

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 прокатного стана

Обучающийся	<u>М.В. Мурахтина</u> (Инициалы Фамилия) _____ (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)
	<u>И.В. Резникова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни прокатного стана.

Автор: Мурахтина Мария Валерьевна.

В выпускной работе рассмотрен вопрос изготовления вала-шестерни прокатного стана. Спроектирован технологический процесс изготовления этой детали.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, описано, что такое прокатный стан, в состав которого входит деталь – вал-шестерня, проанализирована конструкция детали и выполнен вывод о довольно высокой технологичности конструкции, также проведен анализ материала, из которого изготавливается деталь.

Из данных преддипломной практики выполнен выбор типа машиностроительного производства, а также описаны характеристики выбранного типа производства. Исходя из конструкции детали и типа машиностроительного производства, проведен технико-экономический расчет наиболее выгодного метода получения заготовки, а также выбраны методы обработки каждой поверхности детали.

На самую точную поверхность в работе проведен расчет припусков. Также рассчитаны режимы резания на такие операции техпроцесса, которые были модернизированы в базовом технологическом процессе.

На одну технологическую операцию спроектировано станочное приспособление.

В работе спроектирован режущий инструмент, применяемый в разработанном технологическом процессе.

Работа содержит разделы по анализу безопасности и экологичности технического объекта и по экономическому расчету.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	7
1.3 Классификация поверхностей детали.....	7
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	9
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	12
2.5 Расчёт припусков.....	14
2.6 Расчет режимов резания.....	17
3 Проектирование приспособления.....	22
3.1 Общие сведения.....	22
3.2 Исходные данные.....	23
3.3 Силовой расчет.....	24
4 Проектирование режущего инструмента.....	27
4.1 Основные сведения.....	27
4.2 Исходные данные.....	28
4.3 Проектирование концевой фрезы.....	28
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	31
6 Экономическая эффективность работы.....	36
Заключение.....	41
Список используемой литературы.....	42
Приложение А Технологическая документация.....	45

Введение

Важной частью современного машиностроения являются заготовительные производства. Заготовительные производства призваны придавать конструкционному материалу форму, которая максимально была бы приближена к форме готовой детали, а также имела минимальное количество возможных дефектов в материале.

Прокатный стан является комплексом для формирования заготовок типа прокат. Этот большой комплекс, который имеет валки для деформации металла и изготовления круглого или листового проката, а также всевозможных труб. Прокатные станы бывают двухвалковые, трехвалковые, четырехвалковые и многовалковые. В состав прокатных станов также входят различные механизмы и оборудование для выполнения вспомогательных операций при производстве.

Прокатные станы чаще всего имеют станину, но в последнее время современные компоновки станов могут для минимизации металлоемкости не иметь станины и состоять из, так называемых, бесстанинных предварительно напряженных клеток (ПНК).

Важной составляющей прокатного стана является его привод, который представляет собой электромеханическую сложную систему, которая может состоять из множества звеньев, таких как электродвигатель, всевозможные шестерни, валы и так далее.

Вал-шестерня является составляющей частью электромеханического привода прокатного стана. Она имеет два шевронных (косозубых разнонаправленных) зубчатых венца. Деталь воспринимает вращательный момент стенками шпоночных пазов и передает вращение зубчатыми венцами.

Целью работы является разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни прокатного стана заданного качества с минимальными затратами на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«Современный прокатный стан – это комплекс машин и механизмов, предназначенный для осуществления прокатки металла и его дальнейшей обработки. В состав оборудования прокатного стана входят энергетические, подъемно-транспортные, информационные и технологические машины. Листопрокатное, сортопрокатное, трубoproкатное и деталепрокатное технологическое оборудование подразделяют на основное и вспомогательное». [1]

«Основное оборудование прокатного стана предназначено для выполнения главной операции – деформации металла между вращающимися валками. По числу валков различают двухвалковые (дуо), трехвалковые (трио), четырехвалковые (кватро) и многовалковые станы, которые могут быть реверсивными и нереверсивными». [1]

«Вспомогательное оборудование составляют машины и агрегаты для выполнения вспомогательных операций, таких как: нагрев заготовки, ее транспортировка к рабочей клетки, кантовка, уборка заготовки после прокатки, резка на мерные длины, охлаждение, правка, сматывание в бунты или рулоны, отделка, термическая обработка, маркировка и клеймение, упаковка и подача на склад готовой продукции». [1]

«Линия, по которой располагают основное оборудование, называется главной линией прокатного стана. Главную линию одноклетьевого стана образует одна рабочая клетка с приводом прокатных валков. Главную линию многоклетьевого стана образуют несколько расположенных в определенном порядке рабочих клеток. В зависимости от расположения рабочих клеток различают линейные, последовательные, непрерывные и полунепрерывные станы». [1]

Одноклетьевого прокатный стан представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Прокатный стан

«Электропривод рабочих валков представляет собой электромеханическую систему, состоящую из электродвигателей, механических передач и систем управления ими. Различают индивидуальные и групповые электроприводы. Под групповым понимают такой электропривод, при котором все валки приводятся в движение от одного электродвигателя. Для вращения рабочих валков прокатных станков кроме электрических применяют гидравлические приводы; лишь небольшие прокатные станы приводятся во вращение вручную». [1]

1.2 Назначение и условия работы детали

Вал-шестерня является составляющей частью электромеханического привода прокатного стана. Она имеет два шевронных (косозубых разнонаправленных) зубчатых венца. Деталь воспринимает вращательный момент стенками шпоночных пазов и передает вращение зубчатыми венцами.

1.3 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности вала-шестерни прокатного стана и представим это на рисунке 2.

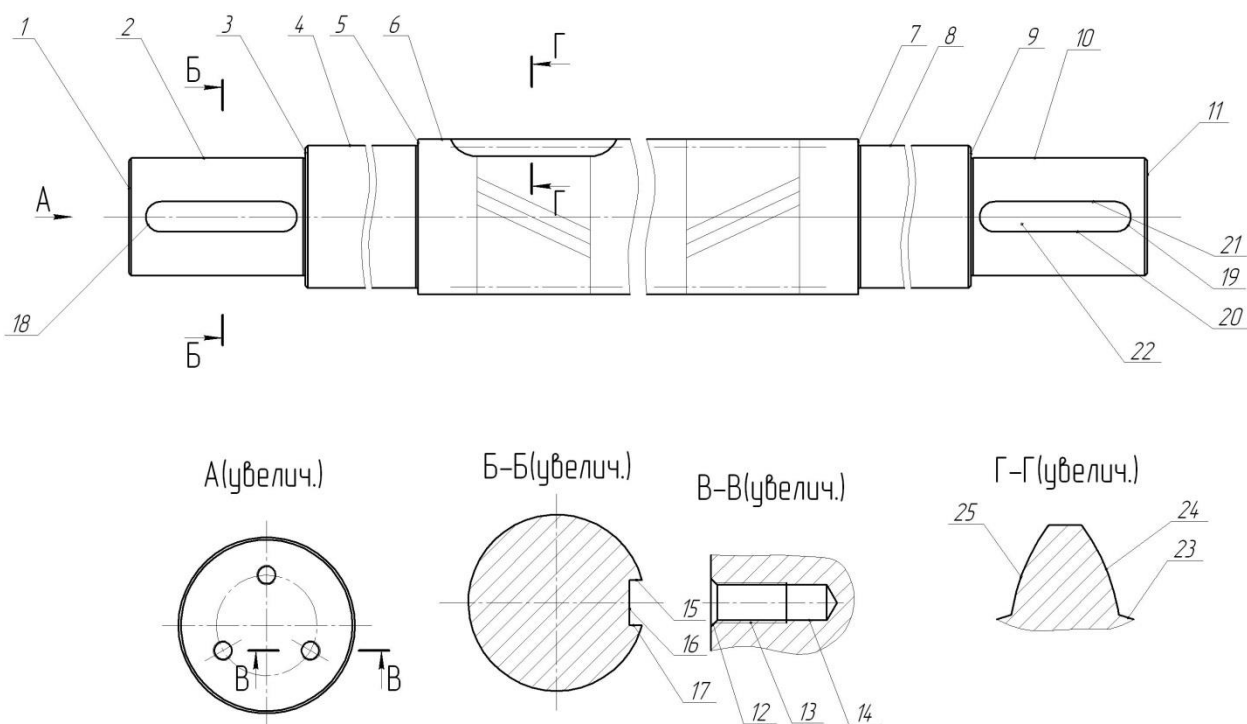


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями вала-шестерни прокатного стана являются поверхности 20, 21, 24, 25.

Основными конструкторскими базами вала-шестерни прокатного стана являются поверхности 4, 5 и 8.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни прокатного стана являются поверхности 1, 2, 10, 11, 13, 16.

Остальные поверхности – свободные.

1.4 Анализ требований к поверхностям детали

Вал-шестерня прокатного стана выполнена из конструкционной стали 38ХНЗМФА ГОСТ 4543-2016 [2], которая содержит кроме железа (Fe) около 0,38% углерода, около 1% хрома, около 3% никеля, около 1% молибдена и около 1% ванадия.

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

Таблица 1 - Свойства стали 38ХНЗМФА

НВ	σ_B	σ_T
не более	МПа	МПа
311	1180	1080

«Легированными называют стали, содержащие одновременно с углеродом и другие легирующие элементы для получения требуемых свойств. Задача легирования сталей заключается в увеличении прокаливаемости, повышении прочности, получении особых физико-химических свойств». [3]

Конструкция вала-шестерни довольно технологична. Имеются канавки для выхода инструментов. В конструкции нет труднодоступных для измерения и обработки поверхностей.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«В зависимости от программы выпуска изделий и характеристик изготовленной продукции различают три типа производств в соответствии с ГОСТ 14.004-83: единичное, серийное и массовое. Программа выпуска – перечень изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска по каждому наименованию. Объем выпуска – количество изделий, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием за определенный промежуток времени». [4]

«Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска. Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени». [4]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m = 310$ кг и годовая программа $N = 1000$ деталей. Исходя из этих параметров [4], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Характеристика серийного производства: часть оборудования и оснастки – универсального назначения; оборудование расположено в последовательности технологического процесса обработки для групп деталей, требующих одинакового их порядка; частично соблюдается принцип взаимозаменяемости при сборке; заготовки обрабатываются

партиями; техническая документация и нормирование разрабатываются подробно только для сложных и ответственных изделий". [4]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«В процессе изготовления деталей возникает необходимость изменять размеры, форму, а в некоторых случаях и физико-механические свойства первоначально выбранной заготовки. Эти изменения достигаются различными способами обработки: правкой, резкой, вырубкой, гибкой, вальцовкой, обкаткой, вытяжкой, формированием, механической и тепловой обработкой». [4]

«Резкой, вырубкой и механической обработкой изменяют размеры заготовки. Правка, гибка, вальцовка, обкатка, вытяжка, формирование позволяют изменять форму заготовки, не уменьшая ее объема. Тепловая обработка применяется для улучшения физико-механических свойств материала». [4]

«Выбор способа обработки зависит от свойств обрабатываемого материала, требований к качеству поверхностей, а также от наличия на предприятии оборудования». [4]

При штамповке масса заготовки будет равна 335 кг, а при прокате ($\emptyset 190 \times 1730$) 388 кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке (руб./кг).

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

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [5]

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой (руб.).

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

где $C_{ум} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_M = 1,0; k_n = 1,0$. [5]

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой (руб.).

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

где $Q_{ум} = 335; q = 310$;

$$C_{отх} = 0,0144. [5]$$

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 335 + 0,6578(335 - 310) - (335 - 310)0,0144 = 97,4824$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом (руб.).

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

где $Q_{пр} = 388; q = 310$;

$$C_{отх} = 0,0144. [5]$$

$$C_{ми} = 0,1219 \cdot 388 + 0,6578(388 - 310) - 0,0144(388 - 310) = 107,0375 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (5)$$

$$K_{им} = \frac{310}{335} = 0,93.$$

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Технологический маршрут – последовательность (план и порядок) обработки изделия. Рассматривают маршрут обработки отдельных поверхностей детали и маршрут изготовления детали (или обработки заготовки) в целом. Исходными данными для составления маршрутов обработки отдельных поверхностей служат чертежи и технические требования к деталям и заготовкам, а также сведения о производственно-технических возможностях и организационных условиях. По заданным качеству точности и шероховатости данной поверхности и с учетом размера, массы и формы детали выбирают возможные методы окончательной обработки. Зная вид заготовки, таким же образом выбирают первый начальный метод маршрута. Базируясь на завершающий и первый методы обработки, устанавливают промежуточные. При этом придерживаются следующего правила: каждый последующий способы обработки должен быть точнее предыдущего. Это значит, что каждая очередная операция, переход или рабочий ход должны выполняться с меньшим технологическим допуском, обеспечивать повышение качества и снижение шероховатости обрабатываемой поверхности». [6]

«При определении количества промежуточных операций исходят из технических возможностях выбираемых методов обработки с точки зрения достигаемых экономической точности и качества поверхностей. Технологический допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученные на предшествующем этапе обработки, должны находится в пределах, при которых можно использовать намеченный последующий метод обработки». [6]

В результате анализа формы поверхностей 1, 3, 9, 11, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и получистовое точение.

В результате анализа формы поверхностей 2, 4, 8, 10, их точности (IT 6) и шероховатости (Ra 1,25) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое, получистовое и тонкое точение.

В результате анализа формы поверхностей 5, 7, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 2,5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и получистовое точение.

В результате анализа формы поверхности 6, ее точности (IT 8) и шероховатости (Ra 5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и получистовое и чистовое точение.

В результате анализа формы поверхности 12, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: зенкерование.

В результате анализа формы поверхности 13, ее точности (IT 10) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: сверление, резбонарезание.

В результате анализа формы поверхности 14, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: сверление.

В результате анализа формы поверхностей 15, 17, 20, 21, их точности (IT 9) и шероховатости (Ra 5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерование.

В результате анализа формы поверхности 16, ее точности (IT 11) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерование.

В результате анализа формы поверхностей 18, 19, 22, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерование.

В результате анализа формы поверхности 23, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: зубофрезерование.

В результате анализа формы поверхностей 24, 25, их точности (IT 8) и шероховатости (Ra 5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: зубофрезерование.

2.5 Расчет припусков

«Припуск на механическую обработку – это слой металла, удаляемый с поверхности заготовки с целью получения требуемых по чертежу формы и размеров детали. Припуски назначают не только на те поверхности, требуемые форма и точность размеров которых не могут быть достигнуты принятым способом получения заготовки. Припуски делят на общие и операционные. Общий припуск на обработку – это слой металла, необходимый для выполнения всех необходимых технологических операций, совершаемых над данной поверхностью. Операционный припуск - это слой металла, удаляемый при выполнении одной технологической операции. Припуск измеряется по нормали к рассматриваемой поверхности и равен сумме операционных припусков».

[7]

Расчетно-аналитическим методом проведем расчет припусков для обработки поверхности 2, параметрами которой $\varnothing 170k6^{(+0,028)}_{(+0,003)}$, $L = 23$ мм, $Ra = 1,25$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 4,0 = 1,000.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,400 = 0,100.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,160 = 0,040.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,063 = 0,016.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{1,000^2 + 0,025^2} = 1,412.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,100^2 + 0} = 0,300.$$

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

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,038.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,412 + 0,5(4,0 + 0,400) = 3,612.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,300 + 0,5(0,400 + 0,100) = 0,550.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,100 + 0,063) = 0,207.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,038 + 0,5(0,063 + 0,025) = 0,082.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 170,003.$$

$$d_{4\max} = 170,028.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 170,028 + 2 \cdot 0,038 = 170,104.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 170,104 + 0,025 = 170,129.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 170,129 + 2 \cdot 0,125 = 170,379.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 170,379 + 0,160 = 170,539.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 170,539 \cdot 0,999 = 170,368.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 170,368 + 0,100 = 170,468.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 170,468 + 2 \cdot 0,300 = 170,068.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 171,068 + 0,400 = 171,468.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 171,468 + 2 \cdot 1,412 = 174,292.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 174,292 + 4,000 = 178,292.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{imax} + d_{imin}). \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(179,292 + 174,292) = 176,292.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(171,468 + 171,068) = 171,268.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(170,468 + 170,368) = 170,418.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(170,539 + 170,379) = 170,459.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(170,129 + 170,104) = 170,117.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(170,028 + 170,003) = 170,016.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

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

$$2Z_{\min} = 174,292 - 170,028 = 4,264.$$

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

$$2Z_{\max} = 4,264 + 4,0 + 0,025 = 8,289.$$

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

$$2Z_{cp} = 0,5(1,935 + 2,851) = 6,277.$$

Рассчитанные припуски будем использовать при проектировании технологических процессов обработки данной поверхности.

2.6 Расчет режимов резания

«В настоящее время в наукоемком машиностроении преобладают операции лезвийной обработки. Теоретические и экспериментальные исследования, а также производственный опыт показывают, что у технологов имеется большой арсенал средств и методов оптимального управления обработкой резанием: выбор наиболее эффективного инструментального материала для обработки конкретной заготовки; назначение оптимальных геометрических параметров инструмента; определение режимов резания, обеспечивающих на основе теоретических зависимостей точность и надежность обработки с учетом ограничений по параметрам качества поверхностного слоя; применение систем управления процесса обработки».

[9]

«Процессы обработки лезвийным инструментом сопровождаются достаточно сложными и разнообразными по своей природе физическими явлениями, точное математическое описание которых представляет собой довольно трудную задачу. Поэтому, назначение режимов механической обработки лезвийным инструментом, обеспечивающих необходимое

качество и эффективность операции, возможно лишь на основе теоретических и теоретико-экспериментальных зависимостей между основными технологическими параметрами, характеризующими процесс резания (режимами обработки, геометрией детали и инструмента и т. п.), и параметрами качества поверхностного слоя и точности обработки, имеющих, как правило, сложную математическую форму». [9]

2.6.1 Определение режимов резания на операцию 025.

Переход I.

Глубина резания $t = 0,5$. [10]

Подача $S = 0,3$. [10]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (13)$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 190$. [10]

$V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190$, м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 185,02} = 327 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (15)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 185,02 \cdot 315}{1000} = 183 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (16)$$

$$S = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (17)$$

$$T_0 = \frac{1310}{94,5} = 13,86 \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания $t = 0,2$. [13]

Подача $S = 0,3$. [13]

Скорость резания

$$V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 170} = 355,9 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170 \cdot 315}{1000} = 168 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{94,5} = 0,02 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 13.86 + 0.02 = 13.88 \text{ мин.}$$

«Погрешность обработки разделяется на две группы составляющих погрешности: независящих от процесса резания и обусловленных процессом резания (рисунок 3)». [9]

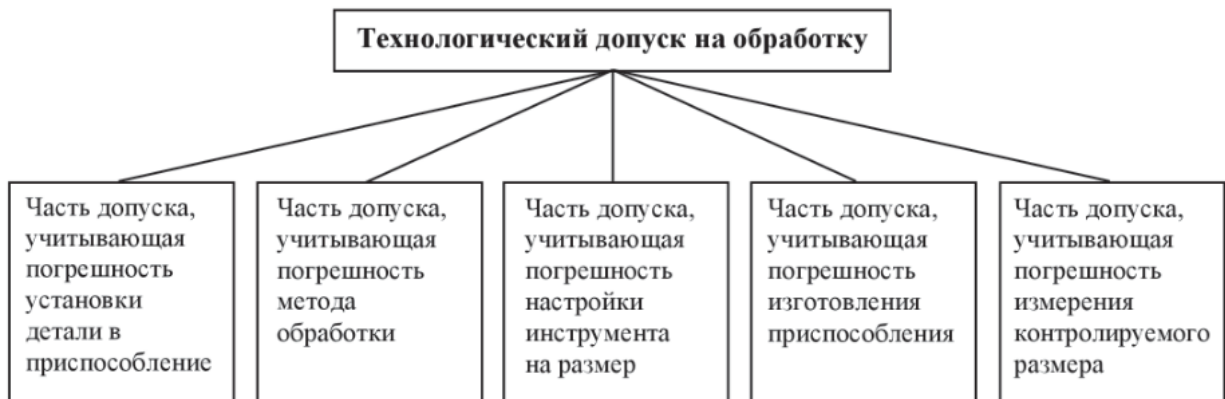


Рисунок 3 – Классификация составляющих погрешности

2.6.2 Определение режимов резания на операцию 040.

Глубина резания $t = 6$ мм. Число проходов 2. [10]

Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб.

Подача на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (18)$$

где $z = 4$ – число зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,1 \cdot 4 = 0,4, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}, \quad (19)$$

где $D = 36; C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 60$. [10]

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (20)$$

где $K_{MV} = 1,25$; $K_{UV} = 0,5$; $K_{LV} = 1,0$.

$$V = \frac{7,0 \cdot 36^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 6^0 \cdot 0,4^{0,7}} \cdot 0,625 = 15,1 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15,1}{3,14 \cdot 36} = 133,6, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 125 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 125}{1000} = 14,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,40 \cdot 125 = 62,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{px}}{S}, \quad (21)$$

где $n_{\text{отв}} = 2$; $L_{px} = 180$.

$$T_0 = \frac{2 \cdot 180 \cdot 2}{62,5} = 11,52 \text{ мин.}$$

Определены режимы резания на проектируемые операции технологического процесса изготовления вала-шестерни привода прокатного стана. Вносим рассчитанные данные в проектируемые чертежи технологических наладок и технологическую документацию, представленную в приложении А.

3 Проектирование приспособления

3.1 Общие сведения

«На станках токарной группы широко применяют универсальные безналадочные и наладочные приспособления. Детали типа тем вращения (фланцы, зубчатые колеса, стаканы, короткие валики и другие) устанавливают на универсальные трехкулачковые самоцентрирующие патроны. Токарные станки рекомендуется оснащать трехкулачковыми механизированными клиновыми патронами различных типоразмеров в зависимости от технологических возможностей применяемых станков. Все патроны оснащены быстропереналаживаемыми от эксцентрикового механизма сменными кулачками. Они обеспечивают центрирование заготовок самоцентрирующимися кулачками, а патроны ПЗКП – самоустановку кулачков по заготовке при обработке ее в центрах. Патроны быстро переналаживаются с одного вида (в патроне) на другой (в центрах). Зажим и разжим изделий в патронах производится от гидравлических, пневматических или электромеханических приводов, установленных на заднем конце шпинделей станков». [11]

«При обтачивании деталей $L = (10..15)D$, (где L – длина детали, D – ее диаметр) применяются люнеты, позволяющие устранить их прогиб и обеспечить высокую точность изготавливаемой детали при снятии стружки большого сечения. Люнеты бывают подвижные и неподвижные. Неподвижные люнеты (рисунок 4, а) крепятся на станине станка и применяются для установки валов различного диаметра, при работе на больших скоростях резания, а также для отрезания концов и подрезания торцов у длинных деталей при обдирочных работах. Подвижный люнет (рисунок 4, б) устанавливают и закрепляют на каретке суппорта для совместного с ним перемещения вдоль заготовки; следуя за резцом, он поддерживает ее в месте приложения силы резания». [12]

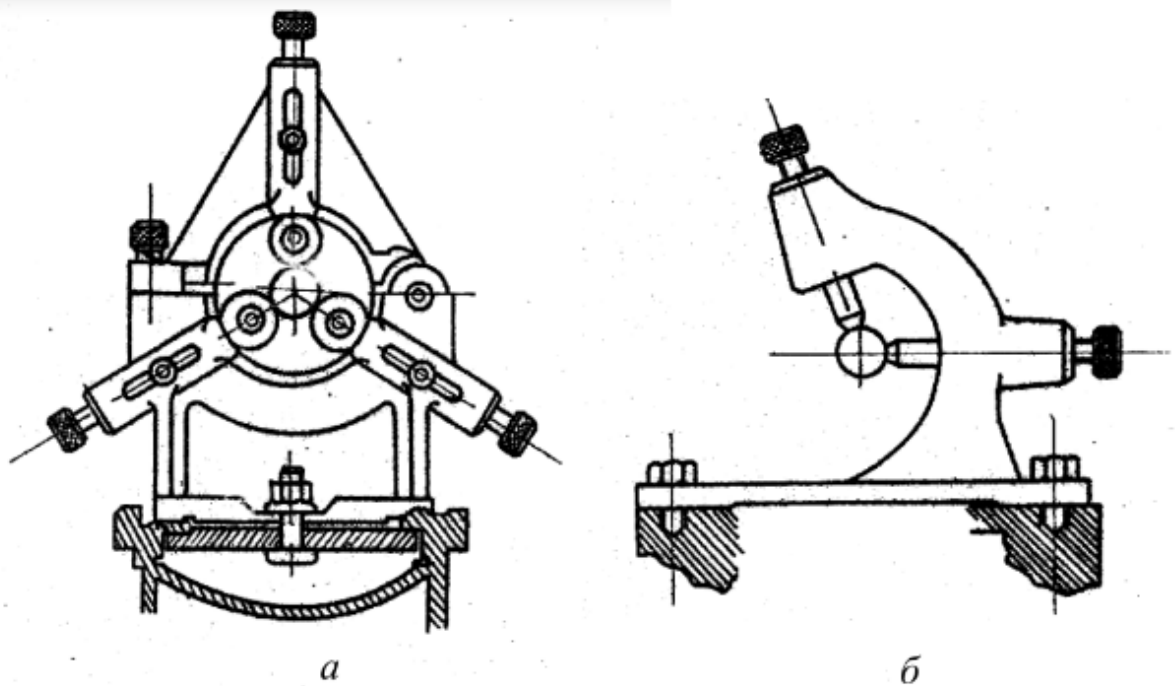


Рисунок 4 – Люнеты:
a – неподвижный, *б* - подвижный

«Центры применяют для установки заготовок на станине. Обычно применяют центр, имеющий рабочую часть с углом при вершине 60° , хвостовик с малой конусностью (конус Морзе от 1 до 6) и цилиндрическую часть, диаметр которой должен быть меньше наименьшего диаметра конуса хвостовика». [12]

3.2 Исходные данные

На токарной операции 025 заготовка фиксируется на токарном станке 16К30Ф3 в станочное приспособление, как показано на эскизе операции 025, представленной на рисунке 5.

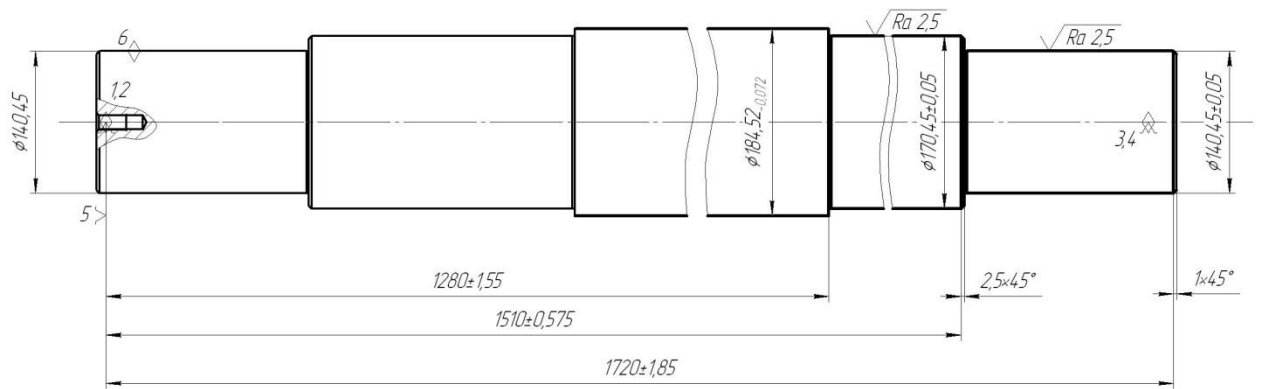


Рисунок 5 - Операционный эскиз

Задача этого раздела спроектировать данное токарное станочное приспособление.

3.3 Силовой расчет

Рассчитаем силы резания

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (22)$$

где для P_Y : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$; [13]

для P_Z : $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$; [13]

$$K_p = 0,9. [13]$$

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

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

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 183^{-0,15} \cdot 0,622 = 250,5, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 183^{-0,3} \cdot 0,845 = 119,3, \text{ Н.}$$

Вращательный момент от составляющей силы резания, которая стремится повернуть заготовку в кулачках, рассчитаем из зависимости

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2}. \quad (23)$$

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{250,5 \cdot 140,45}{2} = 17591, \text{ Н.}$$

Рассчитаем момент силы зажима, который будет препятствовать вышеуказанному моменту

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}, \quad (24)$$

где W – суммарное усилие кулачков;

f – коэффициент трения.

Найдем коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (25)$$

где $K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8$;

$$K_{p_y} = 2,52;$$

$$f = 0,3.$$

$$W = \frac{1,8 \cdot 250,5 \cdot 184,52}{0,3 \cdot 140,45} = 1975, \text{ Н.}$$

Осевая сила зажима кулачками

$$Q = \frac{W}{i_c}, \quad (26)$$

где $i_c = 2,5$, исходя из конструкции патрона.

$$Q = \frac{1975}{2,5} = 790, \text{ Н.}$$

«Любой объект, в котором используется газообразное вещество, можно отнести к газовым системам. Поскольку наиболее доступным газом является воздух, состоящий из смеси множества газов, то его широкое применение для выполнения различных процессов обусловлено самой природой. В переводе с греческого *pneumatikos* – воздушный, чем объясняется этимологическое происхождение названия пневматические системы. В технической литературе используется более краткий термин – пневматика, так же, как и гидравлика по отношению к жидкостным системам, а не только к водяным».

[23]

Диаметр поршня

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (27)$$

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{790}{0,4 \cdot 10^6}} = 159 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр поршня пневмоцилиндра $D = 160$ мм.

Чертеж станочного приспособления (токарного патрона) представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Основные сведения

«Наибольшее распространение для передачи крутящего момента в машиностроении получили призматические и сегментные шпонки. Шпоночные пазы для призматических шпонок могут быть сквозными (рисунок 6, а), закрытыми с одной стороны (рисунок 6, б), закрытыми с двух сторон, то есть глухими. Менее технологичными являются глухие шпоночные пазы. Предпочтительнее применение сквозных шпоночных пазов и закрытых с одной стороны с радиусным выходом». [14]

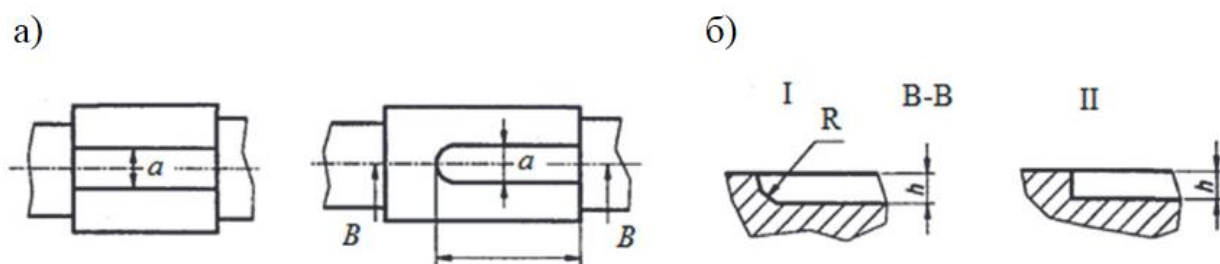


Рисунок 6 – Виды шпоночных пазов:

а – сквозные; б - закрытые

«При изготовлении шпоночных пазов необходимо решить ряд технологических задач, относящихся к требованиям по точности ширины паза, глубины паза, длины. Кроме этого необходимо обеспечить также симметричность расположения паза относительно оси шейки. Установка валов при обработке пазов обычно производится на призме или в центрах». [14]

«Закрытые пазы изготавливаются концевыми фрезами за один или несколько рабочих ходов. Фрезерование концевой фрезой за один рабочий ход производится следующим образом: вначале фреза при вертикальной

подаче проходит на полную глубину паза, а потом включается продольная подача, с которой шпоночный паз фрезеруется на полную длину». [14]

4.2 Исходные данные

Схема шпоночно-фрезерной техпроцесса изготовления вала-шестерни прокатного стана обработки приведена на рисунке 7.

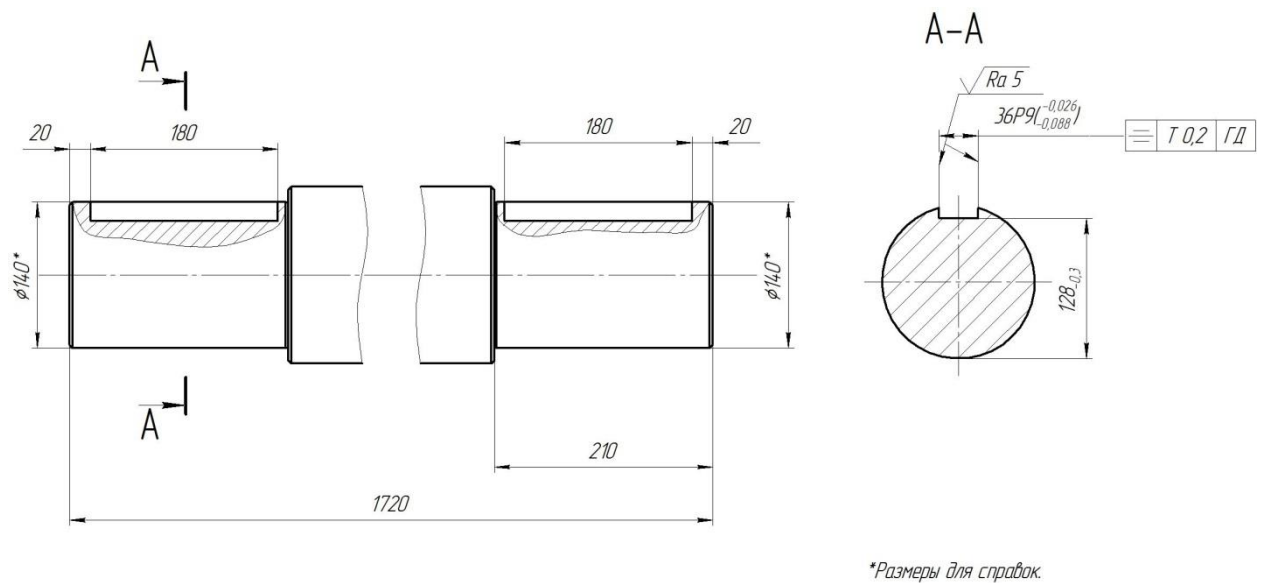


Рисунок 7 – Схема операции 030

Глубина обработки $t = 6$ мм.

4.3 Проектирование концевой фрезы

«Концевые фрезы (рисунок 8) применяются для обработки пазов в различных заготовках, контурных выемок, уступов, взаимно перпендикулярных плоскостей. Концевые в шпинделе станка крепятся коническим или цилиндрическим хвостовиком. У этих фрез основную работу резания выполняют главные режущие кромки, расположенные на

цилиндрической поверхности, а вспомогательные торцовые режущие кромки только зачищают дно канавки. Таким фрезы, как правило, изготавливаются с винтовыми или наклонными зубьями. Угол наклона зубьев доходит до 30...40°. Диаметр концевых фрез выбирают в зависимости от ширины канавки». [15]

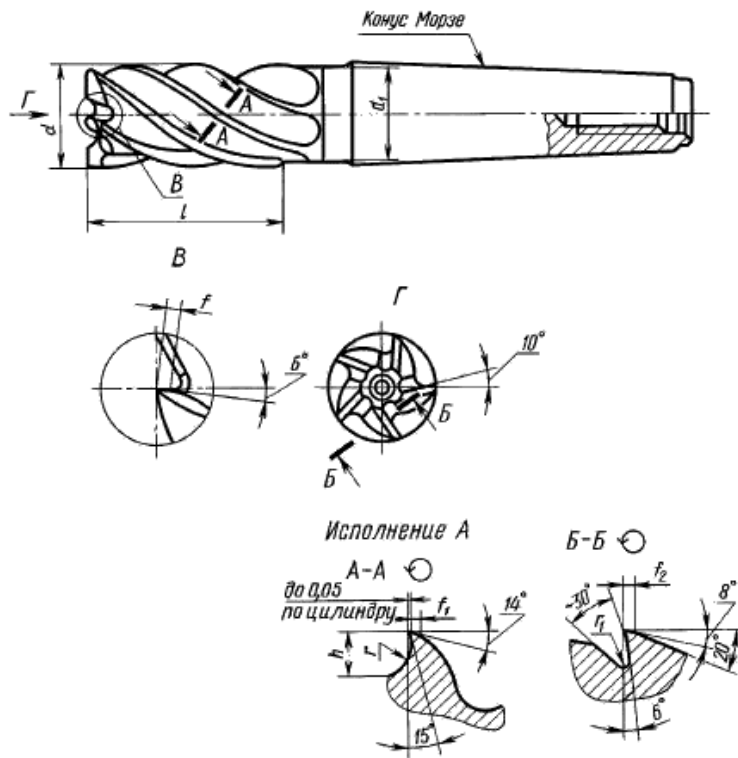


Рисунок 8 – Концевая фреза

Диаметр концевой фрезы примем равной ширине шпоночных пазов, то есть $d = 36$ мм.

Длина фрезы

$$L = l_1 + l + l_2, \quad (28)$$

где l_1, l_2 – соответственно длины режущей части и хвостовика;

l – длина шейки.

$$l_1 = 2d \quad (29)$$

$$l_1 = 2 \cdot 36 = 72 \text{ мм.}$$

$$l = 4\left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d}\right) \quad (30)$$

$$l = 4\left(\sqrt[4]{36} + \frac{12}{36}\right) \approx 11 \text{ мм.}$$

Общая длина фрезы

$$L = 72 + 11 + 109 = 192 \text{ мм.}$$

Число зубьев фрезы определим из соотношения

$$z = (0,1 \dots 1,3)d \geq 2 \dots 12 \quad (31)$$

В нашем случае

$$z = (0,1 \dots 1,3) \cdot 36 \geq 0,36 \dots 46,8$$

Примем $z = 4$.

Угол стружечной канавки примем $\omega = 30^\circ$.

Чертеж концевой фрезы представлен в графической части работы

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассматриваемым в данном разделе объектом является производственный участок по изготовлению вала-шестерни прокатного стана.

Данный участок по механической обработке содержит следующие металлорежущие станки: фрезерно-центровальный станок КС-400, четыре токарно-винторезных станка с ЧПУ модели 16К30Ф3, шлицефрезерный станок с ЧПУ 5А352ПФ2, зубофрезерный станок с ЧПУ 5320Ф4, центрошлифовальный станок ZSM 810, два торцевкруглошлифовальных станка с ЧПУ ХШ4-104Ф20, два круглошлифовальных станка с ЧПУ КШ-400.2 и зубошлифовальный станок 5В833

В базовом технологическом процессе изменились две операции 025 токарная и 030 шлицефрезерная, поэтому в данном разделе будем рассматривать только эти две операции, где необходимо оценить опасные и вредные производственные факторы.

«Безопасность условий на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ. При этом учитываются источники механических травм; определяется возможность получения электротравм; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта и так далее. Опасным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Вредным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности». [16]

При проведении токарных работ на рабочего, которым является оператор станка с числовым программным управлением, могут воздействовать следующие опасные производственные факторы. При

токарной обработке образуется стружка, которой оператор станка может повредить кожный покров. Во избежание этого, согласно [17], имеется специальный инструмент-крючок, которым оператор токарного станка убирает образовавшуюся стружку из специального лотка-накопителя стружки, имеющимся в комплектации токарного станка 16К30Ф3 (рисунок 9).



Рисунок 9 – Токарный станок с ЧПУ 16К30Ф3

Оператор крючком извлекает стружку, которая скопилась в специальном лотке токарного станка, а затем собирает эту стружку в специальном контейнере. Далее этот контейнер отправляется на специальное предприятие, где стружка сдается на утилизацию.

Еще одним опасным производственным фактором на токарной операции является попадание стружки в глаз оператора станка. Токарный станок 16К30Ф3 снабжен специальными ставнями, которые оператор закрывает при загрузке заготовки и закреплении ее в патроне. После этого оператор включает программу, по которой станок осуществляет механическую обработку заготовки по определенной программе. После

отработки программы оператор открывает ставни станка и выгружает обработанную заготовку.

Опасным производственным фактором при работе на шлицефрезерном станке 5А352ПФ2 (рисунок 10) является попадание стружки в глаз оператора станка. В связи с этим оператор станка при работе должен находиться на рабочем месте в специальных защитных очках [18]. При включенном станке рабочий должен надеть защитные очки, тогда случайного попадания в глаз стружки не произойдет.



Рисунок 10 – Шлицефрезерный станок с ЧПУ 5А352ПФ2

Вредным производственным фактором, как при токарной, так и при шлицефрезерной обработке является то, что возникают пары смазочно-охлаждающих технических средств, которые применяют при обработке. Для минимизации этого фактора необходимо установить рабочее место оператора станка должно быть оборудовано общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и соответствовать санитарным нормам [19].

«Электротравмы подразделяют на электрические удары и травмы. В первом случае поражается весь организм и особенно его внутренние органы. Во втором случае происходит местное поражение кожи, мышц и других

частей тела. В настоящее время установлено, что более уязвимым органом при прохождении тока через тело человека является сердце. При малых значениях тока может возникнуть фибрилляция (беспорядочное сокращение мышц) сердца. Поэтому особенно опасен для человека электрический удар, при котором нарушаются сердечная, дыхательная и мозговая деятельность». [20]

Для электробезопасности работы на токарном и шлицефрезерном станках необходимо выполнить изоляцию токопроводящих частей, защитное заземление металлорежущих станков. Заземление отключит работу станка в случае возникновения внештатной ситуации, связанной с резким изменением напряжения в сети. Защитному заземлению подвергают доступные для прикосновения человека части электроприборов и электроустановок.

Для электробезопасности оператора токарного станка и оператора шлицефрезерного станка, на рабочем месте перед станком размещается диэлектрический коврик [21]. Этот предмет является хорошей защитой от шагового тока.

«Пожар – неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей». [25]

На участке механической обработки нашей детали имеются пожарные гидранты, которые применяются в случае задымления или возникновения пожара. Также на стенках цеха развешаны огнетушители переносные [22]. Для своевременного оповещения о возгорании и задымлении на потолках цеха, где находится участок механической обработки детали, устанавливается пожарная сигнализация. Это минимизирует время, затрачиваемое на определение возгорания на производстве.

«Обучение по охране труда и проверка знаний требований охраны труда работников организаций проводится для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Одновременно с обучением и проверкой знаний требований охраны труда могут проводиться обучение и аттестация работников организаций по другим направлениям безопасности труда, организуемые органами исполнительной власти, в порядке, утверждаемом ими по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации. Обучению охране труда и проверке знаний требований охраны труда подлежат все работники организации, в том числе ее руководитель». [16]

На данном машиностроительном предприятии в обязательном порядке проводится инструктаж по технике безопасности и охране труда. Это даст возможность новым работникам предприятия изучить меры по предупреждению производственного травматизма, а действующим работникам напомнить об этих мерах.

Таким образом, в этом разделе предложены меры по минимизации возникновения производственного травматизма, а также по оснащению производственного участка техническими устройствами, способствующими безопасности машиностроительного предприятия.

5 Экономическая эффективность работы

В этом разделе выполним экономический расчет целесообразности предлагаемых технических решений изменения базового технологического процесса изготовления вала-шестерни прокатного стана.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает сокращение вспомогательного времени на токарной операции 025 и на фрезерной операции 030. Это стало возможным благодаря применению более современного механизированного приспособления, а также сменой одного режущего инструмента на более износостойкий. Механизированное приспособление сокращает время на установку заготовки перед обработкой и снятия обработанной заготовки. Это привело к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованной операции.

Результаты технических изменений после совершенствований операции, а именно замены приспособления и режущего инструмента:

- сокращение вспомогательного времени – на 19,8%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента на 25 %.

Описанные результаты достаточно существенны для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 11 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 11 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [24]

Используя, описанную на рисунке 11, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ($K_{ВВ}$), которая составила 371564 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 12 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 12, можно сказать, что затраты на приспособление с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 77,4% в общем объеме инвестиций. Меньшими оказались затраты на режущий инструмент, которые составляют 11,9%. Еще одной статьей затрат стали затраты на проектирование, составляющие 10,7%.

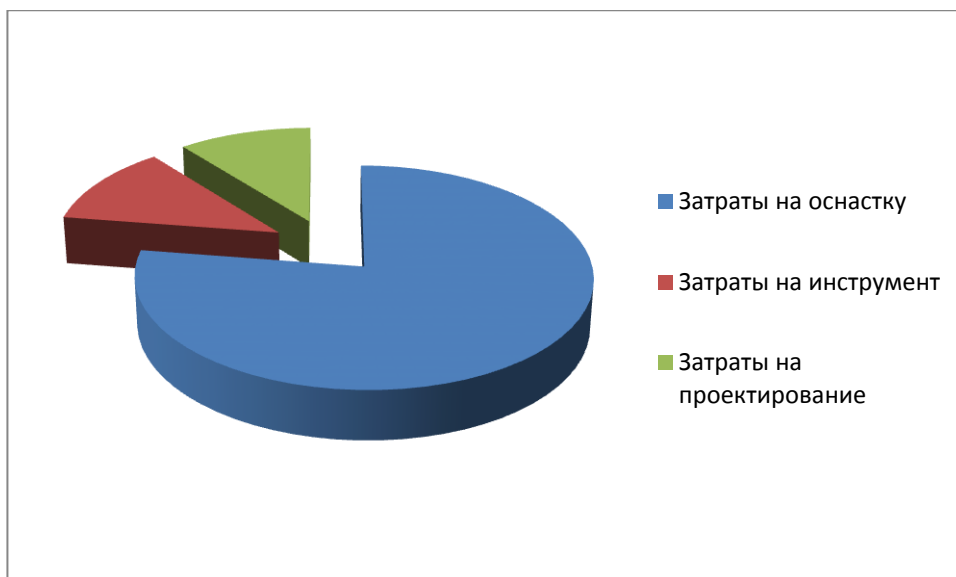


Рисунок 12 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 13.

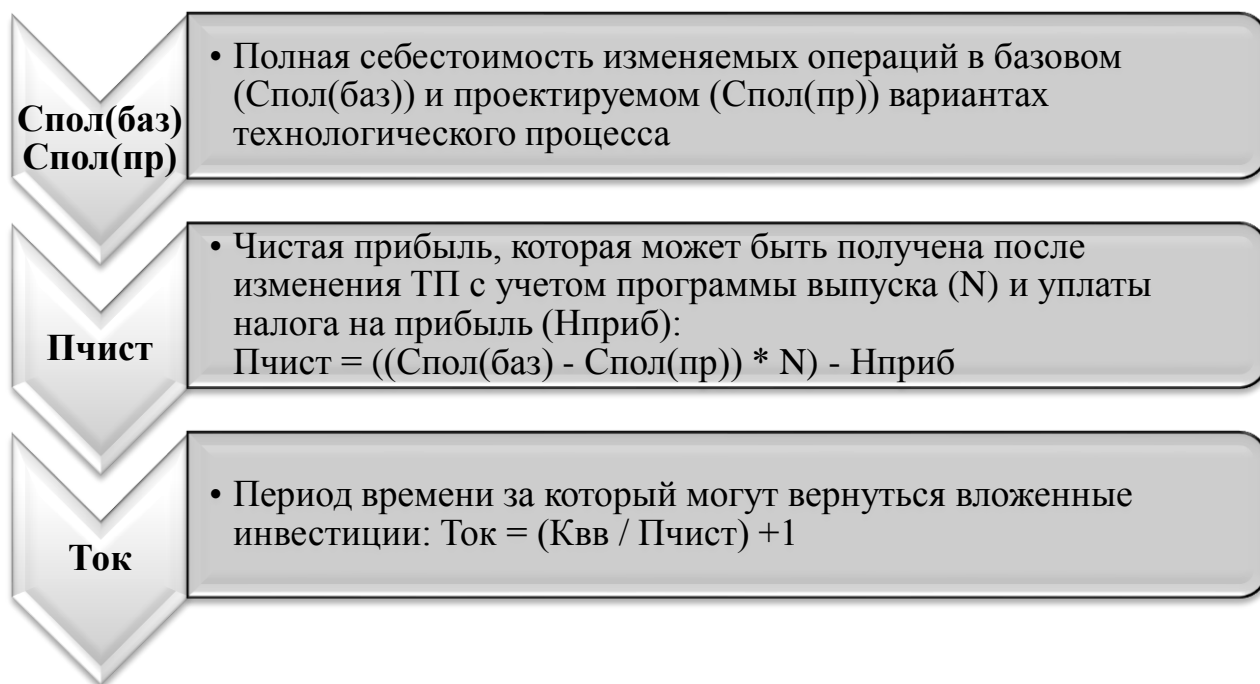


Рисунок 13 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 13, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизиться или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она снизиться, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ($\mathcal{E}_{инт}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволяют максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 14 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

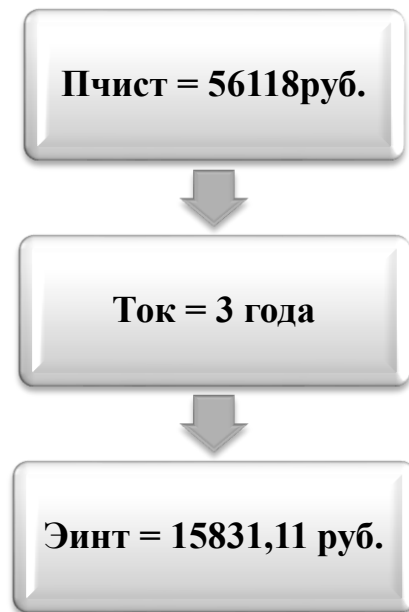


Рисунок 14 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{ЧИСТ}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ОК}}$) и экономического эффекта ($\text{Э}_{\text{ИНТ}}$)

Как показано на рисунке 14, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Таким образом, внедрение механизированного приспособления на токарной операции 025 технологического процесса изготовления вала-шестерни, а также замена режущего инструмента на 030 операции привели к экономической прибыли, которая окупится за три года.

Заключение

В результате выполнения выпускной работы нами был спроектирован современный техпроцесс изготовления вала-шестерни прокатного стана.

В первом разделе был описан сам прокатный стан, а также функции вала-шестерни, которые выполняет эта деталь в узле механизма. Также проведен анализ технологичности вала-шестерни прокатного стана, проанализирован материал, описана конструкция и рассмотрен вопрос о методе получения заготовки, из которой затем изготавливают саму деталь.

Во втором разделе выбран тип производства для вала-шестерни прокатного стана, описаны основные его характеристики. Далее из двух наиболее подходящих методов получения заготовки (штамповки и проката) путем технико-экономического расчета-обоснования выбран наиболее экономически выгодный метод – штамповка на горизонтально-ковочной машине. Затем для изготовления каждой поверхности детали в зависимости от формы, точности и шероховатости выбраны методы обработки. На одну из наиболее точных поверхностей вала-шестерни прокатного стана рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. После этого для модернизируемых в работе операций (токарная и шпоночно-фрезерная) определены режимы обработки.

В третьем разделе для токарной операции спроектировано станочное приспособление – поводковый патрон. В отличие от приспособления базового варианта, спроектированный патрон имеет механизированный привод, что снижает время, связанное с установкой и снятием заготовки на операции.

В четвертом разделе для шпоночно-фрезерной операции разработана конструкция концевой фрезы.

В работе имеется анализ безопасности и экологичности. Экономический расчет показал эффективность модернизации техпроцесса.

Список используемой литературы

1. Мальцев А.А. Прокатные станы. Главные линии : учебное пособие по дисциплине «Эксплуатация, диагностика и ремонт прокатного оборудования» / А.А. Мальцев. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 62 с.
2. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
3. Галимов Э.Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения : учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 268 с.
4. Семакина О.К. Технология химического машиностроения : учебное пособие / О.К. Семакина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 144 с.
5. 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.
6. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А.Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 530 с.
7. Копылов Ю.Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения: учебник / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 496 с.
8. Вереина Л. И. Металлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
9. Безъязычный В.Ф. Методы подоби́я в технологии машиностроения : монография / В.Ф. Безъязычный. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 356 с.

10. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
11. Фещенко В.Н. Обеспечение качества продукции в машиностроении : учебник / В.Н. Фещенко. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 788 с.
12. Карандашов К.К. Обработка металлов резанием : учебное пособие / К.К. Карандашов, В.Д. Клопотов ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 268 с.
13. Мальцев В.Г. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : учеб. пособие / [В.Г. Мальцев и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 134 с.
14. Щетинин В.С. Технология химического машино- и аппаратостроения : учеб. пособие / В.С. Щетинин. – Комсомольск-на Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2020. – 88 с.
15. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебник / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 228 с.
16. Шапорева И.Л. Безопасность жизнедеятельности : электрон. учеб.-метод. пособие / И.Л. Шапорева, Л.Н. Горина, Н.Е. Данилина, И.И. Рашоян. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 282 с.
17. ГОСТ EN 12840-2011. Безопасность металлообрабатывающих станков. Токарные станки с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
18. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
19. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 60 с.
20. Графкина М.В. Охрана труда : учебник / М.В. Графкина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 212 с.

21. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
22. ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 48 с.
23. Кузнецов В.В. Основы гидро- и пневмопривода : учеб. пособие / В.В. Кузнецов, К.А. Ананьев. – Кемерово : КузГТУ, 2012. – 221 с.
24. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дробь																											
Взам.																											
Полн.																											
														ТГУ Кафедра ОТМП													
				Вал-шестерня																							
М01														Сталь 38ХНЗФМА ГОСТ 4543-71													
				Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. роск.	Кум	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	№3														
				166	310	1		0,92	41211Х	φ184,5x1720	1	335															
				Обозначение обжимного																							
				XX XX XX 000 4280 Заготовительная XXXXX ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX																							
				ГКШП																							
				XX XX XX 005 XXXX Фрезерно-центровальная XXXXX ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX																							
				38.18.25 XXXX Фрезерно-центра. КС-400 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 5,55																							
				Фрезеровать торцы заготовки. Выдерживая размер 1720±185; сверлить центровые отверстия, выдерживая размеры φ14 ^{+0,009} , 90 ^{±1} , 120 ^{±1} , 8±0,18, 12±0,215; в центровых отверстиях нарезать резьбу М16 на длину 30±0,26.																							
				396110 XXXX(2) Призмы опорные; XXXXXX.XXXX цпир откидной.																							
				XXXXXX.XXXX(2) Фреза торцовая Т15К6. XXXXXX.XXXX(2) Сверло центровочное Р6М5.																							
				XXXXXX.XXXX(2) Метчик машинный Р6М5: 393120.XXXX Калибр-пробка.																							
				XX XX XX 010 4112 Токарная черновая ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX																							
				38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 10,42																							
				16																							
				МК																							

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 2

A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СУ	посв.	Р	УТ	КР	КОМЛ	ЕН	ОП	Кшт	Поз	Шум	Обозначение документа	
																		Код, наименование оборудования
0.17	<i>Точить поверхность 6, выдерживая размеры $\phi 185,02_{\pm 0,16}$, $420_{\pm 0,16}$; поверхность 5, выдерживая размеры $868,5 \pm 1,5$;</i>																	
0.18	<i>точить поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 170,95 \pm 0,2$, $230,5 \pm 0,575$; точить поверхность 3, выдерживая размер $1002,5 \pm 1,3$.</i>																	
0.19	<i>точить поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 140,95 \pm 0,2$, $210,5 \pm 0,575$.</i>																	
T 20	<i>396110 XXXX Патрон поводковый: XXXXXX.XXXX цпр откидной: XXXXXX.XXXX Центр цпрорный;</i>																	
T 21	<i>392104.XXXX Резец механич. T15K6; 393111.XXXX ШЦ-II-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-скоба</i>																	
22																		
A 23	<i>XX XX XX 015 4112 Токарная черновая ИОТ И37.101.XXXX-XX</i>																	
B 24	<i>38.18.25 XXXX 16K30Ф3 2 18632 422 1P 1 1 100 1 16 10.42</i>																	
0.25	<i>Точить поверхность 6, выдерживая размеры $\phi 185,02_{\pm 0,16}$, $420_{\pm 0,16}$; поверхность 7, выдерживая размеры $868,5 \pm 1,5$;</i>																	
0.26	<i>точить поверхность 8, выдерживая размеры $\phi 170,95 \pm 0,2$, $230,5 \pm 0,575$; точить поверхность 9, выдерживая размер $1002,5 \pm 1,3$.</i>																	
0.27	<i>точить поверхность 10, выдерживая размеры $\phi 140,95 \pm 0,2$, $210,5 \pm 0,575$.</i>																	
T 28	<i>396110 XXXX Патрон поводковый: XXXXXX.XXXX цпр откидной: XXXXXX.XXXX Центр цпрорный;</i>																	
T 29	<i>392104.XXXX Резец механич. T15K6; 393111.XXXX ШЦ-II-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-скоба</i>																	
30																		
A 31	<i>XX XX XX 020 4112 Токарная полчистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX</i>																	
B 32	<i>38.18.25 XXXX 16K30Ф3 2 18632 422 1P 1 1 100 1 16 5.99</i>																	
0.33	<i>Точить поверхность 5, выдерживая размеры $868,5 \pm 1,5$; выполнить фаску $2,5 \times 45^{\circ}$;</i>																	
0.34	<i>точить поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 170,45 \pm 0,05$, $230 \pm 0,575$; точить поверхность 3, выдерживая размер $1002 \pm 1,3$;</i>																	
0.35	<i>точить поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 140,45 \pm 0,05$, $210 \pm 0,575$; точить две канавки в размерах $0,2 \times 0,1$, $R2,5$.</i>																	
T 36	<i>396110 XXXX Патрон поводковый: XXXXXX.XXXX цпр откидной: XXXXXX.XXXX Центр цпрорный;</i>																	
T 37	<i>392104.XXXX(2) Резец механич. T15K6; 393111.XXXX ШЦ-II-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-скоба</i>																	
38																		
39																		
МК																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

		Код, наименование операции				Код, наименование обозначения				Обозначение документа								
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код	наименование	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Китм	Тпоз	Типт	
																		Лист 3
А.42	XX XX XX	025	4112	Токарная полуцистловая	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ												
Б.43	38.18.25	ХХХХ	16К30Ф3	2	18632	422	1Р	1	1	1	100	1	16	14.88				
0.44	Точить поверхность 6, выдерживая размеры $\phi 18,452_{-0,007}^{+0,007}$ 180±2; точить поверхность 7, выдерживая размер 868,5±1,5;																	
0.45	точить поверхность 8, выдерживая размеры $\phi 170,45 \pm 0,05$, 230±0,575; точить поверхность 9, выдерживая размер 1002±1,3;																	
0.46	точить поверхность 10, выдерживая размеры $\phi 40,45 \pm 0,05$, 210±0,575; точить две канавки в размерах 0,2±0,1, R2,5;																	
Т.47	396110	ХХХХ	Патрон поводковый:	ХХХХХХ.ХХХХ	цпар	откидной:	ХХХХХХ.ХХХХ	Центр	цпарный:									
Т.48	392104.	ХХХХ(2)	Резец	механич.	Т15К6:	393111.ХХХХ	ЩЦ-И-350-0.1;	393120.ХХХХ	Калибр-скоба.									
49																		
А.50	XX XX XX	035	4121	Расточная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ												
Б.51	381.631	ХХХХ	25660Ф2	Гориз.-расточн.	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	4.57				
0.52	Сверлить шесть отверстий (поверхности 14), выдерживая размеры $\phi 15_{-0,003}^{+0,003}$ 46±0,31, 120 ⁰ ±30; выпилить фаски 2,5x45 ⁰																	
0.53	на шести отверстиях (поверхности 12); нарезать резьбу М16-7Н в шести отверстиях (поверхности 13)																	
0.54	на длину 30±0,26 с шагом 120 ⁰ ±30;																	
Т.55	396181.	ХХХХ(2)	Прижимы:	ХХХХХХ.ХХХХ(2)	Сменные	призмы:	391267.ХХХХ(2)	Сверло	спиральное	Р6М5;								
Т.56	ХХХХХХ.ХХХХ	Метчик	машинный	М20	Р6М5.													
57																		
А.58	XX XX XX	040	4128	Шпоночно-фрезерная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ												
Б.59	381.631	ХХХХ	693Д	Шпоночно-фрезер.	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	12.52				
0.60	Фрезеровать два шпоночных паза (поверхности 15, 16, 17), выдерживая размеры 36 ^{-0,020} _{0,008} , 128 ^{-0,3} _{0,008} , 180±0,5.																	
Т.61	396181.	ХХХХ(2)	Прижимы:	ХХХХХХ.ХХХХ(2)	Сменные	призмы:	391267.ХХХХ(2)	Фреза	концевая	Р6М5;								
Т.62	393111	ЩЦ-И-100-0.05;	393111(2)	Калибр-продка.														
63																		
А.64	XX XX XX	045	ХХХХ	Зубофрезерная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ												
МК																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч.	РМ	Опер. Код, наименование операции	Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа			Тип		
											КОИП	ЕН	ОП		Куп	Тпоэ
Б																
Б.69				XXXX 5A370 Зубододфрезерный	2 18632 322 1P 1 1	1						100	1	16	33,54	
0.70				Фрезеровать зубчатые венцы (поверхности 23, 24, 25), выдерживая размеры 24 ⁰ 3757 ⁺¹ , ϕ 166,52 _{0,063} .												
0.71				П=9, Z=17.												
Т.72				396181.XXXX Приспособление специальное, XXXXX.XXXX Фреза червячная Р6М5, XXXX Специаллон.												
73																
А.74				XX XX XX 050 Термическая (закалка) ИОТ И37.101.70715-07.												
Б.75				ТВ4												
76																
А.77				XX XX XX 055 Центрошлифовальная ИОТ И37.101.7419.1-00.												
Б.78				381623 XXXX ТОУОДА 6С12-130 Центрошлифов. 2 17001 422 1P 1 1 1 100										1	10	0,62
79				Шлифовать центровые отверстия, выдерживая размер 90 ⁰ ±30'.												
А.80				39671X.XXXX(2) Призмы опорные, XXXXX.XXXX Упор откидной;												
Б.81				398710.XXXX Шлифовальная головка ГОСТ Р 52781-2007;												
0.82																
А.83				XX XX XX 060 4112 Такарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX												
Б.84				38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1P 1 1 1 100										1	16	3,93
0.85				Точить поверхность 4, выдерживая размеры ϕ 170,1±0,031, 230±0,575; точить поверхность 2, выдерживая размеры ϕ 140,1±0,031, 210±0,575.												
Т.86				396710 XXXX Патрон лободкавы; XXXXX.XXXX упор откидной; XXXXX.XXXX Центр упорный;												
Т.87				392704.XXXX Резец механич. (киборит); XXXXX.XXXX Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода												
88																
А.89				XX XX XX 065 4112 Такарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX												
Б.90				38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1P 1 1 1 100										1	16	3,93
0.91				Точить поверхность 8, выдерживая размеры ϕ 170,1±0,031, 230±0,575; точить поверхность 10, выдерживая размеры ϕ 140,1±0,031, 210±0,575.												
МК																

Лист 4

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 5

А	Цех	Уч	ВМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						Тшт		
						СМ	пороб.	Р	УТ	КР	КОП		ЕН	ОП
Б					Код, наименование оборудования									
Т 94					396110 XXXX Патрон лободкаовый; XXXXXX.XXXX цпор откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпорный;									
Т 95					392104.XXXX Резец механич. (киборит); XXXXXX.XXXX Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода									
96														
А 97					XX XX XX 070 4112 Такарная танкая ИОТ И37.101.XXXX-XX									
Б 98					38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 ^{±0,008} 1 16 3,93									
0 99					Точиль поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 170_{\pm 0,003}^{+0,020}$, $230 \pm 0,575$; точиль поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 140_{\pm 0,003}^{+0,008}$, $210 \pm 0,575$.									
Т 100					396110 XXXX Патрон лободкаовый; XXXXXX.XXXX цпор откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпорный;									
Т 101					392104.XXXX Резец механич. (киборит); XXXXXX.XXXX Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода									
102														
А 103					XX XX XX 075 4112 Такарная танкая ИОТ И37.101.XXXX-XX									
Б 104					38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 ^{±0,008} 1 16 3,93									
0 105					Точиль поверхность 8, выдерживая размеры $\phi 170_{\pm 0,003}^{+0,020}$, $230 \pm 0,575$; точиль поверхность 10, выдерживая размеры $\phi 140_{\pm 0,003}^{+0,008}$, $210 \pm 0,575$.									
Т 106					396110 XXXX Патрон лободкаовый; XXXXXX.XXXX цпор откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпорный;									
Т 107					392104.XXXX Резец механич. (киборит); XXXXXX.XXXX Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода									
108														
А 109					XX XX XX 080 Маячная ИОТ И37.101.XXXX									
110														
А 111					XX XX XX 085 Контрольная ИОТ И37.101.XXXX									
112														
113														
114														
115														
116														
МК														