

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 токарно-карусельного станка

Обучающийся

Е.А. Юсупов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Н.Ю. Логинов

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

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

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка.

Автор: Юсупов Евгений Александрович.

В выпускной работе спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка.

На первом этапе работы была проанализирована конструкция токарно-карусельного станка, проведен анализ материала, из которого выполнена вал-шестерня, и его свойств, а также выполнен анализ конструкции детали на технологичность.

На втором этапе выполнения работы нами проведена оценка типа производства, согласно годовой программе выпуска деталей и определен среднесерийный тип машиностроительного производства, выбран тип заготовительного производства для выполнения заготовки, рассчитаны припуски на одну из поверхностей. Далее спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка и рассчитаны режимы резания на некоторые операции.

Для закрепления заготовки на фрезерно-центральной операции нами спроектированы тиски. В отличие от патрона из базового варианта техпроцесса данное приспособление имеет гидравлический привод, при помощи которого происходит автоматизированный зажим и разжим заготовки на операции. Данное мероприятие снижает вспомогательное время фрезерной операции, а это экономически выгодно.

Для шпоночно-фрезерной операции техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка спроектирована концевая фреза.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности.

Экономический расчет показал эффективность предлагаемых изменений техпроцесса.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	8
1.2 Классификация поверхностей детали.....	8
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	9
2 Технологическая часть.....	11
2.1 Определение типа производства.....	11
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	12
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	13
2.4 Выбор методов обработки.....	15
2.5 Расчет припусков.....	20
2.6 Расчет режимов резания.....	23
3 Проектирование приспособления.....	30
3.1 Исходные данные.....	31
3.2 Выбор элементов для установки .....	32
3.3 Силовой расчет.....	32
3.4 Расчет погрешности установки.....	34
4 Проектирование режущего инструмента.....	36
4.1 Исходные данные.....	37
4.2 Проектирование концевой фрезы.....	38
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	41
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	42
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	46
5.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	47

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	48
6 Экономическая эффективность.....	51
Заключение.....	55
Список используемой литературы.....	56
Приложение А. Маршрутные карты.....	59

## Введение

Станкостроение является одной из ведущих и особо важных отраслей промышленности, так как от станкостроения зависит работоспособность тех производств, для которых изготавливаются станки. Станкостроение – это производство средств производства. Поэтому на данный момент станкостроению уделяется особое внимание правительством Российской Федерации.

Металлорежущие станки подразделяют по группам и типам. Данный металлорежущий станок, в состав которого входит деталь, на которую необходимо спроектировать технологический процесс входит в группу токарных станков и имеет тип – карусельный. Токарные станки отличаются тем, что заготовке придается главное вращательное движение, а режущий инструмент имеет движение подачи. Отличительной особенностью токарно-карусельных станков является то, что ось вращения заготовки имеет вертикальное расположение. Одностоечные карусельные станки имеют один вертикальный суппорт, расположенный на стойке, где могут располагаться различные резцы, а также два горизонтальных суппорта, где, кроме резцов, может закрепляться осевой инструмент для обработки отверстий. Двухстоечные карусельные станки имеют большую жесткость, чем одностоечные. На таких станках обрабатываются заготовки диаметром до 25 метров. Серийно такие станки изготавливают с планшайбой до 6,3 метра, а под заказ могут изготавливаться станки с большей планшайбой.

В состав коробки скоростей токарно-карусельного станка входит вал-шестерня. Она имеет шевронные зубчатые венцы. Вал-шестерня предназначена для восприятия вращательного момента шпоночным пазом и передачи этого момента дальше по кинематической цепи с помощью зубчатых венцов.

Целью данной работы является разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни заданного качества с минимальной себестоимостью.

## 1 Анализ исходных данных

«Токарно-карусельные станки предназначены для обработки заготовок преимущественно типа тел вращения (длина которых обычно не превышает их диаметра) с диаметрами от 800 до 20000 мм и относятся к станкам токарной группы. Основным размером является наибольший диаметр обрабатываемой заготовки. Для этих станков по сравнению с токарными и лоботокарными станками характерно наличие вертикальной оси вращения планшайбы, благодаря чему становится более безопасным и удобным закрепление тяжелых заготовок. Недостаток этих станков – плохой отвод стружки, а также переменный вылет инструмента, обусловленный особенностями обработки». [4]

«Станки широкоуниверсальные и позволяют проводить различные виды работ. На станках средних размеров (диаметром до 2500 мм) можно обтачивать цилиндрические, торцовые, конические и фасонные поверхности; сверлить и растачивать центровые отверстия и канавки; нарезать наружные и внутренние цилиндрические и конические резьбы. Для повышения гибкости и производительности станков средних размеров инструмент часто устанавливают в поворотной револьверной головке». [4]

«Крупные токарно-карусельные станки с диаметром обработки более 3000 мм оснащаются различными сменными узлами, устанавливаемыми на суппорт, что позволяет обрабатывать заготовки исключительно сложной формы. С использованием современных систем ЧПУ на станках можно точить, растачивать, фрезеровать, сверлить, шлифовать детали с одной установки и решать другие сложные технические задачи». [4]

«Пример комплексной обработки корпусной заготовки 1 с помощью сменных узлов, устанавливаемых на ползуне 14 вместо резцедержателя 13, приведен на рисунке 1, а». [4]

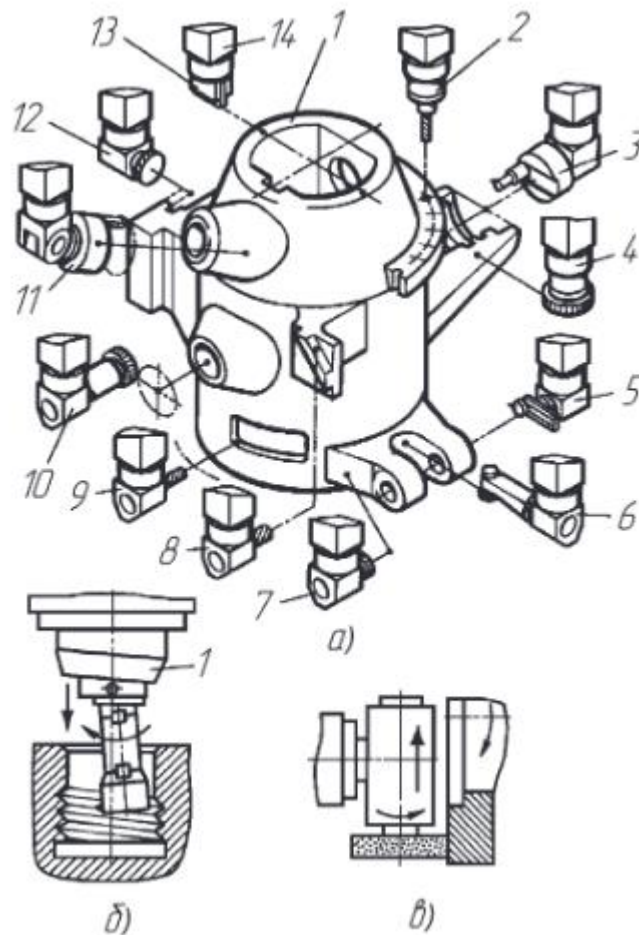


Рисунок 1 – Комплексная обработка сложной детали

«Подрезка торца осуществляется резцом, установленным в резцедержателе 13; обработка вертикальных поверхностей и уступов – угловой фрезерной головкой 12; получение конической наружной поверхности на патрубке – поворотной планшайбой 11 с радиальной ползушкой или расточно-подрезным устройством 5; фрезерование отверстия – с помощью угловой фрезерной головки 10 методом контурного фрезерования; обработка пазов – угловой фрезерной головкой 9; наклонных поверхностей – головками 7 и 8; фрезерование по контуру переходных поверхностей – с помощью угловой фрезерной головки 6; обработка плоскостей разъема – прямой фрезерной головкой 4; обработка канавок – планшайбой 3; сверление отверстий – прямой фрезерной головкой 2 или непосредственно шпинделем станка, встроенным в ползун суппорта». [4]

«На рисунке 1,б показана схема обработки резьб большого диаметра (60...300 мм) с использованием приспособления 1 для резбонарезания. Для осуществления финишных операций изготавливают различные шлифовальные головки (рисунок 1, в)». [4]

### 1.1 Назначение и условия работы детали

Вал-шестерня, имеющая шевронные зубчатые венцы, входит в состав коробки скоростей токарно-карусельного станка. Вал-шестерня предназначена для восприятия вращательного момента шпоночным пазом и передачи этого момента дальше по кинематической цепи с помощью зубчатых венцов.

### 1.2 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей вала-шестерни коробки скоростей токарно-карусельного станка пронумеруем каждую из поверхностей и представим это на рисунке 2.

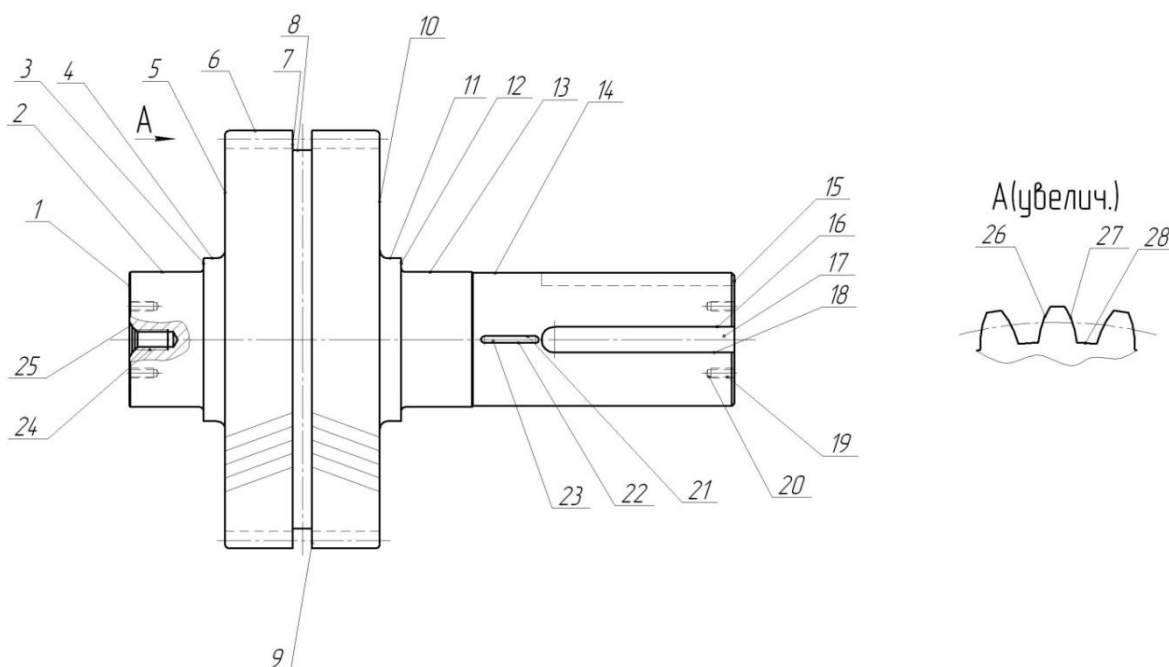


Рисунок 2 - Классификация поверхностей



Исполнительными поверхностями вала-шестерни коробки скоростей токарно-карусельного станка являются поверхности 16 и 18, которые воспринимают вращательный момент, а также поверхности 26 и 27, которые его передают дальше по кинематической цепи.

Основными конструкторскими базами вала-шестерни коробки скоростей токарно-карусельного станка являются цилиндрические наружные поверхности 2 и 13, а также торцовая поверхность 3.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни коробки скоростей токарно-карусельного станка являются цилиндрическая наружная поверхность 14, на которой размещается зубчатое колесо, плоские поверхности 21 и 23, а также резьбовые поверхности 19.

Остальные поверхности – свободные.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом корпуса протяжного патрона является сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [11], которая содержит около 0,40% углерода (С), около 1% хрома (Cr), остальным в составе является железо (Fe) и примеси.

Физико-механические свойства стали 40Х представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

$\sigma_B$ , МПа	НВ	$\sigma_T$ , МПа	$\psi$ , %	$\delta_5$ , %
980	205...217	780	45	10

«Зубчатая передача – один из важнейших элементов различных механизмов и приборов. От качества ее изготовления в значительной мере зависят эксплуатационные свойства машин и приборов, их надежность». [23]

«Зубчатые передачи являются очень чувствительным механизмом: на эксплуатационные свойства зубчатых колес наряду с геометрическими

параметрами зацепления большое влияние на всех стадиях производства оказывает технология изготовления». [23]

«При построении технологического процесса особое внимание следует уделять технологичности конструкций и правильности выбора баз. Технология изготовления зубчатых колес должна обеспечивать высокую долговечность передач и максимальное снижение трудоемкости их изготовления. Создание зубчатых передач, отвечающих высокому научно-техническому и производственному уровню, является сложным процессом, требующим совместного рассмотрения всех показателей качества проектируемой передачи, в также конструкционно-технологических путей их обеспечения с учетом экономических факторов». [23]

«Для повышения прочности и износостойкости в стали добавляют один или несколько легирующих элементов. Хром является одним из наиболее универсальных и широко применяемых легирующих элементов. Он усиливает действие углерода, повышает твердость, стойкость к износу, расширяет предел упругости, увеличивает прочность на разрыв и прокаливаемость». [23]

«Для обеспечения наименьших и стабильных по величине и направлению изменений формы и размеров зубьев, возникающих вследствие деформации зубчатого венца, применяют стали определенной прокаливаемости и зернистости. По структуре наиболее предпочтительными являются мелкозернистые стали. На прокаливаемость стали наибольшее влияние оказывают ее химический состав, величина наследственного зерна, условия нагрева и охлаждения. Очень важно применять стали с наиболее узкими пределами содержания углерода и легирующих элементов». [23]

Рассматривая конструкцию вала-шестерни токарно-карусельного станка, можем сказать, что ее форма довольно проста, имеются канавки для выхода режущего инструмента, все поверхности доступны для обработки и измерений. Поэтому делаем вывод о достаточной технологичности конструкции вала-шестерни токарно-карусельного станка.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Тип производства – это совокупность организационно-технических и экономических характеристик и особенностей сочетания факторов и элементов организации производства, обусловленных номенклатурой, масштабом и регулярностью выпуска продукции. В свою очередь номенклатура и масштаб (программа) выпускаемой продукции определяют уровни концентрации, специализации, кооперирования и комбинирования производства». [21]

«Тип производства определяется следующими факторами:

- номенклатурой выпускаемых изделий;
- объемом выпуска;
- степенью постоянства номенклатуры выпускаемых изделий;
- характером загрузки рабочих мест». [21]

«По типам производства классифицируются предприятия, участки и отдельные рабочие места. Тип производства определяется типом производства ведущего цеха, а тип производства цеха – характеристикой участка, где выполняются наиболее ответственные операции и сосредоточена основная часть производственных фондов». [21]

«Тип производства оказывает решающее влияние на особенности организации производства, его экономические показатели, структуру себестоимости (в единичном производстве высока доля живого труда, а в массовом – затраты на ремонтно-эксплуатационные нужды и содержание оборудования), разный уровень оснащенности». [21]

«Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий, малым объемом их выпуска, выполнением на каждом рабочем месте весьма разнообразных операций». [21]

«В серийном производстве изготавливается относительно ограниченная номенклатура изделий (партиями). За одним рабочим местом, как правило, закреплено несколько операций. В зависимости от размера серии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство». [21]

«Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени на узкоспециализируемых рабочих местах». [21]

В нашей работе будем принимать тип машиностроительного производства на основе двух параметров, таких как масса вала-шестерни токарно-карусельного станка  $m = 660$  кг и годовая программа выпуска  $N = 1000$  штук. Исходя из этих параметров, принимаем среднесерийный тип производства.

## **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«Объем выпуска предприятий серийного типа колеблется от десятков и сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий. Используется универсальное и специализированное и частично специализированное оборудование. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, находят применение гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ, связанными транспортирующими устройствами. Оборудование расставляется по технологическим группам с учетом направления основных грузопотоков цеха по предметно-замкнутым участкам. Средняя квалификация рабочих выше, чем в массовом производстве, но ниже чем в единичном. Наряду с рабочими высокой квалификации, работающими на сложных универсальных станках, и наладчиками, используются рабочие-операторы, работающие на настроенных станках. Технологическая документация и технологическое нормирование подробно разрабатывается для наиболее сложных и ответственных заготовок». [19]

## 2.3 Выбор метода получения заготовки

«Факторы, влияющие на выбор вида и способа получения заготовок. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения, рассчитать размеры, назначить припуски на обработку каждой поверхности и указать допуск на неточность изготовления». [26]

«На выбор способа получения заготовок влияют следующие факторы:

- технологическая характеристика материала, его свойства, определяющие возможность применения литья, пластической деформации, порошковой металлургии, сварки;
- конструктивная форма поверхностей и размеры детали, ее масса;
- наличие технологического оборудования, технические возможности заготовительных цехов предприятия или возможность получения прогрессивных заготовок от специализированных предприятий;
- суммарная себестоимость получения заготовки, изготовления из нее детали, сборки, транспортировки и эксплуатации изделия». [26]

Если вал-шестерню токарно-карусельного станка изготавливать из штампованной заготовки [13], то ее масса будет равна  $m = 758$  кг при габаритных параметрах  $\varnothing 626 \times 904$  мм. Если вал-шестерню токарно-карусельного станка изготавливать из проката [10], то масса заготовки будет равна  $m = 2198$  кг при габаритных параметрах  $\varnothing 626 \times 902$  мм.

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

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

где  $C_c = 0,495$ ;  $E_n = 0,15$ ;  $C_k = 1,085$  ». [20]

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

«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  $C_{ум} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_M = 1,0; k_n = 1,0$ ». [20]

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

«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  $Q_{ум} = 758; q = 660$  ;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ »}. [20]$$

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 758 + 0,6578(758 - 660) - (758 - 660)0,0144 = 268,85$$

«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  $Q_{пр} = 2198; q = 660$  ;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ »}. [20]$$

$$C_{ми} = 0,1219 \cdot 2198 + 0,6578(2198 - 660) - 0,0144(2198 - 660) = 1257,49 \text{ руб.}$$

Себестоимость штампованной заготовки ниже, следовательно, примем для нашего техпроцесса в качестве заготовки штамповку.

«Определим коэффициент использования материала

$$K_{ИМ} = \frac{M_D}{M_3} \text{ »}. [20] \quad (5)$$

$$K_{ИМ} = \frac{660}{758} = 0,87.$$

Значение  $K_{ИМ}$  соответствует среднесерийному типу производства.

Чертеж заготовки для изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка представлен в графической части.

## 2.4 Выбор методов обработки

«Типовой технологический процесс получения поверхностей с заданной точностью, физико-механическими свойствами и параметрами качества поверхностного слоя на металлообрабатывающем оборудовании предусматривает следующие переходы:

- Обработка заготовки резанием. Получение основных геометрических параметров детали с учетом припусков на последующие финишные операции, а также подготовка поверхности к последующей термической обработки. На данном переходе необходимо убрать различного рода дефекты, грубые отклонения формы поверхности для обеспечения равномерности глубины упрочняемого слоя;

- Поверхностная закалка. Обеспечивает необходимую твердость и глубину упрочняемого слоя детали, формирует требуемый уровень и характер распределения остаточных напряжений;

- Финишная механическая обработка. Формирует такие параметры как точность размеров, формы и расположения поверхностей, шероховатость, волнистость поверхности, характер остаточных напряжений поверхностного слоя». [29]

Поверхность 1 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности  $R_a$  6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерно-центровальная обработка.

Поверхность 2 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 0,8. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT6. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Поверхность 3 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT10. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 4 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 5 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 6 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое, получистовое и чистовое.

Поверхность 7 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.



Поверхность 8 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 9 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 10 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 11 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 12 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT10. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 13 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 0,8. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT6. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Поверхность 14 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 1,6. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT6. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Поверхность 15 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерно-центровальная обработка.

Поверхность 16 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 17 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT11. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 18 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 19 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление, резбонарезание.

Поверхность 20 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность

поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление.

Поверхность 21 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 22 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT11. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 23 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: шпоночно-фрезерная обработка.

Поверхность 24 по форме является плоской внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление, резьбонарезание.

Поверхность 25 по форме является конической внутренней. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 0,8. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерно-центровальная и центрошлифовальная обработка.

Поверхность 26 по форме является эвольвентной наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 1,6. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT8. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: зубофрезерная и зубопритирочная обработка.

Поверхность 27 по форме является эвольвентной наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 1,6. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT8. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: зубофрезерная и зубопритирочная обработка.

Поверхность 28 по форме является цилиндрической наружной. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: зубофрезерная обработка.

## **2.5 Расчет припусков**

«Припуск – слой материала, удаляемый в процессе обработки заготовки с целью получения годной детали. Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков». [17]

«Статистический метод, основывающийся на применении справочных таблиц, ГОСТов, позволяет назначить припуски не зависимо от технологического процесса обработки детали, поэтому в общем случае значения припусков являются завышенными, в связи с чем имеются резервы снижения расхода материалов и трудоемкости изготовления детали». [17]

«Расчетно-аналитический метод определения припуска основывается на дифференцированном расчете по элементам, составляющим припуск. Данный метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали, определение общего припуска на обработку поверхности, расчет размеров заготовки». [17]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 2 с параметрами качества  $\varnothing 200_{+0,038}^{+0,063}$  мм,  $L = 104$  мм,  $Ra = 0,8$  мкм.

«Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \gg. [27] \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 3,600 = 0,900 .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,460 = 0,115 .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,115 = 0,029 .$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,185 = 0,056 .$$

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

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006 .$$

«Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \gg. [27] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,900^2 + 0,025^2} = 1,235 .$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,115^2 + 0} = 0,315 .$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{\partial 0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,029^2 + 0^2} = 0,129 .$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,018^2 + 0} = 0,048 .$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,235 + 0,5(3,6 + 0,460) = 3,265 .$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,315 + 0,5(0,460 + 0,115) = 0,603 .$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,129 + 0,5(0,115 + 0,072) = 0,223 .$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,048 + 0,5(0,072 + 0,025) = 0,089 .$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 200,063 .$$

$$d_{4\max} = 200,088 .$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 200,088 + 2 \cdot 0,048 = 200,184 .$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 200,184 + 0,072 = 200,256 .$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 200,256 + 2 \cdot 0,129 = 200,514 .$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 200,514 + 0,185 = 200,699 .$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 200,699 \cdot 0,999 = 200,498 .$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 200,498 + 0,115 = 200,613 .$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 200,613 + 2 \cdot 0,315 = 201,243 .$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 201,243 + 0,460 = 201,703 .$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 201,703 + 2 \cdot 1,235 = 204,173 .$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 204,173 + 3,600 = 207,773 .$$

«Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) \text{»}. [27] \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(207,773 + 204,173) = 205,973 .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(201,703 + 201,473) = 201,473 .$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(200,613 + 200,498) = 200,556 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(200,699 + 200,514) = 200,607 .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(200,256 + 200,184) = 200,220 .$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(200,088 + 200,063) = 200,076 .$$

«Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} \text{». [27]} \quad (10)$$

$$2Z_{\min} = 204,173 - 200,088 = 4,085 .$$

$$\text{«} 2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \text{»}. [27] \quad (11)$$

$$2Z_{\max} = 4,085 + 3,6 + 0,025 = 7,710 .$$

$$\text{«} 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \text{»}. [27] \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(4,085 + 7,710) = 5,898 .$$

Найденные значения промежуточных припусков в дальнейшем используем при проектировании операций технологического процесса изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка.

## 2.6 Расчет режимов резания

«Режим резания, устанавливаемый для обработки детали, является одним из главных факторов технологического процесса. Режим резания металла включает в себя следующие определяющие его элементы: глубину резания  $t$  (мм); подачу  $S$  (мм/об); скорость резания  $V$  (м/мин) и число оборотов шпинделя  $n$  (мин<sup>-1</sup>)». [28]

«Исходными данными для выбора режима резания являются:

- данные об обрабатываемой детали (рабочий чертеж и технические условия): род материала и его характеристика; форма, размеры и допуски на обработку; допускаемые отклонения от геометрической формы (овальность, конусность, огранка и т. д.); требуемая чистота, шероховатость

обрабатываемой поверхности; требования к состоянию поверхностного слоя (допускаемое упрочнение);

- сведения о заготовке (чертеж и технические условия): род заготовки; величина и характер распределения припусков; состояние поверхностного слоя (наличие корки, окалины, упрочнения);

- паспорта станков». [28]

«Элементы режимов резания выбираются таким образом, чтобы была достигнута максимальная производительность труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции. Это требование выполняется при работе инструментом рациональной конструкции (правильно подобранный материал, выгодная геометрия, необходимая прочность, жесткость и виброустойчивость, износоустойчивость и др.), а также если станок не ограничивает полного использования режущих свойств инструмента. Режим резания устанавливают исходя из особенностей обрабатываемой детали и характеристики режущего инструмента и станка». [28]

«Глубина резания  $t$  (мм) устанавливается в зависимости от припуска на обработку и числа проходов. При черновой (предварительной) обработке назначают по возможности максимальную  $t$ , равную всему припуску на обработку или большей его части, при чистовой (окончательной) обработке – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности». [28]

«Подача  $S$  (мм/об) устанавливается в зависимости от:

- вида детали и характеристики ее обрабатываемых поверхностей (жесткости, прочности и виброустойчивости, состояния поверхностного слоя, шероховатости поверхности);

- режущего инструмента (прочности, жесткости, износоустойчивости и виброустойчивости);

- характеристики станка (прочности механизмов подачи, скоростей, жесткости, виброустойчивости и кинематики)». [28]



«Принимается наибольшая подача, допускаемая вышеуказанными ограничивающими факторами. Действительную подачу принимают по паспорту станка». [28]

### 2.6.1 Расчет режимов обработки на операцию 005.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 5$  мм.

Подача  $S_z = 0,2$  мм/зуб. [25]

Подача на оборот шпинделя

$$\ll S_0 = S_z \cdot z, \quad (13)$$

где  $z$  – количество зубьев фрезы». [28]

$$S_0 = 0,2 \cdot 8 = 1,6 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}, \quad (14)$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_0$  – подача, мм/об;

$C_V$  – постоянный коэффициент, учитывающийся при сверлении;

$q, m, x, y$  – показатели степени;

$K_V$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания». [28]

Поправочный коэффициент

$$\ll K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (15)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент на качество обрабатываемого материала;  
 $K_{UV}$  – коэффициент на инструментальный материал;  
 $K_{LV}$  – коэффициент, учитывающий глубину отверстия». [28]

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0. [25]$$

$$K_V = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25.$$

$$D = 210; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 60. [28]$$

Скорость резания

$$V = \frac{7,0 \cdot 210^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 1,6^{0,7}} \cdot 1,25 = 23,6 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (16)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 23,6}{3,14 \cdot 210} = 35,8 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (17)$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 210 \cdot 31,5}{1000} = 20,8 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \quad (18)$$

$$S = 1,6 \cdot 31,5 = 50,4 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{px}}{S}, \quad (19)$$

где  $n_{отв}$  – количество отверстий». [25]

$$T_0 = \frac{1 \cdot 209 \cdot 1}{50,4} = 4,15 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания  $t = 26$  мм.

Подача  $S = 0,2$  мм/об. [25]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 52^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 26^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 27,6 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 27,6}{3,14 \cdot 52} = 169 \text{ мин}^{-1}.$$

$n = 160$  мин<sup>-1</sup>. [25]

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 160}{1000} = 26,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{px}}{S} = \frac{1 \cdot 71,4}{32} = 2,23 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания  $t = 1$  мм.

Подача  $S_0 = 1$  мм/об. [28]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 30^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 22,1 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 22,1}{3,14 \cdot 30} = 235 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 200 \text{ мин}^{-1}. [25]$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 200}{1000} = 18,8 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 1 \cdot 200 = 200 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{омс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S} = \frac{1 \cdot 57}{200} = 0,29 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 4,15 + 2,23 + 0,29 = 6,67 \text{ мин.}$$

## 2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 030.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 6 \text{ мм}$ .

Подача  $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$ . [25]

Подача на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 38^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 6^0 \cdot 0,5^{0,7}} \cdot 0,625 = 15,4 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15,4}{3,14 \cdot 38} = 129,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 125 \text{ мин}^{-1}. [25]$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 125}{1000} = 14,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,50 \cdot 125 = 62,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{омс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S} = \frac{2 \cdot 267 \cdot 4}{62,5} = 34,18 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания  $t = 4,5$  мм.

Подача  $S_z = 0,025$  мм/зуб. [25]

Подача на оборот

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

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4,5^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 0,625 = 45,3 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 45,3}{3,14 \cdot 10} = 1442,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1250 \text{ мин}^{-1}. [25]$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1250}{1000} = 39,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 1250 = 62,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{омс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S} = \frac{1 \cdot 86}{62,5} = 1,38 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = 34,18 + 1,38 = 35,56, \text{ мин.}$$

Полученные значения режимов резания при изготовлении вала-шестерни токарно-карусельного станка внесем в технологическую документацию, представленную в приложении А.

### 3 Проектирование станочного приспособления

«Основную группу технологической оснастки составляют приспособления механосборочного производства. Приспособления в машиностроении – это вспомогательные устройства к технологическому оборудованию, используемые при выполнении операций механической обработки, контроля и сборки. Применение приспособлений позволяет: устранить разметку заготовок перед обработкой, повысить точность обработки, облегчить условия работы и обеспечить ее безопасность, расширить технологические возможности оборудования, организовать станочное обслуживание, применить технически обоснованные нормы времени, сократить число рабочих, необходимых для выпуска продукции».

[1]

«Частая смена объектов производства, связанная с нарастанием темпа технологического процесса в эпоху технологической революции, требует создания конструкций и систем приспособлений, методов их расчета, проектирования и изготовления, обеспечивающих неуклонное сокращение сроков подготовки производства». [1]

«В серийном производстве необходимо использовать специализированные, быстроналаживаемые и обратимые системы приспособлений. В мелкосерийном и единичном производствах применяют систему универсально-сборных приспособлений». [1]

Ряд принципиально новых требований, предъявляемых к приспособлениям, определен расширением парка станков с ЧПУ, переналадка которых на обработку новой заготовки сводится к замене программы или переналадке приспособления для базирования и закрепления заготовки. Изучение закономерностей влияния приспособления на точность и производительность выполняемых операций позволяет проектировать приспособления, интенсифицирующие производство и повышающие точность изготовления детали.

Проводимая работа по унификации и стандартизации элементов приспособления создает основу для автоматизированного проектирования приспособления с использованием компьютеров, графопостроителей и цветных графических плоттеров. Затраты на изготовление и эксплуатацию разнообразной технологической оснастки составляют до 20% от себестоимости продукции, а стоимость и сроки подготовки производства в основном определяются величиной затрат труда и времени на проектирование и изготовление технологической оснастки.

### 3.1 Исходные данные

На фрезерно-центровальной операции 005 изготовления вала-шестерни карусельного станка происходит обработка торцов заготовки и сверление центровых отверстий, как показано на рисунке 3.

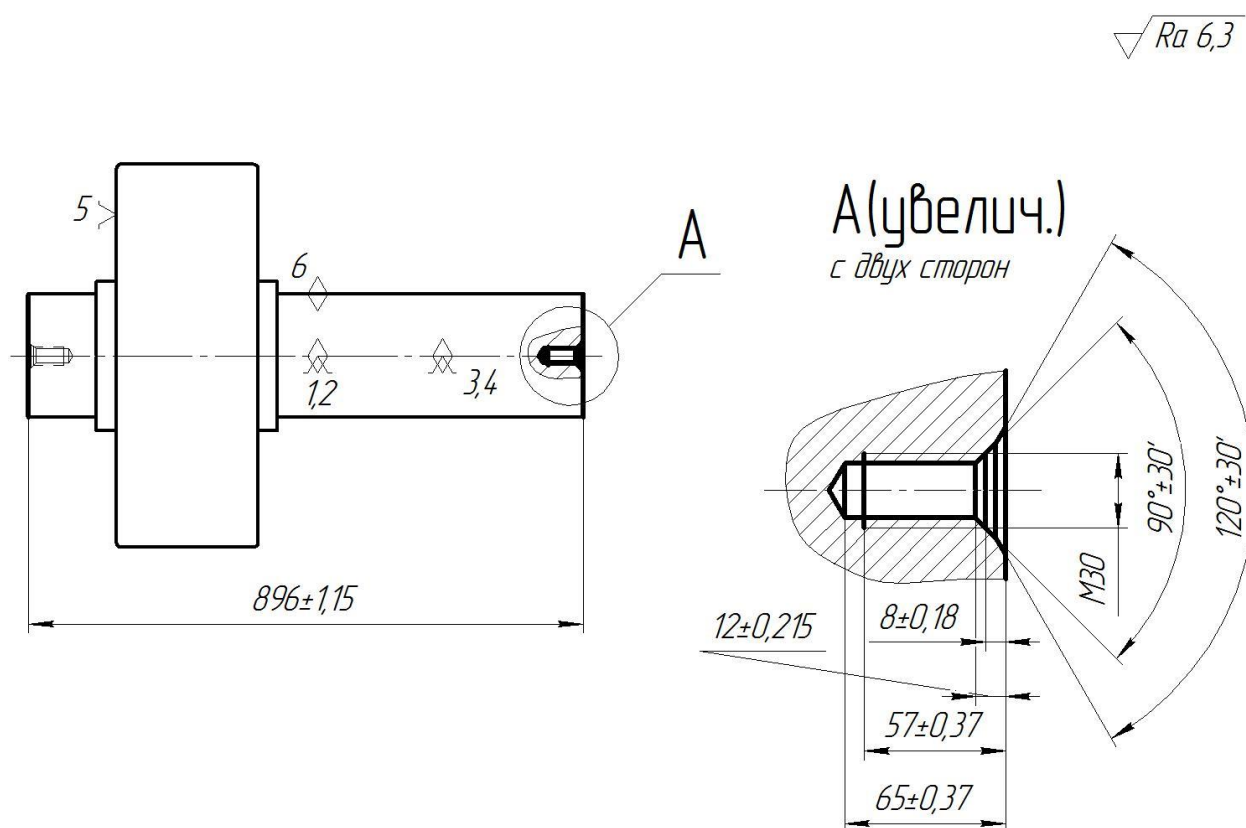


Рисунок 3 – Эскиз операции 005

Далее выберем установочные элементы для крепления заготовки на операции.

### **3.2 Выбор элементов для установки**

Так как поверхность для установки заготовки является цилиндрической, то для установки заготовки корпуса протяжного патрона будем использовать призмы опорные ГОСТ 12195-66 [9] в количестве трех штук.

Призмы опорные изготавливаются из стали марки 20Х. Возможна замена этого материала на стали других марок, имеющими механические свойства не ниже стали 20Х.

Твердость рабочих поверхностей опорных призм должна быть 56...61 HRC, которая достигается цементацией на глубину  $h=0,8...1,2$  мм.

«При базировании в любую призму технологическая база – плоскость симметрии призмы совмещается с конструкторской базой – плоскостью симметрии заготовки». [3]

«Погрешности базирования осевых размеров заготовок, получаемых от опорной или установочной базы, а также размеров, получаемых от вертикальной оси симметрии заготовок, равны нулю, поскольку в этих случаях выполняется принцип совмещения баз». [3]

«Погрешность базирования размера, получаемого вдоль третьей координатной оси заготовки, определяется допуском на диаметр заготовки, выбором технологической базы при получении этого размера, а также углом призмы  $\alpha$ ». [3]

### **3.3 Силовой расчет**

На рисунке 4 представлена схема закрепления заготовки корпуса протяжного патрона в приспособлении.



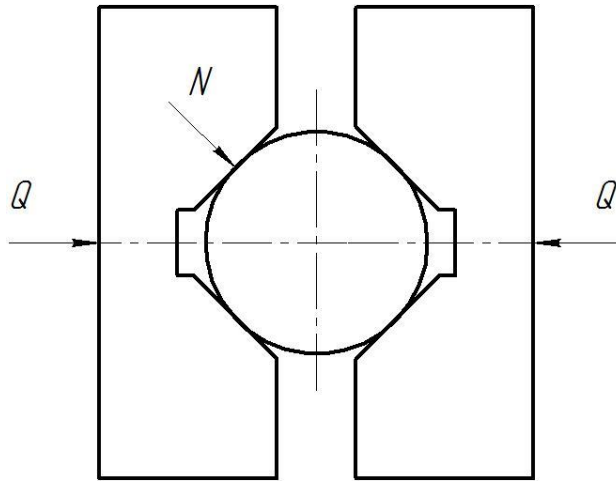


Рисунок 4 – Схема закрепления заготовки

Во время обработки возникает крутящий момент от сил резания, стремящийся повернуть заготовку, зажатую в призмах. Этот момент рассчитывается так:

$$\llcorner Q = \frac{M_K \cdot K \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{D \cdot f}, \quad (20)$$

где  $D$  - диаметр заготовки;

$f$  - коэффициент трения;

$K$  - коэффициент запаса». [3]

«Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (21)$$

где  $K_0$  - коэффициент гарантированного запаса;

$K_1$  - коэффициент состояния поверхности заготовки;

$K_2$  - коэффициент затупления инструмента;

$K_3$  - коэффициент учитывающий возрастание сил резания;

$K_4$  - коэффициент механизации силового привода;

$K_5$  - коэффициент эргономичности ручных запорных механизмов;

$K_6$  - коэффициент учитывающий наличие крутящих моментов». [16]

$$K_0 = 1,5; K_1 = 1,0; K_2 = 1,7; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,5. [3]$$

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,59.$$

$$Q = \frac{157 \cdot 4,59 \cdot \sin \frac{90}{2}}{0,546 \cdot 0,1} = 9332 \text{ Н.}$$

Диаметр поршня приспособления определяется по следующей формуле

$$\ll D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_B \cdot \eta}}, \quad (22)$$

где  $P_B$  - рабочее давления в цилиндре». [3]

$$Q = \sqrt{\frac{4 \cdot 9332}{3,14 \cdot 5,0 \cdot 0,9}} = 49,4 \text{ мм.}$$

Примем  $D = 50$  мм.

### 3.4 Расчет погрешности установки

При установке заготовки в призмы погрешность рассчитывается по следующей схеме, представленной на рисунке 5.

Рассчитывается же погрешность так

$$\ll E_y = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}, \quad (23)$$

где  $E_1$  - смещение заготовки за счёт изменения высоты призмы;

$E_2$  - смещение заготовки за счёт изменения угла призмы». [3]

Первая составляющая равна допуску на высоту, то есть

$$E_1 = Th = 0,069 \text{ мм.}$$

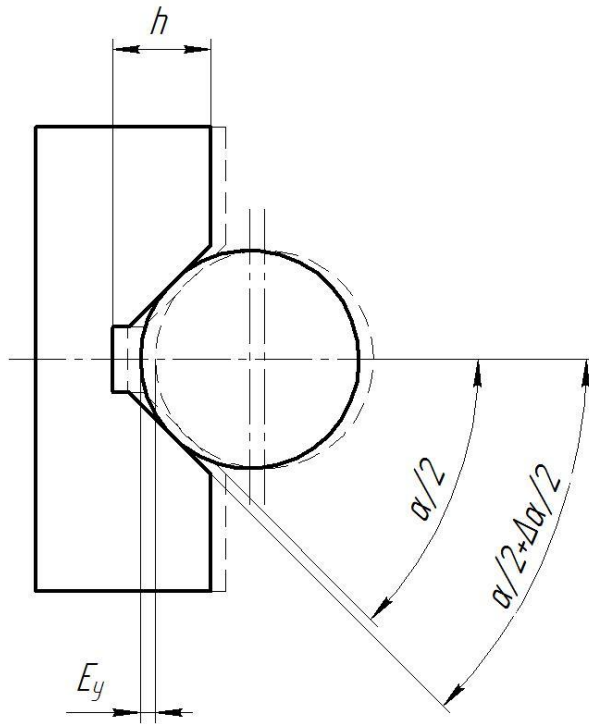


Рисунок 5 – Схема расчета погрешности

Вторая составляющая рассчитывается следующим образом

$$E_2 = \frac{D}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha - \Delta\alpha}{2}} - \frac{1}{\sin \frac{\alpha + \Delta\alpha}{2}} \right) \quad (24)$$

$$E_2 = \frac{249}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{90 - 0,16}{2}} - \frac{1}{\sin \frac{90 + 0,16}{2}} \right) = 0,498 \text{ мм.}$$

$$E_y = \sqrt{0,069^2 + 0,498^2} = 0,503 \text{ мм.}$$

В данном разделе мы спроектировали станочное приспособление для фрезерно-центровальной операции технологии изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка. Спроектированное приспособление с призмами для закрепления вала-шестерни токарно-карусельного станка на фрезерно-центровальной операции 005 представлено в графической части работы.

## 4 Проектирование режущего инструмента

«При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его конструкции и размеров в значительной мере определяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качеством обрабатываемой поверхности заготовки». [2]

«При выборе режущего инструмента необходимо стремиться выбирать стандартный инструмент для реализации процесса обработки, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей». [2]

Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки. Для обработки стали рекомендуется использовать инструмент, режущая часть которого изготовлена из титановольфрамовых твердых сплавов (Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4), быстрорежущих инструментальных сталей (Р18Ф5, Р6М5, Р9Ф4, Р14Ф4) и др. Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов рекомендован инструмент из вольфрамовых твердых сплавов (ВК2, ВК3М, ВК4, ВК8). Выбор материала для режущего инструмента зависит от формы и размеров инструмента, материала обрабатываемой заготовки, режимов резания и типа производства.

«Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует выбирать высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, что экономически выгоднее, чем применение быстрорежущих инструментов. Это особенно распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры». [2]

«Режущий инструмент необходимо выбирать по соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки деталей». [2]

#### 4.1 Исходные данные

На шпоночно-фрезерной операции 030 выполняется фрезерная обработка двух шпоночных пазов вала-шестерни токарно-карусельного станка. На первом переходе выполняется фрезерование шпоночного паза шириной 38 мм, как показано на рисунке 6.

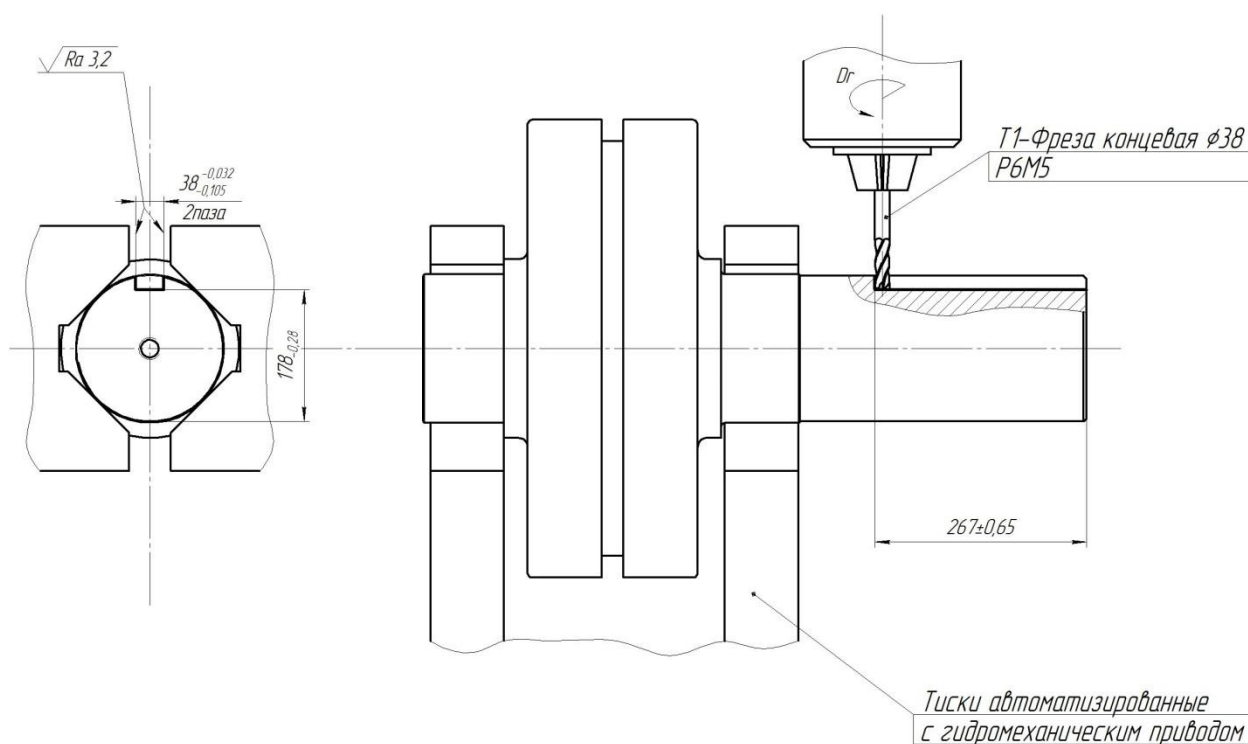


Рисунок 6 – Эскиз первого перехода операции 030

Обрабатываемым материалом является сталь 40Х.

В этом разделе спроектируем концевую фрезу для обработки шпоночного паза шириной 38 мм.

## 4.2 Проектирование концевой фрезы

«Диаметр концевой фрезы  $d$  назначается конструктивно исходя из формы и размеров обрабатываемой заготовки. От диаметра зависит отвод тепла, толщина стружки, число зубьев, форма зубьев и диаметр отверстия». [18]

Так как ширина паза равна 38 мм, то наружный диаметр концевой фрезы принимаем  $d = 38$  мм.

«Длина фрезы

$$L = l_1 + l + l_2,$$

(25)

где  $l_1$  – длина режущей части;

$l$  – длина шейки;

$l_2$  – длина хвостовика». [18]

«Длина режущей части

$$l_1 = 2 \cdot d \text{ »}. [18]$$

(26)

$$l_1 = 2 \cdot 38 = 76 \text{ мм.}$$

«Длина шейки

$$l = 4 \left( \sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right) \text{ »}. [18] \tag{27}$$

$$l = 4 \times \left( \sqrt[4]{38} + \frac{12}{38} \right) = 11,2 \text{ мм.}$$

Принимаем  $l = 11$  мм.

$$L = 76 + 11 + 109 = 196 \text{ мм.}$$

«Число зубьев фрезы

$$z = (0,1 \dots 1,3)d \text{ »}. [18] \quad (28)$$

$$z = (0,1 \dots 1,3)38 = 3,8 \dots 5,0.$$

Принимаем  $z = 5$ .

Основные геометрические параметры концевой фрезы представлены на рисунке 7.

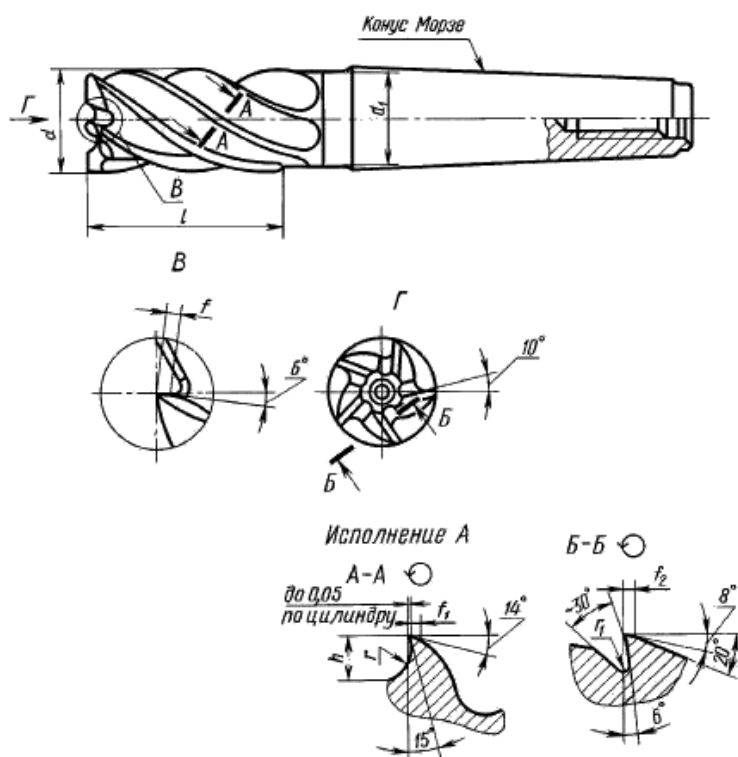


Рисунок 7 - Основные геометрические параметры концевой фрезы

«Форма зубьев и впадин у фрез с острозаточенными зубьями определяется условиями обработки и имеет три вида профиля: одноугловая, двухугловая и криволинейная (параболическая). Стружечная канавка должна обеспечивать достаточный объем для размещения срезанной стружки (при достаточной прочности зуба), большое количество переточек, технологичность изготовления и т.д. Для фрез с крупным зубом рекомендуется двухугольная форма. Такая форма зуба получается путем

двойного фрезерования. Сначала впадина фрезеруется угловой фрезой, а затем зуб срезается по спинке». [18]

«Для снижения вибраций, возникающих при фрезеровании, угловой шаг зубьев выполняется неравномерным, согласно ГОСТ 17026-71». [18]

На рисунке 8 представлена схема неравномерности углового шага.

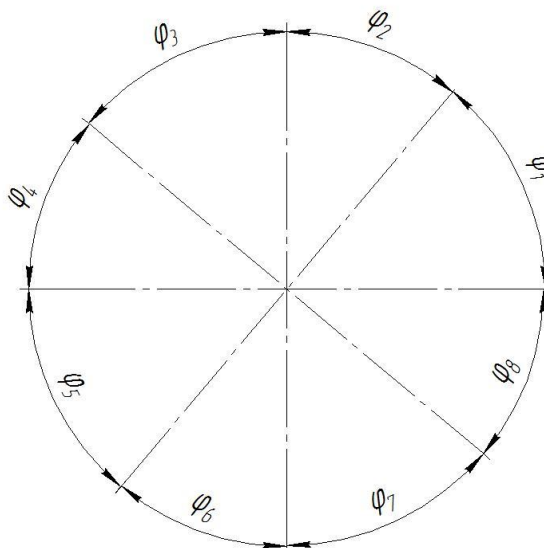


Рисунок 8 - Схема неравномерности углового шага

Для пятизубой фрезы назначаем

$$\varphi_1 = 68^\circ; \varphi_2 = 72^\circ; \varphi_3 = 76^\circ; \varphi_4 = 68^\circ; \varphi_5 = 76^\circ.$$

«Окружной шаг зубьев

$$P = \frac{\pi \cdot d}{z} \quad (29)$$

$$P = \frac{3,14 \cdot 38}{5} = 23,9 \text{ мм.}$$

В данном разделе мы спроектировали режущий инструмент для шпоночно-фрезерной операции техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка. Чертеж концевой фрезы для обработки шпоночного паза на 030 операции представлен в графической части работы.



## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

В работе рассматривается техпроцесс изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка. В процессе анализа базового варианта техпроцесса нами было принято решение подвергнуть модернизации две технологические операции, ими оказались 005 фрезерно-центровальная операция, выполняемая на фрезерно-центровальном станке модели EM535M, и шпоночно-фрезерная операция 030, которая выполняется на шпоночно-фрезерном станке модели ДФ-82.

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технологического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски. В качестве профессиональных рассматриваются риски травмирования человека (работника), а также возникновения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение здоровья. При рассмотрении техногенных рисков речь может идти об отказах оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также о возникновении пожаров, аварийных и чрезвычайных ситуаций. К экологическим рискам следует отнести образующиеся факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, токсичные и/или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделение опасных загрязняющих газообразных, жидких или твердых веществ и материалов в виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покровов и т.д.». [5]

«Своевременная идентификация профессиональных рисков, определение степени возникновения производственно-технологического

инцидента на производстве позволит предупредить негативные последствия возникновения рисков, исключить производственные травмы и т.д.». [5]

## **5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта**

В технологическом процессе изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка совершенствованию подвергаются фрезерно-центровальная операция 005, которая выполняется на фрезерно-центровальном станке модели EM535M, и шпоночно-фрезерная операция 030, выполняемая на шпоночно-фрезерном станке модели ДФ-82. Фрезерно-центровальным, также как и шпоночно-фрезерным станком управляет оператор, функциями которого является загрузка необработанной заготовки в станочное приспособление, закрепление заготовки в специальное приспособление, закрытие рабочей зоны станка защитным экраном, запуск программы на обработку. После проведения обработки оператор открывает рабочую зону станка, извлекает обработанную заготовку из станочного приспособления и отправляет ее в накопитель.

Режущими инструментами на фрезерно-центровальной операции 005 являются контурный сверло центровочное и метчик, изготовленные из быстрорежущей стали P6M5, а также торцовая фреза торцовая с режущими пластинами из твердого сплава T15K6.

Режущими инструментами на шпоночно-фрезерной операции являются концевая фреза Ø38 мм и концевая фреза Ø10 мм, изготовленные из быстрорежущей стали P6M5.

Заготовка изготавливается из легированной конструкционной стали 40X.

В качестве смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) используется масляная жидкость ЭПРОМ МР-7, производства отечественной компании

«Завод спецавтомат», предназначенная для охлаждения при механической обработке различных сталей. Она представляет собой специально обработанное масло, в которой добавлены различные присадки для придания жидкости специальных технологических и антикоррозионных свойств. В присутствии СОЖ в зоне резания снижается температура нагрева и обрабатываемого материала и режущего инструмента, а это снижает интенсивность износа инструмента и предотвращает изменение механических свойств обрабатываемого материала.

## **5.2 Идентификация профессиональных рисков**

«Опасная зона – это пространство, в котором постоянно действует или периодически возникает производственный фактор, опасный для жизни и здоровья людей. Опасная зона может появиться вокруг движущихся, вращающихся элементов, вблизи грузов, перемещаемых подъемно-транспортными машинами. Наличие опасной зоны может быть связано с опасностью поражения электрическим током, с отравлением ядовитыми веществами, возникновением пожаров и так далее. При выборе средств защиты и безопасного места людей при выполнении машинами различных технологических операций наиболее важным условием является установление границ (размеров) опасной зоны. Повышение уровня безопасности осуществляется путем совершенствования машин, оборудования, объектов, технологических процессов уже на стадии их проектирования и подготовки высококвалифицированного обслуживающего персонала». [24]

На фрезерно-центровальном станке модели EM535M (рисунок 9) выполняется фрезерно-центровальная операция.



Рисунок 9 – Фрезерно-центровальный станок модели EM535M

Станок работает в автоматическом цикле.

Оператор токарного станка устанавливает заготовку в приспособление, закрывает защитный экран на станке, чтоб образующаяся стружка не повредила ткани и глаза оператора. Затем станочник включает станок для обработки и тот выполняет обработку по заранее заданной программе.

На шпоночно-фрезерном станке модели ДФ-82 (рисунок 10) выполняется операция фрезерования шпоночных пазов. Оператор шпоночно-фрезерного станка устанавливает в приспособление заготовку, закрывает защитный экран на станке, чтоб образующаяся стружка не повредила ткани и глаза оператора. Затем оператор включает станок для обработки и тот выполняет обработку по заранее заданной программе ЧПУ.

При проведении обработки оператор станка обязан лишь следить за происходящим, чтоб не было никаких сбоев у отработки программы. При возникновении каких-либо технических отклонений станочник должен отключить работу станка.



Рисунок 10 - Шпоночно-фрезерный станок модели ДФ-82

Следующим опасным и вредным производственным фактором является испарение смазочно-охлаждающей жидкости.

Зона обработки на шпоночно-фрезерном станке ДФ-82 является открытой, поэтому брызги СОЖ могут загрязнять экологическую ситуацию на рабочем месте.

Для установки заготовки на фрезерно-центровальной операции 005 нами в работе спроектировано специальное приспособление – тиски с гидрозажимом, имеющий гидропривод. Станочнику, вставив заготовку в это приспособление, необходимо лишь нажать на кнопку для включения пневмопривода приспособления, чтобы запустить пневматическую систему

на зажим. За счет механизации этого приспособления работа оператора фрезерно-центровального станка модели EM535M стала более легкой, снимается возможность возникновения опасных производственных факторов, связанных с необходимостью механического зажима заготовки в приспособлении. Это мероприятие делает работу станочника более безопасной и уменьшает вспомогательное операционное время, что снижает производственные затраты.

«Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества». [24]

В процессе обработке заготовок на металлорежущих станках, включая фрезерно-центровальный станок модели EM535M и шпоночно-фрезерный станок ДФ-82, возникают продукты отхода в виде металлической стружки, которые необходимо убирать, а затем утилизировать или перерабатывать. [8]

### **5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

После завершения механической обработки партии заготовок необходимо проводить влажную уборку производственного помещения.

Металлическую стружку, образующуюся в накопителе станка, необходимо удалять из зоны обработки. Это касается и фрезерно-центровального станка и шпоночно-фрезерного. Данную работу делает станочник. При этом может возникнуть опасность поражения тканей кожного покрова рабочего стружкой. Поэтому для удаления из зоны резания металлической стружки станочник должен использовать специальное приспособление - крючок.

Для централизованного сбора металлической стружки на машиностроительных предприятиях используют специальные контейнеры. По мере заполняемости этих контейнеров специальные службы увозят

собранную металлическую стружку для утилизации и переработки для изготовления новых деталей.

Для минимизации возможного воздействия электрического тока на операторов станков необходимо, чтобы у каждого металлообрабатывающего оборудования было заземление. Это снизит вероятность образования статического электричества. Также у каждого оператора станка под ногами должен быть резиновый диэлектрический коврик ГОСТ 4997-75 [12].

Для снижения влияния паров СОЖ на оператора станка в производственном цехе на участке должна быть организована вентиляция. Данные требования регулируются ГОСТ Р ЕН 13779-2007 [16].

Смазочно-охлаждающая жидкость после подачи в зону обработки должна отводиться по специальным каналам, далее очищаться от загрязнений и использоваться заново для охлаждения зоны обработки. [16]

#### **5.4 Обеспечение пожарной безопасности**

«Пожары и взрывы представляют собой сложные физико-химические процессы, которые генерируют широкий спектр опасных и вредных производственных факторов. К ним относятся пламя, высокая температура поверхностей и воздуха, ядовитые газы, дым, излучение, взрывы, обрушения горящих зданий, падающие предметы и другие». [24]

«Пожарная безопасность решает 4 задачи, непосредственно связанные с профилактикой и тушением пожаров: предупреждение пожаров, локализация пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожаров». [24]

«Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов служат исходными данными для определения категории производства и разработки систем обеспечения пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-85 [6] и ГОСТ 12.1.010-76 [7]». [24]

«Одним из основных показателей пожаробезопасности, применяемых при классификации способности к горению веществ и материалов, является группа горючести». [24]

При производстве партии вал-шестерен токарно-карусельного станка на фрезерно-центровальном модели EM535M и шпоночно-фрезерном станке модели ДФ-82 используется смазочно-охлаждающая жидкость ЭПРОМ МР-7, которая является масляной жидкостью, изготовленная из нефтепродуктов. Она в процессе использования может воспламениться, что в конечном итоге может привести к образованию пожара.

Это относится к классу пожара В: пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов.

Если по каким-то причинам возник пожар, то рабочему необходимо выключить работу станка, при этом выключится поступление горючей жидкости в зону воспламенения. Для предотвращения возгорания рекомендуется использовать переносные огнетушители ГОСТ Р 51057-2001 [15] или пожарные напорные рукава ГОСТ Р 51049-2019 [14]. При этом из сопла под напором будет подаваться пена. Необходимо направить этот поток в очаг возгорания, при этом кислород перестанет поступать в зону горения и пожар прекратится.

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

«Проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации производственно-технологического процесса, при последующей эксплуатации спроектированного (модернизированного) технического объекта, при утилизации производственно-технологических отходов и брака при конечной утилизации технического объекта, уже завершившего свой жизненный цикл». [5]



Негативным экологическим фактором при работе на станках, использующими СОЖ, является загрязнение рабочего места станочника парами смазочно-охлаждающей жидкости. Для снижения воздействия этих паров на дыхательную систему оператора станка необходимо правильная организация на рабочем месте системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

В процессе обработки возникают отходы в виде металлической стружки. Данные отходы производства необходимо правильно утилизировать. На предприятиях машиностроения стружку принято собирать в контейнеры, а затем эту стружку перемещают на специальные участки, где подвергают прессованию и переплавке для изготовления новых заготовительных материалов.

Эти мероприятия осуществляются с одной стороны для улучшения экологической ситуации на рабочем месте, а с другой стороны для экономии ресурсов, в частности для экономии металла – конструкционной легированной стали 40Х.

В этом разделе нами проанализированы модернизированные операции обработки на фрезерно-центровальном станке и на шпоночно-фрезерном станке при изготовлении вала-шестерни токарно-карусельного станка, которые осуществляются на фрезерно-центровальном станке модели ЕМ535М и шпоночно-фрезерном станке модели ДФ-82. При этом возникают опасные и вредные производственные факторы, которые нами были описаны в разделе. Для снижения воздействия этих факторов на организм операторов станков с числовым программным управлением, а также на экологическую ситуацию на рабочем месте и в цехе нами предложены мероприятия, которые уменьшат воздействие таких факторов и приведут в улучшению экологической ситуации на рабочем месте в частности и на предприятии в целом.

## 6 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала необходимо дать краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 11).

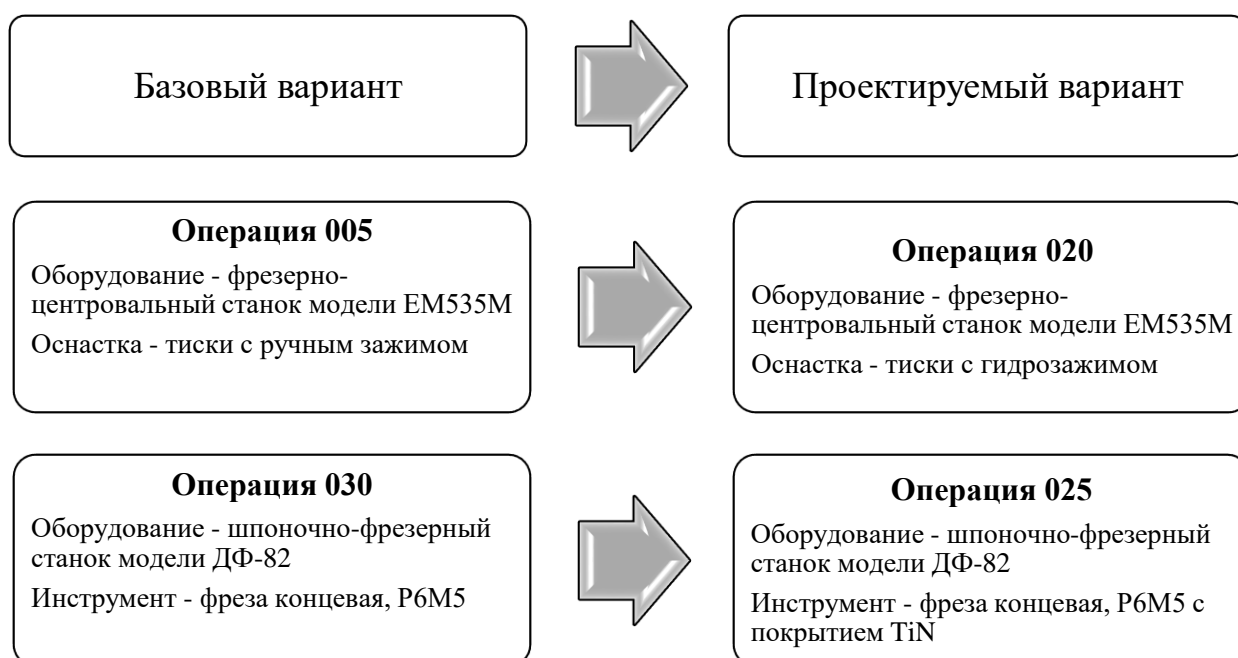


Рисунок 11 – Краткое описание внесенных в технологический процесс изменений

Как видно из рисунка 11, благодаря внесенным изменениям удалось достичь сокращения операционного времени, а, следовательно, уменьшения трудоемкости их выполнения. В совокупности, все изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 1,44 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 12.

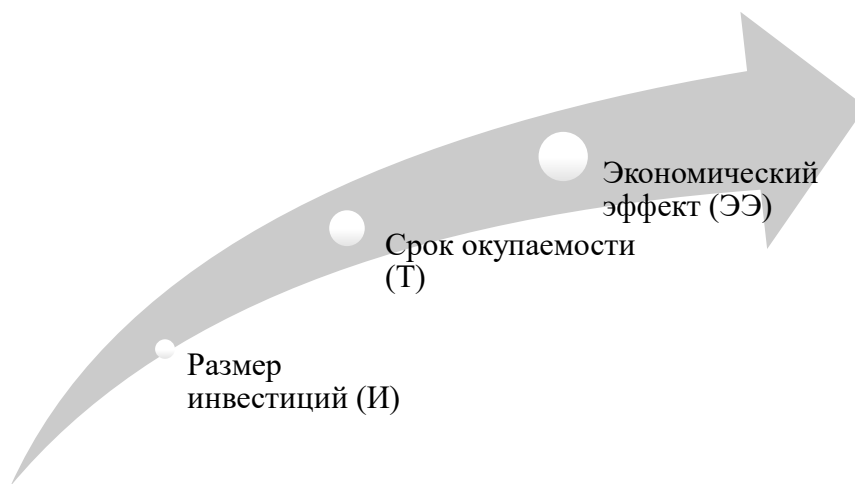


Рисунок 12 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 12, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [22], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 13.

Как видно из рисунка 13, весомую долю в инвестициях занимают затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ ), которые составляют 48,28 % от размера всех инвестиций. Кроме затрат на проектирование, предприятию необходимо будет осуществить существенные финансовые вложения в такую статью затрат, как «оснастка и инструмент ( $K_{ОИ}$ )». Ее доля в общем размере инвестиций составит 38,73 %, а это обосновывается необходимостью оснащения операций режущим инструментом и станочной оснасткой. Все остальные статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми долями его увеличивают.

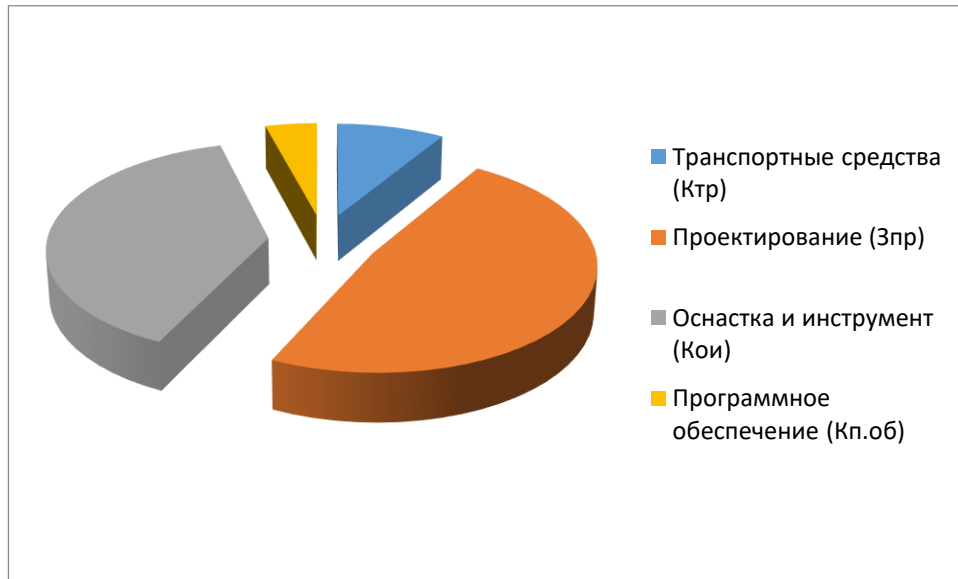


Рисунок 13 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле

$$T = \frac{И}{П_{чист}} + 1 \quad (30)$$

где « $П_{чист}$  – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [5]

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ( $C_1 = 346,59$  руб. и  $C_2 = 317,42$  руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ( $П_{Г} = 1000$  шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную дополнительную прибыль. Значения себестоимости определялись по специальной методике [22] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (30) можно представить в развернутом формате в виде

$$T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot \Pi_T \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1 \quad (31)$$

где « $K_{НАЛ}$  – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [22]

$$T = \frac{20312,75}{(346,59 - 317,42) \cdot 1000 \cdot (1 - 0,2)} + 1 = 1,087 = 2 \text{ года}$$

Экономический эффект определяется по формуле (32), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left( \sum_1^T \Pi_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I \quad (32)$$

где « $E$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета»

[22]

$$\text{ЭЭ} = \left( 23157 \cdot \left( \frac{1}{(1 + 0,2)^1} + \frac{1}{(1 + 0,2)^2} \right) \right) - 20312,75 = 15066,75$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 15066,75 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

## Заключение

В результате проделанной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка.

На первом этапе работы нами описана токарно-карусельного станка и работа вала-шестерни в узле, выполнена классификация поверхностей вала-шестерни и обозначены наиболее важные поверхности. Далее рассмотрен материал, из которого изготовлена вала-шестерни, проведен анализ физико-механических свойств материала, а также рассмотрен вопрос технологичности конструкции вала-шестерни.

В технологической части работы выбран тип машиностроительного производства для изготовления вала-шестерни. Им оказалось среднесерийное производство, там же описаны особенности данного типа производства. Из двух наиболее подходящих типов заготовительного производства с помощью технико-экономического расчета принята штамповка. На самую точную поверхность вала-шестерни 2 выполнен расчет припусков. Далее спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка и рассчитаны режимы резания на некоторые операции.

Для закрепления заготовки на фрезерно-центровальной операции нами спроектированы тиски. В отличие от патрона из базового варианта техпроцесса данное приспособление имеет гидравлический привод, при помощи которого происходит автоматизированный зажим и разжим заготовки на операции. Данное мероприятие снижает вспомогательное время фрезерной операции, а это экономически выгодно.

Для шпоночно-фрезерной операции техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-карусельного станка спроектирована концевая фреза.

## Список используемой литературы

1. Белозеров В.А. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие / В.А. Белозеров, Н.Н. Абрамова. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2008. – 112 с.
2. Белоусова Л.Е. Технологические процессы изготовления деталей машин / Л.Е. Белоусова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : САФУ, 2022. – 138 с.
3. Блюмштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюмштейн, А.А. Клепцов. – 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 220 с.
4. Бушуев В.В. Металлорежущие станки : учебник / В.В. Бушуев, А.В. Еремин, А.А. Какойло и др.; под ред. В.В. Бушуева. 2-е изд. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 586 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
6. ГОСТ 12.1.004-85. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. – 83 с.
7. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. – 5 с.
8. ГОСТ 12.3.025-80. Система стандартов безопасности труда. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – 15 с.
9. ГОСТ 12195-66. Приспособления станочные. Призмы опорные. Конструкция. – 6 с.
10. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 10 с.
11. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.

12. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
13. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
14. ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 23 с.
15. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 32 с.
16. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. – 82 с.
17. Забирова Г.Р. Технология машиностроения : методическое пособие по выполнению практических работ / Г.Р. Забирова. – Ульяновск : УлГУ, 2022. – 272 с.
18. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебник / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 228 с.
19. Коваль Н.С. Технология изготовления медицинской техники : учебное пособие / Н.С. Коваль, В.А. Лебедев, И.Л. Вяликов [и др.] ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2021. – 241 с.
20. 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.
21. Козырева У.Р. Системный менеджмент организации производства : учебное пособие / У.Р. Козырева, П.В. Мирошниченко. – М. : Изд-во МАИ, 2022. – 84 с.



22. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 184 с.
23. Моргунов А.П. Производство зубчатых колес : учебное пособие / А.П. Моргунов, И.В. Ревина. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. – 228 с.
24. Попов А.А. Производственная безопасность : учебное пособие / под. общ. ред. А.А. Попова. – 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 432 с.
25. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
26. Сизова Е.И. Технологические процессы изготовления заготовок. Ч. 1. Получение заготовок литьем и ковкой на молотах : практикум / Е.И. Сизова. – М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 144 с.
27. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 756 с.
28. Титов Н.В. Технологическое оснащение производства машин и оборудования. Лабораторный практикум : учебное пособие для ВО / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, И.Н. Кравченко [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 204 с.
29. Ча Г.О. Выбор наиболее рациональных методов обработки на гибридном металлорежущем оборудовании на примере цилиндрической поверхности / Г.О. Ча, П.Ю. Скиба, Ю.В. Вшивкова, А.Н. Лобко // Актуальные проблемы в машиностроении. Том 4. №2. 2017. – С. 66-71.

# Приложение А

## Маршрутные карты

Таблица А.1 - Маршрутные карты

Дл\шт	Взам.	Пл\шт	Дл\шт	Взам.	Пл\шт	Дл\шт	Взам.	Пл\шт	Дл\шт	Взам.	Пл\шт	Дл\шт	Взам.	Пл\шт		
<b>ТГУ Кафедра ОТМП</b>																
<i>Вал-шестерня</i>																
И01 <i>Сталь 40Х ГОСТ 4543-71</i>																
Код		ЕВ	РМ	ЕН	Н. расх.	КМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ				
И02		166	660	1		0,87	4.1211Х	φ6.18.3х896			1	758				
А		Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Конт	Тип
А03		XX XX XX	000	4280	Заготовительная	XXXXX	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ								
Б04		ГКШП														
А06		XX XX XX	005	XXXX	Фрезерно-центровальная	XXXXX	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ								
Б07		38.18.25	XXXX	Фрезерно-центр.	ЕМ535М	2 18632	422	1Р	1	1	1	100	1	16	7.67	
0.08		<i>Фрезеровать шероховатости 1 и 15 выдерживая размеры 896±15; сверлить центровые отверстия выдерживая размеры</i>														
0.09		<i>φ28<sup>h18</sup>, 90 ±1, 120 ±1, 8±0,18, 12±0,215; в центровых отверстиях нарезать резьбу М30 на длину 57±0,37,</i>														
Т 10		<i>396110 XXXX(2) Призмы опорные; XXXXXX.XXXX цпир откидной;</i>														
Т 11		<i>XXXXXX.XXXX(2) Фреза торцовая Т5К6; XXXXX.XXXX(2) Сверло центровочное Р6М5;</i>														
Т 12		<i>XXXXXX.XXXX(2) Метчик машинный Р6М5; 393120.XXXX Калибр-продка;</i>														
Б																
А 14		XX XX XX	010	4.112	Токарная черновая	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ									
Б 15		38.18.25	XXXX	16К30Ф3	2	18632	422	1Р	1	1	1	100	1	16	31,83	
16																
МК																

Продолжение таблицы А.1

/лист 2																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СЧ	проб.	Р	УТ	КР	КОП	ЕН	ОП	Кум	Тноз	Тум
Б	Код наименования оборудования															
0.17	Точить поверхность 10, выдерживая размеры 370,5±0,7; поверхность 11 выдерживая размеры φ24,15 <sup>±0,026</sup> .															
0.18	точить поверхность 12, выдерживая размеры 403±0,775; точить поверхность 13 выдерживая размеры φ201,225±0,23; 4,94±0,775.															
Т.19	396110 XXXX Патрон самоцентра. XXXXXX XXXX шпоа откидной. XXXXXX XXXX Центр шпоарный.															
Т.20	392104 XXXX Резец механич. Т15К6. 393111 XXXX ШЦ-И-350-0.1. 393120 XXXX Калибр-скоба															
21																
А.22	XX XX XX 015 4.112 Токарная черновая ИОТ И37.101.XXXX-XX															
Б.23	38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 4.22 1Р 1 1 100 1 16 25.33															
0.24	Точить поверхность 6, выдерживая размеры φ618,8 <sup>±0,00</sup> ; 229±0,575; поверхность 5, выдерживая размер 755±1.															
0.25	поверхность 4, выдерживая размеры φ24,15 <sup>±0,15</sup> ; 20±0,26; поверхность 3, выдерживая размеры 842,1±0,18;															
0.26	точить поверхность 2, выдерживая размеры φ201,225±0,23; 108±0,435.															
Т.27	396110 XXXX Патрон самоцентра. XXXXXX XXXX шпоа откидной. XXXXXX XXXX Центр шпоарный.															
Т.28	392104 XXXX Резец механич. Т15К6. 393111 XXXX ШЦ-И-350-0.1. 393120 XXXX Калибр-скоба															
29																
А.30	XX XX XX 020 4.112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX															
Б.31	38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 4.22 1Р 1 1 100 1 16 31.83															
0.32	Вполнить галтель R6; точить поверхность 10, выдерживая размеры 370,5±0,7; поверхность 11 выдерживая размеры φ24,15 <sup>±0,026</sup> .															
0.33	выполнить галтель R12; точить поверхность 12, выдерживая размеры 402,5±0,775; выполнить галтель R5;															
0.34	точить поверхность 13, выдерживая размеры φ200,725±0,0575; 100±0,435; выполнить фаску 1,5x45 <sup>°</sup> .															
0.35	точить поверхность 14, выдерживая размеры φ197,7±0,0575; 383±0,7; выполнить фаску 3x45 <sup>°</sup> .															
Т.36	396110 XXXX Патрон самоцентра. XXXXXX XXXX шпоа откидной. XXXXXX XXXX Центр шпоарный.															
Т.37	392104 XXXX Резец механич. Т15К6. 393111 XXXX ШЦ-И-350-0.1. 393120 XXXX Калибр-скоба															
38																
39																
МК																



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 3																			
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СУ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа								
											ЕН	ОП	Кум	Тум					
Б	Код, наименование обозначения																		
А 42	XX XX XX	025	4112	Токарная чистовая	ИОТ И37.101.XXXX-XX														
Б 43	38.18.25	XXXX	16	К30Ф3	2	18632	422	1Р	1	1	100	1	16	26.92					
0 44	Вполнить галтель R6; точить поверхность 6; выдерживать размеры 618 <sup>±0,8</sup> ; поверхность 5 выдерживать размеры 754,5±1;																		
0 45	выполнить галтель R12; точить поверхность 4; выдерживать размеры 241 <sup>±0,15</sup> ; выполнить галтель R5;																		
0 46	точить поверхность 3; выдерживать размеры 84,18±0,18; точить поверхность 2 в размеры 200,727±0,0575; 108±0,435;																		
0 47	выполнить фаски 15x45 <sup>U</sup> ; выполнить канавки в размеры 29±0,26.																		
Т 48	396110 XXXX Патрон самоцентра; XXXXXX XXXX цпр откидной; XXXXXX XXXX Центр цпрный;																		
Т 49	392104 XXXX Резец механ.ч. Т15К6; 393111 XXXX ШЦ-И-350-0.1; 393120 XXXX Калибр-скода																		
Т 50	392104 XXXX Резец канавочный фасонный Р6М5.																		
51																			
А 52	XX XX XX	030	4128	Шпаночно-фрезерная	ИОТ И37.101.XXXX-XX														
Б 53	381.631	XXXX	ДФ-82	Шпаночно-фрезер. 2	18632	322	1Р	1	1	1	100	1	16	36.56					
0 54	Фрезеровать два шпаночных паз (поверхности 16,17,18); выдерживать размеры 38 <sup>±0,032</sup> ; 178 <sup>±0,038</sup> ; 267±0,65; фрезеровать																		
0 55	шпаночный паз (поверхности 21,22,23) в размеры 10 <sup>±0,075</sup> ; 4,5 <sup>±0,065</sup> ; 86±0,435.																		
Т 56	396181 XXXX(2) Призмы; XXXXXX XXXX(2) Сменные призмы; 391267 XXXX(2) Фреза концевая Р6М5;																		
Т 57	393111 ШЦ-И-100-0.05; 393111(2) Калибр-продка.																		
58																			
А 59	XX XX XX	035	4121	Расточная	ИОТ И37.101.XXXX-XX														
Б 60	381.631	XXXX	25660Ф2	Гориз.-расточн. 2	18632	322	1Р	1	1	1	100	1	16	10.22					
0 61	Сверлить четыре отверстия (поверхности 20); выдерживать размеры 18 <sup>±0,10</sup> ; 40±0,31; 45 <sup>±30</sup> ; нарезать резьбу М20 в																		
0 62	в четырех отверстиях (поверхности 19) на длину 35±0,31; сверлить четыре отверстия (поверхности 20)																		
0 63	в размеры 18 <sup>±0,10</sup> ; 45 <sup>±30</sup> ; 40±0,31; нарезать резьбу М20 в четырех отверстиях (пов. 19) на длину 35±0,31;																		
Т 64	396181 XXXX(2) Призмы; XXXXXX XXXX(2) Сменные призмы; 391267 XXXX Сверло спиральное Р6М5;																		
МК																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 4													
А	Цех	Уч	ВМ	Опер	Код наименования операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа		
											КОИД	ЕН	ОП
Б	Код наименования оборудования												
T.69	XXXXXXXXXXXX Метчик машинный M20 P6M5.												
70													
A.71	XX XX XX 040 XXXX Зубодолбежная ИОТ И37.101.10XXX-XX												
B.72	381631 XXXX 51A73 Зубодолбежный 2 18632 322 1P 1 1 1 100 1 16 16.31												
0.73	Долбить зубчатые венцы (поверхности 26, 27, 28), выдерживая размеры 20 <sup>h</sup> ±30', φ595,186±0,2, φ566±0,875.												
0.74	M=12,5', Z=41.												
T.75	396181.XXXX Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX Долбяк зуборезный P6M5.												
76													
A.77	XX XX XX 045 Термическая (закалка) ИОТ И37.101.70715-07.												
B.78	ТВ4												
79													
A.80	XX XX XX 050 Центрошлифовальная ИОТ И37.101.7419.1-00.												
B.81	381623 XXXX 10Y00A GС12-130 Центрошлифов. 2 17001 422 1P 1 1 1 100 1 10 0.62												
0.82	Шлифовать центровые отверстия выдерживая размер 90 <sup>h</sup> ±30'.												
T.83	39671X.XXXX(2) Призмы опорные; XXXXXX.XXXX Упор откидной;												
T.84	398710.XXXX Шлифовальная головка 10CT P 52781-2007.; 3934.10.XXXX Калибр-продка.												
85													
A.86	XX XX XX 055 Торцекрглошлифовальная ИОТ И37.101.7419.1-00.												
B.87	381623 XXXX 37161 Торцекрглошлифовал. 2 17001 422 1P 1 1 1 100 1 10 11.27												
0.88	Шлифовать поверхность 13 выдерживая размеры φ200,125±0,036 100±0,435; шлифовать поверхность 14, выдерживая размеры φ197,1±0,036 383±0,7; шлифовать поверхность 12 в размер 489±0,375.												
T.89	39671X.XXXX Патрон лободквыи; XXXXXX.XXXX Центр браццующиця; 3934.10.XXXX Микрометр;												
T.90	398710.XXXX Крцг шлифовальныи 1 350x60x150 14AF-24k5L7 30 м/с 10CT P 52781-2007; XXXX Калибр-скода.												
T.91													
МК													



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 5																
А	Цех	У4	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	СМ	Обозначение документа								
								Р	УТ	КР	КОМЛ	ЕН	ОП	Клпм	Тшт	
Б	Код наименования оборудования															
А 94	XX XX XX	060	Торцевая круглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.													
Б 95	381623	XXXX	3Т161	Круглошлифовал.	2	17001	422	1Р	1	1	100	1	10	3,67		
О 96	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 200,125 \pm 0,036$ , $103 \pm 0,435$ ; шлифовать поверхность 3 в размер $84 \pm 0,18$ .															
Т 97	39671X	XXXX	Патрон	поводковы;	XXXXXX	XXXX	Центр	обрабатывающ.	3934	10	XXXX	Микрометр;				
Т 98	398710	XXXX	Круг	шлифовальный	1	350x60x150	14AF	24x51	7	30	м/с	10С1	P	52781-2007;XXXX	Калибр-скоба.	
99																
А 100	XX XX XX	065	Круглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.													
Б 101	381623	XXXX	ЭМ31	Круглошлифовальный	2	17001	422	1Р	1	1	100	1	10	10,87		
О 102	Шлифовать поверхность 13, выдерживая размеры $\phi 200,025^{+0,003}$ , $100 \pm 0,435$ ; поверхность 14 в размеры $\phi 197^{+0,022}$ поскр., $383 \pm 0,7$ .															
Т 103	39671X	XXXX	Патрон	мембранны;	XXXXXX	XXXX	Центр	цпарный;								
Т 104	398710	XXXX	Круг	шлифовальный	1	350x60x150	14AF	24x51	7	30	м/с	10С1	P	52781-2007;	XXXX	Калибр-скоба.
Т 105	3934	10	Микрометр; 393120.XXXX Калибр-скоба.													
106																
А 107	XX XX XX	070	Круглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.													
Б 108	381623	XXXX	ЭМ31	Круглошлифовальный	2	17001	422	1Р	1	1	100	1	10	3,23		
О 109	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 200,025^{+0,003}$ , $103 \pm 0,435$ .															
Т 110	39671X	XXXX	Патрон	мембранны;	XXXXXX	XXXX	Центр	цпарный;								
Т 111	398710	XXXX	Круг	шлифовальный	1	350x60x150	14AF	24x51	7	30	м/с	10С1	P	52781-2007;		
Т 112	3934	10	Микрометр; 393120.XXXX Калибр-скоба.													
113																
А 114	XX XX XX	075	Плутирочная ИОТ И37.101.74.19.1-00.													
Б 115	381623	XXXX	EFCO	SM-450N	Шлиф.-	плутир.	2	17001	422	1Р	1	1	100	1	10	3,23
О 116	Обработать плутиром поверхности 26 и 27, выдерживая размеры $20^{+1}$ , $\phi 595,086 \pm 0,055$ , $m=12,57$ , $z=41$ .															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

<i>Лист 6</i>														
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		СЧ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа		
					Код наименования операции	Код наименования оборудования						КОИД	ЕН	ОП
Т 117	<i>XXXXXXXXXXXX Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX(3) Притир; XXXXXX.XXXX Шаблон.</i>													
118														
А 119	<i>XX XX XX 080 Термическая ИОТ ИЗ7.101.XXXX</i>													
0 120	<i>Поверхности зубьев обработать ТВЧ в 18..22 46..51 НРС.</i>													
121														
А 122	<i>XX XX XX 085 Мелочная ИОТ ИЗ7.101.XXXX</i>													
123														
А 124	<i>XX XX XX 090 Контрольная ИОТ ИЗ7.101.XXXX</i>													
125														
126														
127														
128														
129														
130														
131														
132														
133														
134														
135														
136														
137														
138														
139														
МК														