

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 привода
транспортера

Студент

А.Л. Пищелин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

Консультант

к.э.н. Н.В. Зубкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Студент: Пищелин Алексей Леонидович.

Тема работы: Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода транспортера.

В первой части работы проводится анализ назначения детали «вал-шестерня привода транспортера», анализируется назначение каждой из поверхностей, рассматривается вопрос о химическом составе материала, из которого изготавливается вал-шестерня, а также о его свойствах. Также предлагаются несколько вариантов изготовления заготовки для детали.

Во второй части работы проводится 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, рассчитываются припуски на одну из поверхностей, определяются режимы резания на некоторые технологические операции.

В третьей части проектируется специальное станочное приспособление для центровально-подрезной операции, имеющее автоматизированный привод.

В четвертой части работы для обработки шлицев разработана конструкция червячной фрезы.

В работе имеется раздел по безопасности и экологичности, где проработаны рекомендации по совершенствованию условий труда на участке механической обработки.

В завершении работы выполнен экономический расчет, показывающий эффективность модернизации базового техпроцесса.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали	5
1.2 Классификация поверхностей детали	6
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Определение типа производства.....	10
2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса...	10
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	13
2.5 Определение припусков.....	14
2.6 Определение режимов обработки.....	17
3 Проектирование станочного приспособления.....	20
3.1 Исходные данные.....	20
3.2 Расчёт точности закрепления заготовки в приспособлении	21
4 Проектирование режущего инструмента.....	24
4.1 Исходные данные.....	24
4.2 Построение линии профилирования.....	26
4.3 Определение параметров зуба фрезы.....	28
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	30
5.1 Описание технического объекта.....	30
5.2 Описание мероприятий по безопасности и экологичности.....	30
6 Экономическая эффективность работы.....	33
Заключение.....	37
Список используемой литературы	38
Приложение А Маршрутные карты.....	41

Введение

Сегодня машиностроение является передовой отраслью промышленности страны. От развития машиностроения зависит производительность труда всех отраслей от сельского хозяйства до ресурсодобывающих предприятий.

Согласно последним задачам, которые ставят и президент, и правительство Росси перед гражданами, необходимо повысить производительность труда, чтобы за одно и то же рабочее время, касаясь машиностроения, выпускалось или ремонтировалось большее количество единиц продукции.

Один из путей повышения производительности труда в машиностроении – это автоматизация и механизация производства. Это связано с тем, что так можно не только высвободить рабочих, но и увеличить, например, скорость доставки полуфабрикатов на рабочие места при помощи каких-то специализированных машин.

Примером такой машины является транспортер. Транспортер служит для перемещения деталей, полуфабрикатов и узлов вдоль технологической цепочки, выстроенной на машиностроительном предприятии. Применение данного вида оборудования на предприятии сокращает необходимость в некотором персонале, которые перемещают детали и заготовки, а также синхронизируют и ускоряют выполнение работ, ведь за счет этого снижается вспомогательное время, направленное на перевозку или перемещение заготовок и деталей по технологической цепочке.

Деталь – вал-шестерня является звеном привода транспортера, который призван передать движение от источника движения на транспортерную ленту.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни транспортера заданного качества с минимальными затратами на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение и условия работы детали.

Транспортер служит для перемещения деталей, полуфабрикатов и узлов вдоль технологической цепочки, выстроенной на машиностроительном предприятии. Применение данного вида оборудования на предприятии сокращает необходимость в некотором персонале, которые перемещают детали и заготовки, а также синхронизируют и ускоряют выполнение работ, ведь за счет этого снижается вспомогательное время, направленное на перевозку или перемещение заготовок и деталей по технологической цепочке.

«Работу современных предприятий обрабатывающей промышленности без использования конвейеров представить себе очень трудно – они позволяют автоматизировать производственный процесс и сделать его более эффективным. Ленточный конвейер – транспортирующее устройство непрерывного действия. Ленточные конвейеры являются наиболее распространенным типом машин конвейерного типа. Практически во всех отраслях промышленности используются ленточные конвейеры, которые обеспечивают непрерывность процессов транспортировки различных грузов и материалов. Из всего парка конвейерных установок 90% составляют ленточные конвейеры. Преимущества ленточных конвейеров перед другими способами транспортировки заключается в том, что благодаря значительной скорости движения ленты обеспечивается высокая эффективность и производительность технологических процессов, надежной и долговечной работы конструкций устройств, относительно малое потребление энергии. Оптимальная эксплуатация конвейеров может осуществляться в широком температурном диапазоне от -50 до 45°C. В зависимости от свойств и природы перемещаемого груза угол наклона рабочей стороны ленты может быть установлен до 90°». [13]

«Для машин непрерывного действия характерно перемещение насыпных или штучных грузов по заданной трассе без остановок. Транспортирующие машины отличаются высокой надежностью, удобством эксплуатации и обслуживания, имеют необходимую длину транспортирования, работают в автоматическом режиме в комплексе с технологическим оборудованием, обеспечивают высокую производительность благодаря непрерывности процесса транспортирования. Одновременно с транспортированием грузов на ленточных конвейерах могут выполняться определенные технологические операции. Часто ленточный конвейер является одной из частей транспортирующего устройства какой-либо машины или механической системы. Конструкции конвейеров различаются по размеру и сложности, которые зависят от производственного процесса определенной отрасли и технологии». [13]

Вал-шестерня является звеном привода транспортера. Деталь предназначена для передачи движения от источника движения на транспортерную ленту.

1.2 Классификация поверхностей детали.

Пронумеруем поверхности фланцам и представим это на рисунке 1.

Исполнительными поверхностями детали являются боковые поверхности наружных шлицев 16 и 17, которыми вал-шестерня воспринимает вращательное движение, а также боковые стороны конического зубчатого венца 5, которыми вал-шестерня передает движение дальше по технологической цепи транспортера.

Основными конструкторскими базами вала-шестерни являются цилиндрическая наружная поверхность 8, наружный диаметр шлицев 11, а также торцовая поверхность 7, ограничивающая перемещение детали вдоль ее оси.

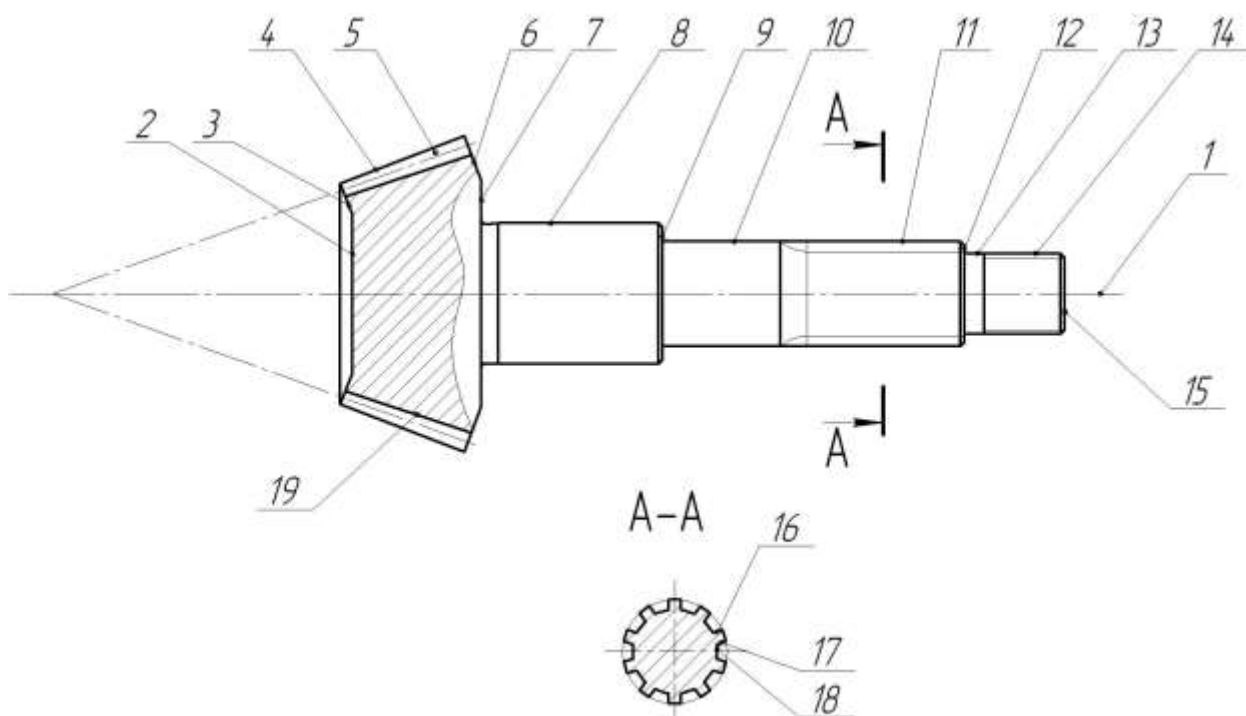


Рисунок 1 - Классификация поверхностей

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни являются наружная поверхность зубчатого венца 4, а также наружная резьбовая поверхность 14.

Остальные поверхности – свободные.

1.3. Анализ требований к поверхностям детали.

Материалом вала-шестерни является конструкционная сталь 19ХГН ГОСТ 4543-2016 [6]. Данный материал соответствует требованиям по прочности и твердости. Он состоит из углерода (С) с содержанием 0,17...0,23%, марганца (Mn) с содержанием 0,7...1,1%, фосфора (P) с содержанием не более 0,035%, кремния (Si) с содержанием 0,17...0,37%, никеля (Ni) с содержанием 1,1...1,4%, серы (S) с содержанием не более 0,035%, хрома (Cr) с содержанием 0,45...0,75%, меди (Cu) с содержанием не более 0,3%. 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
700	-	930	7	187

«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)». [10]

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». [10]

«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». [10]

Заготовку удобно получить методами прокатки или штамповки.

«Горячекатанную и кованную металлопродукцию с качеством поверхности 1ГП испытывают на горячую осадку на 65% (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 темплатах 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». [6]

«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». [6]

При поставке заготовок на машиностроительные производства контрольные службы отслуживают данные параметры.

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». [19]

В нашей работе будем основываться на массе заготовки $m=1,25$ кг и программе выпуска в $N_{\text{год}}=5000$ деталей в год. Исходя из этих показателей [19], 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». [17]

2.3 Выбор метода получения заготовки.

«Проблема выбора заготовок имеет конструкторско-технологический характер. Выбор заготовок сложных, ответственных деталей машин является задачей конструктора. Если заготовка не задана директивно, то ее вид определяют технологи-разработчики сквозного процесса изготовления деталей, а способ изготовления и конкретные технологии – специалисты соответствующих заготовительных производств. Для относительно несложных деталей вид и способ изготовления исходной заготовки определяют технологи механообрабатывающих производств. Вместе с тем, выбор заготовок является важнейшей функцией технологической подготовки производства машин». [15]

«В современном машиностроении доминируют эмпирические подходы к выбору заготовок, а получаемые решения, как правило, субъективны, недостаточно обоснованы или даже ошибочны. Методология выбора заготовок, позволяющая полноценно использовать информацию об условиях и результатах применения каждого технологического заготовительного метода для обеспечения наивысшего или заданного эксплуатационного качества изделий, разработана недостаточно». [15]

В нашем случае наивыгоднейшими методами получения исходной заготовки являются прокат [5] или штамповка [8].

Штамповкой получится заготовка с массой 2,28 кг, а прокаткой – 7,01 кг. Выберем из них экономически более выгодный метод.

Рассчитаем стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке.

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

где $C_c = 0,495; E_n = 0,15; C_k = 1,085$. [14]

Тогда

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой.

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

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

Тогда

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой.

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

где $Q_{ум} = 2,28; q = 1,25$ кг - массы заготовки и детали;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [14]}$$

Тогда

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 2,28 + 0,6723 (2,28 - 1,25) - (2,28 - 1,25) 0,0144 = 1,2967 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом.

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

где $Q_{пр} = 7,01; q = 1,25$ кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [14]}$$

Тогда

$$C_{ми} = 0,2219 \cdot 7,01 + 0,6723 (7,01 - 1,25) - 0,0144 (7,01 - 1,25) = 5,3450 \text{ руб.}$$

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

Годовая экономия при этом

$$\mathcal{E}_2 = (C_{mn} - C_{mu})N_2 \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_2 = (5,3450 - 1,2967)5000 = 20241,5$$

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». [1]

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 6,3) поверхностей 1, 15 назначим последовательность их обработки: центральное-подрезное шлифование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 6,3) поверхностей 2, 3, 6, 9, 10, 12, 13 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 14) и требуемой шероховатости (Ra 3,2) поверхностей 4, 7 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 8) и требуемой шероховатости (Ra 1,6) поверхностей 5 назначим последовательность их обработки: зубофрезерование, зубопритирка.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 6) и требуемой шероховатости (Ra 0,8) поверхностей 8 назначим

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

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 7) и требуемой шероховатости (Ra 1,6) поверхностей 11 назначим последовательность их обработки: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

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

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 9) и требуемой шероховатости (Ra 3,2) поверхностей 16, 17 назначим последовательность их обработки: шлицефрезерование.

Исходя из необходимой точности механической обработки (IT 12) и требуемой шероховатости (Ra 6,3) поверхностей 18 назначим последовательность их обработки: шлицефрезерование.

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». [17]

Определим припуски на обработку поверхности 8 с параметрами $\varnothing 35k_{(+0,018, +0,002)}$, $L = 40$ 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

$$a = R_z + h_o . [3] \quad (6)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [3] \quad (7)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,6 = 0,400 .$$

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

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

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

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010 .$$

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

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} . [3] \quad (8)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) . [3] \quad (9)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 .$$

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

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125 .$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060 .$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5(1,600 + 0,250) = 1,726 .$$

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

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176 .$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,088 .$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

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

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

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 35,018 + 2 \cdot 0,060 = 35,138 .$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 35,138 + 0,016 = 35,154 .$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 35,154 + 2 \cdot 0,125 = 35,404 .$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 35,404 + 0,100 = 35,504 .$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 35,504 \cdot 0,999 = 35,468 .$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 35,468 + 0,062 = 35,530 .$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 35,530 + 2 \cdot 0,263 = 36,056 .$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 36,056 + 0,250 = 36,306 .$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 36,306 + 2 \cdot 0,801 = 37,908 .$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 37,908 + 1,600 = 39,508 .$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) . \quad (10)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(39,508 + 37,908) = 38,708 .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(36,306 + 36,056) = 36,181 .$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(35,530 + 35,468) = 35,499 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(35,504 + 35,404) = 35,454 .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(35,138 + 35,154) = 35,146 .$$

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

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} \cdot [3] \quad (11)$$

$$2Z_{\min} = 37,908 - 35,018 = 2,890 .$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5 \cdot [3] \quad (12)$$

$$2Z_{\max} = 2,890 + 1,600 + 0,016 = 4,506 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (13)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2,890 + 4,506) = 3,698.$$

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». [19]

2.6.1 Определение режимов резания на токарную операцию 010.

Примем глубину резания и подачу $t = 2,5; S = 0,9$. [20]

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [20]}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (14)$$

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$. [20]

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 66,3} = 864,6 \text{ мин}^{-1}. \quad (15)$$

$$n_{\phi} = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 66,3 \cdot 500}{1000} = 104,1 \text{ м/мин.} \quad (16)$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ мм/мин.} \quad (17)$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{240} = 0,63 \text{ мин.} \quad (18)$$

2.6.2 Определение режимов резания на токарную операцию 020.

Переход 1.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,3; S = 0,3$. [20]

Скорость резания рассчитаем по формуле (14).

$V_0 = 180$ м/мин; $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$. [20]

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

Частота вращения

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

$$n_\phi = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

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 $t = 0,5; S = 0,3$. [20]

Скорость резания рассчитаем по формуле (14).

$V_0 = 180$ м/мин; $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$. [20]

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 $t = 0,3; S = 0,2$. [20]

Скорость резания

$$V_0 = 180 \text{ м/мин. [20]}$$

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,85} = 924,6 \text{ мин}^{-1}. \quad n_{\phi} = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

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

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

Рассчитанные данные вносим в технологические карты, представленные в приложении, а также в чертежи технологических наладок, представленные в графической части.

3 Проектирование станочного приспособления

«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». [2]

«Применение механизации и автоматизации станочных приспособлений обеспечивает значительное повышение производительности работы станков и облегчает труд рабочего при закреплении и раскреплении обрабатываемых деталей в приспособлении». [2]

«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». [2]

3.1 Исходные данные.

На операции 005 проводится подрезка торцов заготовки, сверлятся центровочные отверстия и обтачивается цилиндрическая поверхность. Задача этого раздела спроектировать станочное приспособление для этой операции. Схема операции представлена на рисунке 2.

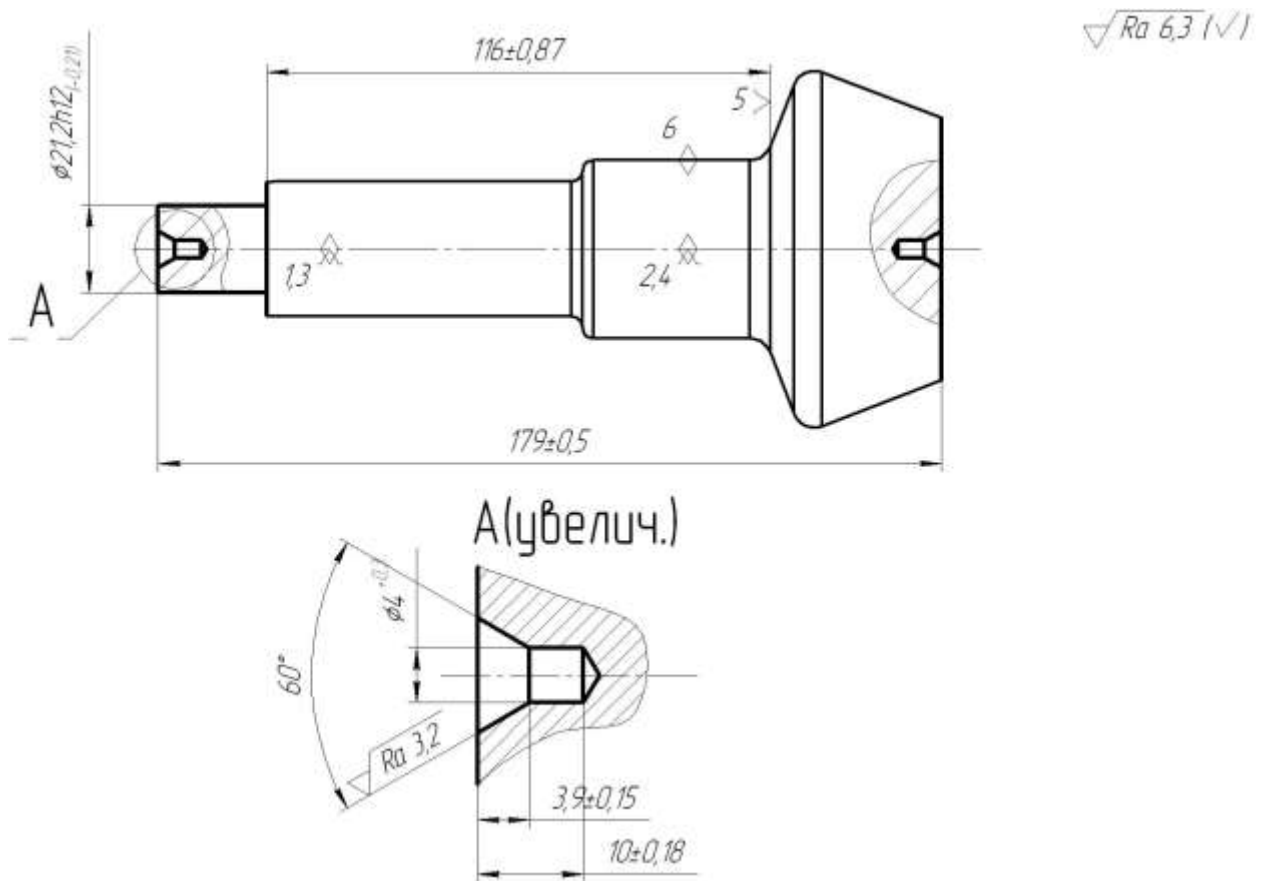


Рисунок 2 - Схема операции 005

3.2 Расчёт точности закрепления заготовки в приспособлении.

Схема закрепления заготовки в призмах представлена на рисунке 3.

При обработке заготовки, закрепленной в призмах приспособления, могут быть следующие измерительные базы для размера h .

Измерительной базой является:

- 1) точка А для размера h_1 ;
- 2) точка В для размера h_2 ;
- 3) точка С для размера h_3 .

Определим погрешность установки заготовки, при закреплении её в приспособление

$$\varepsilon = (D_{\min} + h_1') - (D_{\min} + h_1'') = h_1' - h_1'' = OA_1 - OA_2. \quad (19)$$

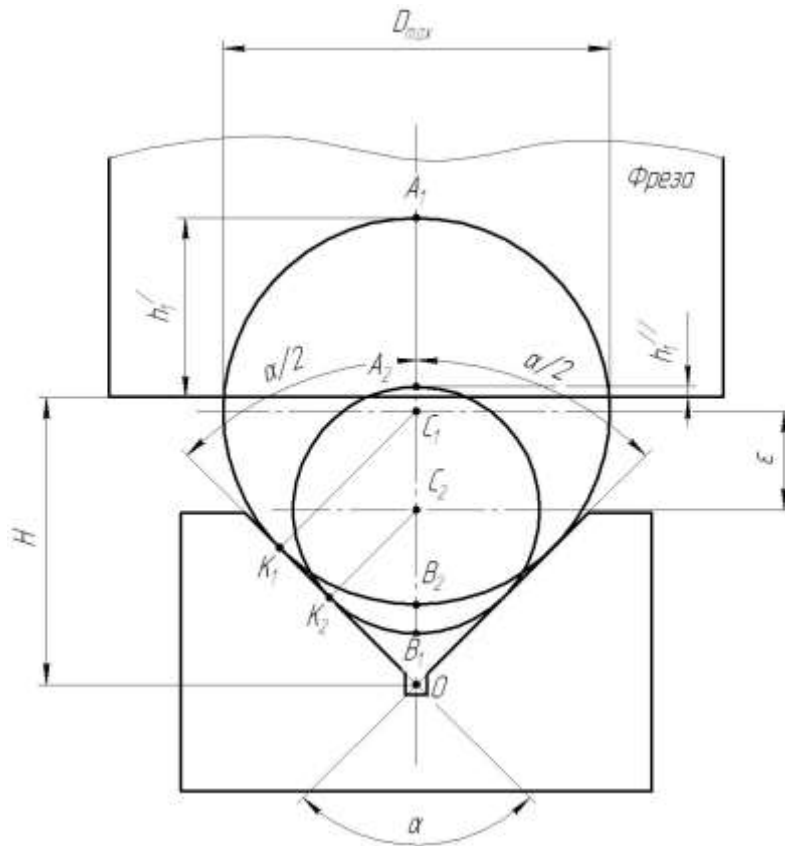


Рисунок 3 - Схема закрепления заготовки в призмах

Из геометрических соображений

$$OA_1 = OC_1 + C_1A_1 = \frac{C_1K_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + C_1A_1. \quad (20)$$

Также

$$C_1K_1 = C_1A_1 = \frac{D_{\max}}{2}.$$

Следовательно

$$OA_1 = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right). \quad (21)$$

Аналогично получим, что

$$OA_2 = \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right). \quad (22)$$

Следовательно

$$\varepsilon = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) - \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \left(\frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right).$$

Заготовка закрепляется в приспособлении по поверхности с размером $\varnothing 41^{(+1,1)}_{(-0,5)}$. Таким образом, получим

$$\varepsilon = \frac{1,6}{2} \left(\frac{1}{\sin 108/2} + 1 \right) = 1,789, \text{ мм.}$$

«Применение механизации и автоматизации станочных приспособлений обеспечивает значительное повышение производительности работы станков и облегчает труд рабочего при закреплении и раскреплении обрабатываемых деталей в приспособлении». [2]

Также значительно сокращается вспомогательное время технологической операции и снижается необходимая квалификация станочника.

4 Проектирование режущего инструмента

«Технологический процесс изготовления шлицев валов зависит от того, какой принят способ центрирования вала и втулки, а также термически обрабатываются или нет поверхности шлицев. Окончательная обработка шлицев по методу обкатки производится чистовым фрезерованием червячными шлицевыми фрезами высокого класса точности (рисунок 4)».

[23]

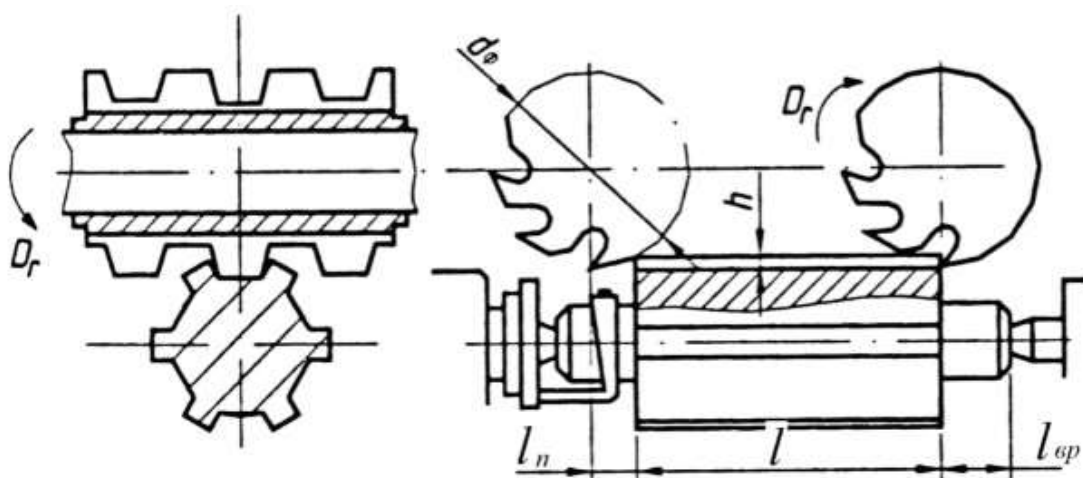


Рисунок 4 – Фрезерование шлицев червячными фрезами

«При центрировании втулки (или зубчатого колеса) по внутреннему диаметру шлицев вала как червячная, так и дисковая фреза должна иметь «усики», вырезающие канавки у основания шлица, чтобы не было заедания во внутренних углах; эти канавки необходимы также при шлифовании по боковым сторонам и по внутреннему диаметру». [23]

4.1 Исходные данные.

На шлицефрезерной операции 030 обрабатываются наружные шлицы с параметрами D-10x21h12x26h7x3h9. В этом разделе спроектируем режущий инструмент для этой операции.

Наружный диаметр $D = 26h7_{(-0,021)}$; внутренний диаметр $d = 21h12_{(-0,21)}$; переходный диаметр $d_1 = 18,5$; ширина шлица $b = 3h9_{(+0,025)}$; минимальный размер фаски $c_{\min} = 0,3^{+0,2}$; число шлицев $z = 10$ (рисунок 5).

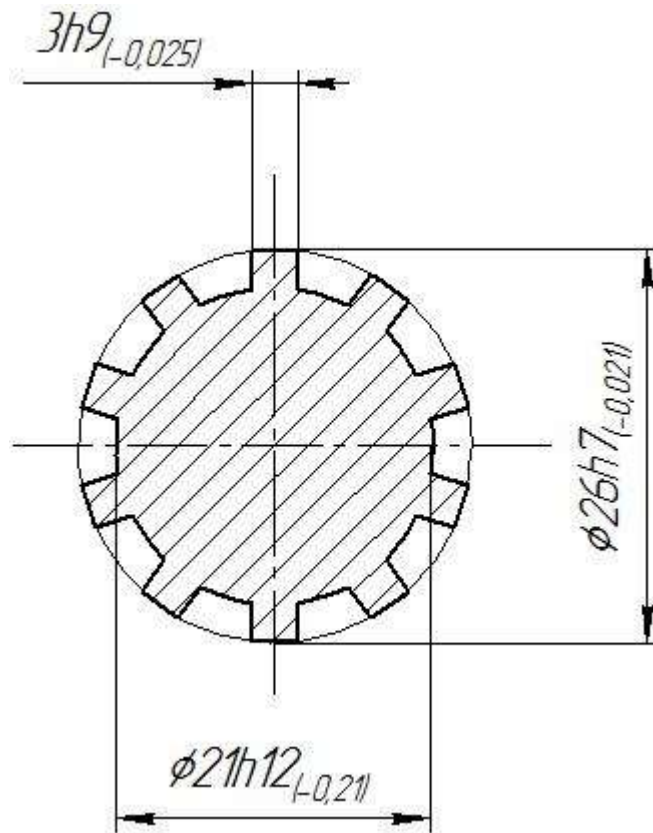


Рисунок 5 – Размеры шлицев

«Одним из распространенных является зубофрезерный станок, на котором цилиндрические зубчатые колеса обрабатываются червячными модульными фрезами. Червячная фреза закрепляется на оправке шпинделя фрезерного суппорта. Обрабатываемая заготовка устанавливается на оправке стола. Червячной фрезе и заготовке сообщаются вращательные движения вокруг их осей. Настройка станка производится таким образом, чтобы одному обороту однозаходной червячной фрезы соответствовал поворот заготовки на один зуб. Нарезание прямозубых цилиндрических колес производится с вертикальной подачей фрезерного суппорта». [11]

4.2 Построение линии профилирования.

Определяем расчетные размеры шлицевого вала (мм)

$$D_{расч} = D_{max} - 2c_{min} = 26,000 - 2 \cdot 0,3 = 25,400. \quad (23)$$

$$d_{расч} = d_{min} + 0,25Td = 20,790 + 0,25 \cdot 0,021 = 20,795. \quad (24)$$

$$b_{расч} = b_{min} + 0,25Tb = 2,975 + 0,25 \cdot 0,025 = 2,981. \quad (25)$$

$$0,25\sqrt{4D_{расч}^2 - 3b_{расч}^2} \leq r_{ц} \leq 0,5D_{расч} \quad \text{принимаем } r_{ц} = 12,65. \quad [21]$$
$$12,634 \leq r_{ц} \leq 12,7$$

Определяем координаты экстремальной точки линии профилирования (мм)

$$x_o = -\frac{b_{расч}}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{b_{расч}}{4r_{ц}}\right)^2} = -\frac{2,981}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{2,981}{4 \cdot 12,65}\right)^2} = -0,7440; \quad (26)$$
$$y_o = -\frac{b_{расч}^3}{16r_{ц}} = -\frac{2,981^3}{16 \cdot 12,65} = -0,1309.$$

Найдем угол поворота вала

$$\mu_o = \arcsin\left(\frac{b_{расч}}{4r_{ц}}\right) = \arcsin\left(\frac{2,981}{4 \cdot 12,65}\right) = 0,0589 \text{ рад} = 3,3767^\circ. \quad [21] \quad (27)$$

Определим угол, соответствующий началу переходной кривой:

$$\mu_n = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{d_{расч}^2 - b_{расч}^2}}{2r_{ц}}\right) = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{25,784^2 - 2,981^2}}{2 \cdot 12,65}\right) = 31,3274^\circ. \quad [21]$$

Определим координаты точек 1-5.

$$\begin{aligned}
x_i &= (r_y \sin \mu_i - 0,5b_{пасч}) \cos \mu_i; \\
x_0 &= (12,65 \cdot \sin 3,3767^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cos 3,3767^\circ = -0,7441; \\
x_1 &= (12,65 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cos 10^\circ = 0,6954; \\
x_2 &= (12,65 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cos 15^\circ = 1,7228; \\
x_3 &= (12,65 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cos 20^\circ = 2,6650; \\
x_4 &= (12,65 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cos 25^\circ = 3,4944; \\
x_5 &= (12,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \cos 31,3274^\circ = 4,3450; \\
y_i &= (r_y \sin \mu_i - 0,5b_{пасч}) \sin \mu_i; \\
y_0 &= (12,65 \cdot \sin 3,3767^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \sin 3,3767^\circ = -0,0439; \\
y_1 &= (12,65 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \sin 10^\circ = 0,1226; \\
y_2 &= (12,65 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \sin 15^\circ = 0,4616; \\
y_3 &= (12,65 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \sin 20^\circ = 0,9700; \\
y_4 &= (12,65 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \sin 25^\circ = 1,6295; \\
y_5 &= (12,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 2,981) \sin 31,3274^\circ = 2,6447.
\end{aligned}
\tag{21}$$

Найдем координаты X_i точек профиля зуба фрезы

$$\begin{aligned}
X_i &= r_y \left(\frac{\pi}{180} \mu_i - \arcsin \frac{b_{пасч}}{2r_y} \right) - \left(r_y \sin \mu_i - \frac{b_{пасч}}{2} \right) \cos \mu_i; \\
X_0 &= 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 3,3767^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 3,3767^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 3,3767^\circ = -0,0558; \\
X_1 &= 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 10^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 10^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 10^\circ = -0,0333; \\
X_2 &= 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 15^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 15^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 15^\circ = 0,0600; \\
X_3 &= 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 20^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 20^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 20^\circ = 0,2806; \\
X_4 &= 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 25^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 25^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 25^\circ = 0,4838; \\
X_5 &= 12,65 \left(\frac{\pi}{180} 31,3274^\circ - \arcsin \frac{2,981}{2 \cdot 12,65} \right) - \left(12,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - \frac{2,981}{2} \right) \cos 31,3274^\circ = 1,3936.
\end{aligned}$$

Для всех других точек профиля:

$$\begin{aligned}
\bar{X}_i &= X_i - X_0; \\
\bar{X}_1 &= -0,0333 - (-0,0558) = 0,0225; \\
\bar{X}_2 &= 0,0600 + 0,0558 = 0,1158; \\
\bar{X}_3 &= 0,2806 + 0,0558 = 0,3364; \\
\bar{X}_4 &= 0,4838 + 0,0558 = 0,5396; \\
\bar{X}_5 &= 1,3936 + 0,0558 = 1,4494; \\
\bar{Y}_i &= Y_i - Y_0; \\
\bar{Y}_1 &= 0,1226 - (-0,0439) = 0,1665 \\
\bar{Y}_2 &= 0,4616 + 0,0439 = 0,5055 \\
\bar{Y}_3 &= 0,9700 + 0,0439 = 1,0139 \\
\bar{Y}_4 &= 1,6295 + 0,0439 = 1,6734 \\
\bar{Y}_5 &= 2,6447 + 0,0439 = 2,6886.
\end{aligned}$$

$$\begin{cases} (0 - x_c)^2 + (0 - y_c)^2 = \rho^2 \\ (0,1158 - x_c)^2 + (0,5055 - y_c)^2 = \rho^2 \\ (0,5396 - x_c)^2 + (1,6734 - y_c)^2 = \rho^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\ 0,1158^2 - 2 \cdot 0,1158 \cdot x_c + 0,5055^2 - 2 \cdot 0,5055 \cdot y_c = 0 \\ 0,5396^2 - 2 \cdot 0,5396 \cdot x_c + 1,6734^2 - 2 \cdot 1,6734 \cdot y_c = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\ 0,2689 - 0,2316 \cdot x_c - 1,011 \cdot y_c = 0 \\ 3,0914 - 1,0792 \cdot x_c - 3,3468 \cdot y_c = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
x_c &= 7,0418 \\
y_c &= -1,3472 \\
\rho &= 7,1695
\end{aligned}$$

4.3 Определение параметров зуба фрезы.

Высота ножки зуба (мм)

$$H_f = 0,5D_{расч} - r_{\psi} + q = 0,5 \cdot 25,4 - 12,65 + 0,1 = 0,15. \quad [21] \quad (28)$$

Высота головки зуба (мм)

$$H_a = r_{\text{ц}} - 0,5d_1 = 12,65 - 0,5 \cdot 18,5 = 3,4. \quad (29)$$

Радиус окружности (мм)

$$r_{\text{II}} = 0,5\sqrt{d_1^2 + (2 \cdot r_{\text{ц}} \cdot \sin \mu_{\text{II}} - b_{\text{расч}})^2 \cdot \cos^2 \mu_{\text{II}}}. \quad [21] \quad (30)$$

$$r_{\text{II}} = 0,5\sqrt{18,5^2 + (2 \cdot 12,65 \cdot \sin 31,3274^\circ - 2,981)^2 \cdot \cos^2 31,3274^\circ} = 10,2200.$$

Полная высота зуба фрезы (мм)

$$H = H_a + H_f = 3,4 + 0,15 = 3,55. \quad (31)$$

Толщина зуба по линии центроиды (мм)

$$S_n = \frac{2\pi}{z} r_{\text{ц}} - b_{\text{расч}} = \frac{2\pi}{10} 12,65 - 2,981 = 4,9670. \quad (32)$$

$$S_x = S_n - 2(x_c - \rho \cos \beta_x). \quad (33)$$

$$S_{x1} = 8,44 - 2(8,1724 - 8,4862 \cdot \cos 28,7507^\circ) = 6,9753$$

$$S_{x2} = 8,44 - 2(8,1724 - 8,4862 \cdot \cos 23,3908^\circ) = 7,6729$$

где

$$\beta_x = \arcsin \frac{|y_c| + h_x}{\rho} = \arcsin \frac{1,3472 + 3,4}{7,1695} = 41,4602^\circ. \quad (34)$$

при *при* $h_x = H_a$

$$\beta_x = \arcsin \frac{|y_c| + h_x}{\rho} = \arcsin \frac{3,1924 + 3,3527}{16,4862} = 23,3908^\circ$$

при *при* $h_x = (D_{\text{расч}} - d_{\text{расч}})/2 = (25,4 - 20,795)/2 = 2,3025$

Нормальный шаг профиля зубьев (мм)

$$t_n = \frac{2\pi \cdot r_{\text{ц}}}{z} = \frac{2\pi \cdot 12,65}{10} = 7,9480.$$

Чертеж фрезы представлен в графической части.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Описание технического объекта.

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

Участок содержит один центrovально-подрезной станок модели 2А911-1, четыре токарных станка с ЧПУ СА500СФ3К, один шлицефрезерный станок с ЧПУ 5А352ПФ2, один зубофрезерный станок модели 525, один центрошлифовальный станок 3922, два круглошлифовальных станка с ЧПУ КШ-400.2, один зубопритирочный станок 5736 и один резьбошлифовальный станок с ЧПУ ВЗ-678Ф4.

Перечисленное оборудование осуществляет механическую обработку производимой на участке детали.

В работе предлагается заменить станочное приспособление на центrovально-подрезной операции 005 работающее от ручного привода автоматизированным. Автоматизация работы станочных приспособлений позволит уменьшить работы станочников, связанные с вращением механизмов для зажима-разжима заготовки, что приведет с одной стороны к сокращению времени на установку и снятие заготовки в оборудовании, а с другой стороны снизит риски получения станочниками производственных травм на рабочем месте.

5.2 Описание предлагаемых мероприятий по безопасности и экологичности.

Автоматизация технологических процессов также является одной из приоритетных направлений развития машиностроения в стране.

Автоматизация со стороны охраны труда рассмотрения объекта является полезным усовершенствованием. Ведь это снижает риски получения рабочими травм, связанных с ручным приведением в действие станочной оснастки, в частности специального приспособления для токарной обработки заготовки. Для закрепления заготовки необходимо вставить ключ в приспособление, закрутить по часовой стрелке до упора, что приведет к движению прижима к заготовке, при этом происходит её закрепление. После проведения обработки необходимо раскрепить заготовку. При этом необходимо вставить ключ в механизм приспособления и прокрутить ключ на несколько оборотов против часовой стрелки, что приведет к движению кулачков приспособления от поверхности заготовки, и она разожмется в приспособлении.

Данные действия предлагается исключить путем автоматизации приспособления. При этом теперь станочник должен нажать на кнопку и приспособление при помощи автоматизированного привода проведет раскрепление и раскрепление заготовки. Остаются только действия по вставке заготовки перед обработкой до упора и снятие ее после обработки.

«Решение вопросов обеспечения безопасности промышленной продукции заключается в разработке, принятии и применении документов, устанавливающих требования к объектам технического регулирования. Таковыми являются следующие документы: декларация о соответствии, подтверждение соответствия, сертификат соответствия, стандарт, технический регламент, свод правил и т.д. Одной из основных проблем промышленной продукции, определяющей безопасность при использовании, эксплуатации и т.д., является ее качество. Качество продукции по мере развития научно-технического прогресса все в большей степени зависит от уровня технологии и определяется рядом таких факторов, как механизация и автоматизация технологических процессов, их непрерывность, качество исходных материалов, организация труда, требование техники безопасности и охраны труда на производстве. Недопустимо повышение качества

продукции за счет гигиенических, экологических, эстетических и других условий производства». [18]

Автоматизацией работы станочного приспособления мы уменьшили движения рабочих и, таким образом, улучшили условия работы.

Высокая температура обрабатываемых изделий и инструмента, получаемая при изготовлении деталей уменьшается подачей в зону обработки смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) [9], эти уменьшаются риски воздействия высоких температур на рабочих-операторов станков. Попадание СОЖ на кожу операторов станков исключается применением в конструкции станков защитных экранов. Также при открытии и закрытии зоны резания операторами необходимо надевать защитные очки [4].

Воздействие электрического тока и статического электричества практически исключается применением резиновых ковриков [7] на рабочем месте операторов станков. При этом также необходимо выполнить заземление от станин станков.

Также в систему управления предприятием предлагается внедрить единую системы безопасности труда.

«Необходимость внедрения ЕСУОТ и ПБ диктуется в том числе и экономическими соображениями – в условиях рыночной экономики вопросы охраны труда оказываются неразрывно связанными с вопросами финансово-экономической деятельности». [12]

В результате разработки данного раздела нами предложены мероприятия, которые способствуют увеличению безопасности и экологичности на механическом участке обработке детали «вал-шестерня привода транспортера». При внедрении в производство предложенных мероприятий сократиться производственный травматизм, улучшится экологическая ситуация на рабочих местах.

5 Экономическая эффективность работы

При написании бакалаврской работы было предложено изменить оснастку на операции 005 (центровально-подрезная). Это изменение привело к сокращению трудоемкости выполнения операции, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, это предстоит подтвердить еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках данного раздела бакалаврской работы.

Все необходимые технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операции 005, 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)» [16].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 29 097,41 рублей.

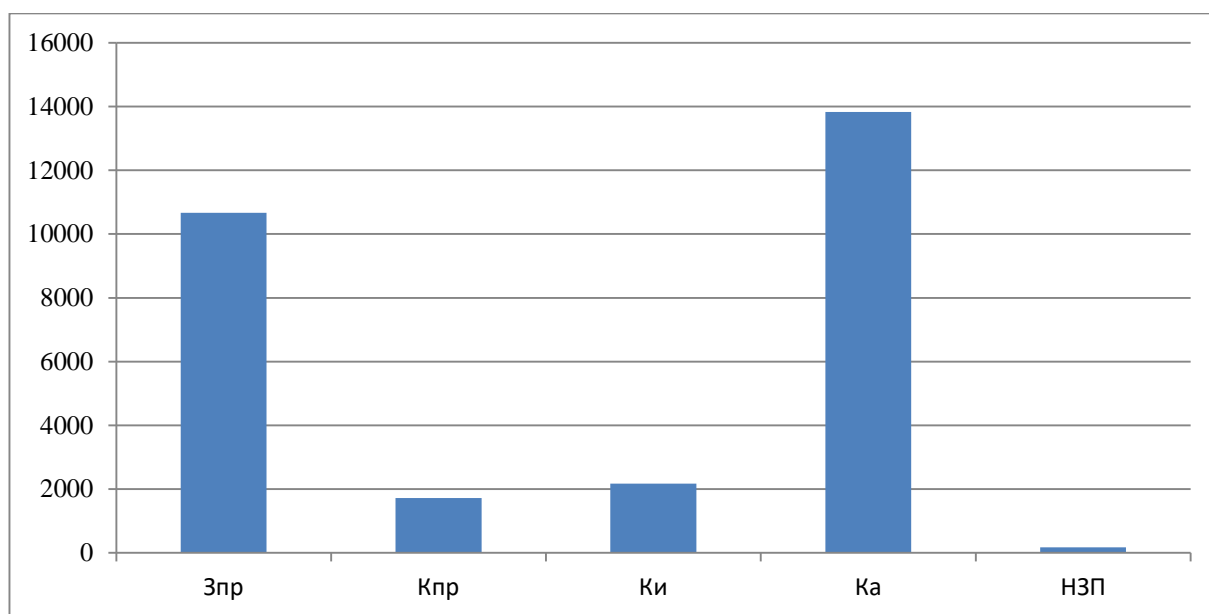


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя представленные на рисунке 6 данные, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты на управляющую программу (K_A), величина которых составляет 49,83 %, далее идут затраты на проектирование ($Z_{ПР}$), с объемом затрат 36,22 % от всей величины капитальных вложений. Следующие, по величине, это затраты на инструмент ($K_{И}$), с долей в общей объеме, равной 7,86 %. Четвертыми, являются затраты на приспособление ($K_{ПР}$), они составляют 6,09 %. И самой незначительной, является величина незавершенного производства ($НЗП$), т. к. она составляет всего 0,71 % от всей величины капитальных вложений.

На рисунке 7 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «вал-шестерня привода

транспортера», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

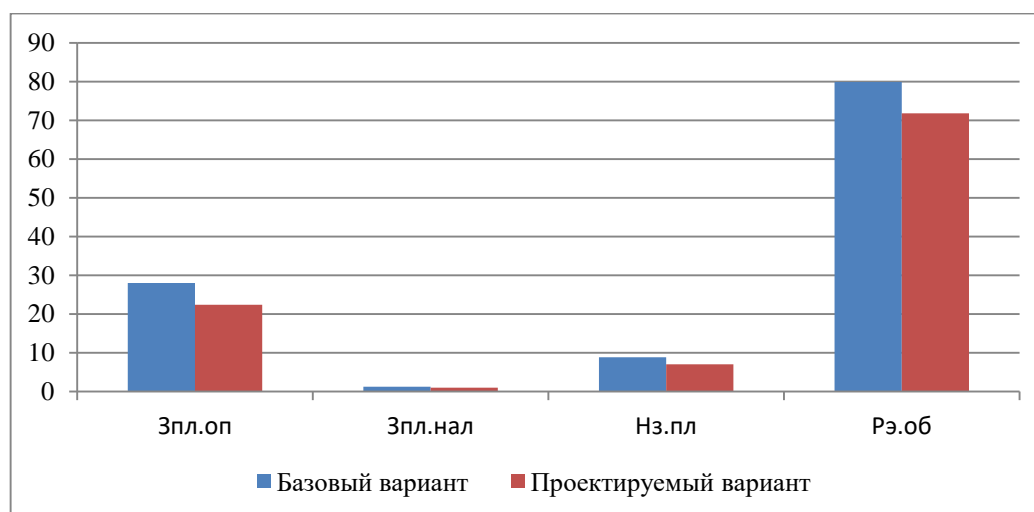


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «вал-шестерня привода транспортера», по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 7, значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, т. к. в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения, а при определении разницы в себестоимости между вариантами она не окажет влияния.

Анализируя диаграмму на рисунке 7, видно, что две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 69,72 % для базового варианта и 72,20 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости;

- заработная плата оператора ($Z_{пл.оп}$), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе центровально-подрезного станка, доля которой составляет 24,46 % для базового варианта и 22,58 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «вал-шестерня привода транспортера» по операции 005 технологического процесса, представлены на рисунке 8.

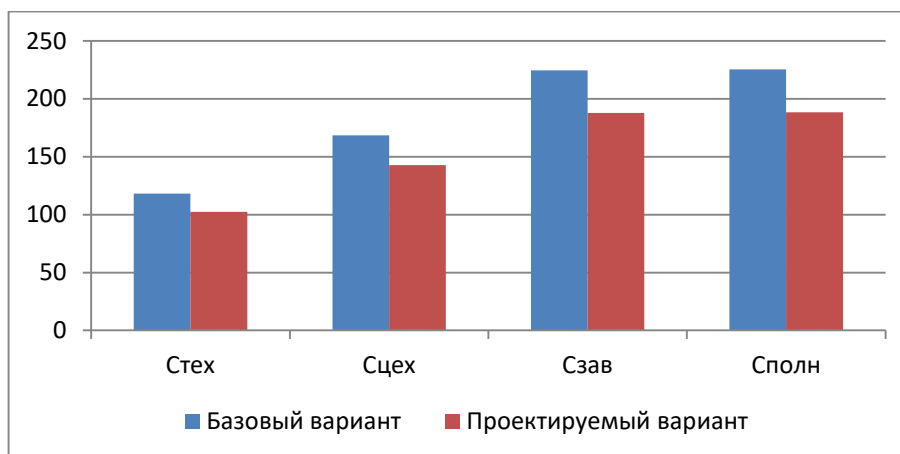


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 8, значение полной себестоимости ($C_{полн}$) для базового варианта составило 231,85 рублей, а для проектируемого варианта – 193,76 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 29 397,38 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является допустимым для совершенствования технологического процесса. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 5 011,05 рублей со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,15 рубля.

Заключение

В результате проделанной работы нами разработан прогрессивный технологический процесс изготовления вала-шестерни привода транспортера.

В первой части работы проведен анализ назначения детали «вал-шестерня привода транспортера», проанализировано назначение каждой из поверхностей, рассмотрен вопрос о химическом составе материала, из которого изготавливается вал-шестерня, а также о его свойствах. Также предлагаются несколько вариантов изготовления заготовки для детали.

Во второй части работы проведен технико-экономический расчет двух вариантов получения заготовки, определен тип машиностроительного производства для изготовления детали и описываются его характеристики, выполнен выбор методов обработки каждой поверхности детали, составлен план изготовления вала-шестерни, рассчитаны припуски на одну из поверхностей, определены режимы резания на некоторые технологические операции.

В третьей части работы рассчитано и спроектировано специальное станочное приспособление с призмами для центровально-подрезной операции, имеющий автоматизированный привод.

В четвертой части работы для обработки шлиц детали спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент – червячная фреза.

В работе выполнен раздел по безопасности и экологичности, где проработаны рекомендации по совершенствованию условий труда на участке механической обработки.

В завершении работы выполнен экономический расчет, показывающий эффективность модернизации базового техпроцесса изготовления вала-шестерни.

Список используемой литературы

1. Базаров, Б.М. Основы технологии машиностроения : Учебник / Б.М.Базаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 683 с.
2. 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.
3. 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.
4. ГОСТ 12.4.253-2013. Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования. – 39 с.
5. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 8 с.
6. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
7. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
8. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски, кузнечные напуски. – 36 с.
9. ГОСТ Р 50558-93. Промышленная чистота. Жидкости смазочно-охлаждающие. Общие технические требования. – 12 с.
10. 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.
11. Зубарев, Ю.М. Введение в инженерную деятельность. Машиностроение : учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 232 с.

12. Иванов, Н.И. Безопасность технологических процессов и производств : учебник / под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына и Л.Ф.Дроздовой. – Логос, 2020. – 612 с.
13. Киселев, Б.Р. Ленточные конвейеры обрабатывающей промышленности : учебник / Б.Р. Киселев. – СПб. : Лань, 2020. – 212 с.
14. 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.
15. Кондаков, А.И. Выбор заготовок в машиностроении : справочник / А.И. Кондаков, А.С. Васильев. – М. : Машиностроение, 2007. – 560 с.
16. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
17. Мерданов, Ш.М. Технология машиностроения : учебник / Ш.М.Мерданов, В.В. Шефер. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 354 с.
18. Ниметулаева Г.Ш. Безопасность промышленной продукции : Учебное пособие / Г.Ш. Ниметулаева, Э.М. Люманов, М.Ф. Добролюбова. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 124 с.
19. Погонин, А.А. Технология машиностроения : Учебник / А.А.Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 530.
20. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В. Барановский, Л.А.Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
21. Резников, Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : учеб. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти, Изд-во ИГУ, 2016. – 208 с.
22. 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.

23. Трусов, А.Н. Проектирование автоматизированных технологических процессов : учеб. пособие / А.Н. Трусов; КузГТУ. – Кемерово, 2015. – 136 с.

