

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
дифференциала

Студент

Д.Ю. Андреев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

Тольятти 2021

Аннотация

Тема работы: Технологический процесс изготовления вала-шестерни дифференциала.

Работа направлена на разработку технологического процесса изготовления вала-шестерни, входящей в состав дифференциала.

В первом разделе анализируется назначение детали, выполняется анализ каждой из поверхностей, рассматривается вопрос о химическом составе материала, из которого изготавливается вал-шестерня. Также предлагаются несколько вариантов изготовления заготовки для детали.

Во втором разделе работы выполняется технико-экономический расчет двух вариантов получения заготовки, определяется тип производства для изготовления детали и описываются его характеристики, выполняется выбор методов обработки каждой поверхности детали, составляется план изготовления вала-шестерни, выполняется расчет припусков на одну из поверхностей, рассчитываются режимы резания на технологические операции, подвергающиеся модернизации.

В третьем разделе выполняется проектирование специального токарного приспособления, имеющего автоматизированный привод (рассчитываются силы зажима заготовки в приспособление, определяется необходимое усилие и для этого проектируется привод).

В четвертом разделе работы для обработки шпоночного паза разрабатывается конструкция режущего инструмента, работающего в условиях автоматизированной обработки на станке.

Работа также содержит заключение и приложения, в которых находятся маршрутные технологические карты, содержащие подробную информацию по технологическому процессу, операционные карты и карты эскизов, выполненные на модернизируемые операции.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали	5
1.2 Классификация поверхностей детали	5
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	6
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Выбор типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса...	9
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.4 Выбор метод обработки поверхностей.....	11
2.5 Определение припусков.....	13
2.6 Определение режимов обработки.....	15
3 Проектирование станочного приспособления.....	20
3.1 Анализ исходных данных.....	20
3.2 Определение зажимного усилия.....	21
4 Проектирование режущего инструмента.....	24
4.1 Исходные данные.....	25
4.2 Расчёт конструктивных элементов рабочей части фрезы.....	25
4.3 Определение формы и размеров зубьев.....	27
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	29
5.1 Описание объекта.....	29
5.2 Предлагаемые мероприятия	29
6 Экономическая эффективность работы.....	31
Заключение.....	36
Список используемой литературы	37
Приложение А. Маршрутные карты.....	39

Введение

Конструирование новых машин – важная задача такой отрасли промышленности нашей страны, как машиностроение. Конструкции машин очень многообразны. Кинематические цепи, которые передают движение к исполнительным органам, имеются во всех машинах. Частью такой кинематической цепи является планетарные механизмы, иначе еще называемые дифференциалами. Дифференциалы состоят из центральных колес, оси которых совпадают с основной осью всего механизма, сателлитов, оси которых перемещаются в пространстве, а также водила, в котором смонтированы сателлиты.

Передаточное отношение планетарной передачи может быть различным ввиду многосложного движения самой передачи. От скорости перемещения водила с сателлитами зависит и передаточное отношение всего механизма. В планетарной передаче ведущим звеном могут быть несколько компонентов, поэтому использование такой передачи выгодно для многовариантности всего механизма. При неподвижном водиле планетарная передача превращается в обычную цилиндрическую.

Деталью данной работы является вал-шестерня, являющаяся центральным зубчатым колесом цилиндрического дифференциала. Дифференциал является цилиндрическим, так как состоит из цилиндрических зубчатых колес. Вокруг данной шестерни вращается водило с сателлитами. Ось нашей детали - вала-шестерни совпадает с основной осью механизма.

Целью работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни дифференциала с минимальной себестоимостью, используя современные достижения в технологии машиностроения.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение и условия работы детали.

«Центральные колеса с внешними зубьями (солнечное) и с внутренними зубьями (корончатое) выполняются по двум возможным схемам: неплавающими и плавающими. Неплавающие центральные колеса с внешними зубьями (ведущая шестерня) обычно выполняются за одно целое с валом и размещаются между двумя опорами или консольно. Предпочтительно размещение обеих опор в одной детали: в водиле либо в корпусе (в крышке корпуса)». [11]

Таким образом, мы имеем неплавающее центральное колесо, выполненное за одно целое с валом, имеющим две опоры.

1.2 Классификация поверхностей детали.

Пронумеруем поверхности детали и представим это на рисунке 1.

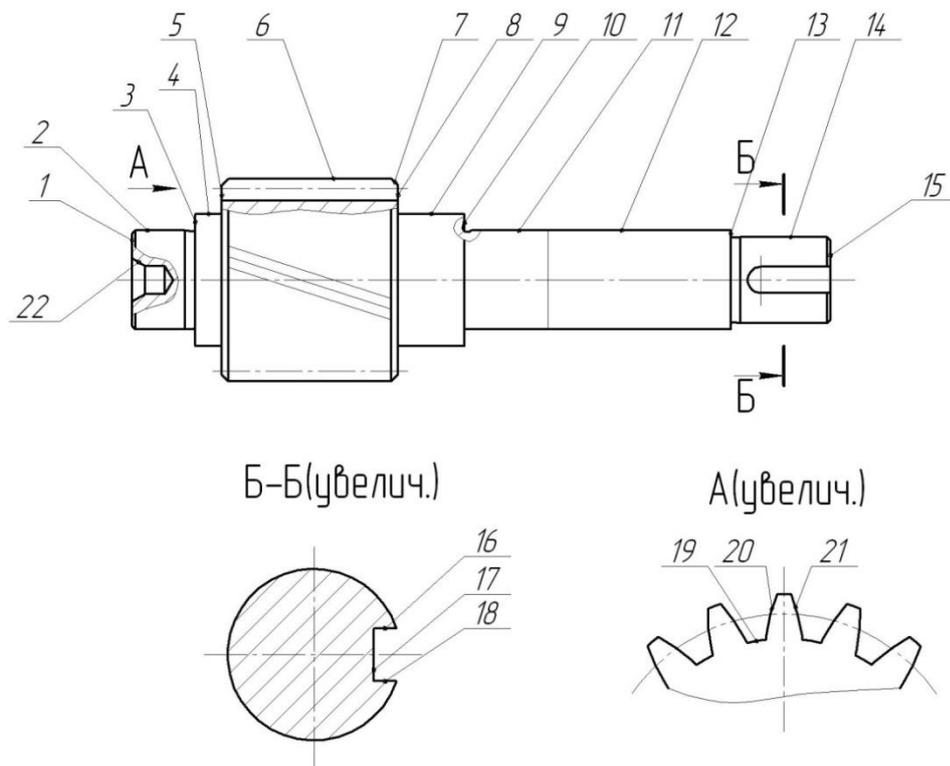


Рисунок 1 – Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями вала-шестерни являются боковые эвольвентные поверхности зубчатого венца 20 и 21, передающие крутящий момент, а также боковые стенки шпоночного паза 16 и 18, которыми наша деталь воспринимает вращение.

Основными конструкторскими базами вала-шестерни являются цилиндрические наружные поверхности 2 и 11, под фиксацию детали в подшипниках, а также торец 10, ограничивающий перемещение детали в осевом направлении.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни являются цилиндрическая поверхность 14, на которой будет базироваться ведущее зубчатое колесо, а также плоская поверхность паза 17.

Остальные поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Материалом фланца является конструкционная сталь 35 ГОСТ 1050-2013 [5]. Данный материал соответствует требованиям по прочности и твердости. Он состоит из углерода (C) с содержанием 0,32...0,40%, марганца (Mn) с содержанием 0,5...0,8%, фосфора (P) с содержанием не более 0,035%, кремния (Si) с содержанием 0,17...0,37%, никеля (Ni) с содержанием не более 0,25%, серы (S) с содержанием не более 0,04%, хрома (Cr) с содержанием не более 0,25%, меди (Cu) с содержанием не более 0,2%, мышьяка (As) с содержанием не более 0,08%. Остальное в составе стали – железо (Fe).

Физико-механические свойства стали 19ХГН представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 19ХГН

σ_B	ψ	σ_T	δ_5	НВ
МПа	%	МПа	%	не более
390	45	600	20	156

«В конструкциях детали механизмов машин работают в различных условиях, которые в совокупности определяют режимы нагружения (работы) – закономерности изменения нагрузки в конкретных условиях. По характеру изменения нагрузок во времени их подразделяют на статистические и циклические. Статистические являются постоянные или медленно изменяющиеся во времени нагрузки, а также кратковременные перенагрузки с числом циклов менее 10^2 , следствием действия которых является статистическая модель разрушения. Циклическими являются переменные нагрузки, характеризуемые формой цикла, частотой и амплитудой нагружения. Если параметры цикла нагружения неизменны во времени, то режим нагружения является постоянным (регулярным или случайным стационарным)». [11]

В нашем случае вал-шестерня является деталью, которая испытывает циклические нагрузки.

«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]

«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]

Заготовку удобно получить методами прокатки или штамповки. [14]

«Горячекатанную и кованную металлопродукцию с качеством поверхности 1ГП испытывают на горячую осадку на 65%. На осаженных образцах не должно быть трещин, закатов и надрывов. Обезуглероживание металлопродукции с обточенной (ободранной) поверхностью и металлопродукции со специальной отделкой поверхности, в том числе металлопродукции, предназначенной для закалки токами высокой частоты (ТВЧ), не допускается. Макроструктура металлопродукции, произведенной из слитка (КМС1), при проверке на протравленных темплетах или в изломе не должна иметь остатков усадочной раковины, подусадочной рыхлоты, подкорковых пузырей, трещин (кроме дефектов поверхности проб), диаметром или толщиной 40 мм и более должны соответствовать указаниям». [5]

«Металлопродукцию принимают партиями, состоящими из стали одной марки, одной плавки (плавки-ковша), одного размера по сечению и одного режима термической обработки (при изготовлении в термически обработанном состоянии). По согласованию изготовителя с заказчиком партии формируют из стали одной марки нескольких плавков, одного размера по сечению». [5]

Этими данными должны быть обеспечены специалисты при приемке заготовок.

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». [17]

В нашем случае будем основываться на массе заготовки $m=1,9$ кг и программе выпуска в $N_{\text{год}}=5000$ деталей в год. Исходя из этих показателей [17], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

«Под серийным производством изделий, деталей или заготовок понимают их периодическое изготовление по неизменяемым чертежам в течение того или иного промежутка календарного времени. Серийное производство характеризуется изготовлением деталей повторяющимися партиями (сериями). В зависимости от количества деталей в партии, их характера и трудоемкости, частоты повторяемости серий в течение года различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства. Основным отличием серийного производства от единичного является менее разнообразная номенклатура изделий, изготавливаемых на каждом рабочем месте. В серийном производстве уменьшается процент универсальных станков, зато увеличивается удельный вес специализированных и специальных станков. Широко применяются такие станки, как револьверные, токарные многорезцовые, а в крупном серийном производстве также токарные полуавтоматы и автоматы. Специализация станков позволяет использовать специализированные и специальные приспособления и

режущий инструмент, обеспечивающие повышение производительности труда и снижение себестоимости изделий». [16]

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Метод производства заготовки выбираем два следующих метода: прокат и штамповку на горизонтально-ковочных машинах. В этом разделе рассчитаем себестоимость заготовок, изготовленных данными методами и сравним их.

При штамповке масса заготовки будет равна 2,81 кг [10], а при прокате 5,83 кг [8].

Рассчитаем стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [13].

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

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [13]

Тогда

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [13]

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

где $C_{\text{ум}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_g = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$. [13]

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 [13].

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

где $Q_{ум} = 2,81; q = 1,9$ кг - массы заготовки и детали;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [13]}$$

Тогда

$$C_{ум} = 0,2715 \cdot 2,81 + 0,6578(2,81 - 1,9) - (2,81 - 1,9)0,0144 = 1,9918 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [13].

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

где $Q_{np} = 5,83; q = 1,9$ кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [13]}$$

Тогда

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 5,83 + 0,6578(5,83 - 1,9) - 0,0144(5,83 - 1,9) = 3,2392 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее выгодным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

Годовая экономия при этом

$$\mathcal{E}_2 = (C_{mn} - C_{ми})N_2 = (3,2392 - 1,9918)5000 = 6237 \text{ руб.}$$

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]

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 5,0) поверхностей 1, 15 назначим последовательность их обработки: центrovально-подрезная обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 6) и требуемой шероховатости (Ra 0,8) поверхностей 2, 11 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 5,0) поверхностей 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 9) и требуемой шероховатости (Ra 5,0) поверхности 6 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 1,6) поверхности 10 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 6) и требуемой шероховатости (Ra 1,6) поверхности 14 назначим последовательность ее обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 9) и требуемой шероховатости (Ra 2,5) поверхностей 16, 18 назначим последовательность их обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 5,0) поверхности 17 назначим последовательность ее обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 11) и требуемой шероховатости (Ra 5,0) поверхности 19 назначим последовательность ее обработки: зубофрезерная обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости ($Ra = 1,6$) поверхностей 20, 21 назначим последовательность их обработки: зубофрезерная обработка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости ($Ra = 0,8$) поверхностей 22 назначим последовательность их обработки: центrovально-подрезная и центрошлифовальная обработка.

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». [16]

Определим припуски на обработку поверхности 2 с параметрами $\varnothing 30m6^{(+0,021}_{+0,008)}$ [15], $L = 23$ мм, $Ra = 0,8$ 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

$$a = R_z + h_o. [4] \quad (5)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot Td. [4] \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,8 = 0,200.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,21 = 0,053.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,052 = 0,013.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,084 = 0,021.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,021 = 0,005.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,013 = 0,003.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,200^2 + 0,025^2} = 0,602, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,0053^2 + 0} = 0,253, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,005^2 + 0} = 0,055, \text{ мм.}$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,602 + 0,5(0,800 + 0,210) = 1,107.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,253 + 0,5(0,210 + 0,052) = 0,384.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,121 + 0,5(0,052 + 0,021) = 0,122.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,055 + 0,5(0,021 + 0,013) = 0,072.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 30,008.$$

$$d_{4\max} = 30,021.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 30,021 + 2 \cdot 0,055 = 30,131.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 30,131 + 0,013 = 30,144.$$

$$d_{T0\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 30,144 + 2 \cdot 0,121 = 30,510.$$

$$d_{TO_{\max}} = d_{TO_{\min}} + Td_{TO} = 30,426 + 0,084 = 30,510.$$

$$d_{2_{\min}} = d_{TO_{\max}} \cdot 0,999 = 30,510 \cdot 0,999 = 30,479.$$

$$d_{2_{\max}} = d_{2_{\min}} + Td_2 = 30,479 + 0,052 = 30,531.$$

$$d_{1_{\min}} = d_{2_{\max}} + 2 \cdot Z_{2_{\min}} = 30,531 + 2 \cdot 0,253 = 31,037.$$

$$d_{1_{\max}} = d_{1_{\min}} + Td_1 = 31,037 + 0,210 = 31,247.$$

$$d_{0_{\min}} = d_{1_{\max}} + 2 \cdot Z_{1_{\min}} = 31,247 + 2 \cdot 0,602 = 32,451.$$

$$d_{0_{\max}} = d_{0_{\min}} + Td_0 = 32,451 + 0,800 = 33,251.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0_{\max}} + d_{0_{\min}}) = 0,5(33,251 + 32,451) = 32,851.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1_{\max}} + d_{1_{\min}}) = 0,5(31,247 + 31,037) = 31,142.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2_{\max}} + d_{2_{\min}}) = 0,5(30,531 + 30,479) = 30,505.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO_{\max}} + d_{TO_{\min}}) = 0,5(30,510 + 30,426) = 30,468.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3_{\max}} + d_{3_{\min}}) = 0,5(30,144 + 30,131) = 30,138.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4_{\max}} + d_{4_{\min}}) = 0,5(30,021 + 30,008) = 30,015.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0_{\min}} - d_{5_{\max}} \cdot [4] \tag{9}$$

$$2Z_{\min} = 32,451 - 30,021 = 2,430.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5 \cdot [4] \tag{10}$$

$$2Z_{\max} = 2,430 + 0,800 + 0,013 = 3,243.$$

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

$$2Z_{cp} = 0,5(3,243 + 2,430) = 2,837.$$

2.6 Определение режимов обработки.

«При назначении режима резания необходимо исходить из наивыгоднейшего сочетания отдельных факторов, оказывающих влияние на точность и качество обработанных поверхностей. Кроме того, рациональный режим резания должен обеспечивать наименьшую трудоемкость выполнения операции при высокой производительности и при более полном использовании режущих свойств инструмента, а также эксплуатационных возможностей станка». [16]

2.6.1 Определение режимов резания на токарную операцию 010.

Примем глубину резания и подачу $t = 2,5; S = 0,9$. [18]

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [18]}$$

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

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 66,3} = 864,6 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 66,3 \cdot 500}{1000} = 104,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{240} = 0,63 \text{ мин.}$$

2.6.2 Определение режимов резания на токарную операцию 020.

Переход 1.

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

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [18]}$$

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

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 29} = 1976,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29 \cdot 1600}{1000} = 145,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{480} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

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

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [18]}$$

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

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 25,5} = 2248,0 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 2000 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 2000}{1000} = 160,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 2000 = 600 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{600} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 3.

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

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [18]}$$

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

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,85} = 924,6 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 61,85 \cdot 800}{1000} = 155,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{160} = 0,94 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,01 + 0,94 = 0,96, \text{ мин.}$$

2.6.3 Определение режимов резания на токарную операцию 030.

Примем глубину резания $t = 4$ мм. [18]

Примем подачу $S_z = 0,25$ мм/зуб. [18]

Найдем подачу на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

где $z = 4$ – число зубьев инструмента.

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,10, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}. \quad [18] \quad (13)$$

$$K_v = K_{Mv} K_{Uv} K_{Lv}, \quad (14)$$

где $K_{Mv} = 1,0; K_{Uv} = 1,0; K_{Lv} = 1,0$. [18]

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

$$D = 8; C_v = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30. \quad [18]$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 40,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 40,8}{3,14 \cdot 8} = 1624, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1600}{1000} = 40,2, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1600 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{px}}}{S} = \frac{1 \cdot 25}{160} = 0,16 \text{ мин.}$$

Расчетные данные занесем в технологическую документацию, представленную в приложении А, а также в технологические наладки, представленные в графической части работы.

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Анализ исходных данных.

На токарной операции 020 для базирования и фиксации заготовки применяется трёхкулачковый токарный патрон. Автоматизация данного приспособления приведет к сокращению вспомогательного времени на операцию, что принесет экономический эффект.

«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]

Схема операции представлена на рисунке 2.

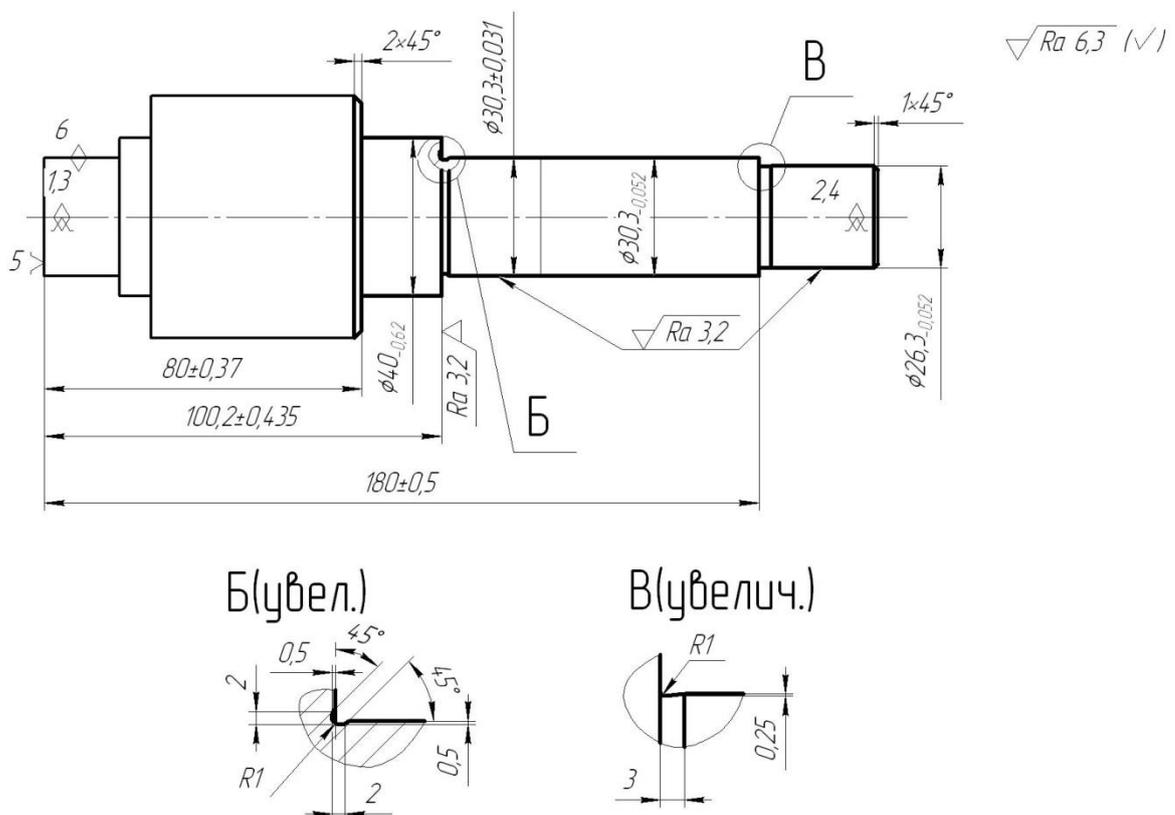


Рисунок 2 - Схема операции 020

«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». [20]

«Применение механизации и автоматизации станочных приспособлений обеспечивает значительное повышение производительности работы станков и облегчает труд рабочего при закреплении и раскреплении обрабатываемых деталей в приспособлении». [20]

«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». [20]

3.2 Определение зажимного усилия.

Найдем центробежную силу

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R. \quad (15)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (16)$$

где $n = 800$ - частота вращения шпинделя.

$$v = \omega \cdot R. \quad (17)$$

Следовательно $\omega = \frac{v}{R}$.

$$\text{Тогда } \omega = \frac{3,14 \cdot 800}{30} = 83,7, \text{ рад/с.}$$

$$P_{\text{ц}} = 1,9 \cdot 83,7^2 \cdot 0,055 = 732,1, \text{ Н.}$$

Найдем необходимую силу зажима кулачками

$$W = P_{\text{ц}} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ, \quad (18)$$

где $Z = 2$ - количество кулачков в патроне.

$$W = 732,1 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 1268, \text{ Н.}$$

Найдем составляющие силы резания P_z и P_y

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (19)$$

где для P_y : $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [20]

для P_z : $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$; [20]

$$K_p = 0,9. \text{ [20]}$$

Тогда

$$K_{P_z} = K_{\text{мп}} \cdot K_{\text{уп}_z} \cdot K_{\text{п}_z} \cdot K_{\text{нп}_z} = 0,612 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,622.$$

$$K_{P_y} = K_{\text{мп}} \cdot K_{\text{уп}_y} \cdot K_{\text{п}_y} \cdot K_{\text{нп}_y} = 0,612 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 0,845.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 155,7^{-0,15} \cdot 0,622 = 78,52, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 155,7^{-0,3} \cdot 0,845 = 58,18, \text{ Н.}$$

Повороту заготовки препятствует момент силы зажима, определяемый по формуле:

Повороту заготовки препятствует момент силы зажима, определяемый зависимостью:

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

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

Коэффициента запаса K определим по формуле:

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

где $K_0 = 1,5; K_1 = 1,2; K_2 = 1; K_3 = 1$. [20]

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

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 78,52 \cdot 61,85}{0,3 \cdot 30,7} = 949,1, \text{ Н.}$$

Определим силу зажима кулачками

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{949,1}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1124,5, \text{ Н.} \quad (23)$$

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 $\theta = 18^\circ; \mu = 0,15$. [20]

$$\text{Тогда } Q = \frac{2428,2}{800 \cdot 0,031 \cdot \sin\left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04}\right)} = 314,8, \text{ Н.}$$

Спроектированный токарный самоцентрирующий трехкулачковый патрон, имеющий автоматизированный привод представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

«Шпоночные канавки на валах и вообще в охватываемых деталях изготавливаются для призматических и сегментных шпонок. Шпоночные канавки для призматических шпонок могут быть закрытыми с двух сторон (глухие), закрытыми с одной стороны и сквозными. Шпоночные канавки изготавливаются различными способами в зависимости от конфигурации канавки и вала, применяемого инструмента. Они выполняются на горизонтально-фрезерных или вертикально-фрезерных станках общего назначения и специальных. Сквозные и закрытые с одной стороны шпоночные канавки изготавливаются фрезерованием дисковыми фрезами. Фрезерование канавки производится за один-два прохода. Этот способ наиболее производительен и обеспечивает достаточную точность ширины канавки». [1]

«Применение этого способа ограничивает конфигурация канавок: закрытые канавки с закруглениями на концах не могут выполняться этим способом; они выполняются концевыми фрезами с продольной подачей за один или несколько проходов. Фрезерование концевой фрезой за один проход производится таким образом, что сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину канавки, а потом включается продольная подача, с которой шпоночная канавка фрезеруется на полную длину. При этом способе требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение. В следствии того, что фреза работает в основном своей периферической частью, диаметр которой после заточки несколько уменьшается, в зависимости от числа переточек фреза дает неточный размер канавки по ширине. Для получения по ширине точных канавок применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с «маятниковой подачей», работающие концевыми фрезами с лобовыми режущими кромками». [1]

4.1 Исходные данные.

Обрабатываемый материал – сталь 35.

Глубина резания $t = 4$ мм.

Эскиз операции представлен на рисунке 3.

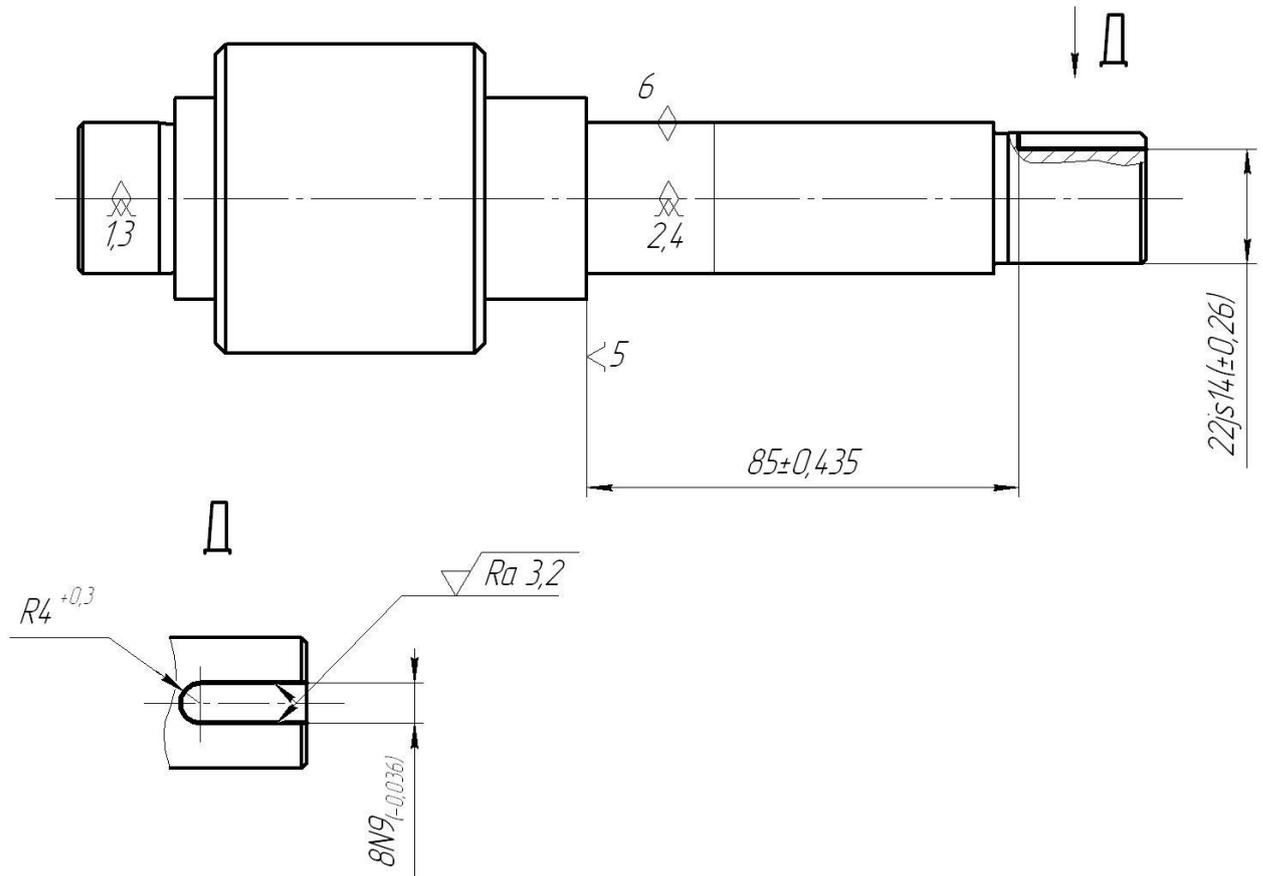


Рисунок 3 – Эскиз шпоночно-фрезерной операции

4.2 Расчёт конструктивных элементов рабочей части фрезы.

«Диаметр концевой фрезы d назначается конструктивно исходя из формы и размеров обрабатываемой заготовки. От диаметра зависит отвод тепла, толщина стружки, число зубьев, форма зубьев и диаметр отверстия». [19]

Принимаем $d = 8$ мм.

Найдем длину фрезы

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

где l_1 –режущая часть;

l –шейка;

l_2 –хвостовик.

Для фрез диаметром 10...30 мм длину режущей части рассчитывают зависимостью $l_1 = 4d$. [7]

$$l_1 = 4 \cdot 8 = 32, \text{ мм.}$$

Определим длину шейки

$$l_1 = 4 \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right) \quad (26)$$

$$\text{Тогда } l = 4 \times \left(\sqrt[4]{8} + \frac{12}{10} \right) = 12,7, \text{ мм.}$$

Принимаем $l = 12$ мм.

Диаметральный размер шейки примем равным диаметру режущей части фрезы $d_u = 8$ мм.

Тогда общая длина

$$L = 32 + 12 + 60 = 112, \text{ мм.}$$

«Концевые фрезы из твердого сплава диаметром до 10 мм включительно выпускаются с цилиндрическим хвостовиком того же диаметра». [19]

Определим число зубьев фрезы

$$z = (0,1...0,3)d \geq 2...12. \quad (27)$$

$$\text{Тогда } z = (0,1...0,3)8 = 0,8...10,4.$$

Принимаем $z = 4$.

«Для выполнения условия равномерности фрезерования зубья на цилиндрической части выполняют стружечную канавку с углом наклона $\omega=30...45^\circ$ ». [19]

Принимаем $\omega = 30^\circ$.

4.3 Определение формы и размеров зубьев.

«Форма зубьев и впадин у фрез с острозаточенными зубьями определяется условиями обработки и имеет три вида профиля: одноугловая, двухугловая и криволинейная (параболическая). Стружечная канавка должна обеспечивать достаточный объем для размещения срезанной стружки (при достаточной прочности зуба), большое количество переточек, технологичность изготовления и т.д. Для фрез с крупным зубом рекомендуется двухголовая форма. Такая форма зуба получается путем двойного фрезерования. Сначала впадина фрезеруется угловой фрезой, а затем зуб срезается по спинке». [19]

Спинка зуба очерчивается радиусом

$$R = (0,3...0,45)d . \quad (28)$$

Поставляя, получим

$$R = (0,3...0,45)8 = 2,4...3,6, \text{ мм.}$$

Принимаем $R = 3$ мм.

Принимаем $\theta = 50^\circ; \varphi = 90^\circ$. [19]

«Для всех профилей на задней поверхности зубьев назначается ленточка f , наклон которой определяет величину заднего угла, $f = 0,2...2$ мм для зубьев с двухголовым профилем». [19]

Принимаем $f = 1,5$ мм.

«Геометрические параметры фрезы назначаются в соответствии с условиями обработки: физико-механическими свойствами обрабатываемого материала, размерами сечения среза, требуемой шероховатостью поверхности и т.д.». [19]

«Главный угол в плане φ определяется конструкцией фрезы. Для концевых фрез $\varphi=90^\circ$. Вспомогательный угол в плане $\varphi_1=0\dots10^\circ$ ». [19]

Принимаем $\varphi_1 = 6^\circ$.

«Главный задний угол α рассматривается в торцевом сечении. Он назначается в целях уменьшения трения задней поверхности зуба фрезы о поверхность резания детали. При его увеличении уменьшается площадь контакта между этими поверхностями и соответственно снижаются силы трения. Однако увеличение этого угла сверх определенных значений приводит к уменьшению угла заострения β , ослаблению режущего клина и, следовательно, к снижению его прочности. Уменьшение массивности режущего клина также ухудшает теплоотвод от лезвия, в результате возрастает температура резания и снижается стойкость фрезы. Таким образом, величина главного заднего угла должна одновременно удовлетворять двум противоречивым условиям». [19]

Принимаем $\alpha = 14^\circ; \gamma = 15^\circ; \lambda = 10^\circ$.

Спроектированный режущий инструмент – фреза представлена в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Описание объекта

Объектом рассмотрения является участок механической обработки детали «вал-шестерня», на котором осуществляется технологический процесс, согласно среднесерийному типу производства.

Участок содержит один центrovально-подрезной станок 2А911-1, четыре токарных станка с ЧПУ СА500СФСФ3К, один шпоночно-фрезерный станок 692Д, зубофрезерный станок с ЧПУ 5320Ф4, центрошлифовальный станок 3К253В, один торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ ХШ4-104Ф20, три круглошлифовальных станка с ЧПУ КШ-400.2 и один вертикальный зубошлифовальный станок 3М841.

Перечисленное оборудование осуществляет механическую обработку производимой на участке детали.

5.2 Предлагаемые мероприятия.

В работе предлагается заменить токарные патроны на операциях 10, 15, 20 и 25, работающие от ручного привода автоматизированными. Это мероприятие не только позволит получить экономический эффект за счет сокращения вспомогательного времени обработки, но и улучшить условия труда операторов станков, так как при автоматизированных приспособлениях на токарных операциях исключатся такие опасные производственные факторы (несчастные случаи), как защемление конечностей при зажиме заготовки.

«Несчастный случай – сложное явление. Выяснение подлинных причин необходимо для профилактических целей. Каждый несчастный случай является результатом взаимодействия нескольких причин. В этом заключается принцип многопричинности несчастных случаев, который имеет

ключевое значение для расследования. Всю совокупность причин, которые приводят к несчастным случаям, можно условно разделить на несколько групп: организационные, технические, личностные и другие». [12]

В данном случае мы имеем техническую причину возможного появления несчастного случая, которую методом автоматизации если не исключаем, то точно уменьшаем.

На токарных операциях используются токарные станки с ЧПУ, а обработка ведется с использованием смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС), которое с помощью специальной системы подается в зону резания, уменьшая при этом температуры режущих инструментов и обрабатываемой заготовки. При этом возникает испарение, что неблагоприятно влияет на рабочее место оператора. К уменьшению данного неблагоприятного производственного фактора приведет вентиляция промышленного участка производственного цеха. На проектируемом участке предлагается использовать воздухораспределительные устройства с камерами статического давления [6, 9], эти системы являются наиболее эффективными. Данное мероприятие уменьшит содержание вредных веществ в воздухе на рабочем месте операторов станков.

Еще одним нежелательным явлением при токарной обработке является появление металлической стружки, об которую оператор станка может порезаться или травмироваться. Работой предлагается использование системы автоматической уборки стружки внутри всего производственного цеха, а также использование перчаток и защитных очков операторами станков.

Таким образом, мы провели анализ безопасности труда на рабочих местах, предлагаемых к модернизации относительно базового варианта технологического процесса, а также дали предложения по уменьшению появления производственного травматизма.

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.

При написании бакалаврской работы было предложено изменить на операции 020 (токарная) зажимное приспособление и на 030 (фрезерная) инструмент. Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения этих операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, предстоит подтвердить эффективность еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 6 бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры: машинное и штучное время, модель оборудования до и после совершенствования технологического процесса, наименование инструмента и оснастки, также до и после совершенствования, применяемые на операциях 020 и 030, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники:

- паспорт станка;
- учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;
- данные предприятия по тарифам на энергоносители;
- сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии).

Далее будут представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 4 показаны величины слагаемых капитальных вложений, сумма которых для внедрения предложенных изменений составит 258636,36 руб.

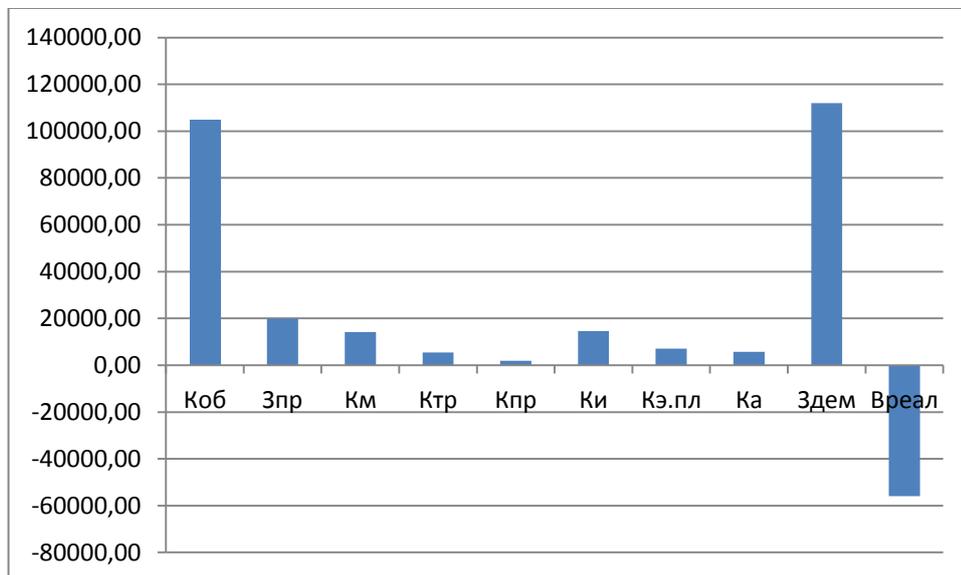


Рисунок 4 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя представленные на рисунке 4 данные, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты являются:

– затраты на демонтаж заменяемого оборудования ($Z_{ДЕМ}$), с величиной 50,41 % от всей величины капитальных вложений;

– прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование ($K_{ОБ}$), величина которых составляет 48,28 % от общей суммы капитальных вложений.

Все остальные значения не превышают даже 10 %, и находятся в интервале от 0,73 % до 9,0 %. Но не смотря на их относительную не большую величину, пренебрегать этими значениями нельзя, так они отображают значения затрат, таких приобретений как инструмент ($K_{И}$), эксплуатацию производственной площади ($K_{Э.ПЛ}$), транспортные средства ($K_{ТР}$), доставку и монтаж вновь вводимого оборудования ($K_{М}$), затраты на проектирование ($Z_{ПР}$) и другие показатели, относящиеся к эксплуатации оборудования с числовым программным управлением.

На рисунке 4 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «вал-шестерня», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса. Правда значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеоговоренного параметра, т. к. в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому остается без изменения.

Анализируя диаграмму на рисунке 5, видно, что две величины имеют примерные равные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 48,06 % для базового варианта и 44,03 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости;

– заработная плата оператора ($Z_{ПЛ.ОП}$), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе токарного и фрезерного станков, доля которой составляет 30,35 % для базового варианта и 40,11 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости.

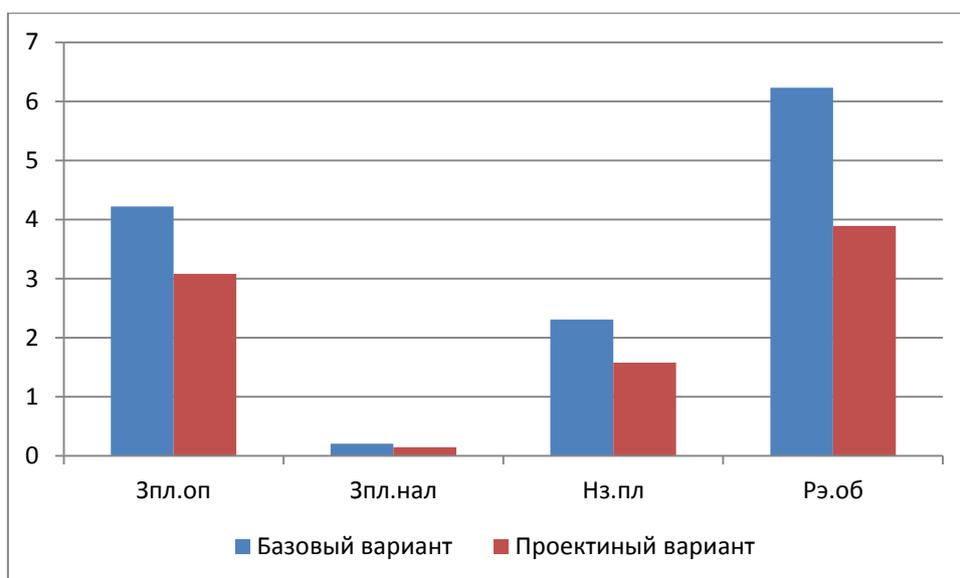


Рисунок 5 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «вал-шестерня», по вариантам, руб.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «вал-шестерня» по операциям 020 и 030 технологического процесса, представлены на рисунке 6.

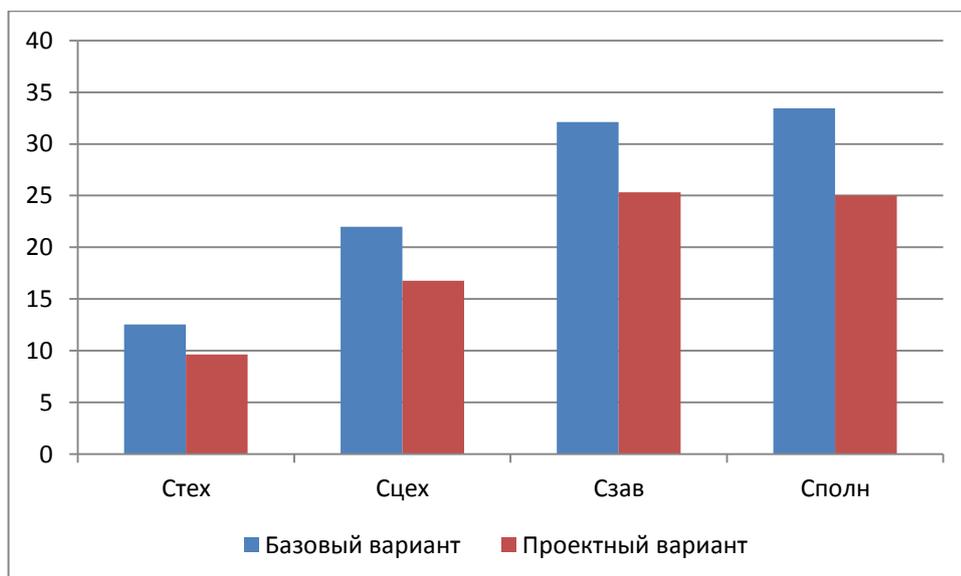


Рисунок 6 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 6, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 33,78 рубля, а для проектируемого варианта всего лишь 25,18 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 2264354,38 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является максимально допустимым для внедрения нового оборудования по совершенствованному технологическому процессу. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 30247,45 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,20 рублей.

Заключение

В первом разделе работы проанализировано назначение детали, выполнен анализ каждой из поверхностей, проработан вопрос о химическом составе материала, из которого изготавливается вал-шестерня. Также предложены несколько вариантов изготовления заготовки для детали.

Во втором разделе работы выполнен технико-экономический расчет двух вариантов получения заготовки, определен тип производства для изготовления детали и описаны его характеристики, выполнен выбор методов обработки каждой поверхности детали, произведен расчет припусков на одну из поверхностей, рассчитаны режимы резания на технологические операции, подвергающиеся модернизации.

В третьем разделе работы спроектировано специальное токарное приспособление. В отличие от базового варианта техпроцесса данное приспособление имеет автоматизированный привод. Это дает сокращение вспомогательного времени операции, что приводит к удешевлению всего технологического процесса.

Четвертый раздел работы направлен на проектирование конструкции режущего инструмента для обработки шпоночного паза. Спроектирована концевая фреза, работающая в условиях автоматизированной обработки на станке.

В пятом разделе анализируются опасные и вредные производственные факторы модернизированного технологического процесса. Даются предложения по уменьшению производственного травматизма.

Работа также содержит заключение и приложение, в котором находятся маршрутные технологические карты, содержащие подробную информацию по технологическому процессу.

Список используемой литературы

1. Алексаньян, И.М. Производство подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования : учебное пособие / И.М.Алексаньян, Р.В. Каргин, Г.В. Санамян; ФГОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2020. – 151 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. Блюмштейн, В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюмштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 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. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6.
5. ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – 32 с.
6. ГОСТ 12.4.021–75. Системы вентиляционные. Общие требования. – 6 с.
7. ГОСТ 17025-71. Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком. Конструкция и размеры. – 12 с.
8. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 8 с.
9. ГОСТ 32548-2013. Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Общие технические условия. – 20 с.
10. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски, кузнечные напуски. – 36 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. Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности : учебник / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян, О.Н. Русак. – 17-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 704 с.
13. 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.
14. Кондаков, А.И. Выбор заготовок в машиностроении : справочник / А.И. Кондаков, А.С. Васильев. – М. : Машиностроение, 2007. – 560 с.
15. Леонов, О.А. Взаимозаменяемость : учебник / О.А. Леонов, Ю.Г.Вергазова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 208 с.
16. Мерданов, Ш.М. Технология машиностроения : учебник / Ш.М.Мерданов, В.В. Шефер. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 354 с.
17. Погонин, А.А. Технология машиностроения : Учебник / А.А.Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 530.
18. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
19. Схиртладзе, А.Г. Формообразующие инструменты в машиностроении: учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, Л.А. Чупина, А.И. Пульбере, В.А. Гречишников. – М.: Новое знание, 2006. – 557 с.
20. 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.

