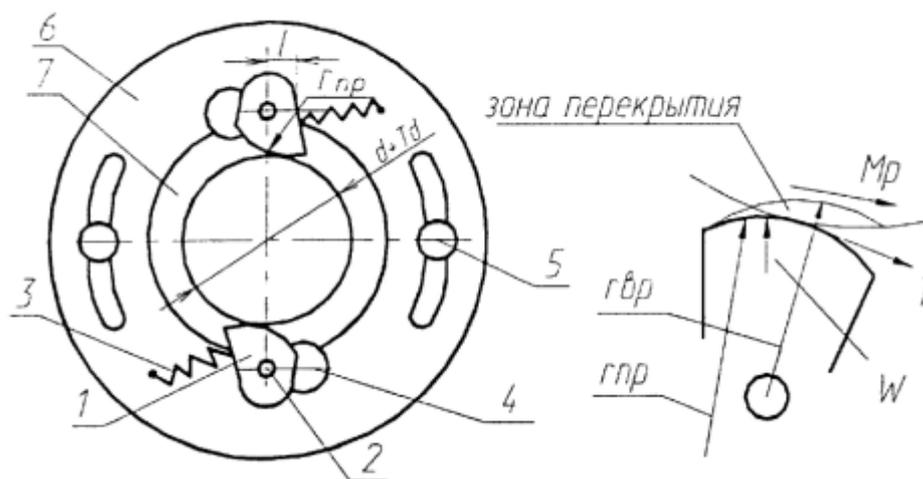


Рисунок 4 - Схема патрона с эксцентриковыми кулачками

Эксцентриситет кулачка рассчитывается так:

$$e = S_i + 0,5 - Td, \quad (21)$$

где S_i - гарантированный зазор между поверхностью заготовки и профилем кулачка в момент её установки в приспособление, $S_i = 0,5...1$ мм;

$\alpha = 20...30^\circ$ - наибольший допустимый угол кулачков.

Тогда рассчитаем величину эксцентриситета

$$e = 0,8 + 0,5 - 0,6 = 0,7, \text{ мм.}$$

В устройство, содержащее блок усиления сигнала и исполнительный механизм, соединенный с резцом, лазерный датчик с аналого-цифровым преобразователем и компьютер, введен датчик температуры, встроенный в резец, позволяющий измерять температуру в зоне резания и бесконтактный датчик температуры поверхности обрабатываемой детали с цифровым выходом. Выход температурного датчика, встроенного в резец, соединен с входом аналого-цифрового преобразователя, входящего в состав компьютера. Цифровой выход бесконтактного датчика температуры поверхности детали подключен к входу компьютера.

Использование связей в устройстве позволит определять величину коррекции, используя размер детали, полученный от лазерного датчика и значения температуры поверхности детали и температуры в зоне резания. Полученное значение величины коррекции позволяет изменять положение резца при помощи исполнительных механизмов, тем самым обеспечив высокую точность обработки поверхностей деталей на оборудовании с ЧПУ в режиме реального времени. [12]

«Сущность устройства поясняется чертежом, на котором приведена схема устройства высокоточной обработки деталей на токарных станках с ЧПУ». [12]

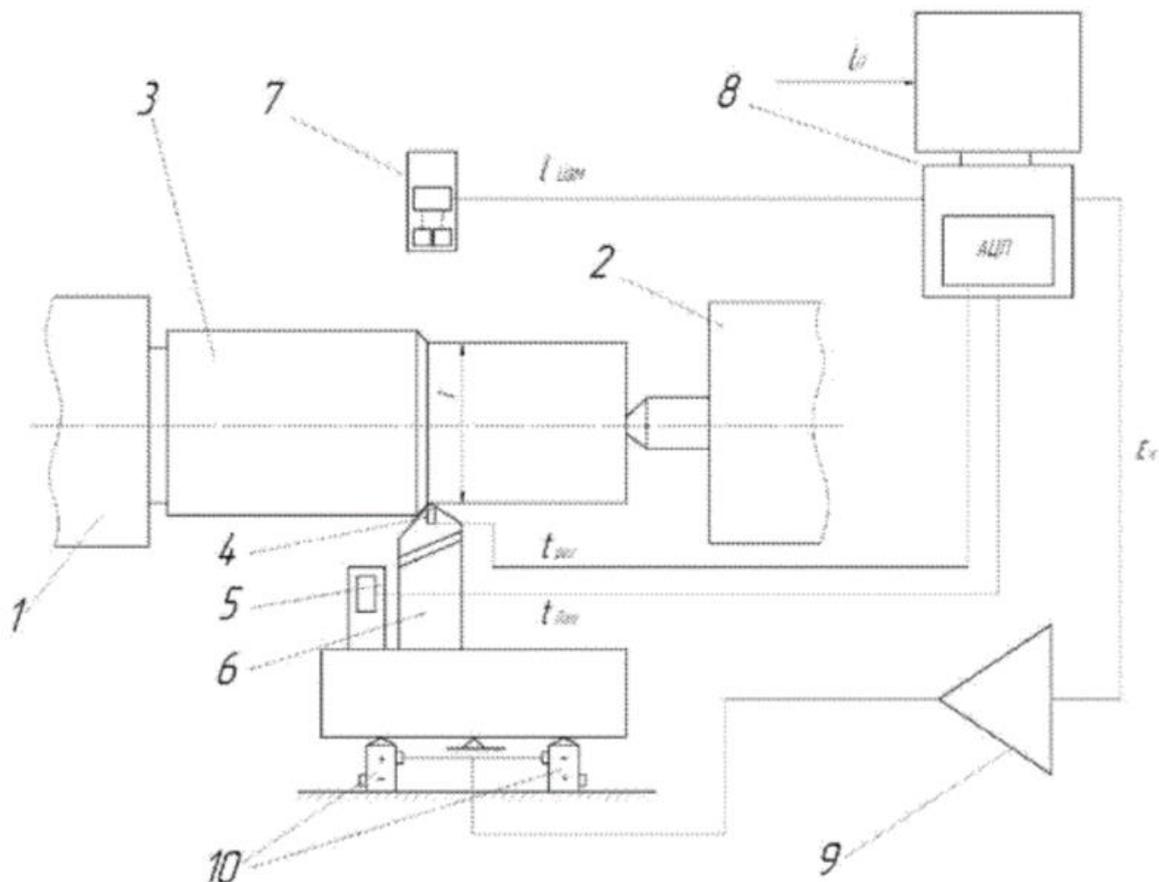


Рисунок 5 – «Устройство высокоточной обработки деталей на токарных станках с ЧПУ» [12]

«Устройство высокоточной обработки деталей на токарных станках с ЧПУ содержит (рисунок 5) переднюю бабку 1, заднюю бабку 2, обрабатываемую деталь 3, датчик температуры в зоне резания 4, бесконтактный датчик температуры 5 поверхности детали с цифровым выходом, резец 6, лазерный датчик высокой точности с цифровым выходом 7, компьютер 8 с аналого-цифровым преобразователем (АЦП), блок усиления сигнала 9, исполнительный механизм 10 оборудования с ЧПУ». [12]

«Связи в устройстве высокоточной обработки деталей на токарных станках с ЧПУ расположены в следующем порядке: выход датчика температуры в зоне резания 4, встроенного в резец 6, соединен с аналого-

цифровым преобразователем, входящим в состав компьютера 8. Цифровые выходы лазерного датчика 7 и бесконтактного датчика температуры 5 поверхности детали соединены с входом компьютера 8. Выход компьютера 8 подключен к входу блока усиления сигнала 9. Выход блока усиления сигнала 9 соединен с исполнительным механизмом 10, выход исполнительного механизма 10 соединен с резцом 6 и бесконтактным датчиком температуры 5 поверхности детали. Деталь 3 удерживается передней бабкой 1 и задней бабкой 2». [12]

«Устройство высокоточной обработки деталей на токарных станках с ЧПУ работает следующим образом. Осуществление работы устройства производилось на примере центровой токарной обработки поверхности детали на оборудовании с ЧПУ». [12]

«С момента начала вращения детали на чистовых режимах обработки в системе станок–приспособление-инструмент-деталь (СПИД) возникают погрешности, такие как размерный износ инструмента, удлинение резца, изменение размеров детали вследствие температурных деформаций и так далее, из-за чего уменьшается точность обработки поверхности детали. Определение разности между заданным и текущим размером обрабатываемой детали с учетом температурных деформаций резца и обрабатываемой детали, используя показания лазерного датчика и датчиков температуры, с помощью компьютера позволит выработать сигнал коррекции, передать его на исполнительный механизм оборудования с ЧПУ для изменения положения резца и устранения возникшей температурной погрешности тем самым обеспечить высокую точность заданного размера детали при ее обработке в реальном времени». [12]

Прохождение резца 6 по поверхности детали 3 сопровождается выделением теплоты, при этом значительное повышение температуры в зоне резания вызывает удлинение резца и увеличение геометрических

размеров детали. В любой момент времени изменение геометрического размера вследствие изменения температуры определяется по формуле:

$$\Delta l = \alpha_t \cdot l \cdot \Delta t, \quad (22)$$

где α_t - температурный коэффициент линейного расширения материала, l - линейный размер, Δt - изменение температуры.

В процессе обработки цифровой сигнал t_{dem} от датчика 5 температуры поверхности детали поступает на вход компьютера 8. Компьютер 8, используя значение размера детали l_0 и значение температуры поверхности детали в текущий момент времени, вычисляет изменение размера детали вследствие температурного расширения. Далее производится алгебраическое сложение номинального размера детали l_0 и расчетного значения температурного расширения. Полученная величина принимается за требуемый размер.

Электрический сигнал с датчика температуры $t_{рез}$ в зоне резания 4 подается на вход аналого-цифрового преобразователя, находящегося в составе компьютера 8, где, используя значение температуры до начала обработки t_0 по формуле (22) рассчитывается удлинение резца $\Delta l_{рез}$ в зависимости от его нагрева.

«Цифровой сигнал значения текущего размера $l_{изм}$ обрабатываемой детали от лазерного датчика 7 подается на вход компьютера 8, где производится вычисление текущего размера детали с учетом расчетной величины удлинению резца $\Delta l_{рез}$ процессе обработки детали компьютер 8 сравнивает полученную величину текущего размера с расчетным требуемым размером детали и вырабатывает сигнал коррекции ε_k ». [12]

«Сигнал коррекции ε_k передается на блок усиления сигнала 9 для пропорционального усиления. Затем от блока усиления сигнала 9 подается управляющий сигнал на исполнительный механизм оборудования с ЧПУ 10 для корректировки положения резца 6

относительно детали 3, тем самым обеспечивая высокую точность обработки в реальном времени». [12]

«Требования к качеству машины, сформированные при конструкторской разработке, должны быть обеспечены при её производстве. Производство, связанное с изготовлением машин, называют машиностроительным. Главной целью машиностроительного производства является изготовление машин заданного качества, в заданные сроки, в необходимом количестве и при наименьших затратах труда, материалов, энергии и иных ресурсов. Машиностроительное предприятие представляет собой сложноорганизованную, целенаправленную систему, объединяющую людей и средства производства для обеспечения выпуска изделий. Производство машины можно рассматривать как процесс, основными этапами которого являются: 1) приобретение и изготовление исходных материалов, полуфабрикатов, заготовок; 2) изготовление деталей; 3) сборка машины». [4]

Данное «устройство для высокоточной обработки деталей на токарных станках с ЧПУ» [12] позволяет повысить геометрическую точность обработки деталей при чистовом точении на токарных станках с прецизионной точностью в режиме реального времени.

Внедрение в техпроцесс вышеописанного устройства позволит повысить качество обработки на токарных операциях.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Анализ формы, размеров, точности и шероховатости обрабатываемой поверхности

На шпоночно-фрезерной операции 030 проводится обработка шпоночного паза на заготовке. В этом разделе спроектируем шпоночную фрезу для обработки паза.

Эскиз операции представлен на рисунке 6.

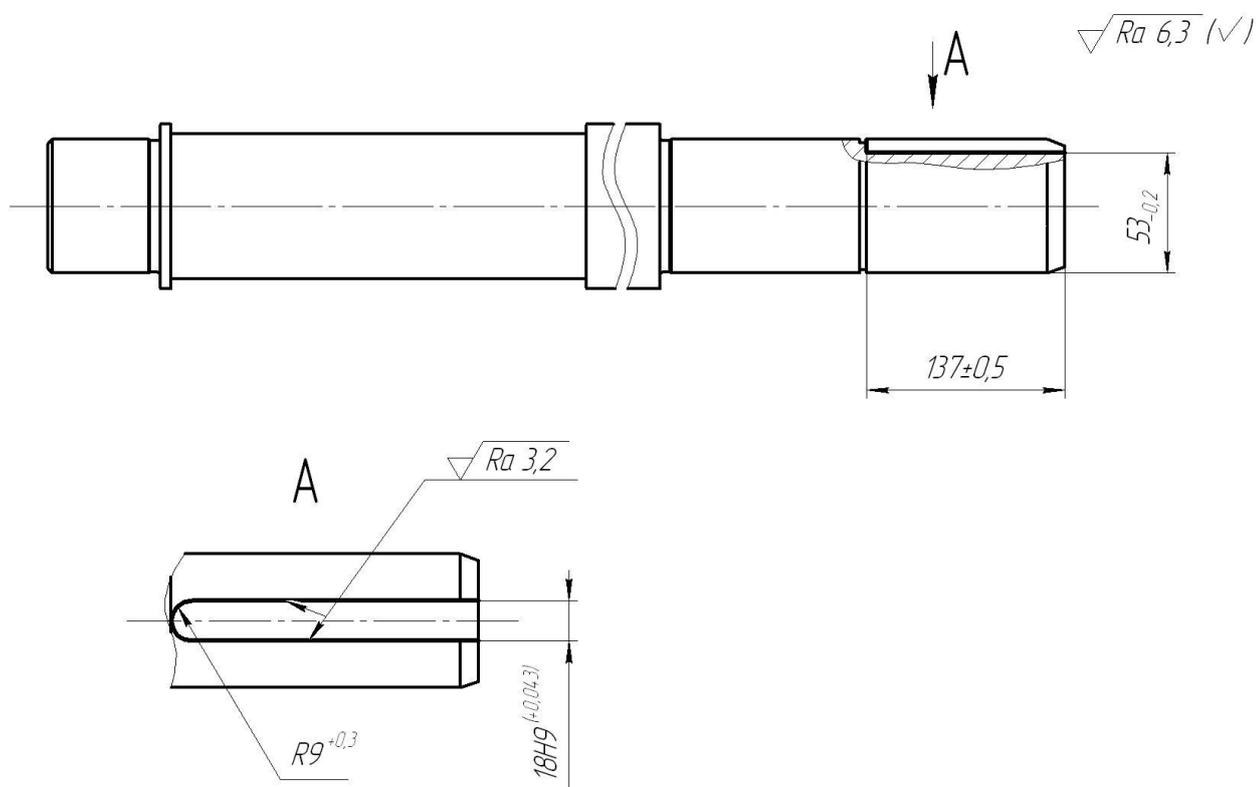


Рисунок 6 - Эскиз операции 030

На операции самой точной обрабатываемой поверхностью являются боковые стенки шпоночного паза, а самым точным размером – ширина паза, выполняемая по девятому качеству точности (рисунок 6).

4.2 Выбор диаметра инструмента с учетом полей допусков

Диаметр шпоночной фрезы для обработки шпоночного паза должен быть равен ширине обрабатываемого паза. В связи с этим, принимаем d равно 18 мм.

Для проектирования фрезы воспользуемся ГОСТ 32831-2014 [13] и ГОСТ 17024-2015 [14].

«Фрезы с диаметром не менее 12 мм следует изготавливать сварными». [14] Поэтому конструкцию фрезы примем сварной. В качестве материала режущей части примем быстрорежущую сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73. В качестве материала хвостовой части фрезы примем конструкционную сталь 45 ГОСТ 1050-88.

4.3 Выбор формы, размеров, числа стружечных канавок и зубьев

Число зубьев концевой фрезы зависит от наружного диаметра и рассчитывается из следующего выражения:

$$z = (0,1...1,3)d \geq 2...12. [15] \quad (23)$$

Тогда

$$z = (0,1...1,3) \cdot 18 = 1,8...23,4.$$

Примем z равно 2. Форму зубьев принимаем острозаточенную.

В соответствии с количеством зубьев принимаем число стружечных канавок фрезы равное двум.

4.4 Расчет длины фрезы

Длина фрезы рассчитывается по формуле

$$L = l_1 + l_2 + l_3, [15] \quad (24)$$

где l_1 – длина рабочей части;

l_2 – длина переходного участка;

l_3 – длина хвостовика.

Определим длину режущей части фрезы. Она рассчитывается по формуле:

$$l_1 = 2 \cdot d \text{ (для фрезы с параметрами } d = 10 \dots 25 \text{ мм)}. [15]$$

Тогда $l_1 = 2 \cdot 18 = 36$ мм.

Длину переходного участка примем равную l_2 равно 20 мм.

Для проектируемой фрезы подберем конический хвостовик. В качестве хвостовика фрезы примем конус Морзе 2 ГОСТ 25556-2006. [17]

Таким образом, длина хвостовика l_3 равно 69 мм.

Тогда общая длина фрезы

$$L = 36 + 20 + 69 = 125 \text{ мм.}$$

Для повышения стойкости фрезы в ее конструкции примем износостойкое покрытие TiN, что повышает стойкость приблизительно в два раза.

Существует несколько методов нанесения покрытий из нитрида титана, например, ионно-плазменное нанесение покрытий, метод конденсации с ионной бомбардировкой, метод электроискрового нанесения покрытий и так далее.

Нами предлагается покрытие наносить ионно-плазменным методом.

«В настоящее время вакуумная ионно-плазменная обработка (ВИП-обработка) широко применяется для повышения работоспособности поверхностных слоев деталей, изготавливаемых из конструкционных металлических материалов, для машиностроения, авиационной техники и медицины. Процессы ВИП-обработки, связанные с формированием ВИП-покрытий, отличаются от традиционных аппаратным обеспечением, применяемыми технологиями, выбором химического состава покрытий,

механизмом формирования поверхностных микроструктур и фазового состава, уровнем остаточных напряжений». [21]

«Перспективные экологически чистые процессы поверхностной ВИП-обработки, используемые при создании сложных структурных композиций в процессах модифицирования поверхностных слоев и нанесения различных видов многофункциональных покрытий, позволяют осуществлять комплексную обработку, включая формирование покрытий с предварительным диффузионным модифицированием поверхности, и опираются на современное достижение в области ВИП-оборудования и ВИП-технологий. Данные виды поверхностной обработки позволяют создавать покрытия различного структурного состава, содержащие градиентные многокомпонентные, многослойные нанометрические структуры и модифицированные поверхностные слои со специальными свойствами без ухудшения структур и механических свойств в объеме изделий. При этом достигается значительный положительный экономический эффект за счет как повышения ресурса работы изделий, так и снижения затрат на мероприятия по повышению несущей способности основного материала, исключая дополнительное легирование и совершенствование технологий производства полуфабрикатов и изделий». [21]

«Широкий диапазон структурных превращений, изменяющихся от атомного уровня до микроуровня, при ВИП-обработке требует оценки структурных изменений поверхностного слоя на различных этапах процесса и различных формируемых структурных уровнях, включая наноуровень. Это особенно актуально при осуществлении этапов очистки и активации исходной поверхности, поскольку на этих технологических этапах изменения структурного состояния поверхности происходят на нанометрическом уровне, а оценка исходной структуры поверхностного слоя определяется, как правило, на микроуровне. Процесс формирования структур поверхностных слоев при ВИП-обработке, оценка их качества требует применять не только широко известные методы оценки структурного состояния поверхности, но и

методы наноструктурных поверхностных исследований и определения энергетических свойств на каждом этапе технологического процесса, что позволяет оценивать качественную эффективность различных методов очистки и активации поверхности при ВИП-обработке». [21]

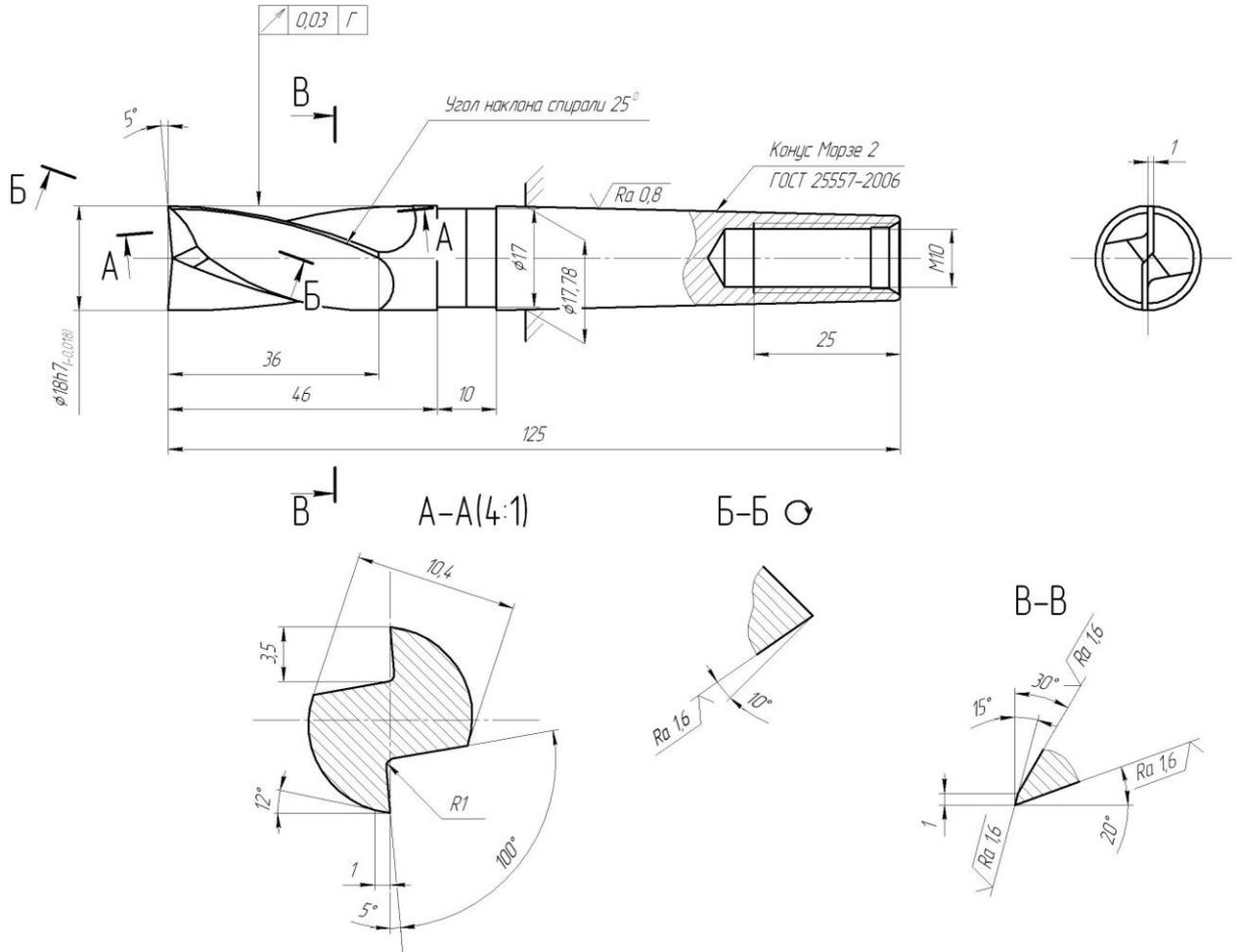


Рисунок 7 – Фреза шпоночная

Нанеся этим методом покрытие мы увеличим стойкость и жизненный цикл инструмента.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе проводится оценка экологичности и безопасности технологического процесса изготовления детали вал-шестерня. Оценку будем вести согласно методике [17].

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика производственного процесса изготовления детали вал-шестерня заключается в представлении основных характеристик усовершенствованных операций технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид выполняемых работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же все необходимые материалы и вещества. Результаты анализа характеристик технического объекта собраны в таблицу 2.

Таблица 2 – «Технологический паспорт технического объекта» [17]

«Технологический процесс» [17]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [17]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [17]	«Материалы, вещества» [17]
Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок токарный 16Б16Т1С1 с ЧПУ	Сталь 45 ГОСТ 1050-88 СОЖ - Литол
Фрезерование	Шпоночно-фрезерная операция	Фрезеровщик	Шпоночно-фрезерный станок 692Р	Сталь 45 ГОСТ 1050-88 СОЖ - Литол

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В данном разделе приводится идентификация профессиональных рисков – производственно-технологических и эксплуатационных рисков. Это вредные и опасные производственные факторы, источником которых могут служить материалы, оборудование и вещества, используемые при изготовлении детали вал-шестерня. Результаты исследования этих факторов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – «Идентификация профессиональных рисков» [17]

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [17]
1	2	3
Токарная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Станок токарный SAMAT-400XC с ЧПУ и автоматической загрузкой
Фрезерная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Шпоночно-фрезерный станок 692P

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе подобраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении детали вал-шестерня. Некоторые из требований, такие как инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием, и инструктажи по охране труда – актуальны на каждом этапе технологического процесса. Другие, например, такие как использование предупреждающей разметки или использование местной вытяжки – применяются на конкретных операциях, где их использование необходимо. Все средства индивидуальной защиты работников подобраны с учётом выполняемых ими операций. Результаты анализа методов и средств снижения профессиональных рисков приведены в таблице 4.

Таблица 4 – «Методы и средства снижения и/или устранения опасных и/или вредных производственных факторов» [17]

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [17]	«Средства индивидуальной защиты работника» [17]
1	2	3
Повышенная температура поверхностей материалов	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование технических средств защиты	Костюм огнеупорный; огнеупорные ботинки; краги для металлургов; огнеупорный щиток
Движущиеся части производственного оборудования; Оборудование, перемещающее заготовки, изделия	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; ограждение оборудования; использование предупреждающей разметки	Костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные
Токсические раздражающие вещества (СОЖ)	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием;	костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки

1	2	3
	инструктаж по охране труда; использование местной вытяжки; ограждение оборудования защитными экранами	защитные; полумаска фильтрующая; перчатки с точечным или полимерным покрытием
Высокий уровень шума и повышенный уровень вибрации	инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование различных технических средств устранения шума; увеличение жёсткости оборудования для уменьшения колебаний; Использование материалов, способных поглощать колебания	Вкладыши противошумные, наушники, резиновый коврик

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В данном разделе приводится идентификация потенциального класса возникновения пожара и выявление опасных факторов его воспламенения. Анализ классов пожара и опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальное имущество, а так же сопутствующих проявлений опасных факторов пожара проведён по методике [17]. Результаты анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [17]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок лезвийной обработки	Токарный станок 16Б16Т1С1 с ЧПУ; Шпоночно- фрезерный станок 692Р с автоматическим приспособлением	Пожары, связанные с воспла- менением и горением плавящихся твёрдых материалов и веществ (В)	Пламя, искры, огонь, тепловой поток, высокая температура, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, низкая видимость	Замыкание высокого электрического напряжения

Для обеспечения пожарной безопасности в ходе изготовления детали вал-шестерня были выбраны организационно-технические мероприятия и технические средства обеспечения пожарной безопасности. Все они соответствуют нормативным документам в области пожарной безопасности, таким как Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ. Все собранные данные анализа представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [17]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители ручные, ящики с песком	Пожарные машины, пожарные лестницы	Оборудование автоматического тушения пожара	технические средства оповещения и управления эвакуацией	Пожарные рукава, рукавные разветвления, ящики с песком	Респираторы, противогазы, пожарные карабины	Пожарные лопаты, багры, ломы, топоры, вёдра, комплекты электрические	Автоматические оповещатели

Таблица 7 – «Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [17]

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Технологический процесс изготовления детали вал-шестерня	Инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участках; обучение действиям при	Проведение противопожарных инструктажей, наличие автоматической системы пожаротушения, наличие

1	2	3
	возникновении пожара и правильной эвакуации; контроль за правильной эксплуатацией оборудования; содержание оборудования в исправном состоянии	пожарной сигнализации, наличие первичных средств для тушения пожаров

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В данном разделе представлена оценка мер по обеспечению экологической безопасности технологического процесса изготовления детали вал-шестерня. Выявлены и проанализированы негативные экологические факторы реализуемого технического процесса, а так же меры по их снижению и/или устранению. Все данные анализа соответствуют нормативным документам РФ. Результаты анализа представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [17]

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [17]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [17]
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления детали вал-шестерня	Станок токарный 16Б16Т1С1 с ЧПУ; Шпоночно-фрезерный станок 692Р с автоматическим приспособлением	Стальная пыль; частицы стружки; туман от СОЖ	Технические жидкости и масла; стружка; производственная пыль	Металлические отходы, технические масла и жидкости, ветошь, СОЖ

Таблица 9 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду». [17]

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления детали вал-шестерня
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование для очистки воздуха циклоны-осадители с тангенциальным входом, с осевым входом, с групповым входом; мультициклоны параллельные, последовательные; пылеуловители
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование замкнутых и оборотных систем промышленного водопользования; многоступенчатая очистка воды
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование системы сортировки отходов; соблюдение правил хранения отходов и периодичности их вывоза; переработка металлических отходов

В ходе работы была проведена идентификация профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения производственного процесса, и предложены методы и средства по снижению воздействия вредных и/или опасных факторов.

Была проведена идентификация класса пожаров и других опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе выполнения производственного процесса. Были разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, а так же по предотвращению пожарообразования и экстренным мерам в ходе образования пожара. Разработанные противопожарные мероприятия полностью отвечают современным противопожарным стандартам РФ.

6 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 токарной операции. На ней предложено в качестве оснастки использовать автоматизированное зажимное приспособление, вместо универсального.

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 воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [17] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы 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 8.

Как видно из рисунка 8, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Вал-шестерня» на 2,81 руб., что составит 8,2 %.

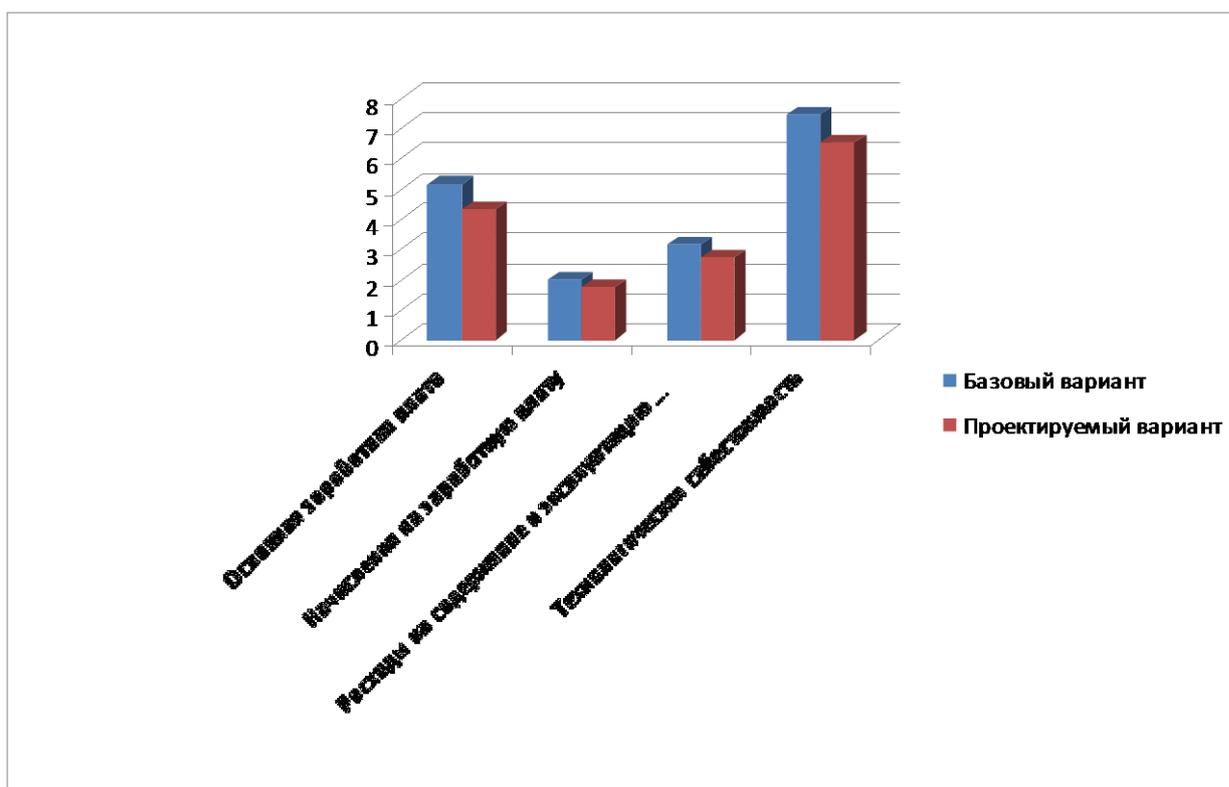


Рисунок 8 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 96,29 рублей, а для проектируемого – 90,48 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 6,0% или 5,81 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 29050 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 замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 58090,48 рублей. На рисунке 9 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.

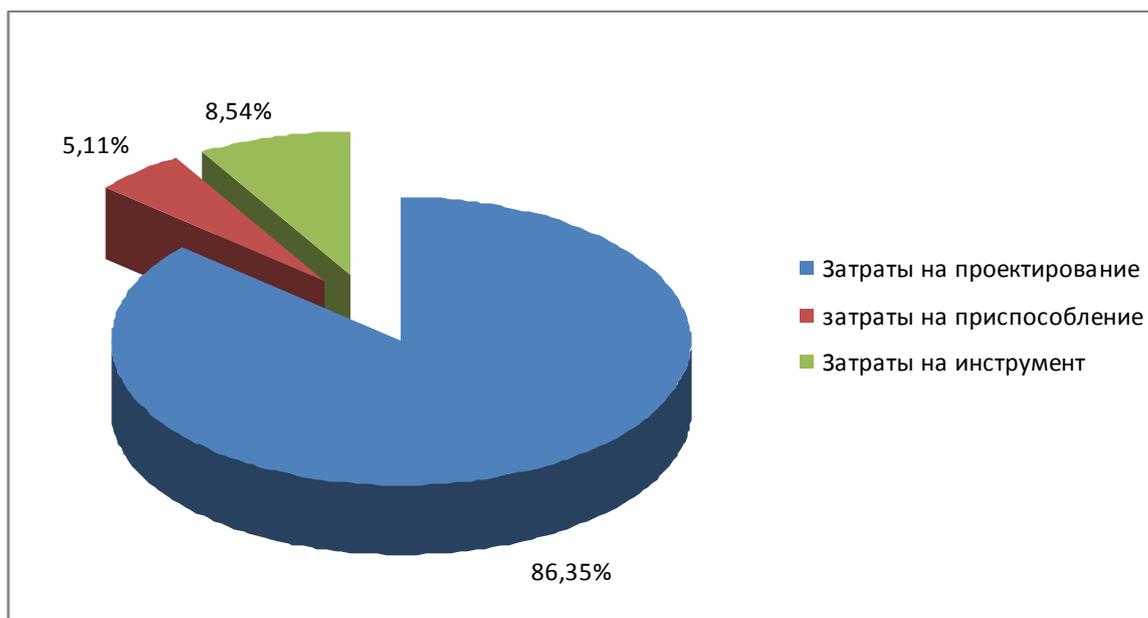


Рисунок 9 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 9, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 86,35 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность 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 10.

Таблица 10 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	3
Общий дисконтируемый доход, руб.	42054,17
Интегральный экономический эффект, руб.	3823,19
Индекс доходности, руб. / руб.	1,14

Анализируя, представленные в таблице 10, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 3823,19 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется 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 0,14 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 14 %.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора.

В ходе проектирования нами были проанализированы исходные данные, где проанализированы служебное назначение детали, выполнена классификация поверхностей и определены исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы, а также выполнена анализ материала детали. Методом экономического сравнения выбран способ получения заготовки – штамповка. Далее, исходя из годовой программы выпуска деталей и массы вала-шестерни, выбран среднесерийный тип производства. Далее по форме и, исходя из необходимого качества обработки, выбраны методы обработки поверхностей детали. Опираясь на эти методы, разработаны технологический маршрут и составлен план изготовления детали.

Для закрепления заготовки на 020 токарной операции разработана конструкция самозажимного токарного патрона. Это приспособление устанавливается на шпиндель токарного станка. Внедрение этого приспособления взамен приспособления с ручным зажимом дает сокращение вспомогательного времени операции.

В качестве инструмента на шпоночно-фрезерной операции 030 проектируемым вариантом предлагается использовать концевую фрезу из быстрорежущей стали с износостойким покрытием. Износостойкое покрытие увеличивает период стойкости инструмента и снижает затраты на него.

В работе выполнен анализ безопасности и экономичности. Экономический расчет выполненных мероприятий показал положительный эффект.

Список используемых источников

1. ГОСТ 16162-78. Редукторы нормализованные. Общие технические условия. – 30 с.
2. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. – 18 с.
3. Жуков В.А. Конструктивная прочность. Конструкционные стали и сплавы: учеб. пособие / В.А. Жуков. – М.: ИНФРА-М, 2019. - 264 с.
4. Сергеев А.В. Технология машиностроения : учебное пособие для студентов экономических специальностей вузов. – Тольятти : Изд-во Тольяттинского государственного университета, 2015. – 124 с.
5. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 330 с.
6. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные покованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
8. Мнацаканян В.У. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.У. Мнацаканян. – М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 221 с.
9. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – 26 с.
10. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6.

11. ГОСТ Р 52781-2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – 30 с.
12. Патент 2677443 Российская Федерация МПК⁷ В 23 В 25/06. Устройство высокоточной обработки деталей на токарных станках с числовым программным управлением/ Романов Е.Н., Василишин И.И.; Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (RU). –2017121026 заявл. 15.06.2017; опубл. 16.01.2019, Бюл. №2. – 6 с.
13. ГОСТ 32831-2014. Фрезы концевые с цилиндрическим, коническим хвостовиками и хвостовиком конусностью 7:24. Размеры. – 12 с.
14. ГОСТ 17024-2015. Фрезы концевые. Технические условия. – 6 с.
15. Схиртладзе А.Г. Формообразующие инструменты в машиностроении: учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, Л.А. Чупина, А.И. Пульбере, В.А. Гречишников. – М. : Новое знание, 2006. – 557 с.
16. ГОСТ 25557-2006. Конусы инструментальные. Основные размеры. – 10 с.
17. 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.
18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-методическое пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
19. ГОСТ 2.001-2013. Единая системы конструкторской документации. Общие положения. – 47 с.
20. Чекмарев А.А. Справочник по машиностроительному черчению : справочник / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 494 с.
21. Ильин А.А. Вакуумная ионно-плазменная обработка : учебное пособие / А.А. Ильин, В.В. Плихунов, Л.М. Петров, В.С. Спектор. – Москва : Альфа-М : ИНФРА-М, 2020. – 160 с.

Продолжение приложения А

Дubl.		Взom.		Пoбп.		Листов 1		Лист	
Разрoб	Курoдин	Лoгoвoй	Кафeдpa OTMП			Вaл-шeстepня			
Пoбepшил									
Икoнoпp.									
Наимeнoвaниe oпepaции		Мaтepиaл	Твepдoстb	EB	МД	Пpoфиль и paзмepы		МВ	КOМД
Шпoнoчнo-фpeзepнaя		Стaль 45 ГOCT 1050-88		166	13	∅ 74x575		18,7	1
oбpaбoтaниe, цeнтpoвoе ЧПУ		oбoзнaчeниe пpoгpaммы	Ta	Tб	Taз	Tшп	COЖ		
Шпoнoчнo-фpeзepный 692P		-	2,54	0,50	10	3,04	5% Укрoнoл		
P		ПИ	∅ или B	L	+	i	S	n	v
01	MM / MM								
02	1. Уcтaнoвить и cнять зaгoтoвку								
03	XXXXXXXXXXXX Пpиcпoсoблeниe cпeциaльнoe.								
04	Фpeзepoвaть пoвepхнocти 15, 16, 17, выдepживaя paзмepы 53 ^{+0,043} _{-0,2} , 18 ^{+0,043} _{-0,2} , 137±0,5, R9 ^{+0,35} _{-0,35} , 92±0,435								
P 05	1	18	53	7,0	1	0,05	630	35,6	
0 06	391820 Фpeзa кoнцeвaя P6M5 ГOCT P 53002-2008;								
0 07	393311 Штaнгeнцeнтpулb ШЦ-III-250-0,05 ГOCT 166-89; 393410 Микpoмeтp ГOCT 5607-90.								
0 08									
P 09									
T 10									
T 11									
12									
OK									