

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400
центра «Формула Станок»

Обучающийся

А.С. Пакичев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок».

Автор: Пакичев Анатолий Сергеевич.

В данной выпускной работе разрабатывается техпроцесс изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок». Вал-шестерня предназначена для восприятия крутящего момента от внешней кинематической цепи, то есть от электродвигателя, а также для передачи этого вращения на следующие валы редуктора.

Первым этапом работы были проанализированы исходные данные, а именно конструкция детали, ее назначение и материал, из которого изготовлена вал-шестерня. В итоге был сделан вывод о соответствии материала вала-шестерни необходимым требованиям для выполнения своего назначения. Также в этом разделе был проведен анализ технологичности конструкции и сделаны соответствующие выводы о достаточной технологичности.

На втором этапе проведен выбор типа машиностроительного производства, где принят среднесерийный тип производства. После этого проведен расчет двух самых подходящих способов изготовления заготовки. Далее проведено проектирование технологических операций.

На третьем этапе спроектировано приспособление для токарной операции техпроцесса, которое является самозажимным, то есть при внедрении этого приспособления снижается процент ручного труда на операции без применения специальных приводов.

Четвертым этапом в работе спроектирована концевая фреза для выполнения шпоночного паза в конструкции вала-шестерни.

Работа содержит раздел безопасности и экологичности, а также расчет экономической эффективности.

Abstract

Topic: Technological process of manufacturing worm shaft.

Author: A.S. Pakichev.

In this graduation paper, the technological process of manufacturing a shaft-gear gear is being developed. The shaft-gear is an integral part of the worm gear, it is also a body of rotation. The shaft-gear is designed to perceive and transmit rotational motion in the gearbox design.

The first stage of the work analyzed the initial data, namely the design of the part, its purpose and the material from which the worm is made. As a result, it was concluded that the shaft-gear material meets the necessary requirements to fulfill its purpose. Also in this section, an analysis of the manufacturability of the design was carried out and appropriate conclusions were made about sufficient manufacturability.

At the second stage, the type of machine-building production was selected, where the medium-scale type of production was adopted. After that, the calculation of the two most suitable methods of manufacturing the workpiece was carried out. Further, the design of technological operations was carried out.

At the third stage, a device was designed for the turning operation of the technological process, which is self-locking, that is, when this device is introduced, the percentage of manual labor for operations without the use of special drives is reduced.

The fourth stage in the work is the end mill designed to perform a keyway in the worm structure.

The work contains a section on safety and environmental friendliness, as well as a calculation of economic efficiency.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Определение типа производства.....	10
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	12
2.5 Определение припусков.....	14
2.6 Определение режимов обработки.....	16
3 Проектирование приспособления.....	20
3.1 Анализ исходных данных.....	20
3.2 Определение зажимного усилия	22
4 Проектирование режущего инструмента.....	25
4.1 Исходные данные.....	26
4.2 Расчет конструктивных параметров фрезы	26
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	30
6 Экономическая эффективность работы.....	36
Заключение.....	44
Список используемой литературы.....	41
Приложение А. Технологическая документация	44

Введение

Машиностроение является одной из основных ведущих линий развития современной промышленности. Развитию машиностроения уделяется много внимания нынешнего правительства страны.

Создание новых машин связано с постоянно возрастающими требованиями по комплексу показателей, а именно по эргономике, безопасности, удобству эксплуатации, надежности и так далее. Также немаловажным фактором, как у любого продукта рынка, является стоимость, которая определяет конкурентоспособность продукции производства на различных рынках.

Инновации в машиностроении на сегодняшний день активно поддерживаются на высшем уровне государственной власти. Ведь от быстрого внедрения инноваций, развивающих тот или иной компонент всего цикла производства новой машины, зависит весь комплекс трудозатрат.

Одним из продуктов машиностроения являются редукторы, которые нацелены на изменение частоты вращения валов или изменение передаваемой мощности. Редукторы имеют несколько передач. Эти передачи могут быть зубчатые или, червячные. От качества изготовления редукторов зависит их долговечность, работоспособность, конкурентоспособность относительно зарубежных аналогов и так далее.

В состав редуктора РЦД-400 входит вал-шестерня. Вал-шестерня предназначена для восприятия крутящего момента от внешней кинематической цепи, то есть от электродвигателя, а также для передачи этого вращения на следующие валы редуктора.

Целью данной выпускной работы является разработка такого технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400, при котором осуществлялось бы заданное качество изготовления при необходимой заданной программе выпуска.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение и условия работы детали

«Основными критериями работоспособности деталей машин являются прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость. Наряду с основными, в зависимости от назначения и условий эксплуатации могут устанавливаться дополнительные критерии, такие как коррозионная стойкость, масса деталей, транспортабельность, эстетичность и т. д. Значение того или иного критерия для данной детали зависит от ее функционального назначения и условий работы. В процессе работы детали машин находятся под действием внешних (рабочих) нагрузок. Нагрузки на детали машин и напряжения в них, как известно, могут быть постоянными и переменными по времени. Детали, подверженные постоянным напряжениям в чистом виде, в машинах почти не встречаются. Постоянная неподвижная в пространстве нагрузка вызывает во вращающихся деталях (валах, осях, зубьях зубчатых колес) переменные напряжения. Однако отдельные детали работают с мало изменяющимися напряжениями, которые при расчете можно принимать за постоянные». [21]

Вал-шестерня предназначена для восприятия крутящего момента от внешней кинематической цепи, то есть от электродвигателя, а также для передачи этого вращения на следующие валы редуктора. Деталь работает в условиях изменяющихся нагрузок.

Для анализа назначения каждой поверхности далее проведем классификацию поверхностей.

1.2 Классификация поверхностей детали

Пронумеруем поверхности фланцам и представим это на рисунке 1.

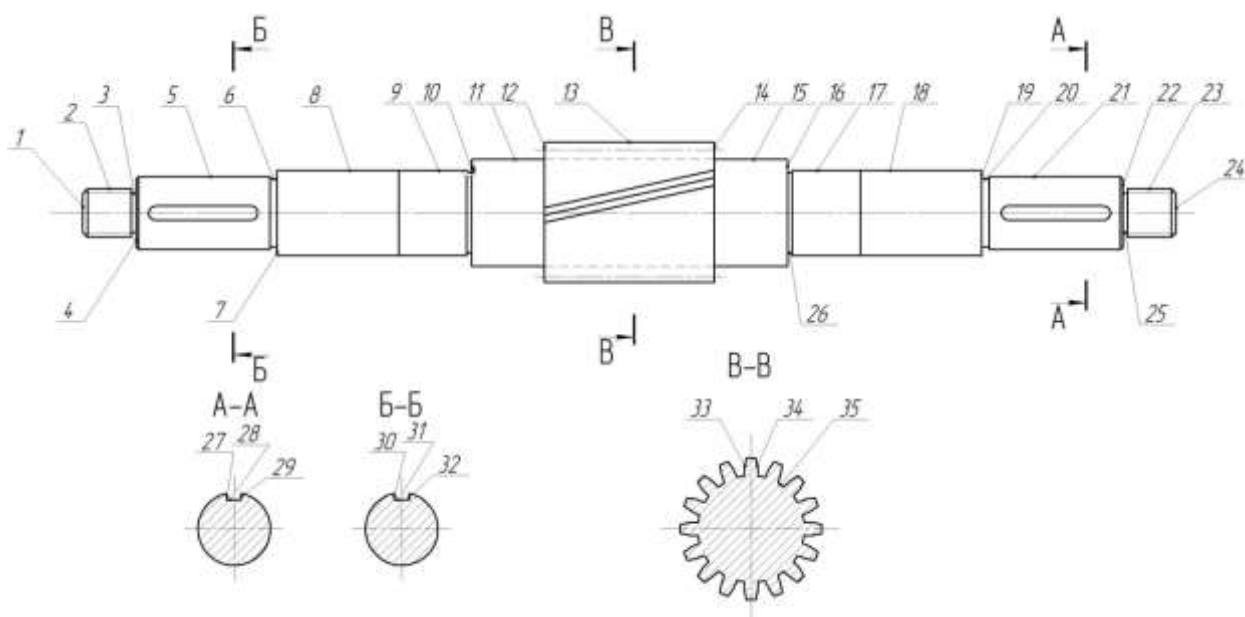


Рисунок 1 – Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями вала-шестерни являются боковые стенки шпоночных пазов 27, 29, 33, 35, а также боковые стороны зубьев 33 и 34.

Основными конструкторскими базами детали являются цилиндрические поверхности 9 и 17, предназначенные для фиксации детали в подшипниках, а также торцовая поверхность 10, ограничивающая движение детали вдоль собственной оси.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются резьбовые поверхности 2 и 23, а также цилиндрические поверхности 5 и 21 под посадку зубчатых колес.

Остальные поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом вала-шестерни является конструкционная сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [11]. Физико-механические свойства стали 40Х представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

σ_B	ψ	σ_T	δ_5	НВ
МПа	%	МПа	%	не более
530	32	275	15	197

«Легируемыми называют стали, содержащие одновременно с углеродом и другие легирующие элементы для получения требуемых свойств. Содержание углерода указывают цифрами вначале марки в сотых долях процента. Легирующие элементы обозначают следующими буквами: Х – хром, Н – никель, М – молибден, В – вольфрам, Г – марганец, С – кремний, Д – медь, Т – титан, Б – ниобий, Р – бор, А – азот. Если содержание элемента более 1,5%, то после буквы указывают его среднее значение в целых процентах. Если содержание элемента менее 1,5%, то цифру после соответствующей буквы не указывают». [5]

«Технологичность конструкции обеспечивает заданные эксплуатационные показатели при наименьших затратах времени, труда и средств на ее создание в конкретных условиях данного производства. Технологичность конструкции тесно связана с серийностью, обеспечивая ее соответствие масштабу выпуска и условиям производства. В значительной степени технологичность конструкции обеспечивается широким внедрением стандартизации, нормализации и унификации, использованием полуфабрикатов и рекомендуемых материалов, а также типизацией технологических процессов. Основные условия обеспечения технологичности связаны со способами получения заготовки, механической обработкой и с точностью изготовления деталей и сборкой». [11]

Для обработки заготовки «в центрах» на первой операции механической обработки необходимо выполнить центровые отверстия по ГОСТ 14034-74 [8].

«Детали, получаемые ковкой, штамповкой, прокаткой не должны иметь острых внутренних углов, резких перепадов толщин стенок, обеспечивать хорошее «растекание» металла в штампе и уклоны, обеспечивающие удаление металла из штампа». [11]

«Металлы и сплавы на их основе являются основными конструкционными материалами, основой современного машино- и приборостроения. Объем производства черных и цветных металлов и сплавов всегда является важнейшим показателем уровня развития экономики, мощи и обороноспособности государства». [20]

Сталь 40Х не является литейной. Заготовку удобнее всего изготовить методами прокатки или штамповки. При этом конструкция будет довольно близкой к детали.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«Тип производства – классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, и объема выпуска изделий. В зависимости от сочетаний указанных признаков (показателей) современные производства подразделяют на следующие типы: массовое, серийное и единичное». [16]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m=3,85$ кг и программа выпуска в $N=5000$ деталей в год. Исходя из этих параметров [16], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«В механосборочных цехах серийного производства наряду с универсальным (стандартным) оборудованием, приспособлениями и инструментом применяют специализированные и специальные средства технологического оснащения. В серийном производстве широко используются автоматы, полуавтоматы, агрегатные станки, станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и гибкие производственные системы (ГПС) из станков с ЧПУ, управляемые от ЭВМ, что позволяет легко перестраивать производство на обработку очередной партии деталей других типоразмеров или другой конфигурации. Предусматриваются также переналаживаемые автоматические линии из станков различных типов». [16]

Исходя из этих данных, далее будем проектировать технологический процесс изготовления вала-шестерни.

2.3 Выбор метода получения заготовки

В нашем случае наиболее целесообразными методами получения заготовки будут являться методы штамповки на ГКМ и прокатка.

При штамповке масса заготовки будет равна 5,71 кг, а при прокате 11,07 кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке [12].

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

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [12]

Тогда

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [12]

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

где $C_{\text{шт}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_g = 1,14$; $k_n = 1,0$. [18]

Тогда

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [12].

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

где $Q_{\text{шт}} = 5,71$; $q = 3,85$ кг - массы заготовки и детали;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144 \text{ руб/кг. [12]}$$

Тогда

$$C_{\text{шт}} = 0,2715 \cdot 5,71 + 0,6578(5,71 - 3,85) - (5,71 - 3,85)0,0144 = 2,7470 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [12].

$$C_{mn} = C_{заг} \cdot Q_{np} + C_{мех} (Q_{np} - q) - C_{отх} (Q_{np} - q), \quad (4)$$

где $Q_{np} = 11,07$; $q = 3,85$ кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [12]}$$

Тогда

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 11,07 + 0,6578(11,07 - 3,85) - 0,0144(11,07 - 3,85) = 5,9948 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

При этом годовая экономия составит

$$\Delta_z = (C_{mn} - C_{ми})N_z = (5,9948 - 2,7470)5000 = 16239 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«При проведении конструктором расчетов на точность уже были избраны методы ее достижения по каждому из параметров. Технологию необходимо установить эти методы, оценить, удачен ли их выбор при заданном масштабе выпуска, организационной форме процесса, проверить правильность постановки размеров и допусков в чертежах изделия и наличие компенсаторов, если достижение требуемой точности каких-то параметров предполагается вести методом регулировки или пригонки». [2]

Проведем выбор методов обработки, исходя из качества точности IT каждой поверхности и необходимой шероховатости Ra.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 1, 24 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: центральная-подрезная операция.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20 22, 25, 26 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: точение черновое и чистовое.

Согласно необходимой точности (IT 7) поверхностей 5, 21 и их шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этих поверхностей: точение черновое и чистовое, шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхностей 8, 18 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: точение черновое и чистовое.

Согласно необходимой точности (IT 6) поверхностей 9, 17 и их шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этих поверхностей: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхностей 27, 29, 30, 32 и их шероховатости (Ra 3,2) примем следующие методы обработки этих поверхностей: фрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 12) поверхностей 28, 31 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: фрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 8) поверхностей 33, 34 и их шероховатости (Ra 1,6) примем следующие методы обработки этих поверхностей: зубофрезерование, зубошлифование.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 35 и ее шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этой поверхности: зубофрезерование.

2.5 Определение припусков

«Припуском на обработку называется слой металла, подлежащий удалению с поверхности заготовки в процессе обработки резанием для получения готовой детали. Размер припуска определяется разностью между размером заготовки и размером детали по рабочему чертежу. Припуски подразделяются на общие, то есть удаляемые в течение всего процесса обработки данной поверхности, и межоперационные, удаляемые при выполнении отдельных операций». [14]

Определим припуски на обработку поверхности 9 с параметрами $\varnothing 35k6_{+0,002}^{+0,018}$, $L = 28$ мм, $Ra = 1,6$ мкм расчетно-аналитическим методом. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из чернового и чистового точения, термообработки, чернового и чистового шлифования.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$a = R_z + h_o. \quad (5)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,0 = 0,500.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} \cdot [4] \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \cdot [4] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,500^2 + 0,025^2} = 0,901.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,016^2 + 0^2} = 0,116.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,006^2 + 0} = 0,056.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,901 + 0,5(2,000 + 0,250) = 2,026.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,116 + 0,5(0,062 + 0,025) = 0,160.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,056 + 0,5(0,025 + 0,016) = 0,077.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 35,002.$$

$$d_{4\max} = 35,018.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 35,018 + 2 \cdot 0,056 = 35,130.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 35,130 + 0,025 = 35,155.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 35,155 + 2 \cdot 0,116 = 35,387.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 35,387 + 0,100 = 35,487.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 35,487 \cdot 0,999 = 35,452.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 35,452 + 0,062 = 35,514.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 35,514 + 2 \cdot 0,263 = 36,040.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,040 + 0,250 = 36,290.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 36,290 + 2 \cdot 0,901 = 38,092.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 38,092 + 2,000 = 40,092.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). [4]$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(38,092 + 40,092) = 39,092 .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(36,290 + 36,040) = 36,165 .$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(35,514 + 35,452) = 35,483 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(35,487 + 35,387) = 35,437 .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(35,155 + 35,130) = 35,143 .$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(35,018 + 35,002) = 35,010 .$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} . [4] \quad (9)$$

$$2Z_{\min} = 38,092 - 35,018 = 3,074 .$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 . [4] \quad (10)$$

$$2Z_{\max} = 3,074 + 2,000 + 0,016 = 5,090 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) . \quad (11)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,074 + 5,090) = 4,082 .$$

2.6 Определение режимов обработки

2.6.1 Расчет режимов резания на токарную операцию 015.

«Основные элементы режима резания: глубина резания, скорость резания и подача. Глубиной резания t , мм, называют толщину слоя металла, снимаемого за один проход инструмента. При продольном точении цилиндрической поверхности (рисунок 2)». [10]

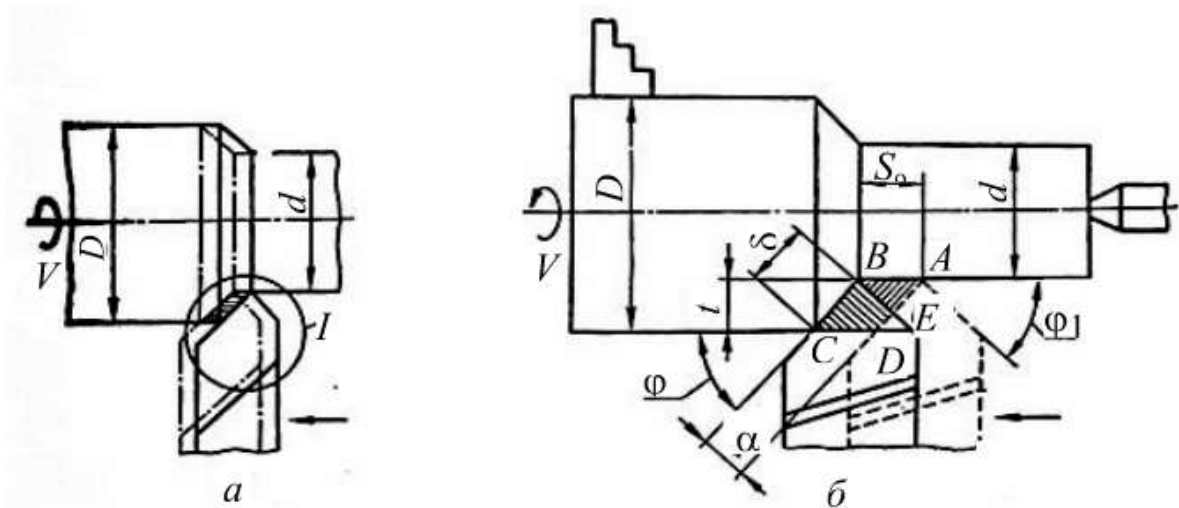


Рисунок 2 – Срезаемый слой при точении

«Весь припуск h (мм), заданный на механическую обработку заготовки, может быть срезан за один проход инструмента при черновой обработке, и тогда $t=h$, или за несколько проходов i при чистовой (окончательной) обработке, в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности. Тогда $t = h/i$ (при условии одинакового значения t при каждом проходе). Подача – перемещение режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении подачи. Шириной срезаемого слоя b называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по поверхности резания. Толщиной срезаемого слоя a называют расстояние между двумя положениями режущей кромки за время одного полного оборота заготовки, измеренное в направлении, нормальном ширине срезаемого слоя». [10]

Примем глубину резания и подачу $t = 2,5; S = 0,3$. [18]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (12)$$

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 180$. [18]

$$V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 57,9} = 572,0 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (14)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 57,9 \cdot 500}{1000} = 90,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (15)$$

$$S = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (16)$$

$$T_0 = \frac{210}{150} = 1,40 \text{ мин.}$$

2.6.2 Расчет режимов резания на шпоночно-фрезерную операцию 030.

«Скорость резания при фрезеровании является окружной скоростью вращения фрезы. Скорость зависит от многих факторов (как и при точении),

в первую очередь от глубины резания (t), подачи (S), стойкости инструмента (T). Экономическая скорость резания выбирается из справочных данных». [1]

«Величина подачи определяется, главным образом, заданной величиной шероховатости, а также типом фрезы и твердостью обрабатываемого материала и других факторов. Для чернового фрезерования ($R_z=40\dots30$) $s_z=0,5-0,15$ мм/зуб; при черновом фрезеровании большие значения подач применяют для торцевых и цилиндрических фрез, меньшие – для концевых (обработка пазов) и дисковых фрез. При числовом фрезеровании $s_z=0,02-0,1$ мм/зуб. Глубина резания (t) и ширина фрезерования (B) зависят от от мощности станка». [1]

Примем глубину резания и подачу $t = 2,5$, $S_z = 0,25$. [18]

«Движение подачи D_s , направленное перпендикулярно оси вращения фрезы, количественно задается величиной подачи на один зуб фрезы (S_z , мм/зуб)» [15]

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

где $z = 2$.

$$S_0 = 0,025 \cdot 2 = 0,05, \text{ мм/об.}$$

«Главным движением резания при фрезеровании D_f является вращение фрезы, поэтому скорость резания можно определить по формуле:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}, [15] \quad (17)$$

где D – наружный диаметр фрезы, мм;

t – глубина фрезерования;

S_0 – подача». [15]

$$K_v = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (18)$$

где $K_{MV} = 1,0$; $K_{UV} = 1,0$; $K_{LV} = 1,0$. [18]

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0 .$$

$$D = 6; C_v = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30 . [18]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 6^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 2,5^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 1,0 = 59,1, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 59,1}{3,14 \cdot 6} = 3136,9, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 2500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 2500}{1000} = 47,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 2500 = 125, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{отс}} \cdot L_{\text{px}}}{S} . \quad (19)$$

$$T_0 = \frac{2 \cdot (2,5 + 39 + 2,5 + 39)}{125} = 1,33 \text{ мин.}$$

Расчетные данные отражены в технологической документации и технологических наладках, представленных в графической части работы.

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Анализ исходных данных

На токарной операции 015 проводят точение наружных поверхностей детали. Для сокращения времени выполнения операции предлагается применить самозажимной поводковый патрон с эксцентриковыми кулачками.

«Использование приспособлений способствует повышению производительности и точности обработки, сборки и контроля; облегчению условий труда, сокращению количества и снижению необходимой квалификации рабочих; строгой регламентации длительности выполняемых операций; расширению технологических возможностей оборудования; повышению безопасности работы и снижению аварийности». [3]

Эскиз операции 015 представлен на рисунке 3.

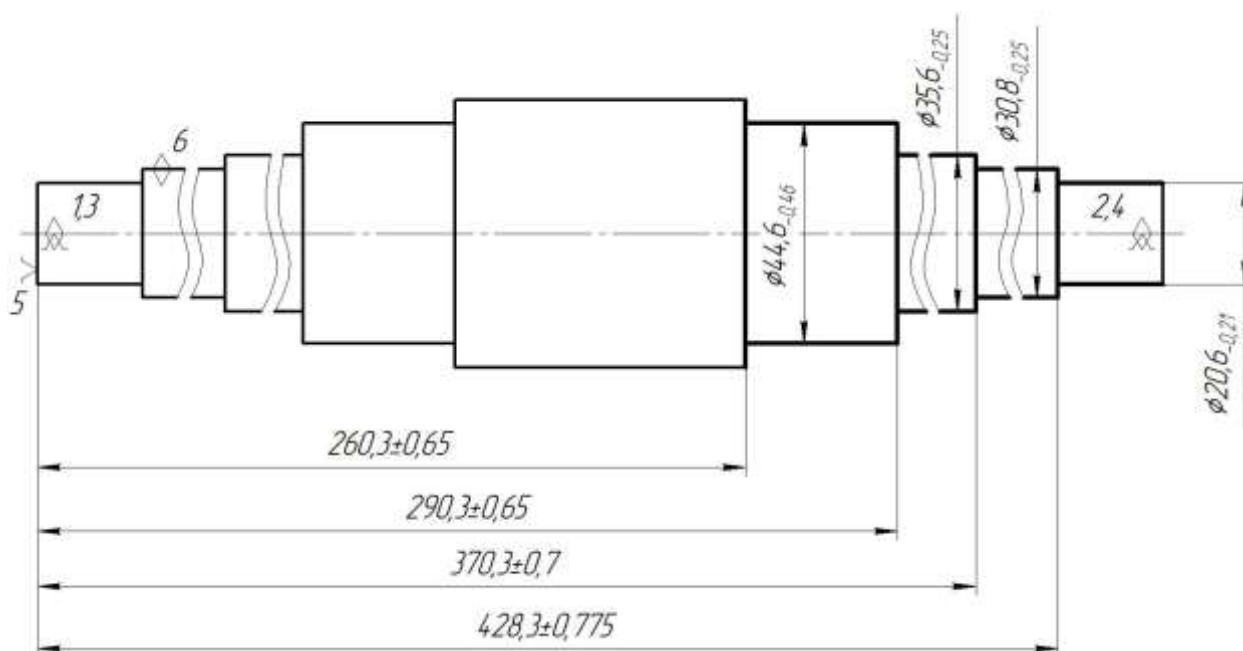


Рисунок 3 - Эскиз операции 015

«Основным назначением силового привода в приспособлении является создание исходной силы тяги W , необходимой для закрепления заготовки силой Q . Кроме того, силовые приводы используют для механизации и автоматизации приемов загрузки и выгрузки заготовок, поворота

приспособления, удаления стружки, транспортирования деталей и так далее. Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в другую, необходимую для работы зажимных механизмов. В связи с этим приводы обычно классифицируют по виду преобразуемой энергии: пневматические; гидравлические; пневмогидравлические; электрические; электромагнитные; магнитные; вакуумные; центробежно-инерционные; от сил резания (энергия привода главного движения станка); от движущихся частей станка». [19]

«Применение механизации и автоматизации станочных приспособлений обеспечивает значительное повышение производительности работы станков и облегчает труд рабочего при закреплении и раскреплении обрабатываемых деталей в приспособлении». [19]

«Центробежно-инерционные приводы применяют для быстроходных станков токарной группы. Грузы обычно размещают на шпинделе станка. Преимущества таких устройств в том, что они не требуют дополнительного источника энергии, просты в изготовлении и эксплуатации, включаются автоматически». [19]

3.2 Определение зажимного усилия

Найдем центробежную силу

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R. \quad (20)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (21)$$

где $n = 500$ - частота вращения шпинделя.

$$V = \omega \cdot R. \quad (22)$$

Следовательно $\omega = \frac{V}{R}$.

Тогда $\omega = \frac{3,14 \cdot 500}{30} = 52,3$, рад/с.

$$P_{\text{ц}} = 5,71 \cdot 52,3^2 \cdot 0,055 = 859 \text{ , Н.}$$

Найдем необходимую силу зажима кулачками

$$W = P_{\text{ц}} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ, \quad (23)$$

где $Z = 2$ - число кулачков в приспособлении.

$$W = 859 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 1488 \text{ , Н.}$$

Найдем составляющие силы резания P_z и P_y

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

где для P_y : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$; [19]

для P_z : $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$; [19]

$$K_p = 0,9. \text{ [19]}$$

Тогда

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_z} = 0,612 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,622 .$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{np_y} \cdot K_{np_y} = 0,612 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 0,845 .$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 90,9^{-0,15} \cdot 0,622 = 961,4 \text{ , Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 90,9^{-0,3} \cdot 0,845 = 587,9 \text{ , Н.}$$

Заготовке не позволяет проворачиваться момент от зажимной силы.

Определим этот момент.

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2}. \quad (20)$$

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2}. \quad (21)$$

Необходимо ввести некоторый коэффициент запаса.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (22)$$

$$K_0 = 1,5; K_1 = 1,2; K_2 = 1; K_3 = 1. \quad [19]$$

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

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 961,4 \cdot 57,9}{0,3 \cdot 30,8} = 10843,8, \text{ Н.}$$

Определим силу зажима кулачками

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3l_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{10843,8}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 12848,1, \text{ Н.} \quad (23)$$

Найдем осевую силу зажима

$$Q = \frac{M}{n \cdot r_{\max} \cdot \sin \left(\theta + \frac{4r_0 \cdot \mu}{\pi \cdot r_{\min}} \right)}. \quad (24)$$

где $\theta = 18^\circ; \mu = 0,15$. [17]

$$\text{Тогда } Q = \frac{12848,1}{500 \cdot 0,031 \cdot \sin \left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04} \right)} = 548,1, \text{ Н.}$$

$1488 < 548,1$. Следовательно, конструкция способна осуществить необходимую силы зажима.

Таким образом, нами спроектирован токарный поводковый патрон с эксцентриковыми кулачками, представленный в графической части, который без всякого дополнительного привода осуществляет надежное закрепление заготовки и сокращает вспомогательное время операции.

4 Проектирование режущего инструмента

«При изготовлении шпоночных пазов необходимо решить ряд технологических задач, относящихся к требованиям по точности ширины паза (IT9), глубины паза (с рядом отклонений: +0,1; +0,2; +0,3), длины (по IT11...IT12). Кроме этого, необходимо обеспечить также симметричность расположения паза относительно оси шейки. Установка валов при обработке пазов обычно производится на призме или в центрах (рисунок 4)». [23]

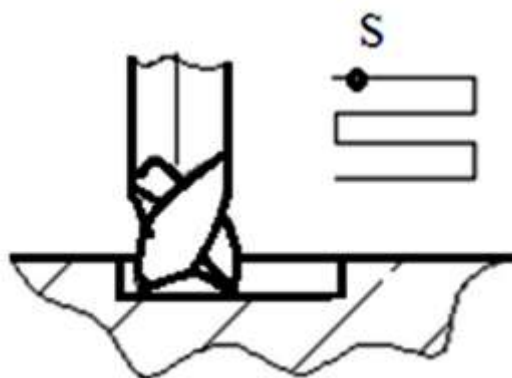


Рисунок 4 – Обработка шпоночного паза фрезерованием

«При проектировании технологического маршрута операция «фрезеровать шпоночный паз» располагается после обтачивания шейки перед её шлифованием, так как вследствие удаления части материала посадочное место вала иногда деформируется. В зависимости от конфигурации паза и вида применяемого инструмента шпоночные пазы изготавливаются различными способами; они выполняются на горизонтально-фрезерных или вертикально-фрезерных станках общего назначения или специальных». [23]

«Для получения по ширине точных пазов применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с маятниковой подачей, работающие концевыми двуспиральными фрезами, имеющими торцовые режущие кромки. При таком способе фреза врезается на 0,1...0,3 мм и фрезерует паз на всю длину, далее врезается снова врезается на ту же глубину, как и в

предыдущем случае, и фрезерует паз снова на всю длину, но в другом направлении». [23]

4.1 Исходные данные

На 030 операции шпоночно-фрезерной фрезеруются два шпоночных паза. В этом разделе спроектируем режущий инструмент для этой операции.

Режимы обработки были определены ранее:

$$t = 2,5; S_0 = 0,05; V = 47,1; n = 2500 .$$

Схема операции 030 представлена на рисунке 5.

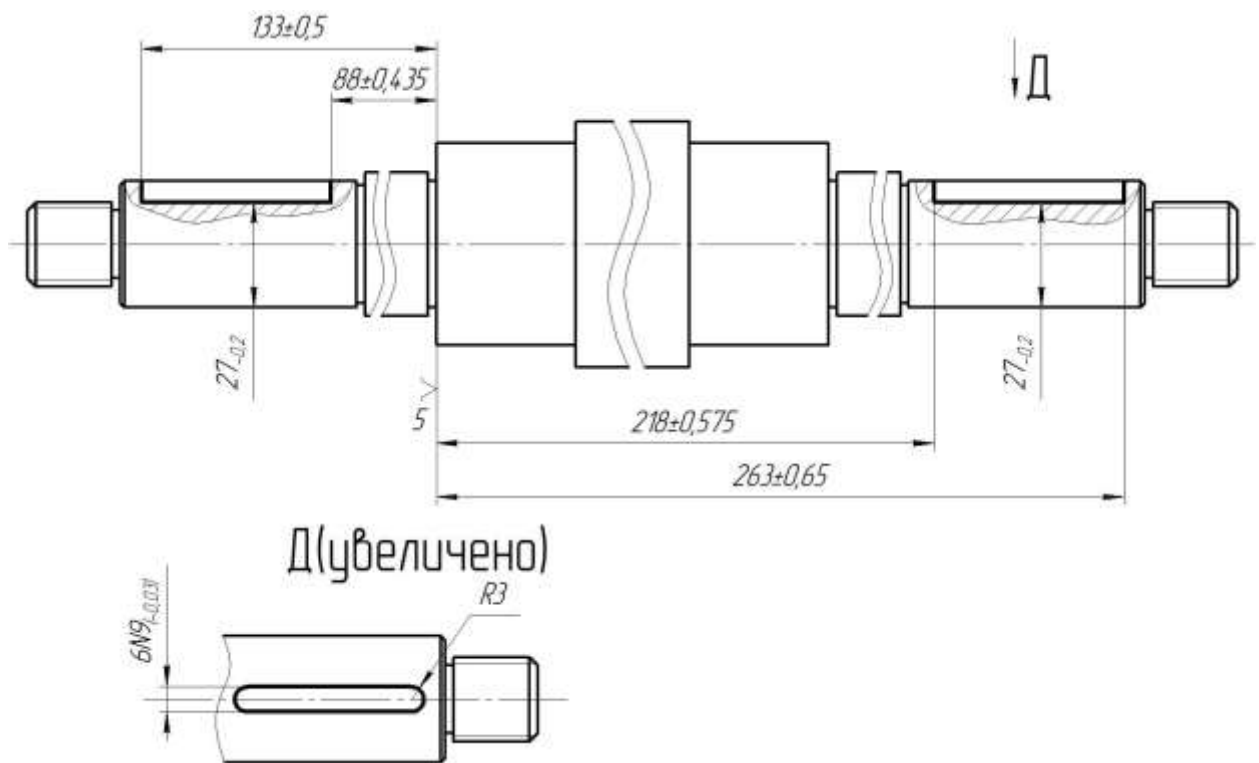


Рисунок 5 - Схема операции 030

4.2 Расчет конструктивных параметров фрезы

«Шпоночные фрезы (рисунок 6) имеют два зуба с глубокими прямыми или наклонными ($\omega=12...15^\circ$) стружечными канавками. Длина их

рабочей части равна примерно $3d$, а для повышения жесткости увеличен диаметр сердцевины до $0,35d$. Шпоночный паз фрезы обрабатывают за несколько проходов с маятниковой подачей. В конце каждого прохода производится врезание по глубине паза путем подачи вдоль оси фрезы. Для этого на торце фрезы затачиваются режущие кромки с углом поднутрения $\varphi_1 = 5^\circ$ в сторону хвостовика и с задним углом $\alpha_1 = 20^\circ$. При врезании режущие кромки на торце выполняют роль главных режущих кромок, а при дальнейшем фрезеровании с продольной подачей они являются вспомогательными. Для сохранения постоянного диаметра шпоночных фрез, который определяет ширину шпоночного паза, их переточка производится по задним поверхностям торцовых кромок». [15]

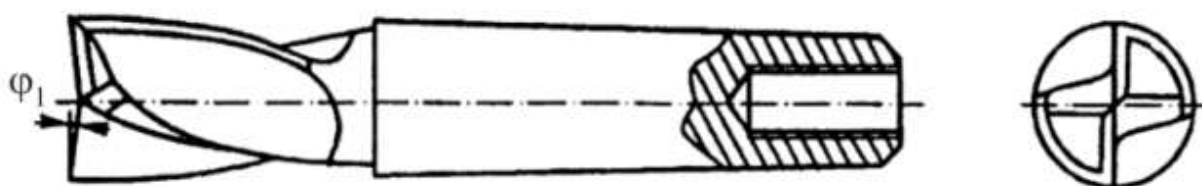


Рисунок 6 – Шпоночная фреза

Диаметр фрезы должен быть равен ширине паза, поэтому $d = 10$ мм. [24]

«При фрезеровании торцовыми и концевыми фрезами глубина фрезерования t определяется шириной фрезеруемой плоскости, измеренной перпендикулярно направлению движения подачи D_s (обычно $t < D$). В зависимости от расположения обрабатываемой поверхности относительно оси вращения фрезы различают симметричное и асимметричное фрезерование. При симметричном фрезеровании ось вращения фрезы проходит через ось симметрии заготовки, а продольная ось симметрии обработанной плоскости совпадает с направлением

движения подачи D_s . При асимметричном фрезеровании ось симметрии заготовки смещена от оси вращения фрезы на величину e , оставаясь параллельной направлению движения подачи D_s (рисунок 7)». [15]

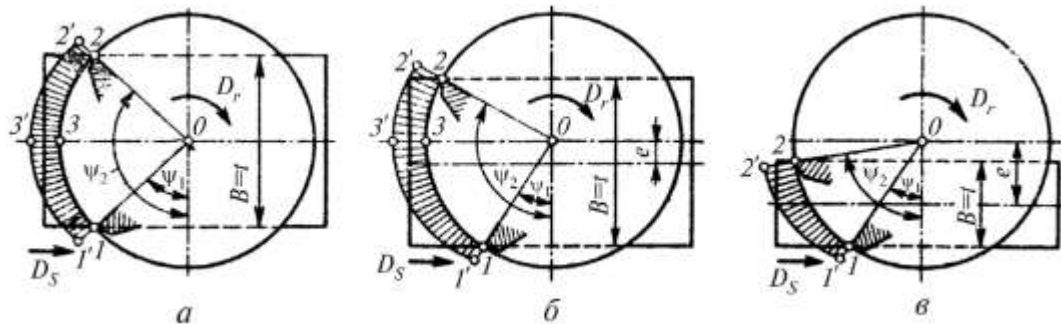


Рисунок 7 – Симметричное (а) и асимметричное (б) фрезерование

Рассчитаем длину фрезы [25, 26]

$$L = l_1 + l_2 + l, \quad (25)$$

где l – длина шейки; l_1 – длина режущей части; l_2 – длина хвостовика.

Фрезы диаметром 5...10 мм выполняют с длиной режущей части

$$l_1 = 4d. \quad [27, 28]$$

$$l_1 = 4 \cdot 6 = 24 \text{ мм.}$$

Определим длину шейки по формуле

$$l = 4\left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d}\right), \quad (26)$$

$$\text{Тогда } l = 4 \times \left(\sqrt[4]{6} + \frac{12}{6}\right) = 14,3 \text{ мм.}$$

Примем $l = 12$ мм.

Диаметральный размер шейки принимаем равным диаметральному размеру режущей части

$$d_{III} = d = 6 \text{ мм.}$$

Тогда общая длина

$$L = 24 + 12 + 30 = 66, \text{ мм.}$$

Число зубьев шпоночной фрезы принимают $z = 2$.

Рассчитаем радиус спинки зуба

$$R = (0,3...0,45) \cdot d . \quad (27)$$

Тогда

$$R = 0,4 \cdot 6 \approx 2,5 , \text{ мм.}$$

«Главные режущие кромки концевых фрез чаще всего делают наклонными или винтовыми с углом наклона $\omega = 10...15^\circ$. Углы наклона обеспечивают положительные передние углы на торцовых режущих кромках, лучший отвод стружки из зоны резания и более равномерную работу фрезы». [15]

Эти рекомендации отразим в конструкции фрезы.

Чертеж шпоночной фрезы представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе содержится анализ безопасности и экологичности технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок».

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 2 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 2 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [6]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [6]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [6]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [6]	«Материалы вещества» [6]
Изготовление вала-шестерни редуктора	Шпоночно-фрезерная	Оператор станка с ЧПУ	Шпоночно-фрезерный станок 692Д	сталь 40ХГНМ
	Токарная		Фреза шпоночная, z=2 P6M5 Приспособление специальное Патрон цанговый Токарный станок СА500СФ3К Резец контурный правый Т15К6 ГОСТ 18878-73 Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 185872-73 Патрон токарный	

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 3 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках.

Таблица 3 - Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция» [6]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [6]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [6]
Шпоночно-фрезерная Токарная	Химическое отравление, поражение электрическим током при неправильной эксплуатации оборудования, шум, вибрации, загрязнение воздуха, стереотипные рабочие движения	СОЖ, оборудование, обрабатываемая заготовка, инструмент, станок

Вышеприведенные факторы угрожают безопасности исполнения операций технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок». Необходимо предпринять меры по устранению влияния приведенных опасных факторов на работников.

5.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок». Методы и средства приведены в таблице 4.

«При описании процедуры управления профессиональными рисками работодателем учитывается следующее: управление профессиональными рисками осуществляется с учетом текущей, прошлой и будущей деятельности работодателя; тяжесть возможного ущерба растет пропорционально числу людей, подвергающихся опасности; все оцененные профессиональные риски подлежат управлению; процедуры выявления

опасностей и оценки уровня профессиональных рисков должны постоянно совершенствоваться и поддерживаться в рабочем состоянии с целью обеспечения эффективной реализации мер по их снижению; эффективность разработанных мер по управлению профессиональными рисками должна постоянно оцениваться». [22]

Таблица 4 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор» [6]	«Организационные методы, технические средства» [6]	«Средства защиты» [6]
вибрации	«Инструктажи по охране труда. Устройства и приспособления, гасящие вибрации» [17]	«Ботинки с амортизирующими подошвами» [7], «вибропоглощающие перчатки» [7]
«акустические колебания в производственной среде и характеризующие повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [6]	«Инструктажи по охране труда. Приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [17]	Противошумные вкладыши или наушники
Поражение электрическим током	«Инструктажи по охране труда. Заземление оборудования. Изоляция токоведущих частей. Системы аварийного отключения» [17]	резиновые напольные покрытия, Перчатки с полимерным покрытием, спецодежда
Химическое отравление (через дыхательные пути)	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
Загрязнение воздуха	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
стереотипные рабочие движения	Инструктажи по охране труда Соблюдение периодических перерывов	-
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [6]	Инструктажи по охране труда устройства местного освещения	-

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 5-7 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок» [6]	«Оборудование» [6]	Класс пожара	«Опасные факторы при пожаре» [6]	«Сопутствующие факторы при пожаре» [6]
Производственный участок	692Д СА500СФЗК	Д	«Неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [17]	«Взрывы, Изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [17]

Таблица 6 - Средства защиты и пожаротушения

«Первичные средства пожаротушения» [6]	«Мобильные средства пожаротушения» [6]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [6]	«оборудование» [6]	«инструмент» [6]	«Средства индивидуальной защиты» [6]	«Пожарные сигнализация, связь, оповещение» [6]
Огнетушители, ящики с песком, ведра	Автомобили, передвижные огнетушители	Система пожаротушения автоматическая	Рукава, гидранты	Ведра, лопаты	Противогазы, спецодежда, пожарный щит	Звуковые автоматические оповещатели

Таблица 7 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [6]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [6]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [6]
1	2	3
Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400	разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а	пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации,

Продолжение таблицы 7

1	2	3
центра «Формула Станок»	также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности [16]	автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Произведенный анализ выявил результаты, занесенные в таблицы 8 и 9.

Таблица 8 - Определение экологически опасных факторов объекта

«Технологический процесс» [6]	«Структурные элементы техпроцесса» [6]	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
Изготовление вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок»	692Д СА500СФ3К	Стружка, пыль, токсические испарения	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

Таблица 9 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Воздействие	Технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок»
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

«Выполнение конкретных производственных задач, направленных на обеспечение здоровых и безопасных условий труда, способствует не только формированию инженерных навыков, которые необходимы в практической работе по специальности, но и выработке тактики и стратегии прогнозирования и планирования мероприятий по охране труда». [22]

Опираясь на полученные ранее анализы исходных данных, были произведены необходимые исследования, которые дали следующие

результаты: были рассмотрены и проанализированы технологические операции, а именно – фрезерная и токарная, выявлены риски, которые могут появиться при исполнении операций технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок», и опасные факторы, приведены методы и средства для их снижения, перечислены источники угрозы возникновения пожара и средства для их устранения, были обнаружены экологически опасные факторы и приведены мероприятия для уменьшения их влияния на окружающую среду. Применяя в условиях действующего машиностроительного производства разработанные действия помогут сократить или снизить вредные воздействия, а также повысить экологическую ситуацию на участке механической обработки вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок».

6 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, является завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 8).

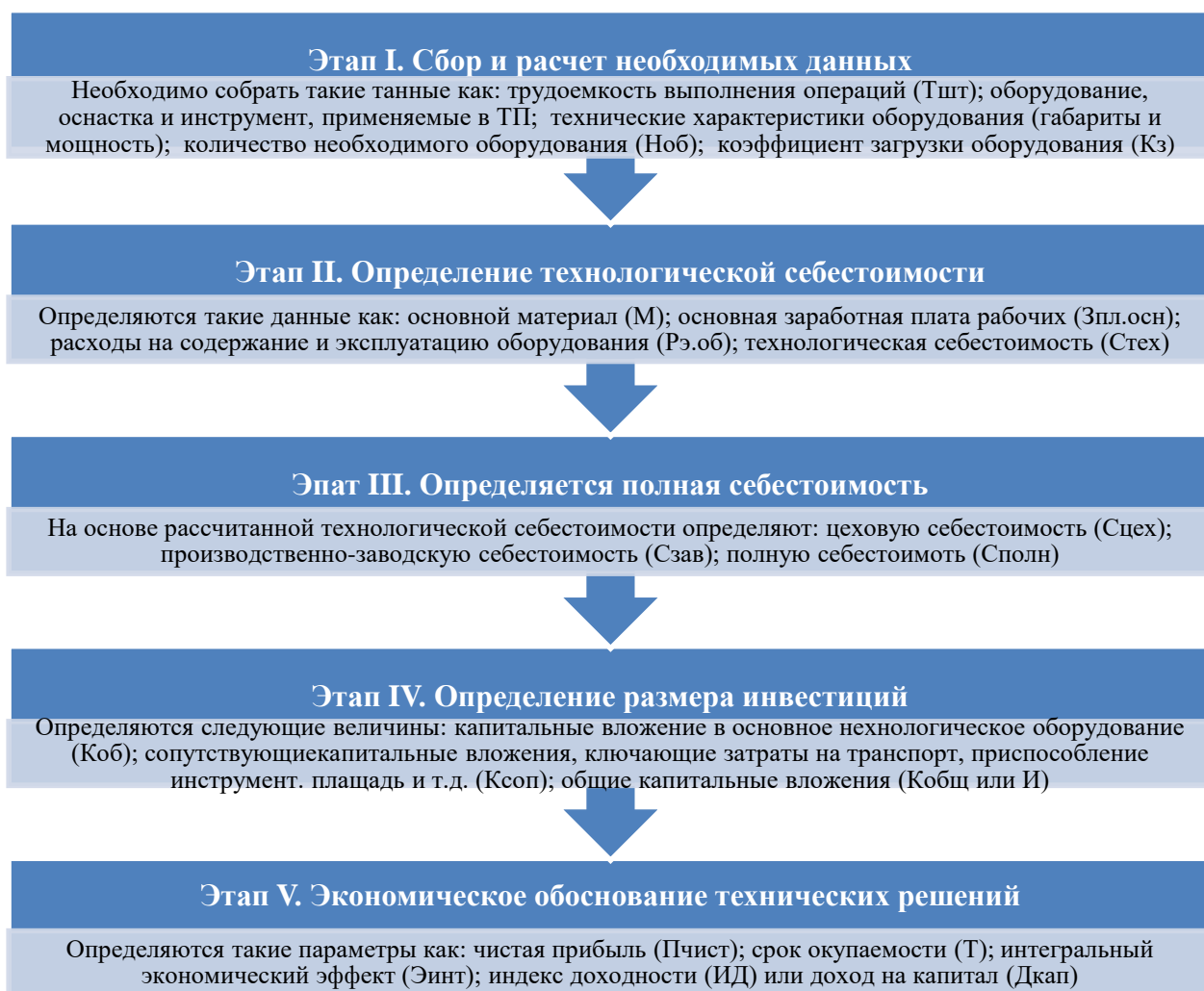


Рисунок 8 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 8, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [13].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок» и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 9.

<p align="center">Базовый вариант технологического процесса токарных операций 015 и 025</p>	<p align="center">Проектный вариант технологического процесса токарных операций 015 и 025</p>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель СА500СФЗК. • <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый. • <u>Инструмент</u> – резец контурный, Т15К6 • <u>Трудоемкость</u> – операция 015: Тшт = 1,82 мин, То = 1,40 мин; операция 025: Тшт = 0,69 мин, То = 2,73 мин 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ СА500СФЗК. • <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый с автоматическим зажимом • <u>Инструмент</u> – резец контурный, со специальной стружколомающей канавкой с пластиной Т15К6. • <u>Трудоемкость</u> – операция 015: Тшт = 1,68 мин, То = 1,40 мин; операция 025: Тшт = 2,52 мин, То = 2,10 мин

Рисунок 9 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 7, изменениям подвергается станочное приспособление. Так как в процессе предложенного технического решения материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок». Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 10.

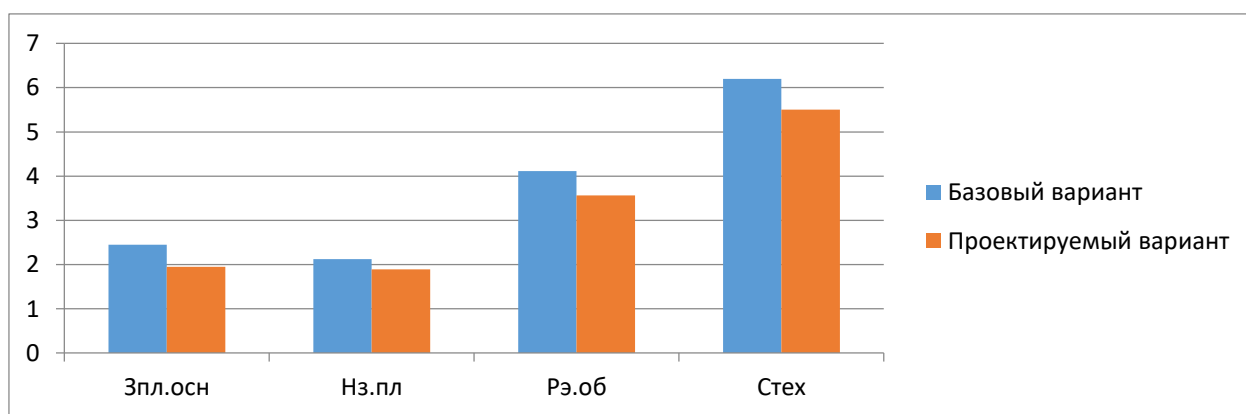


Рисунок 10 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 015 и 025 по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 10 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров

снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 19,61%.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 11. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок». Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

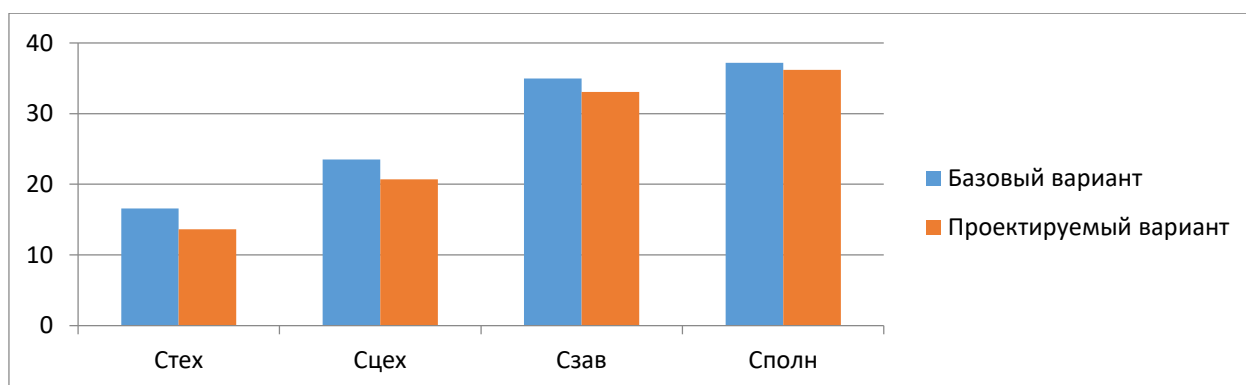


Рисунок 11 – Формирование полной себестоимости токарных операций 015 и 025 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 11, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 015 и 025 проектируемого процесса уменьшилась на 3,26 рубля, что составляет 21,17%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 12.

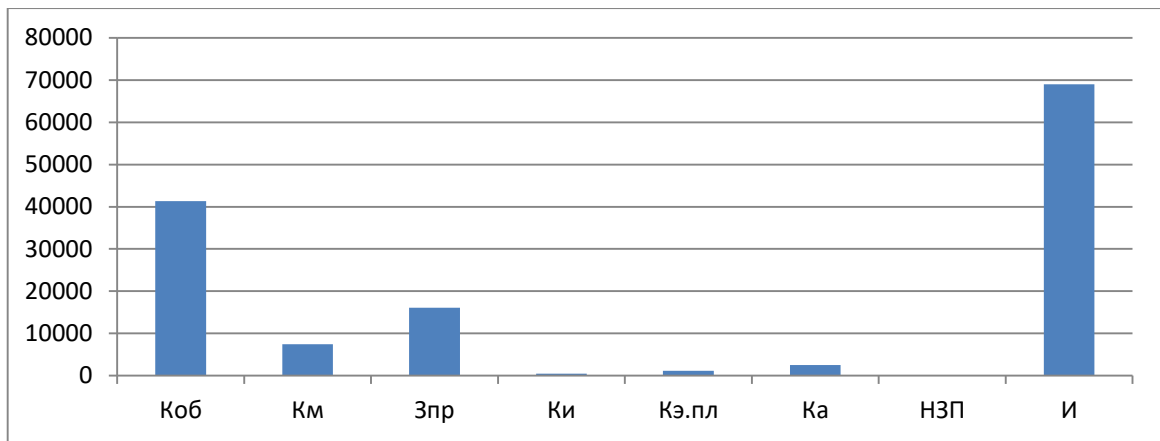


Рисунок 12 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 015 и 025, руб.

Как видно из рисунка 12, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ($K_{ОБ}$); доставку и монтаж оборудования (K_M); проектирование ($Z_{ПР}$), инструмент ($K_{И}$), производственную площадь ($K_{Э.ПЛ}$); корректировку управляющей программы (K_A) и незавершенное производство ($НЗП$). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций ($И$) составит 68124,25 рублей.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 8 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 7752,94 рубля. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

Заключение

В данной выпускной работе разрабатывается техпроцесс изготовления вала-шестерни редуктора РЦД-400 центра «Формула Станок». Вал-шестерня предназначена для восприятия крутящего момента от внешней кинематической цепи, то есть от электродвигателя, а также для передачи этого вращения на следующие валы редуктора.

В работе проанализированы возможные технологические процессы получения заготовки и в результате расчета был выбран наиболее выгодный метод получения заготовки штамповка.

Нами был проведен анализ и назначен тип организации технологического процесса – среднесерийное производство, также описаны его характерные признаки.

На одну из поверхностей вала-шестерни рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. Этот метод наиболее подробный и точный.

В работе подробно описаны две операции токарная и шпоночно-фрезерная. На эти операции разработаны технологические наладки, представленные в графической части работы, и подробно рассчитаны режимы обработки.

Для фиксации заготовки на токарной операции нами разработана конструкция станочного приспособления – самозажимного трёхкулачкового патрона. Это приспособление с одной стороны реализует теоретическую схему базирования, а с другой стороны является самозажимным приспособлением. В отличие от базового варианта техпроцесса теперь зажим и разжим заготовки будет выполняться без участия оператора станка.

Для шпоночно-фрезерной операции технологического процесса нами спроектирована шпоночная фреза, имеющая износостойкое покрытие для увеличения стойкости.

Экономический расчет показал эффективность работы.

Список используемой литературы

1. Астапов С.Ю. Металлообрабатывающие станки и инструменты : учеб. пособие / С.Ю. Астапов [и др.]. – Мичуринск : Издательство Мичуринского ГАУ, 2018. – 167 с.
2. Базаров Б.М. Основы технологии машиностроения : Учебник / Б.М.Базаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 683 с.
3. Базаров Б.М. Основы технологии машиностроения : Учебник / Б.М.Базаров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 687 с.
4. 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.
5. Галимов Э.Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения : учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 268 с.
6. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. доп.). - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. –22 с.
7. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. – 24 с.
8. ГОСТ 14034-74. Отверстия центровые. Размеры. – 7 с.
9. ГОСТ 4543-2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
10. Губарева Э.М. Технология конструкционных материалов. Способы получения деталей (заготовок) и конструкций : учеб. пособие / Э.М.Губарева. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 238 с.
11. Жуков К.П. Проектирование деталей и узлов машин : учебник для вузов / К.П. Жуков, Ю.Е. Гуревич. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2014. – 648 с.

12. 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.
13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
14. Мерданов Ш.М. Технология машиностроения : учебник / Ш.М.Мерданов, В.В. Шефер. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 354 с.
15. Овсеенко А.Н. Формообразование и режущие инструменты : учеб. пособие / А.Н. Овсеенко, Д.Н. Клауч, С.В. Кирсанов, Ю.В. Максимов. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 416 с.
16. Погонин А.А. Технология машиностроения : Учебник / А.А.Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 530.
17. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. N 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда".
18. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
19. Тарабарин О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : Учебное пособие / О.И.Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б.Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 304 с.
20. Технология металлов и сплавов : учебник / [Н.Н. Сергеев и др.]; под ред. д-ра техн. наук, профессора А.Е. Гвоздева. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 480 с.
21. Тюняев А.В. Детали машин : Учебник / А.В. Тюняев, В.П.Звездаков, В.А. Вагнер. 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 736 с.

22. Фомин А.И. Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности: учеб. пособие / А.И. Фомин. – Кемерово : КузГТУ, 2017. – 254 с.

23. Щетинин В.С. Технология химического машино- и аппаратостроения : учебное пособие / В.С. Щетинин. Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2020. – 88 с.

24. Nikolaeva E.P. SPECIAL CASE OF DESTRUCTION OF THE END MILL MADE OF HIGHSPEED STEEL POWDER / В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Russian Conference on Materials Science and Metallurgical Technology, RusMetalCon 2020" 2020. С. 012002.

25. Ostasevicius V. A MACHINE LEARNING APPROACH FOR WEAR MONITORING OF END MILL BY SELF-POWERING WIRELESS SENSOR NODES / Ostasevicius V., Karpavicius P., Jurenas V., Paulauskaite-Taraseviciene A., Mystkowski A., Cesnavicius R., Kizauskiene L. // Sensors. 2021. Т. 21. № 9.

26. Paul P.E. AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TOOL WEAR RATE IN END MILL HSS-AL WITH NICKEL COATED TOOL / Paul P.E.S., Shivashankara, Roy J.N.J., Abdul Munaf A., Karpakaraj M., Kanna S.K.R. // В сборнике: Materials Today: Proceedings. Сер. "International Conference on Mechanical, Electronics and Computer Engineering 2020, ICMECE 2020" 2021. С. 7086-7092.

27. Pivkin P.M. EFFECT OF GEOMETRICAL PARAMETER CUTTING EDGE ON THE TOROIDAL FORMING SURFACE OF A SOLID END MILL / P.M. Pivkin, I.V. Minin // В сборнике: EPJ Web of Conferences. V International Conference. 2021. С. 04012.

28. Schornik V. INFLUENCE OF GROUND END MILL SURFACE QUALITY ON CUTTING TOOL LIFE / Schornik V., Zetek M., Baksa T. // Manufacturing Technology. 2017. Т. 17. № 6. С. 40.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1															
Дубл.															
Взам.															
Подп.										6					
										1					
Разработал	Плакцнев	ТГУ			Вал - шестерня										
Проверил	Логинев														
Н. Контр.															
М01															
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ					
М02	-	166	3,85	1		0,67	16	Ø57,28 x 450	1	5,71					
А	Уч.	РМ	Опер.	Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования		Код, наименование операции		СМ	Проф.	Р.	УТ	КЕ.	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
А01	XX	XX	XX	005	4211 Центровально – подрезная		ИОТ.№ 68								
Б02	38	1261	0	Центровально – подрезной ст.х.2А911-1		1	19163	322	1	1	1	142	1		
О03	Подрезать торцы (поверхность 1 и 24), выдерживая размер 450 ± 0,775; точить поверхность 2, выдерживая размер Ø20,6-0,21;														
О04	сверлить центровые отверстия, выдерживая размеры: 60 ⁰ ± 1 ⁰ , Ø8 ^{+0,15} ; 4 ± 0,006; 8 ± 0,18.														
Т05	391290 Сверло центровочное Р6М5 с покрытием TiN ГОСТ 14952-75; XXXXX Четырехгранная пластина Т15К6 ГОСТ 19051-73;														
Т06	393311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 393120 Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 2015 – 84.														
А07	XX	XX	XX	010	Токарная черновая с ЧПУ		ИОТ.№ 63								
Б08	38	1021	5	Токарный станок с ЧПУ мод СА500СФЗК		1	16045	322	1	1	1	142	1		
О09	Точить поверхность 13, выдерживая размер Ø26,8-0,21; точить поверхность 13, выдерживая размер 180,5 ± 0,5;														
О10	точить поверхность 12, выдерживая размер Ø30,5-0,21; точить поверхность 11, выдерживая размер Ø30,7 ± 0,125; точить пов. 10,														
О11	Выдер. размер 100,7 ± 0,435; точить поверхность 9, выдерживая размер Ø40,5-0,61; точить поверхность 8, выдерживая размер														
О12	180,5 ± 0,37.														
Т13	396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571 – 71; 392190 Резец проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878 – 73;														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подл.																									
																									6	2	
А		Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.			Тшт.							
Б		Код, наименование оборудования																									
001 393311 Штангенциркуль ИШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-89.																											
A02 XX XX XX 015 4233 Токарная черновая с ЧПУ ИОТ.№ 63																											
Б03 38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ мод СА500СФЗК 1 16045 322 1 1 1 142 1																											
004 Точить поверхность 2, выдерживая размер Ø30.7 ± 0.125; точить поверхность 3, выдерживая размер 191.5 ± 0.575; точить																											
005 пов. 4, выдерж. размер Ø40.5-0.02; точить пов. 5, выдерж. размер 335.3 ± 0.7; точить пов. 6, выдерж. размер Ø61.855-0.3.																											
Т06 396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571 - 71; 392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878 - 73;																											
Т07 393311 Штангенциркуль ИШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-89.																											
A08 XX XX XX 020 4233 Токарная чистовая с ЧПУ ИОТ.№ 63																											
Б09 38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ мод СА500СФЗК 1 16045 322 1 1 1 142 1																											
О10 Точить канавку, выдерживая размеры: 3; 0.25; R 1; 45°; точить канавку выдерж. размер 2; 0.5; R1; R0.5; 45°; точить																											
О11 поверхность 14, выдерживая размер Ø26.3-0.052; точить поверхность 13, выдерживая размер 180 ± 0.5; точить поверхность 12,																											
О12 выдерживая размер Ø30.3-0.052; точить поверхность 11, выдерживая размер Ø30.3 ± 0.031; точить поверхность 10, выдерживая																											
О13 размеры 100 ± 0.435; точить пов.9, выдерж. разм Ø40-0.002; точить пов. 8, выдерж. разм 80 ± 0.37; точить фаску 1x45° и 2x45°.																											
Т14 396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571 - 71; 392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878 - 73;																											
Т15 392190 Резцы канавочные Р6М5 ГОСТ 18885 - 73; 393311 Штангенциркуль ИШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-89;																											
Т16 393410 Микрометр ГОСТ 5607 - 90.																											
МК																											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.													6	4
А		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа				Тшт.				
Б		Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.		
Т01		XXXXXX Приспособление специальное; 391810 Фреза червячная зубчатая т = 3мм, ГОСТ 9324 – 80;														
Т02		394300 Прибор для контроля параметров зубчатого венца ГОСТ 6507 – 81.														
А03		XX XX XX 040 5030 Термическая ИОТ.№ 47														
Б04		313732 Установка индукционного нагрева														
О05		Закалить														
А06		XX XX XX 045 4143 Центрошлифовальная ИОТ.№ 76														
Б07		38 1312 7 Центрошлифовальный ст-к 3К255В 1 19630 322 1 1 1 142 1														
О08		Шлифовать центровые отверстия (поверхность 22), выдерживая размер 60 ⁰ ± 15'.														
Т09		397130 Круг 1 16' 20' 10' 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007; XXXXXX Спец. шаблон; 394300 Прибор акт. контр. БВ-6060-УНВ														
А10		XX XX XX 050 4130 Торцевуюшлифовальная ЧПУ ИОТ.№ 76														
Б11		38 1300 1 Торцевуюшлифовальн. ЧПУ ХШЧ.104Ф20 1 19630 322 1 1 1 142 1														
О12		Шлифовать поверхность 11, выдерживая размер Ø30. I-0.0125; шлифовать поверхность 14, выдерживая размер Ø 26. I-0.021;														
Т13		шлифовать поверхность 10, выдерживая размер 100 ± 0.435.														
Т14		396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг 1 250' 40' 76 24А F40 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;														
Т15		394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ 8517 – 80.														
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подл.																				
			Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	
Обозначение документа																						
А			Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.
Б			Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.	Уч.
A01	XX	XX	XX	055	4130	Круглошлифовальная черновая	ИОГ.№ 76	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.				
B02	38	1300	1	Круглошлифовальный ст-к с ЧПУ КШ-400.2	1	19630	322	1	1	1	1	1	1	1	142	1						
O03	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер Ø30,1 ± 0.0125.																					
T04	396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг I 250' 30' 76 24A F16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;																					
T05	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ 8517 – 80.																					
A06	XX	XX	XX	060	4130	Круглошлифовальная чистовая программная	ИОГ.№ 76															
B07	38	1300	1	Круглошлифовальный ст-к с ЧПУ КШ-400.2	1	19630	322	1	1	1	1	1	1	1	142	1						
O08	Шлифовать поверхность 11, выдерживая размер Ø30 ^{+0.001} _{-0.002} , шлифовать поверхность 14, выдерживая размер Ø26 ^{+0.013} _{-0.013} .																					
T09	396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг I 250' 40' 76 24A F16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;																					
T10	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ 8517 – 80.																					
A11	XX	XX	XX	065	4130	Круглошлифовальная чистовая программная	ИОГ.№ 76															
B12	38	1300	1	Круглошлифовальный ст-к с ЧПУ КШ-400.2	1	19630	322	1	1	1	1	1	1	1	142	1						
O13	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер Ø30 ^{+0.011} _{-0.002}																					
T14	396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг I 250' 30' 76 24A F16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;																					
T15	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ 8517 – 80.																					
МК																						

