

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	<u>В.Ю. Казанчев</u> (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
	<u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	

Тольятти 2020

Аннотация

Казанчев Вячеслав Юрьевич: Технологический процесс изготовления вала-шестерни погрузчика 332С.

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

Расчетно-пояснительная записка содержит анализ исходных данных, где анализируются поверхности детали и ее материал; технологическую часть, где разрабатывается технологический процесс изготовления детали, проектируется заготовка, ведется определение припусков и режимов обработки; проектирование специальных средств технологического оснащения, состоящих из станочной оснастки и режущего инструмента; раздел безопасности и экологичности технического объекта; расчет экономической эффективности работы; заключение, список используемой литературы и приложения, где располагается технологическая документация к техпроцессу.

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 56 страниц, графическая часть составляет 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Служебное назначение детали.....	5
1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия....	5
2 Технологическая часть работы.....	8
2.1 Определение типа производства.....	8
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
2.4 Определение припусков.....	15
2.5 Расчет режимов резания.....	18
3 Проектирование специальных средств технологического оснащения.....	23
3.1 Анализ базового приспособления.....	23
3.2 Определение усилий резания.....	23
3.3 Расчёт усилия зажима... ..	24
3.4 Расчёт зажимного механизма клинового патрона.....	26
3.5 Расчёт силового привода.....	27
4 Проектирование режущего инструмента.....	28
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	37
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	40
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	48
6 Экономическая эффективность работы.....	44

Заключение.....	48
Список используемой литературы.....	49
Приложение А. Операционные карты.....	52

Введение

Современное общество постоянно производит токарную продукцию различного назначения. В свою очередь производство уже нельзя представить без применения машин. Их изготовление – это самостоятельная отрасль науки и техники – технология машиностроения.

Технология машиностроительного производства представляет собой сочетание различных технологических процессов: литья,ковки, штамповки, термической обработки, обработки резанием и так далее.

В экономических исследованиях механической обработки часто рассматривается ситуация, выполняемая на одном станке, и дается анализ оптимальных режимов резания, в частности оптимальной скорости резания с точки зрения критериев минимальной стоимости, максимальной производительности и максимальной прибыли. Фактически же преобразование исходного материала в готовое изделие редко заканчивается одной операцией, обычно это происходит последовательно на нескольких станках.

Технологический процесс изготовления вала-шестерни погрузчика 332С как раз имеет разнообразие и в условиях современного машиностроительного производства не может быть реализован на одном оборудовании.

Вал-шестерня является частью механизма погрузчика. Деталь имеет полую конструкцию. Зубчатый венец вала-шестерни наружный прямозубый, которым деталь передает крутящий момент. Также у детали имеется шлицевый наружный венец, которым деталь воспринимает крутящий момент.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни погрузчика 332С заданного качества с наименьшей себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Вал-шестерня является частью механизма погрузчика. Деталь имеет полуую конструкцию. Зубчатый венец вала-шестерни наружный прямозубый, которым деталь передает крутящий момент. Также у детали имеется шлицевый наружный венец, которым деталь воспринимает крутящий момент.

1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия

Выполним нумерацию всех поверхностей детали и сделаем их систематизацию по назначению (рисунок 1).

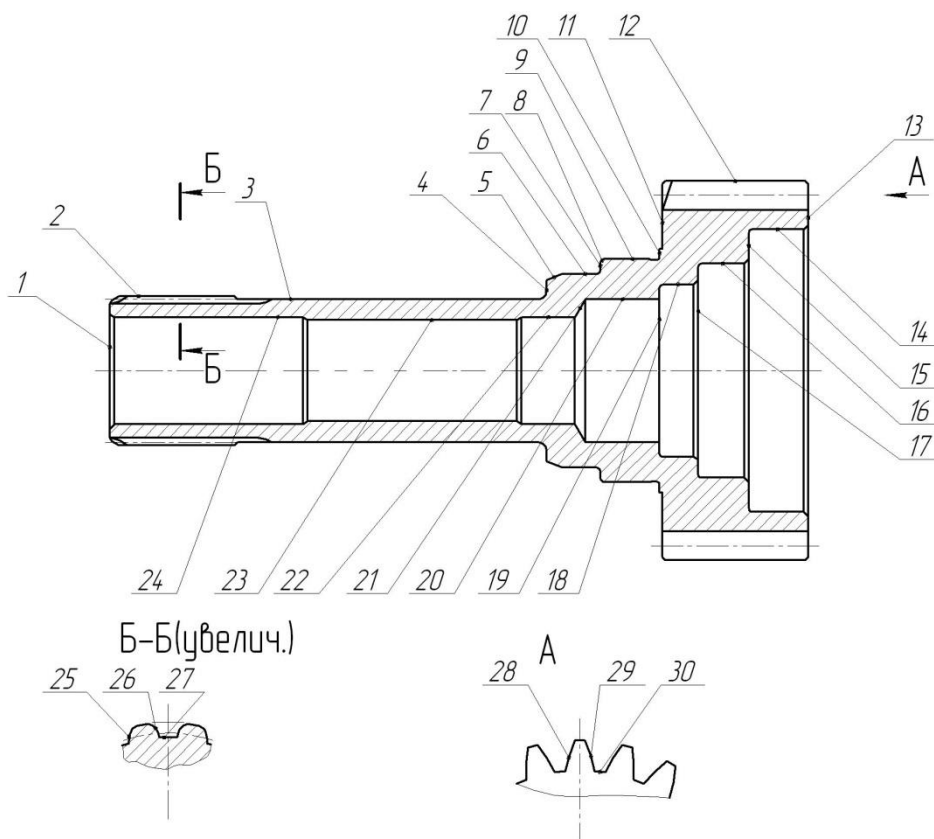


Рисунок 1 - Классификация поверхностей детали

Исполнительными поверхностями детали являются поверхности 25, 26, 28 и 29.

Основными конструкторскими базами детали поверхности 9, 10 и 14. Вспомогательной конструкторской базой детали является поверхность 16.

Материалом детали является сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71. [1]

В состав стали 25ХГТ входят следующие химические элементы:

углерод - 0,22-0,29%; [2]

сера – менее 0,035%;

марганец - 0,8-1,1%;

фосфор - менее 0,035%;

кремний - 0,17-0,37%;

никель - менее 0,3%;

хром - 1,0-1,3%;

титан - 0,03-0,09%;

медь - менее 0,3%;

железо – остальное.

Основными физико-механическими свойствами материала стали 25ХГТ являются: $\sigma_B = 960...980$ МПа, твердость после заготовительной операции $HV = 197...217$. [1]

«Обрабатываемость резанием является технологической характеристикой материала, которая определяется комплексом его физико-математических свойств. При механической обработке обрабатываемость определяют следующими критериями: интенсивностью износа инструмента, характеризованного допускаемой скоростью резания, величинами возникающей силы резания и температуры, а также получающимися при обработке качеством поверхности. Эти количественные значения обрабатываемости зависят от структуры и механических свойств материала,

химического состава, способа получения заготовки и режима ее термообработки». [3]

«Обрабатываемость данного материала определяется применяемым способом резания, так как один и тот же материал может плохо обрабатываться одним методом резания и хорошо другим. Следовательно, обрабатываемость материала резанием не является его константой; она зависит от комплекса первичных параметров, определяющих протекание физического механизма процесса, и вторичных параметров обработки. Обрабатываемость материала зависит также от вида операции и принимаемого критерия затупления инструмента. Так, например, обрабатываемость лезвийным инструментом может резко отличаться от обрабатываемость абразивным; многие материалы хорошо режутся на черновых операциях и плохо – на чистовых. Затрудненное стружкоотделение на операциях обработки отверстий может оказывать влияние на обрабатываемость резанием данного материала. В связи с этим и изменяются критерии обрабатываемости. Так, например, 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». [3]

В данном разделе проведен анализ исходных данных, проведена классификация поверхностей детали, проведен анализ материала детали для дальнейшего проектирования технологического процесса изготовления вала-шестерни погрузчика 332С.

2 Разработка технологической части

2.1 Определение типа производства

В нашем случае масса нашей детали m равно 3,9 кг, годовая программа выпуска детали N равно 5000 штук в год.

Для этих параметров принимаем тип производства для нашей детали – среднесерийный.

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа, выпускаемые в значительных количествах. Этот тип производства является наиболее распространенным». [4]

«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

Согласно выбранной стратегии, определяем, что для данной детали целесообразно применить в качестве заготовки прокат или штамповку на ГКМ.

Масса заготовки при штампованной заготовке $m_{3\phi}$ равно 8,0 кг, при заготовке-прокате $m_{3\bar{r}}$ равно 26,3 кг, а масса детали m равно 3,9 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].

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

где $C_{\text{шт}} = 0,315; k_T = 0,9; k_C = 0,84; k_B = 1,14; k_M = 1,0; k_{II} = 1,0$. [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].

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

где $Q_{\text{шт}} = 8,0; q = 3,9; C_{\text{отх}} = 0,0144$. [6]

Тогда

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 8,0 + 0,6578(8,0 - 3,9) - (8,0 - 3,9)0,0144 = 8,41 \text{ (руб.)}$$

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

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 26,3 + 0,6578(26,3 - 3,9) - 0,0144(26,3 - 3,9) = 17,62, \quad (4)$$

где $Q_{пр} = 26,3; q = 3,9; C_{огх} = 0,0144$. [6]

Таким образом, по технологической себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

Определим годовую экономию, при выборе штамповки. [6]

$$\mathcal{E}_z = (C_{mn} - C_{ми})N_z = (17,62 - 8,41)5000 = 46050 \text{ (руб.)} \quad (5)$$

При годовой программе выпуска N равно 5000 деталей в год экономия от применения в качестве заготовительной операции штамповки, вместо проката, составляет \mathcal{E}_r равно 46050 рублей.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

«Процесс формирования геометрической точности детали, качества поверхностного слоя, структуры материала детали представляет собой весьма сложную картину взаимного влияния большого множества факторов, действующих при обработке заготовки. Картина становится еще более сложной и запутанной из-за многовариантности технологических процессов как по составу технологических переходов, числу операций, так и по их последовательности. Поэтому технолог при разработке маршрута обработки заготовки должен учитывать это обстоятельство и предусмотреть соответствующие мероприятия, исключаящие негативное влияние

последующих переходов на достигнутое качество или снижающие их влияние до допустимого уровня. Решение этой задачи осложняется тем, что деталь описывается большим числом показателей качества, требующих разных методов обработки». [5]

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 1 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: центровально-подрезная операция.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 2 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 9 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 3 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 4 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 12 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 5 с параметрами Ra равно 3,2, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 6 с параметрами Ra равно 3,2, IT равно 10 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 7 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима

следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 8 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 9 с параметрами Ra равно 0,8, IT равно 6 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое, шлифование черновое, шлифование чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 10 с параметрами Ra равно 1,6, IT равно 12 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое, шлифование черновое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 11 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 12 с параметрами Ra равно 3,2, IT равно 11 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 13 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 14 с параметрами Ra равно 1,6, IT равно 7 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое, шлифование черновое, шлифование чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 15 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 12 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 16 с параметрами Ra равно 1,6, IT равно 7 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое, шлифование черновое, шлифование чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 17 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 12 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 18 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 9 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 19 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 20 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 21 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 22 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима

следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 23 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 14 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 24 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 11 необходима следующая последовательность методов обработки: точение черновое, точение чистовое.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 25 с параметрами Ra равно 3,2, IT равно 10 необходима следующая последовательность методов обработки: шлицефрезерование.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 26 с параметрами Ra равно 3,2, IT равно 10 необходима следующая последовательность методов обработки: шлицефрезерование.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 27 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 12 необходима следующая последовательность методов обработки: шлицефрезерование.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 28 с параметрами Ra равно 3,2, IT равно 9 необходима следующая последовательность методов обработки: зубофрезерование.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 29 с параметрами Ra равно 3,2, IT равно 9 необходима следующая последовательность методов обработки: зубофрезерование.

Для обеспечения заданного конструкцией качества изготовления поверхности 30 с параметрами Ra равно 12,5, IT равно 12 необходима следующая последовательность методов обработки: зубофрезерование.

2.4 Определение припусков

«Изготовить деталь «абсолютно» точно в соответствии с номинальными значениями геометрических параметров, заданных конструктором на чертежах, практически не возможно. Это объясняется действием в процессе изготовления деталей на станках ряда возмущающих факторов, которые приводят к образованию отклонений. Поэтому на параметры геометрической точности устанавливают предельные отклонения, в пределах которых деталь может выполнять свое служебное назначение. Превышение заданных предельных отклонений означает появление бракованной детали». [5]

«Под припуском понимается слой материала, снимаемый с заготовки в результате выполнения одного или нескольких технологических переходов при обработке определенной поверхности. Размер, получаемый на детали после удаления припуска на заданном переходе, называется межпереходным. В свою очередь, размер на детали, получаемый после удаления припуска на определенной операции, называется операционным». [5]

Расчетно-аналитическим методом определим припуски на обработку самой точной поверхности с диаметром $75k6^{(+0,021}_{+0,002})$ мм. [6]

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

Исходные данные: $D = 75^{(+0,021}_{+0,002})$ мм; $L = 23$ мм; $Ra = 0,8$ мкм.

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

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [7] \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 3,2 = 0,800 .$$

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

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

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,180 = 0,030 .$$

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

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

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} . \quad (7)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,800^2 + 0,025^2} = 1,200 .$$

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

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

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

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,200 + 0,5(3,2 + 0,3) = 2,950 .$$

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

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

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

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

$$d_{4\min} = 75,002 .$$

$$d_{4\max} = 75,021 .$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 75,021 + 2 \cdot 0,062 = 75,145 .$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 75,145 + 0,019 = 75,164 .$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 75,164 + 2 \cdot 0,130 = 75,424 .$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 75,424 + 0,120 = 75,544.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 75,544 \cdot 0,999 = 75,468.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 75,468 + 0,074 = 75,542.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 75,542 + 2 \cdot 0,275 = 76,092.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 76,092 + 0,300 = 76,392.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 76,392 + 2 \cdot 1,200 = 78,792.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 78,792 + 3,200 = 81,992.$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(81,992 + 78,792) = 80,392.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(76,392 + 76,092) = 76,242.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(75,542 + 75,466) = 75,504.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(75,544 + 75,424) = 75,484.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(75,164 + 75,145) = 75,155.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(75,021 + 75,002) = 75,012.$$

Рассчитаем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}. \quad (10)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4. \quad (11)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (12)$$

$$2Z_{\min} = 78,792 - 75,021 = 3,771.$$

$$2Z_{\max} = 3,771 + 3,200 + 0,021 = 6,992.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,771 + 6,992) = 5,382.$$

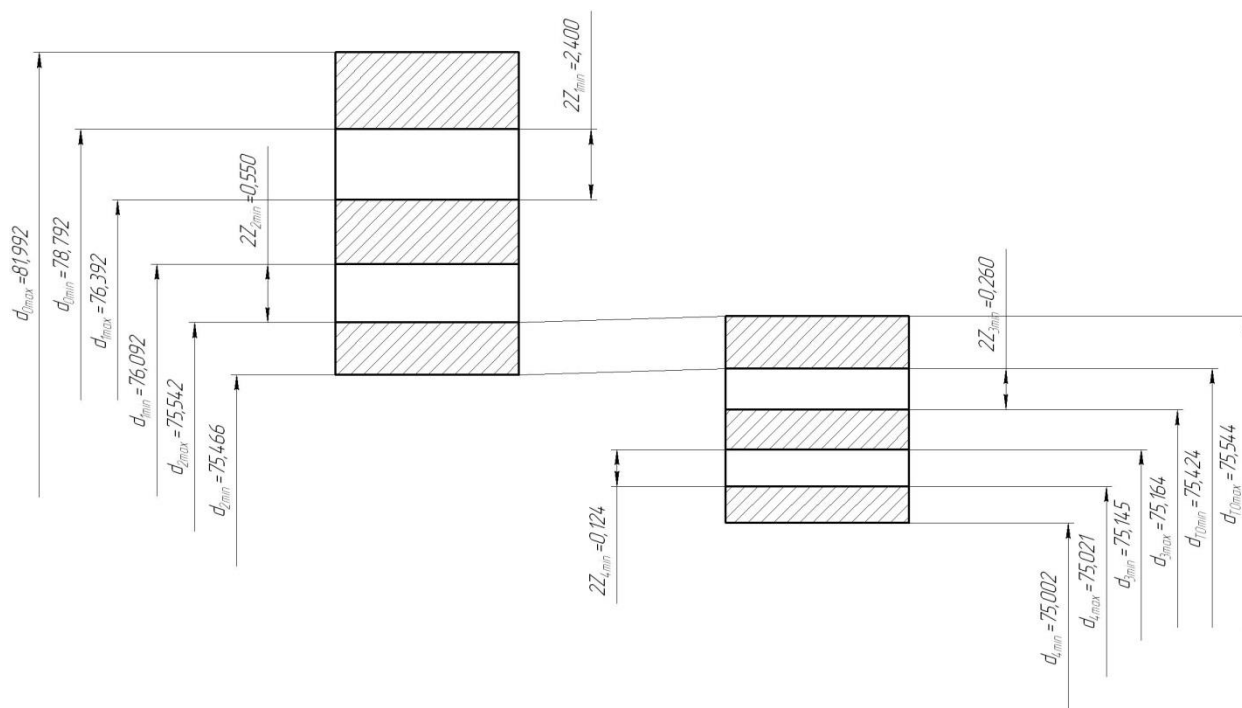


Рисунок 2 - Схема расположения припусков и полей допусков на поверхность диаметром $75k6^{(+0,021/+0,002)}$.

2.5 Расчет режимов резания

2.5.1 Расчет режимов обработки на операцию 020 Токарная чистовая.

Переход 1.

«Глубина резания» $t = 0,3$ мм. [8]

«Подача» $S_0 = 0,2$ мм/об. [8]

«Скорость резания» $V_0 = 180$ м/мин. [8]

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

где $K_1 = 1$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$.

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

«Частота вращения» [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 127,8} = 449 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 127,8 \cdot 400}{1000} = 160,5 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача» [8]

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время» [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{245}{80} = 3,06 \text{ мин.}$$

Переход 2.

«Глубина резания» $t = 0,3 \text{ мм.}$ [8]

«Подача» $S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$ [8]

«Скорость резания» $V_0 = 180 \text{ м/мин.}$ [8]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0.$

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

«Частота вращения» [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 36} = 1592 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 1250}{1000} = 141,3 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача» [8]

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1250 = 250 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время» [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{67}{250} = 0,27 \text{ мин.}$$

Переход 3.

«Глубина резания» $t = 0,5 \text{ мм.}$ [8]

«Подача» $S_0 = 0,3 \text{ мм/об.}$ [8]

«Скорость резания» $V_0 = 180$ м/мин. [8]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 45$ м/мин.

«Частота вращения» [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 74,5} = 192 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 74,5 \cdot 160}{1000} = 37,4 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача» [8]

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 160 = 32 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время» [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{32} = 0,06 \text{ мин.}$$

«Общее основное время операции» [8]

$$T_0 = \sum T_{0i} = 3,06 + 0,27 + 0,06 = 3,39, \text{ мин.}$$

2.5.2 Расчет режимов обработки на операцию 030 Шлицефрезерная.

«Радиальная подача»[8]

$$S_p = S_{p,ТАБЛ} \cdot K_1, \quad (17)$$

где $S_{p,ТАБЛ} = 0,6; K_1 = 0,9$. [8]

Тогда

$$S_p = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54, \text{ мм/об.}$$

$$S_p = 0,5 \text{ мм/об.}$$

«Скорость резания»[8]

$$V = V_{ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (18)$$

где $V_{ТАБЛ} = 26; K_1 = 0,9; K_2 = 1,0$. [8]

Тогда

$$V = 26 \cdot 0,9 \cdot 1 = 23,4, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения шпинделя» [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 23,4}{3,14 \cdot 44,5} = 167,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{ФАКТ} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44,5 \cdot 160}{1000} = 22,4, \text{ м/мин.}$$

«Основное время операции» [8]

$$T_0 = \frac{55 \cdot 18}{160 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot 1} = 0,62, \text{ мин.}$$

2.5.3 Расчет режимов обработки на операцию 035 Зубофрезерная.

«Радиальная подача» [8]

$$S_p = S_{P,ТАБЛ} \cdot K_1,$$

где $S_{P,ТАБЛ} = 0,6; K_1 = 0,9$. [8]

Тогда

$$S_p = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54, \text{ мм/об.}$$

$$S_p = 0,5 \text{ мм/об.}$$

«Скорость резания» [8]

$$V = V_{ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где $V_{ТАБЛ} = 26; K_1 = 0,9; K_2 = 1,0$. [8]

Тогда

$$V = 26 \cdot 0,9 \cdot 1 = 23,4, \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения шпинделя» [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 23,4}{3,14 \cdot 107,25} = 69,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 63 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\text{ФАКТ}} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 107,25 \cdot 63}{1000} = 21,2, \text{ м/мин.}$$

«Основное время операции» [8]

$$T_0 = \frac{49 \cdot 25}{63 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot 1} = 1,94, \text{ мин.}$$

Технологические наладки представлены в графической части.

В данном разделе проведен технико-экономический расчет двух наиболее подходящих методов получения заготовки и выбрана штамповка. Далее определен тип производства и выбрана стратегия разработки техпроцесса. На одну из поверхностей рассчитаны припуски для обработки. Далее проведен расчет режимов резания для тех операций техпроцесса, в которых выполнены изменения относительно базового варианта.

3 Проектирование специальных средств технологического оснащения

3.1 Анализ базового приспособления

На операции 020 Токарной чистовой выполняется точение наружных и внутренних поверхностей (рисунок 3).

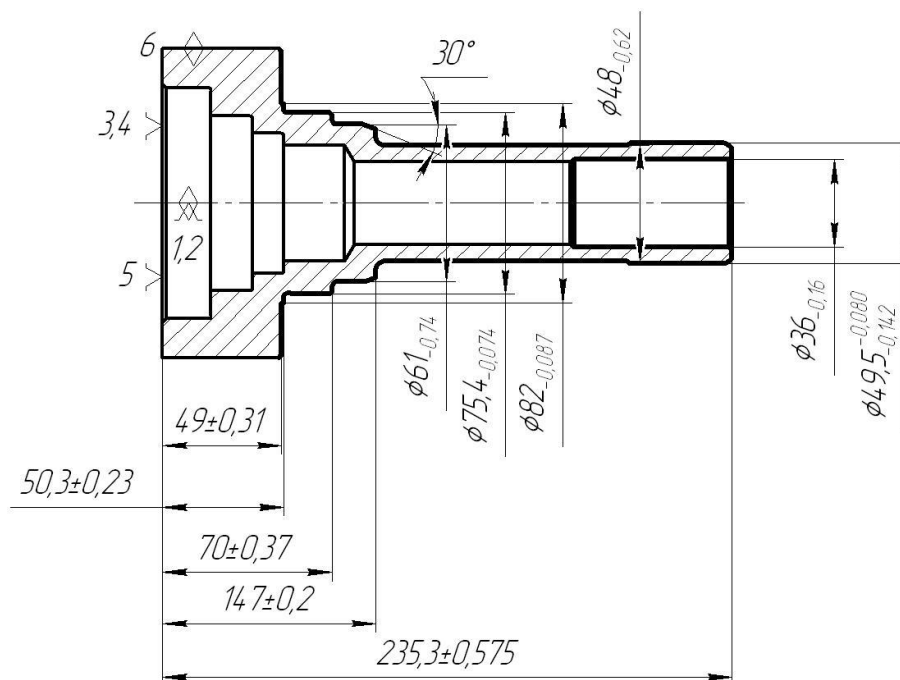


Рисунок 3 - Операционный эскиз

3.2 Определение усилий резания

При обработке точением составляющие P_z и P_y определяют по формуле:

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \cdot [11] \quad (24)$$

При обработке стальной заготовки резцом с пластиной из твёрдого сплава постоянные формулы (3.1) равны для P_z :
 $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$.

Для P_y : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$.

$$K_p = 0,9. \quad [11]$$

Подставляя значения, получим

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 160,5^{-0,15} \cdot 0,446 = 113,1, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 160,5^{-0,3} \cdot 0,606 = 61,4, \text{ Н.}$$

3.3 Расчёт усилия зажима

Результирующий крутящий момент от действия касательной составляющей силы резания пытается повернуть заготовку в кулачках и рассчитывается как

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{113,1 \cdot 127,8}{2} = 7227,1, \text{ Н.} \quad [11] \quad (25)$$

Момент от силы зажима препятствует повороту заготовки и определяется по формуле:

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}. \quad (26)$$

Из равенства моментов M_p и M_3 рассчитаем необходимое зажимное усилие, которое препятствует повороту изделия.

$$W^1 = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K P_z \cdot d_1}{f d_2}, \quad [11] \quad (27)$$

Коэффициента запаса K рассчитывают по формуле, которая определяет условия выполнения операции:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (28)$$

$$K_{pz} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8; \quad K_{py} = 2,52.$$

$f = 0,3$ отсюда

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 113,1 \cdot 127,8}{0,3 \cdot 127,8} = 737, \text{ Н.}$$

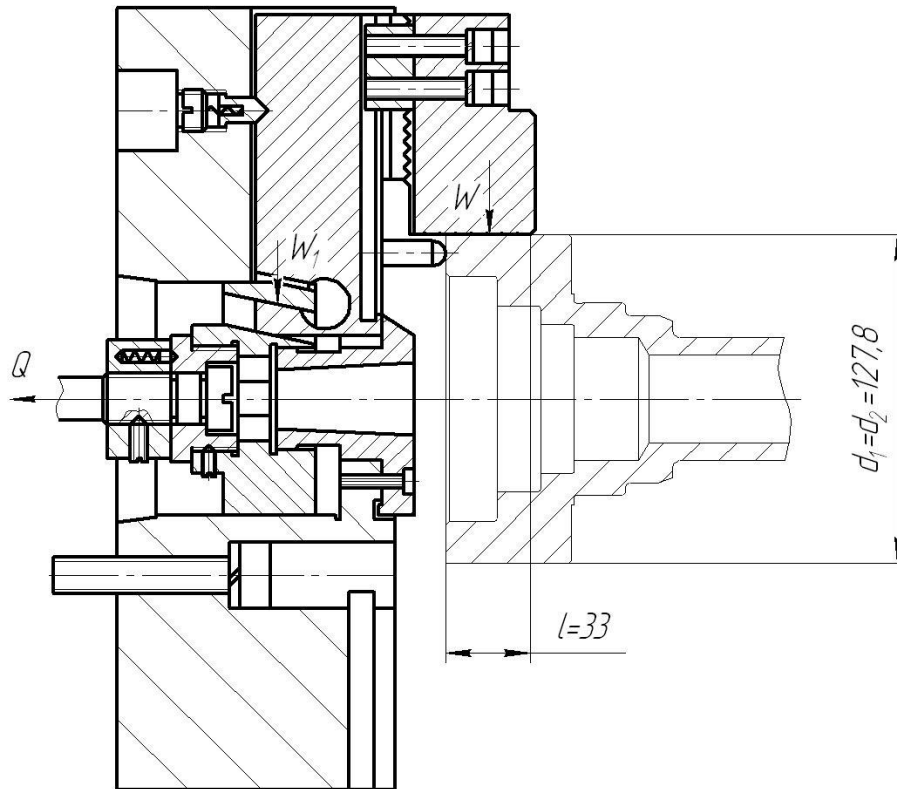


Рисунок 4 - Схема закрепления заготовки

Составляющая силы резания P_y пытается вывернуть заготовку из кулачков

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad [11] \quad (29)$$

Этому препятствует момент от зажимной силы

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (30)$$

Величина усилия W_1 , рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{737}{1 - \left(\frac{3 \cdot 33}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1220,2, \text{ Н.} \quad (31)$$

3.4 Расчёт зажимного механизма клинового патрона

Определим усилие Q , которое создается силовым приводом, увеличиваемое зажимным механизмом и передаваемое каждому кулачку

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \cdot [12] \quad (32)$$

Для клинового механизма величину i находим по формуле:

$$i_{c.kл.} = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}, [12] \quad (33)$$

где $\alpha = 15...30^\circ$ – рекомендуемый угол наклона клина. [12]

Принимаем $\alpha = 15^\circ$. Углы φ и φ^1 найдем по формуле:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot f_1 = \operatorname{arctg} \cdot 0,1 = 5^\circ 49', \text{ отсюда:}$$

принимаем $\varphi = \varphi^1 = 5^\circ 50'$.

Отсюда

$$i_{c.kл.} = \frac{1}{\operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 50') + \operatorname{tg} 5^\circ 50'} = 2,1,$$

следовательно

$$Q = \frac{W}{i_{c.p.}} = \frac{1220,2}{2,1} = 581, \text{ Н.}$$

3.5 Расчёт силового привода

Определим диаметр поршня пневмоцилиндра

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2} . \quad [12] \quad (34)$$

В конструкцию токарного станка встраивается силовой привод с диаметральной размер поршня не более 120 мм.

Определим диаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 1628}{0,4} + 30^2} = 78, \text{ мм.}$$

Принимаем D равным 90 мм.

В результате разработки в данном разделе рассчитано и спроектировано автоматизированное станочное приспособление для токарной операции 020 техпроцесса. Автоматизация приспособления дает сокращение операционного времени, связанного с загрузкой и выгрузкой заготовки на станке.

4 Проектирование режущего инструмента

На операции 035 зубофрезерной фрезеруют зубчатый венец вала-шестерни. В этом разделе спроектируем режущий инструмент для этой операции, представленной на рисунке 5.

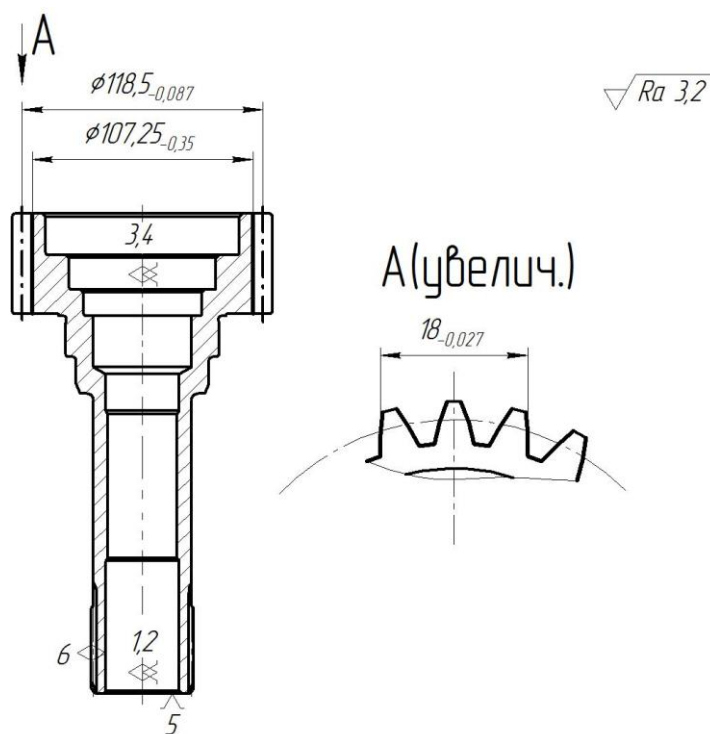


Рисунок 5 – Эскиз обработки на операции 035

«Червячные модульные фрезы являются наиболее распространенным зуборезным инструментом и применяются для чернового и чистового зубонарезания. Обеспечивают высокую точность и производительность процесса обработки. Применяются для обработки прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических колес, а также для нарезания зубьев червячных колес с различными видами зацепления». [13]

«При проектировании зуборезных червячных фрез должны быть заданы некоторые параметры зубчатого колеса: модуль m , угол давления на делительном диаметре, то есть угол зацепления α ; высота зуба h (рисунок б) и высота головки зуба h_a . Задний угол α и передний угол γ для вершинных

режущих кромок принимают по наружному диаметру. Для стандартных фрез передний угол $\gamma = 15^\circ$, задний угол $\alpha = 10 - 12^\circ$ ». [13]

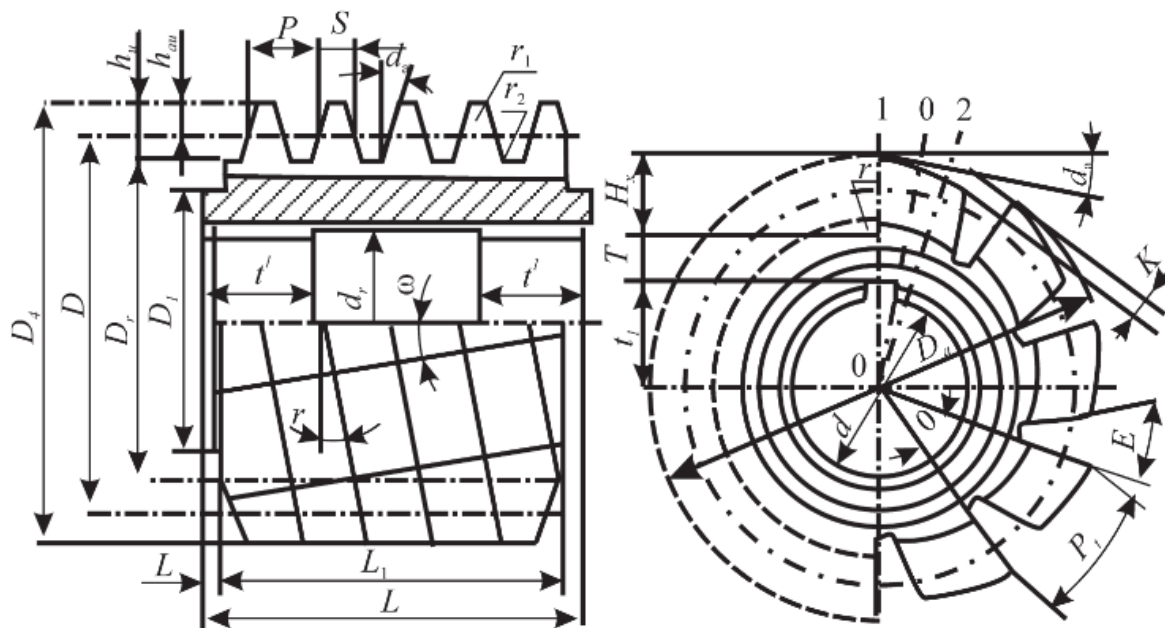


Рисунок 6 – Конструктивные параметры червячной фрезы

В нашем случае модуль m равен 4,5мм, угол зацепления α равен 20° .

Из рекомендаций принимаем передний угол γ равно 15° , задний угол α равно 12° .

«Основными конструктивными параметрами червячной фрезы являются диаметр, длина, диаметр отверстия под оправку, число зубьев, форма и направление канавок, размеры профиля зубьев. Наружный диаметр фрезы принимается по нормалям и стандартам с учетом паспортных данных зубофрезерного станка или же задается углом подъема витков исходного червяка, после чего определяют делительный, а затем наружный диаметр фрезы». [13]

Определим число зубьев фрезы [13]:

$$Z_\phi = 1,2\sqrt{D} \text{ (шт.)}, \quad (35)$$

где D – диаметр фрезы, мм.

$$Z_{\phi} = 1,2\sqrt{100} = 12 \text{ шт.}$$

Принимаем ближайшее стандартное значение Z_{ϕ} равно 10 штук.

«При зубофрезеровании и формообразовании впадины колеса участвуют режущие кромки, расположенные по вершинам и боковым поверхностям зубьев фрезы. При этом режущие кромки, расположенные по вершинам, снимают средние толщины срезаемого слоя в 3 раза большие, чем толщины слоя, срезаемого боковыми режущими кромками. Число срезаемых слоев, приходящихся при зубофрезеровании на одну впадину колеса, возрастает с увеличением числа канавок на фрезе, снижая толщину срезаемого слоя и уменьшая нагрузку на зуб фрезы». [13]

«При нарезании прямозубых и косозубых колес червячными модульными фрезами имитируется зацепление обрабатываемого колеса с червяком, роль которого выполняет червячная фреза. За главное движение резания принимают вращение фрезы, частоту которого для создания движения обката согласуют с вращением заготовок так, чтобы за время одного оборота фрезы заготовка повернулась на k/Z_3 - часть оборота, где k – число заходов червячной фрезы. Для радиального врезания фрезы в заготовку и нарезания зубьев по всей ее высоте фрезе соответственно сообщают радиальное движение подачи и вертикальное движение подачи, направленное вдоль оси нарезаемого колеса. Перед обработкой червячную фрезу разворачивают так, чтобы направление ее винтовой линии совпадало с направлением нарезаемых зубьев». [13]

Остальные геометрические параметры выберем из ГОСТ 9324-2015 [14]: наклона зубьев фрезы к её оси ω равно 35° ; угол наклона главной режущей кромки λ равно 12° ; главный угол в плане ϕ равно 60° ; вспомогательный угол в плане ϕ_1 равно 8° ; диаметр посадочного отверстия принимаем d_0 равно 32 мм.

Зубофрезерное приспособление для изготовления зубчатого колеса из заготовки согласно изобретению [15] содержит червячную фрезу с первой и второй группами зубьев. Червячная фреза имеет

цилиндрическое тело. Зубья первой группы отходят от цилиндрического тела и имеют первую полную высоту. Зубья второй группы отходят от цилиндрического тела поочередно с зубьями указанной первой группы и имеют вторую полную высоту. Первая и вторая полные высоты отличаются друг от друга, обеспечивая образование из заготовки зубчатого колеса со смежными зубьями, имеющими разные наружные диаметры.

Червячная фреза может быть однозаходной или многозаходной.

Червячная фреза может иметь первый виток с первым зубчатым профилем, и второй виток со вторым зубчатым профилем, при этом первый и второй витки отличаются друг от друга. Первый и второй зубчатые профили также могут отличаться друг от друга. Червячная фреза может иметь три или более витков с тремя или более зубчатыми профилями.

На рисунках 7, 8, 9 показаны червячная фреза и формирование зубьев в заготовке зубчатого колеса.

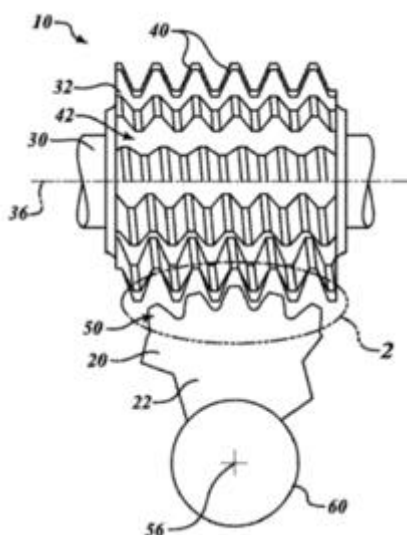


Рисунок 7 - Червячная фреза и формирование зубьев в заготовке зубчатого колеса

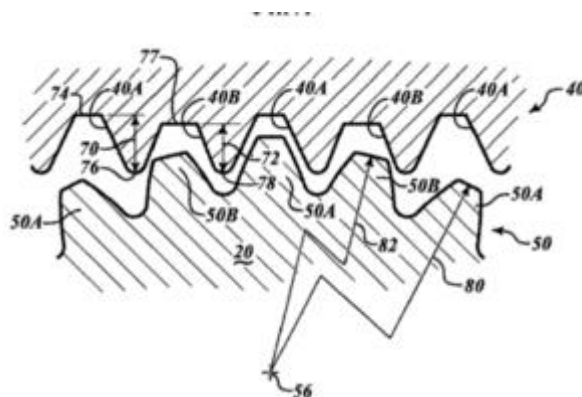


Рисунок 8 – Вид в сечении в увеличенном масштабе

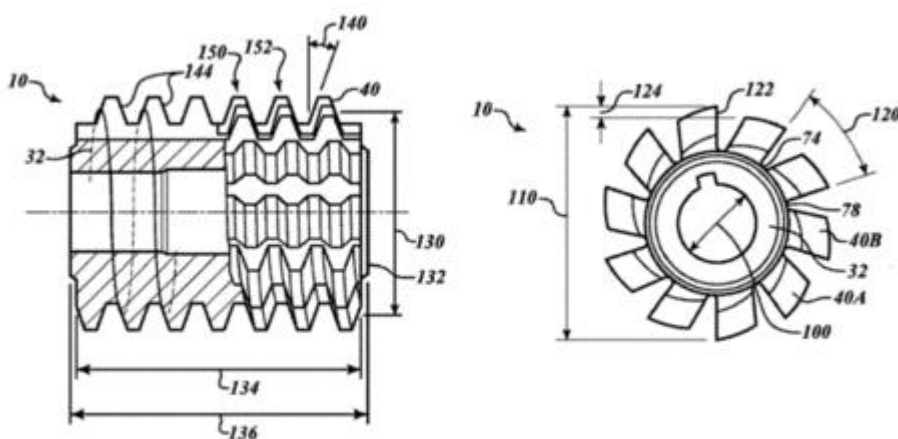


Рисунок 9 - Червячная фреза

На рисунках 7, 8 и 9 показано зубофрезерное приспособление или червячная фреза, выполненная согласно одному из вариантов осуществления изобретения [15] и обозначенная общей позицией 10. Червячная фреза 10 предназначена для изготовления зубчатого колеса 20 из обрабатываемой детали или заготовки 22. Червячная фреза 10 выполнена с возможностью вращения вокруг оси вала 30. Червячная фреза 10 имеет цилиндрическое тело 32, ось 36 которого совпадает с осью вращения вала 30. Червячная фреза 10 содержит зубья 40, между которыми в продольном направлении вдоль цилиндрического тела 32 образованы впадины.

Как будет подробно описано ниже, червячная фреза 10 используется для образования зубчатого колеса 20 из заготовки 22. Зубчатое колесо 20 по его окружности будет иметь зубья 50. Заготовка 22 приспособлена для вращения вокруг своей оси 56 и установлена на валу 60. Как будет подробно описано ниже, зубчатое колесо 20 будет образовано червячной фрезой так, что не все зубья 50 зубчатого колеса будут иметь одинаковый наружный диаметр.

Червячная фреза 10 выполнена так, что зубья 50 с разными наружными диаметрами могут быть образованы за одну операцию без последующей механической обработки. Во время изготовления или зубофрезерования зубчатого колеса 20 может быть использована первая группа зубьев 40А с полной высотой 70 и одновременно вторая группа зубьев 40В с полной высотой 72. Первая полная высота 70 ограничена выемкой 74 и вершиной 76 первого зуба 40А. Аналогично, полная высота 72 ограничена выемкой 77 и вершиной 78 второго зуба 40В. Полные высоты 70 и 72 отличаются друг от друга. Кроме того, поскольку выемки 74 и 77 находятся в разных местах, диаметры оснований первой группы зубьев 40А и второй группы зубьев 40В варьируется. Изменяющийся диаметр основания позволяет выполнять нарезание зубьев 50 зубчатого колеса 20 разной высоты.

В показанном примере полная высота 72 меньше полной высоты 70. В результате зубья 50 зубчатого колеса, которые образуются посредством червячной фрезы 10, будут иметь первую группу зубьев 50А и вторую группу зубьев 50В. Диаметр 80 зубьев 50А первой группы, измеряемый от оси 56 зубчатого колеса, больше диаметра 82 зубьев 50В второй группы, измеряемого от оси 56 зубчатого колеса.

Каждый зуб 40 червячной фрезы включает в себя радиальную режущую поверхность 122 и криволинейную поверхность 124.

На рисунке 10, на показаны первый виток 150 и второй виток 152 на цилиндрическом корпусе 32 червячной фрезы 10. Витки 150 и 152, в целом, ограничивают угол подъема в процессе резания, выполняемого червячной фрезой 10.

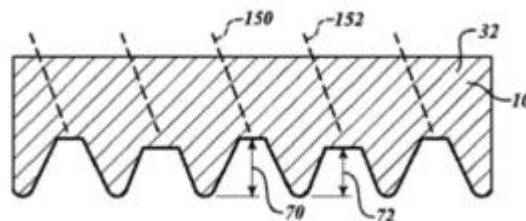


Рисунок 10 – Витки зубьев на цилиндрическом корпусе фрезы

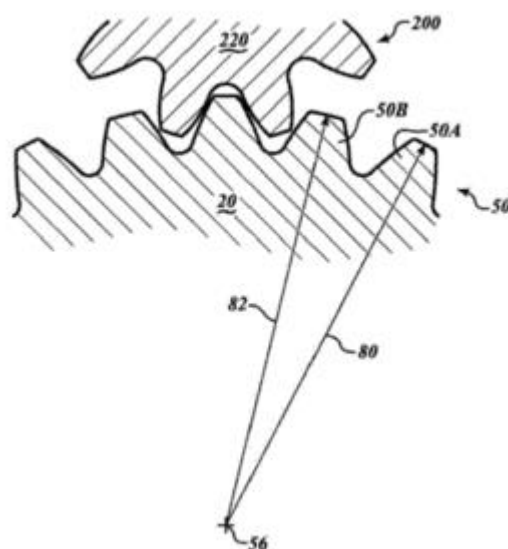


Рисунок 11 –Зубчатое колесо, образованное червячной фрезой

Как показано на рисунке 11, червячная фреза 10 выполнена с возможностью образования зубчатого колеса 20, имеющего смежные зубья 50 (например, зубья 50А и 50В), имеющие разные диаметры 80 и 82. В представленном примере диаметр 80 больше диаметра 82. Поскольку зубья 50А и 50В, поочередно образованные по окружности зубчатого колеса 20, имеют разные диаметры, они будут иметь разные точки зацепления на сопряженных зубьях 200 соответствующего стандартного зубчатого колеса 220, у которого зубья 200 имеют

одинаковые диаметры. Зацепление может сопровождаться возникновением различных резонансных частот, обеспечивая плавное зацепление между соответствующими зубьями 50 зубчатого колеса 20 и зубьями 200 зубчатого колеса 220.

Изготовление зубчатого колеса 20 с использованием червячной фрезы 10 согласно изобретению [15] осуществляется следующим образом.

Сначала выбирают червячную фрезу 10 с характеристиками, пригодными для изготовления требуемого зубчатого колеса 20. Выбирается червячная фреза 10 с определенными параметрами: диаметром 130 делительной окружности, шириной 134 режущей поверхности, длиной 136 червячной фрезы, углом 140 зацепления, толщиной 160 зуба, радиусом 162 закругления вершины, головкой 164 зуба червячной фрезы, модификацией профиля 168 головки и полной высотой резанья 170 для каждого готового зуба. Полная высота 70 зубьев 40А первой группы больше полной высоты 72 чередующихся зубьев 40В второй группы.

Вал 30 червячной фрезы установлен с возможностью вращения вокруг оси 36 и может вращаться приводным двигателем. Вал 60 обрабатываемой детали установлен с возможностью вращения вокруг оси 56 зубчатого колеса. Червячная фреза 10 движется поступательно поперек окружной поверхности обрабатываемой детали 22, вращаясь при этом вокруг оси 36, а обрабатываемая деталь 22 вращается вокруг оси 56. Первая и вторая группы зубьев 40А и 40В червячной фрезы, имеющие разные полные высоты 70 и 72, режут обрабатываемую деталь 22, образуя зубчатое колесо 20 с чередующимися зубьями 50А и 50В, имеющими разные наружные диаметры.

Представленное выше описание приведено в качестве примера осуществления изобретения [15] и не ограничивает его. Отдельные элементы или особенности конкретного варианта выполнения, в целом,

не ограничиваются этим конкретным вариантом выполнения и, по возможности, являются взаимозаменяемыми и могут использоваться в выбранном варианте выполнения, даже если они специально не показаны или не описаны. Эти же отдельные элементы или особенности могут изменяться различными способами, не выходя за объем изобретения.

Эти мероприятия предлагаем внедрить в 035 зубофрезерную операцию.

В данном разделе спроектирована червячная фреза для зубофрезерной операции разрабатываемого технологического процесса.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе ВКР проводится оценка экологичности и безопасности технологического процесса изготовления детали вал-шестерня. Оценку будем вести согласно методике [16].

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 1.

Таблица 1 – «Технологический паспорт технического объекта» [16]

«Технологический процесс» [16]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [16]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [16]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [16]	«Материалы, вещества» [16]
Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок токарный SAMAT-400XC с ЧПУ	Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71 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 2.

Таблица 2 – «Идентификация профессиональных рисков» [16]

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [16]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [16]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [16]
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

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 3.

Таблица 3 – «Методы и средства снижения и/или устранения опасных и/или вредных производственных факторов» [16]

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [16]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [16]	«Средства индивидуальной защиты работника» [16]
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	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда;	Костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные
заготовки, изделия	ограждение оборудования; использование предупреждающей разметки	
Токсические раздражающие вещества (СОЖ)	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование местной вытяжки; ограждение оборудования защитными экранами	костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки 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 противозумные, 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 [16]. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [16]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок лезвийной обработки	SAMAT-400XC с ЧПУ; Токарный с автоматической загрузкой	Пожары, связанные с воспламенением 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 5 и 6.

Таблица 5 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [16]

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 диэлектрические	Автоматические оповещатели

Таблица 6 – «Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [16]

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 возникновении пожара и правильной эвакуации; контроль за правильной эксплуатацией оборудования; содержание оборудования в исправном состоянии	Проведение противопожарных инструктажей, наличие автоматической системы пожаротушения, наличие 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 7 и 8.

Таблица 7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [16]

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [16]	«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.» [16]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [16]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [16]	«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.)» [16]
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления детали вал-шестерня	Станок токарный SAMAT 400XC с ЧПУ; Токарный станок с автоматической загрузкой	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». [16]

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 данном разделе проведены исследование и анализ безопасности и экологичности производственного процесса изготовления детали вал-шестерня.

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 12.

Как видно из рисунка 12, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Вал-шестерня» на 1,56 руб., что составит 12,7 %.

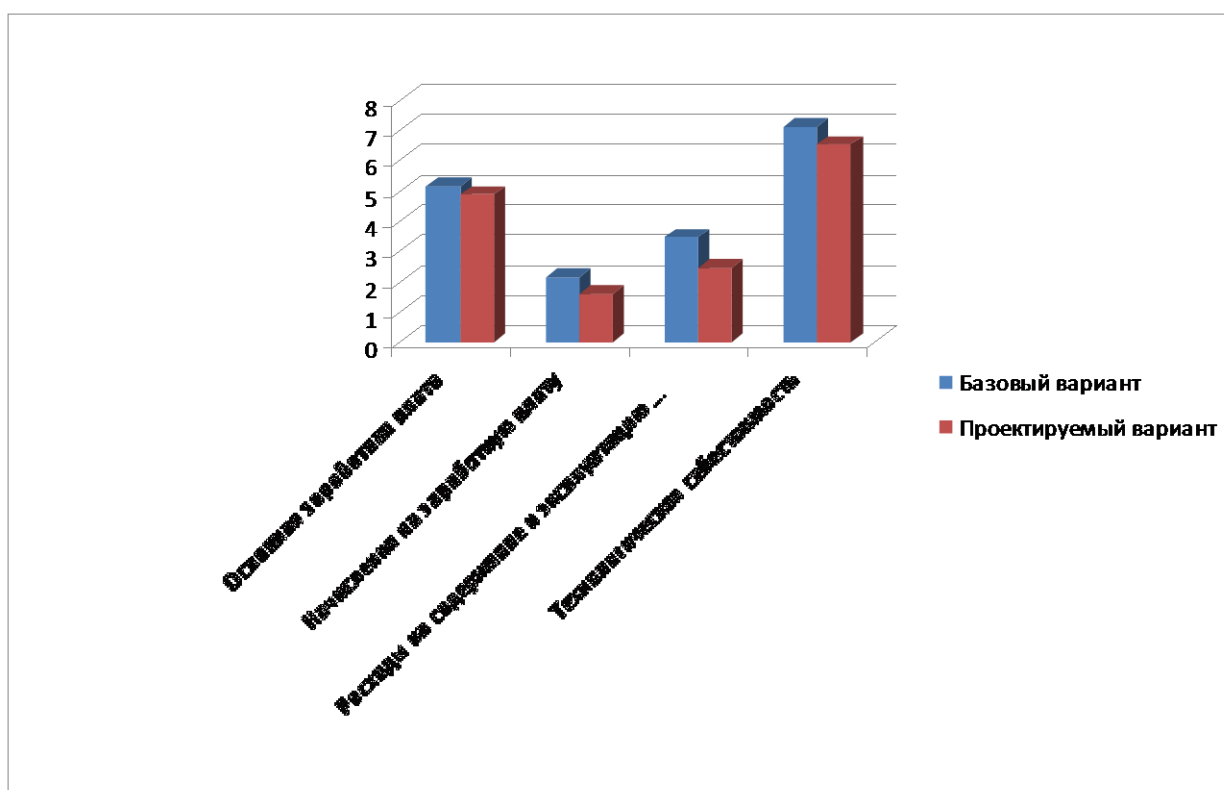


Рисунок 12 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

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 39,18 рублей, а для проектируемого – 29,32 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 24,3% или 9,86 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 47313 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 60995,25 рублей. На рисунке 13 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.

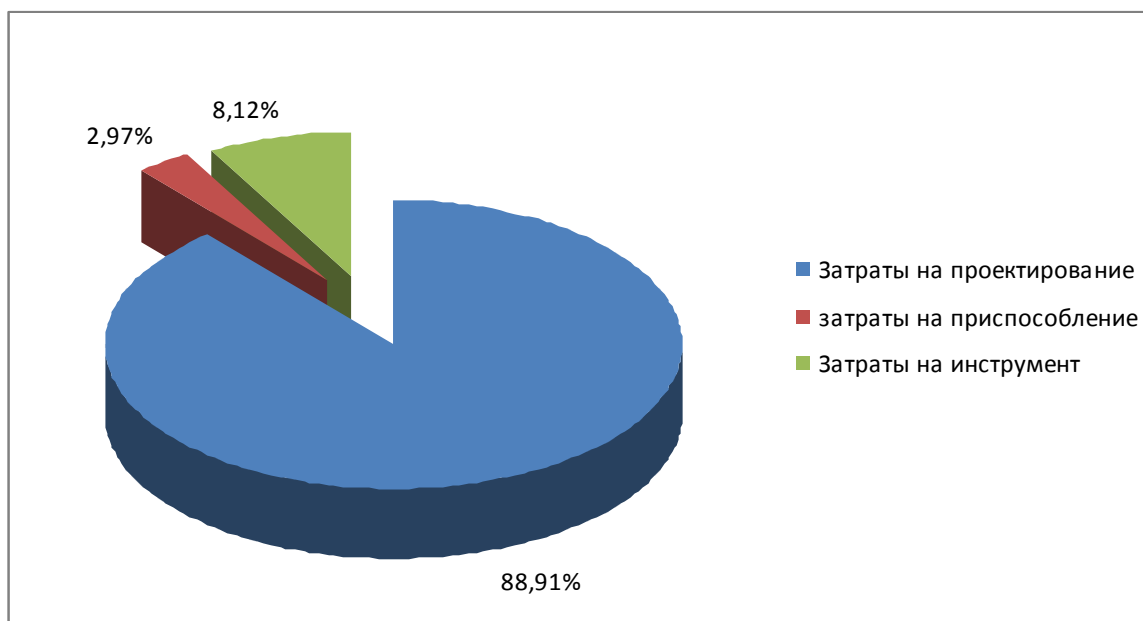


Рисунок 13 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 13, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 88,91 %.

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.	38231,67
Интегральный экономический эффект, руб.	3179,09
Индекс доходности, руб. / руб.	1,12

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 3179,09 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 0,12 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 12 %.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни погрузчика 332С, согласно поставленной цели. Технологический процесс оснащен современными технологическими средствами.

В ходе проектирования нами были проанализированы исходные данные и методом экономического сравнения выбран способ получения заготовки – штамповка. Далее, исходя из годовой программы выпуска деталей и массы вала-шестерни, выбран среднесерийный тип производства. В соответствии со среднесерийным типом производства выбраны характерные признаки технологии изготовления детали. Далее, 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 токарной операции 020 разработана конструкция автоматизированного токарного патрона, который устанавливается на шпиндель станка. Внедрение этого приспособления взамен приспособления с ручным зажимом дает сокращение вспомогательного времени операции.

В качестве инструмента на зубофрезерной операции 035 проектируемым вариантом предлагается использовать червячную фрезу из быстрорежущей стали. Данный инструмент был спроектирован в работе в связи с тем, что такой металлорежущий инструмент проектируется для каждого численного значения модуля зубьев зубчатого колеса.

В работе выполнен анализ безопасности и экономичности.

Экономический расчет выполненных мероприятий показал положительный эффект.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – 40 с.
2. Жуков В.А. Конструктивная прочность. Конструкционные стали и сплавы: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2019. - 264 с.
3. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1803-9.
4. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 330 с.
5. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.У. Мнацаканян. – М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 221 с.
6. Козлов, А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В.Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.
7. 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.
8. Козлов, А.А. Расчет режимов резания [Текст]: учеб. пособие / А.А. Козлов, А.М. Козлов. –Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2017. –95с.
9. Вереина Л. И. Абразивная обработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 304 с. - (Справочники ИНФРА-М). - Библиогр.: с. 299. - ISBN 978-5-16-010397-6.

10. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа для бакалавров: учеб. пособие / Н. М. Султан-заде [и др.]. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2016. - 288 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-105-1.

11. Клепиков В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 319 с.

12. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006705-6.

13. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебное пособие / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 228 с.

14. ГОСТ 9324-2015. Фрезы червячные чистовые однозаходные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Технические условия. – 45 с.

15. Патент 2714558 Российская Федерация МПК⁷ В 23 С 5/00. Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием / ШИН, Банджамин С.; ИТОН КОРПОРЕЙШН (US). – 2016145644 заявл. 22.12.2014; опубл. 17.08.2018, Бюл. №15. – 12 с.

16. 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.

17. 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.

18. Сергеев А.В. Технология машиностроения : учебное пособие для студентов экономических специальностей вузов. – Тольятти : Изд-во Тольяттинского государственного университета, 2015. – 124 с.

19. ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. – 47 с.

20. Аверченков, В.И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ : монография [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 151 с.

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.118-92		Форм. 1	
Дроб.			
Взвеш.			
Полн.			
		Листов 2 / Лист 1	
Разработ	Козачнев В.Ю.	Кафедра ОТМП	
Проверил	Лозинский Н.Ю.		
Исполнит.		Вал-шестерня	
Наименование операции		Материал	Твердость
Токарная чистовая с ЧПУ		Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71	EB MД 166 3,9
Обработка поверхности ЧПУ		Обозначение программы	Таб. Тип 3,89
Токарный с ЧПУ САМАТ-400ХС			Таб. Тип 10 3,89
P		0 или B	L
в1		ПМ	MM
0.02			MM/об
0.04			об/мин
0.05			об/мин
0.06			М/мин
0.07			
0.08			
P.09			
0.10			
P.11			
12			
OK			

1. Установить и снять заготовку									
396110.XXXX Патрон трехшлицевой ГОСТ 12593-95; XXXXX.XXXX Упор откидной									
Точить поверхность 1, выдерживая размер 235,3±0,575; выполнить фаску 1х30°; поверхность фаску Ø4,95 ^{-0,080} _{-0,142}									
выполнить фаску 1х45°; точить поверхность 3, выдерживая размер Ø4,8 ^{-0,062} ; поверхность R3; поверхность 4, выдерживая размер 147±0,2;									
точить поверхность 5, выдерживая размеры 5 _{-0,148} ; Ø61 _{-0,174} ; поверхность 6, выдерживая размер Ø65 _{-0,112} ; выполнить R15;									
точить поверхность 7, выдерживая размеры 165±0,5; поверхность 8, выдерживая размер 1х45°; точить пов. 9, выдерживая размер Ø754 _{-0,112}									
точить поверхность 10, выдерживая размер 185,3±0,23; поверхность 11, выдерживая размер Ø82 _{-0,112} ; точить пов. 12, выдерживая размер 186±0,575; выполнить фаску 1х45°.									
	1	127,8	100	0,3	1	0,2	400	160,5	
Точить поверхность 24, выдерживая размер Ø36 _{-0,16} .									
	1	36	100	0,3	1	0,2	1250	14,13	

Продолжение приложения А

ГОСТ 314-04-86 Форма 2а

Длина	Всего	Пазы	Вал-шестерня										Лист 2
Р	М	Д или В	Л	Т	Г	С	п	ν					
01 O	Выполнить канавки, выдерживая размеры 3 _{0,25} , R1, P0,5, 45°												
02 P	1	74,5	100	0,5	1	0,3	160	37,4					
03 T	392190.XXXXX Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 392190.XXXXX Резец сборный дистанционный Т15К6 ГОСТ 20874-75;												
04 T	393104.XXXXX Резец канавочный Р6М5; 393111.XXX ШЦ-II-350-0,1 393120.XXXX Калибр-скоба; 393120.XXXX Калибр-пробка.												
05 P													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
OK													

Продолжение приложения А

Дубл.		Взам.		Лист 1		Листов 2		Лист 1		Листов 2	
Разработ	Козачнев В.Ю.	Кафедра ОТМП									
Проверил	Лозинский Н.Ю.										
Исполн.											
Наименование операции		Материал	ТВ	МД	Профиль и размеры	МВ	КОМД	Цех		Уч.	РМ
Зубофрезерная		Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71	66	3,9	Ø127,5x235	8,0	1				
Оборудование, устройство, ЧПУ		Обозначение программы	Тн	Тоз	Тшп	СОЖ					
Зубофрезерный станок 5К328А		-	194	10	2,44	5% Украин					
P		Пш	Пш	L	S	n	v				
01					ММ	ММ/ОД	ОД/МИН				
02	1. Установить и снять заготовку										
03	396110.XXXX Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX Упор откидной.										
04	Фрезеровать поверхность 28, 29, 30, выдерживая размеры $m=4,5$, $z=25$, $Ø118,5_{-0,087}$; $Ø107,25_{-0,35}$; $36_{-0,062}$.										
P	1	107,25	49	0,3	1	0,2	63			21,2	
05	391810.XXXX Фреза червячная Р6М5 ГОСТ 9324-80; 394.300.XXXX Прибор для контроля цилиндрических эдочных венцов ГОСТ 6507-81.										
T											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
OK											