

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода конвейера

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода конвейера.

Автор: Свешников Виталий Алексеевич.

В выпускной работе рассмотрен вопрос изготовления технологический процесс изготовления вала-шестерни привода конвейера. Спроектирован технологический процесс изготовления этой детали.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, описано, что такое конвейер, 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.

По данным 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.

В работе на самую точную поверхность 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.....	6
1.3 Классификация поверхностей детали.....	7
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Определение типа производства.....	10
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	10
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки.....	13
2.5 Расчёт припусков.....	15
2.6 Расчет режимов резания.....	18
3 Проектирование приспособления.....	25
3.1 Общие сведения.....	25
3.2 Исходные данные.....	26
3.3 Силовой расчет.....	27
4 Проектирование режущего инструмента.....	30
4.1 Фрезерование шпоночных пазов.....	30
4.2 Исходные данные.....	31
4.3 Расчет концевой фрезы.....	31
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
6 Экономическая эффективность работы.....	39
Заключение.....	44
Список используемой литературы.....	45
Приложение А. Технологическая документация.....	48

## Введение

В машиностроении при крупносерийном и массовом типе производства для перемещения изделий по технологической цепочке часто используются конвейеры. Конвейеры являются подъемно-транспортным типом машин и служат для упрощения производственной работы персонала машиностроительного предприятия, его механизации и автоматизации.

Конвейеры бывают нескольких типов: периодического действия и непрерывного действия. Первый тип конвейеров используется в таких машиностроительных производствах, когда объект производства перемещается от одной позиции к другой и на каждой из позиций необходима остановка для совершения каких-то технологических операций. Конвейеры непрерывного действия используют в случаях, когда такая остановка не нужна.

Важной составляющей конвейеров является привод, который предназначен для приведения в действие всего механизма. Привод конвейера может быть гидравлическим, пневматическим, электромеханическим или каким-то другим (смешанным). В нашем случае имеет место электромеханический привод конвейера.

Вал-шестерня привода конвейера служит для восприятия вращающего момента при помощи боковых плоскостей шпоночного паза и передачи этого момента при помощи боковых стенок зубьев зубчатого венца. Вал-шестерня является важным звеном кинематической цепи привода конвейера. От качества ее изготовления зависит долговечность и работоспособность всего механизма конвейера.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода конвейера заданного качества с минимальной себестоимостью, согласно годовой программе выпуска.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1 Общие сведения**

«Подъемно-транспортные машины, используемые в металлургических предприятиях, в значительной мере обеспечивают механизацию и автоматизацию производственного процесса, поскольку насыщенность средствами механизации трудоемких и тяжелых работ определяет степень совершенства технологических процессов на предприятии. Наличие современного оборудования, особенности технологии, использование межцехового и внутрицехового транспорта на металлургических предприятиях требуют применения разнообразных типов подъемно-транспортных машин и механизмов». [13]

«Все подъемно-транспортные машины делятся на две основные группы: грузоподъемные машины периодического действия и транспортирующие машины (конвейеры) непрерывного действия. В отличие от грузоподъемных машин, которые перемещают грузы отдельными порциями и возвращаются за новой порцией груза порожняком, транспортирующие машины-конвейеры предназначены для перемещения грузов непрерывным потоком, без остановки для их загрузки и выгрузки. Транспортирующие машины используются для перемещения, как правило, массового груза одного вида. Транспортные операции в этом случае отличаются однотипностью и значительно легче поддаются автоматизации. С помощью конвейеров на металлургических предприятиях транспортные и перегрузочные процессы доведены до высокой степени автоматизации». [13]

«Транспортирующие машины можно разделить на две основные группы: с тяговым органом (ленточные и цепные конвейеры, элеваторы); без тягового органа (Роликовые, винтовые и инерционные конвейеры;

пневматические, гидравлические и гравитационные устройства). В машинах первой группы тяговый элемент (лента, цепь, канат) одновременно является и несущим элементом, при этом груз размещается либо непосредственно на тяговом элементе, либо на прикрепленных к нему устройствах». [13]

«Ленточный конвейер (рисунок 1) состоит из приводного и натяжного барабанов и ленты, охватывающей барабаны с натяжением и транспортирующей груз». [13]

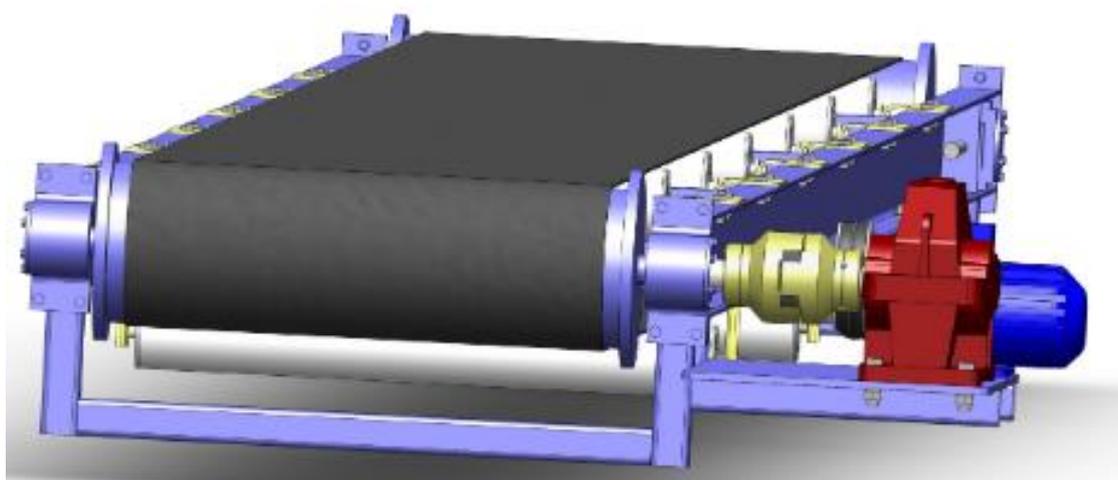


Рисунок 1 – Ленточный конвейер

Тяговое усилие к ленте приходит от приводного барабана при помощи сил трения.

## **1.2 Назначение и условия работы детали**

Вал-шестерня привода конвейера служит для восприятия вращающего момента при помощи боковых плоскостей шпоночного паза и передачи этого момента при помощи боковых стенок зубьев зубчатого венца. Вал-шестерня является важным звеном кинематической цепи привода конвейера. От

качества ее изготовления зависит долговечность и работоспособность всего механизма конвейера.

## 1.2 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности детали для этого выполним нумерацию поверхностей, которая представлена на рисунке 2.

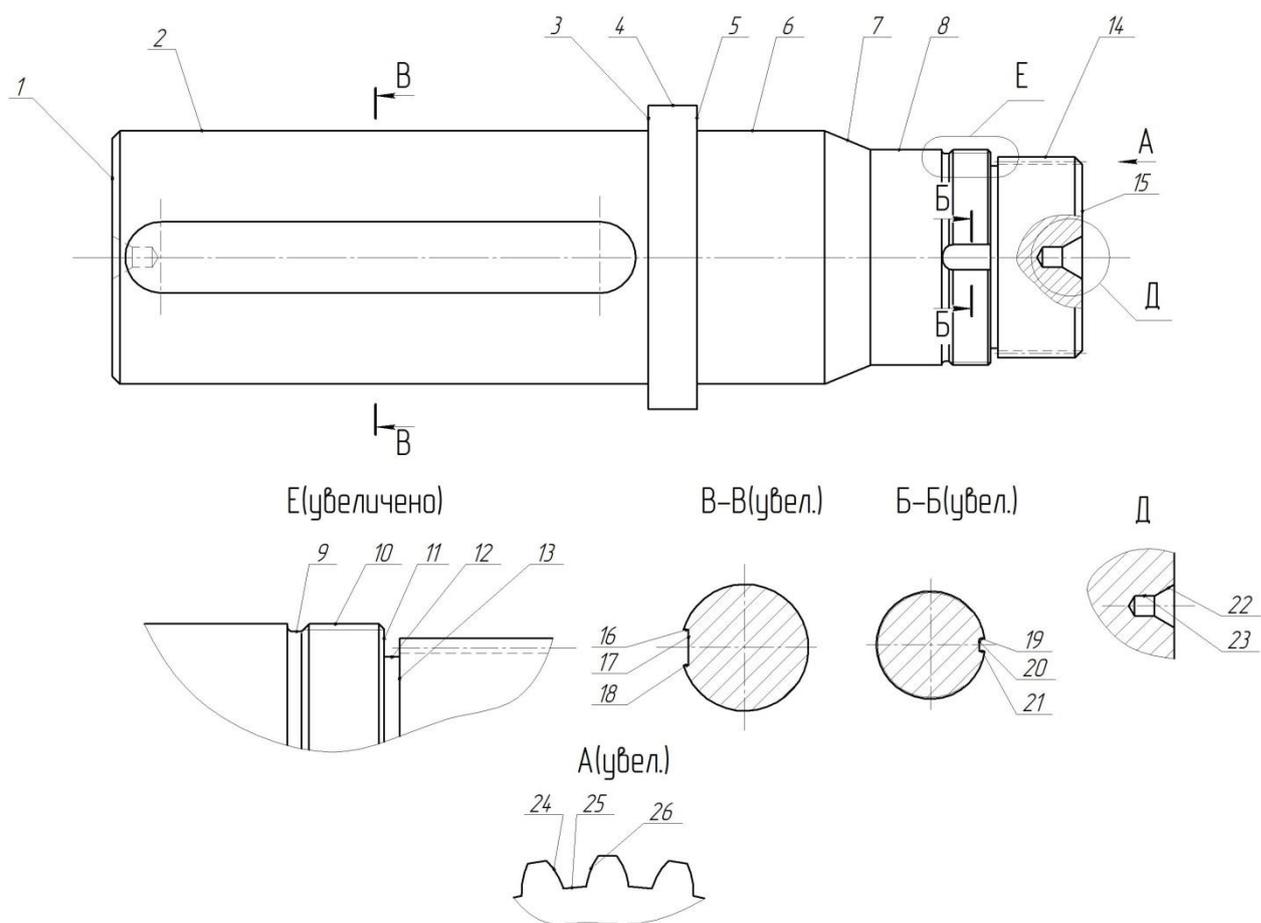


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительные поверхности – 16, 18, 24, 26.

Основные конструкторские базы – 5, 6.

Вспомогательные конструкторские базы – 2, 8, 10, 19, 21.

Остальные поверхности – свободные.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Вал-шестерня привода конвейера выполнена из конструкционной легированной стали 40Х ГОСТ 4543-2016 [7], которая содержит кроме железа около 0,40% углерода, около 1% хрома.

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

Таблица 1 - Свойства стали 40Х

НВ	$\sigma_B$	$\sigma_T$
не более	МПа	МПа
207	980	780

«Технологичность можно оценивать качественно и количественно. Качественная оценка позволяет характеризовать технологичность изделия обобщенно на основании имеющегося производственного опыта. Качественная оценка обычно предшествует количественной и определяет ее целесообразность. Часто качественная оценка определяется экспертным опросом и выражается в баллах. В настоящее время выбор показателей технологичности для отдельных этапов проектирования и с учетом объекта производства приводится на основе требований, установленных ГОСТ 14.201-83 [6]. Технологичность конструкции изделия – понятие относительное. Технологичность одной и той же машины будет разной для различных типов производства (единичного, серийного и массового) и для заводов с различными производственными возможностями (с различным оборудованием). Развитие техники меняет уровень технологичности конструкции. Нетехнологичные конструкции могут стать вполне технологичными при новых методах обработки». [3]

«Технологичность конструкции изделий – понятие комплексное, так как конструкцию нельзя рассматривать изолированно. Отработанная на технологичность конструкция заготовки не должна усложнять последующую механообработку. Нужно стремиться получить наименьшую трудоемкость и себестоимость изготовления машины в целом». [3]

«Понятие технологичности конструкций изделий распространяется также на область их эксплуатации. Конструкция машин должна быть удобной для обслуживания и ремонтпригодной, то есть должна обеспечивать легкость и удобство разборки и сборки, узлового ремонта частей машин». [3]

Конструкция вала-шестерни привода конвейера имеет довольно простую конструкцию. Эта конструкция с небольшими приближениями вписывается в простую геометрическую фигуру – цилиндр. Конструкция вала-шестерни привода конвейера имеет центровые отверстия для возможности обработки ее в центрах. Имеются канавки для выхода инструмента при обработке. Таким образом, конструкцию вала-шестерни привода конвейера считаем вполне технологичной.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Тип производства определяется в зависимости от номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий. В соответствии с ГОСТ 14.004-83 различают три типа производства: единичное, серийное и массовое». [21]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса вала-шестерни конвейера  $m = 21$  кг и программа выпуска  $N = 3000$ . Исходя из этих параметров [21], принимаем среднесерийный тип производства.

«Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями (сериями) и сравнительно большим объемом-- выпуска. Объем выпуска предприятия серийного производства колеблется от десятков и сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий. В зависимости от количества изделий в партии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. Однако такое деление является условным, так как производство изделий различных размеров, сложности и трудоемкости и при одном и том же количестве в партии может быть отнесено к разным видам серийности». [21]

### **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«В серийном производстве применяются станки разнообразного назначения: универсальные, специализированные и специальные. Технологические процессы расчленены на отдельные операции, которые закрепляются за определенными станками. Средняя квалификация рабочих

ниже, чем в единичном производстве, но выше, чем в массовом. Используются специализированные и специальные приспособления, специальный режущий и измерительный инструмент (предельные калибры и скобы). Технологическая документация разрабатывается подробно. Применяются технически обоснованные расчетные нормы выработки. Серийное производство значительно экономичнее единичного; является наиболее распространенным типом производства в общем и среднем машиностроении (станкостроение, производство прессов, деревообрабатывающих станков)». [21]

### **2.3 Выбор метода получения заготовки**

«Процессы получения деформируемых заготовок независимо от их формы, габаритов и массы должны быть неподвижными, высокопроизводительными, нетрудоёмкими и обеспечивать снижение себестоимости, повышение качества и точности готово продукции. Для изготовления поковок или штамповок нередко достаточен только один способ, например ковка или горячая объемная штамповка на прессах. Но иногда необходимо применять несколько способов в определенном сочетании одного с другим, например ковка и горячая объемная штамповка на молоте или ковка в ковочных вальцах и горячая объемная штамповка на горизонтально-ковочных машинах. Такие технологические процессы называют комбинированными». [16]

«Для мелкосерийного и единичного производства наиболее экономичная ковка, при крупносерийном и серийном производстве единственно целесообразным способом является штамповка, иногда, в отдельных случаях, организация автоматических линий с использованием специализированного оборудования». [16]

Проведем сравнительный расчет двух методов получения заготовки – это штамповка и прокат.

При штамповке масса заготовки будет равна 25,2 кг, а при прокате 36,3 кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке [15].

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

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

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [15]

$$C_{заг} = C_{штм} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_\epsilon \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2)$$

где  $C_{штм} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_\epsilon = 1,14; k_m = 1,0; k_n = 1,0$ . [15]

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [15].

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

где  $Q_{штм} = 25,2; q = 21$  кг - массы заготовки и детали;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [15]}$$

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 25,2 + 0,6578(25,2 - 21) - (25,2 - 21)0,0144 = 9,5441 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [15].

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

где  $Q_{np} = 36,3$ ;  $q = 21$  кг;

$$C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг. [15]}$$

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 36,3 + 0,6578(36,3 - 21) - 0,0144(36,3 - 21) = 14,2690 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Рассчитаем коэффициент использования материала

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

$$K_{им} = \frac{21}{25,2} = 0,83.$$

## 2.4 Выбор методов обработки

«Перед разработкой маршрута обработки детали намечают (или уточняют) технологические операции (без подробной проработки их содержания). Предварительно объединяют те переходы на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке. Во время обработки тяжелых заготовок следует сокращать число их перестановок со станка на станок, что также сказывается на содержании операций. При составлении маршрута обработки заготовки по отдельным операциям

устанавливают также тип станков и другого технологического оборудования, их характеристики, размеры. Модели уточняют и корректируют при детальной проработке технологических операций. Разрабатывая технологический маршрут, ориентируются на типовые технологические процессы обработки деталей данного типа». [22]

В результате анализа формы поверхностей 1, 15, 22, 23, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 6,3) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: центральное-подрезное фрезерование.

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

В результате анализа формы поверхностей 3, 5, 7, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 3,2) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение.

В результате анализа формы поверхностей 4, 9, 10, 11, 12, 13, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 6,3) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение.

В результате анализа формы поверхности 6, ее точности (IT 6) и шероховатости (Ra 1,6) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

В результате анализа формы поверхности 14, ее точности (IT 12) и шероховатости (Ra 6,3) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение.

В результате анализа формы поверхностей 16, 18, 19, 21, их точности (IT 9) и шероховатости (Ra 3,2) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое фрезерование.

В результате анализа формы поверхностей 17, 20, их точности (IT 11) и шероховатости ( $Ra$  6,3) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое фрезерование.

## 2.5 Расчет припусков

«Для вычисления операционных припусков необходимо знать весь состав переходов, параметры качества поверхностного слоя по переходам: среднеарифметическая высота профиля микронеровностей, толщина дефектного слоя, погрешность формы и расположения заготовки в переходах и погрешности установки заготовки в переходах». [17]

«Перед началом расчета припусков необходимо выполнить эскиз заготовки с указанием схемы ее установки на станке или в приспособлении с выделением поверхностей, для которых рассчитываются или назначаются по таблице припуски на обработку. В конце расчета выполняется эскиз заготовки с назначенными нормативными размерами, предельными отклонениями, припусками и допусками. Строится схема расположения припусков и допусков». [17]

Расчетно-аналитическим методом проведем расчет припусков для обработки поверхности 6, параметрами которой  $\varnothing 100k6_{+0,003}^{+0,025}$ ,  $L = 50$  мм,  $Ra = 1,6$  мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 3,6 = 0,900.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,350 = 0,088.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,087 = 0,022.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,140 = 0,035.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,054 = 0,014.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,022 = 0,006$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,900^2 + 0,025^2} = 1,300.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,088^2 + 0} = 0,288.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,035^2 + 0^2} = 0,135.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,014^2 + 0} = 0,044.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 1,300 + 0,5(3,6 + 0,350) = 3,275.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,288 + 0,5(0,350 + 0,087) = 0,507.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,135 + 0,5(0,087 + 0,054) = 0,206.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,044 + 0,5(0,054 + 0,022) = 0,082.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 100,003.$$

$$d_{4\max} = 100,025.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 100,025 + 2 \cdot 0,044 = 100,113.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 100,113 + 0,054 = 100,167.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 100,167 + 2 \cdot 0,135 = 100,437.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 100,437 + 0,140 = 100,577.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 100,577 \cdot 0,999 = 100,476.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 100,476 + 0,087 = 100,563.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 100,563 + 2 \cdot 0,288 = 101,139.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 101,139 + 0,350 = 101,489.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 101,489 + 2 \cdot 1,300 = 104,089.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 104,089 + 3,600 = 107,689.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(107,689 + 104,089) = 105,889.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(101,489 + 101,139) = 101,314.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(100,563 + 100,476) = 100,520.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(100,577 + 100,437) = 100,507.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(100,167 + 100,113) = 100,140.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(100,025 + 100,003) = 100,014.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

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

$$2Z_{\min} = 104,089 - 100,025 = 4,064.$$

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

$$2Z_{\max} = 4,064 + 3,600 + 0,022 = 7,686.$$

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

$$2Z_{cp} = 0,5(4,064 + 7,686) = 5,875.$$

Полученные данные применим при разработке технологии изготовления вала-шестерни конвейера.

## 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».

[1]

«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». [1]

2.6.1 Определим режимы резания на операцию 010.

Подача  $S_0 = 0,3$ . [14]

Скорость резания. [14]

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

где  $V_0 = 135$ ;  $K_1 = 1,35$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ .

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

Частота

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

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 124} = 267,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 250, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 124 \cdot 250}{1000} = 97,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = S_0 \cdot n \quad (15)$$

$$S_M = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_M} = \frac{85}{75} = 1,13 \text{ мин.}$$

2.5.2 Определим режимы резания на операцию 020.

Переход 1.

Подача  $S_0 = 0,2$ . [14]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 120,3} = 275,3 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 250, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 120,3 \cdot 250}{1000} = 94,4 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_M} = \frac{166}{50} = 3,32 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача  $S_0 = 0,3$ . [14]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 85} = 389,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 315, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 315}{1000} = 84,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_M} = \frac{4}{75} = 0,05 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача  $S_0 = 0,3$ . [14]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 79,5} = 416,6 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 400, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 79,5 \cdot 400}{1000} = 99,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_M} = \frac{4}{120} = 0,03 \text{ мин.}$$

Переход 4.

Подача  $S_0 = 2,0$ . [14]

Скорость резания

$$V = 50 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 38,6, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 38,6}{3,14 \cdot 85} = 144,6 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 125, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 125}{1000} = 33,4 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = 2,0 \cdot 125 = 500 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_M} = \frac{34}{500} = 0,07 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 3,32 + 0,05 + 0,03 + 0,07 = 3,47 \text{ мин.}$$

### 2.6.3 Определение режимов обработки на операцию 030.

Переход 1.

Диаметр фрезы  $D = B = 28$ , мм.

$T = 120$  мин. [14]

Подача

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3}, \quad (17)$$

где  $S_{ZT} = 0,07; K_{S1} = 0,85; K_{S2} = 0,57; K_{S3} = 0,25$ . [14]

$$S_Z = 0,07 \cdot 0,85 \cdot 0,57 \cdot 0,25 = 0,008.$$

Скорость резания

$$V_P = V_T \cdot K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6}, \quad (18)$$

где  $V_T = 48; K_{V1} = 0,8; K_{V2} = 3,4; K_{V3} = 1,0; K_{V4} = 0,57; K_{V5} = 1,2; K_{V6} = 1,12$ . [14]

$$V_P = 48 \cdot 0,8 \cdot 3,4 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1,2 \cdot 1,12 = 100, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 28} = 1137, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 1000, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{нач}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 1000}{1000} = 87,9, \text{ м/мин.}$$

Мощность резания

$$N = N_T \cdot K_{N1} \cdot K_{N2} \cdot K_{N3} \cdot K_{N4} \cdot K_{N5} \cdot K_{N6} \cdot K_{N7}, \quad (19)$$

где  $t = 6; N_T = 1,8; K_{N1} = 1,0; K_{N2} = 1,1; K_{N3} = 0,8; K_{N4} = 1,0; K_{N5} = 0,3$ ,

$$K_{N6} = 1,0; K_{N7} = 1,0. [14]$$

$$N = 6 \cdot 1,8 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 = 1,58, \text{ кВт.}$$

Минутная подача

$$S_{МИН} = S_Z \cdot Z \cdot n. \quad (21)$$

$$S_{МИН} = 0,008 \cdot 4 \cdot 1000 = 32, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{1.PX} + L_{1.П} + L_{2.PX} + L_{2.П}}{S_{МИН}}, \quad (20)$$

где  $L_{1.PX} = 6$ ;  $L_{2.PX} = 172$ ;  $L_{1.П} = L_{2.П} = 1$ .

$$T_0 = \frac{6+1+172+1}{32} = 5,63, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Диаметр фрезы  $D = B = 10$ , мм. Стойкость  $T = 120$  мин. [14]

Подача  $S_Z = 0,07 \cdot 0,85 \cdot 0,57 \cdot 0,25 = 0,008$ .

Скорость резания

$$V_p = 48 \cdot 0,8 \cdot 3,4 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1,2 \cdot 1,12 = 100, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 10} = 3184, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 2000, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{наст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 2000}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

Мощность резания

$$N = N_T \cdot K_{N1} \cdot K_{N2} \cdot K_{N3} \cdot K_{N4} \cdot K_{N5} \cdot K_{N6} \cdot K_{N7} = 4,3 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 = 1,14,$$

кВт.

Минутная подача

$$S_{МИН} = S_Z \cdot Z \cdot n = 0,008 \cdot 4 \cdot 2000 = 64, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{1.PX} + L_{1.П} + L_{2.PX} + L_{2.П}}{S_{МИН}} = \frac{4,3+1+14,7+1}{64} = 0,33, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 5,63 + 0,33 = 5,99 \text{ мин.}$$

Рассчитанные режимы резания внесем в технологическую документацию, представленную в приложении А.1.

### **3 Проектирование приспособления**

#### **3.1 Общие сведения**

«Под станочным приспособлением понимается устройство, связывающее обрабатываемую заготовку с металлообрабатывающим станком, фиксирующее ее положение относительно режущего инструмента и удерживающее заготовку в процессе резания. Станочные приспособления должны быть конкурентоспособными, безопасными, технологичными, точными, жесткими, надежными, долговечными, удобными, компактными и не выходящими за рамки рабочей поверхности стола станка (за исключением органов управления), при этом обеспечивать легкое управление, свободный выход стружки из рабочей зоны. Перечисленные требования не исключают возможности применения других, не противоречащих им нормативов и инструкций». [14]

«Для обеспечения точности установки приспособления на станке производится его дополнительная выверка. Каждое станочное приспособление имеет паспорт и инструкцию по эксплуатации. В паспорте указывается периодичность планового контроля приспособлений, в него заносятся результаты контроля и степень пригодности к его дальнейшей эксплуатации». [14]

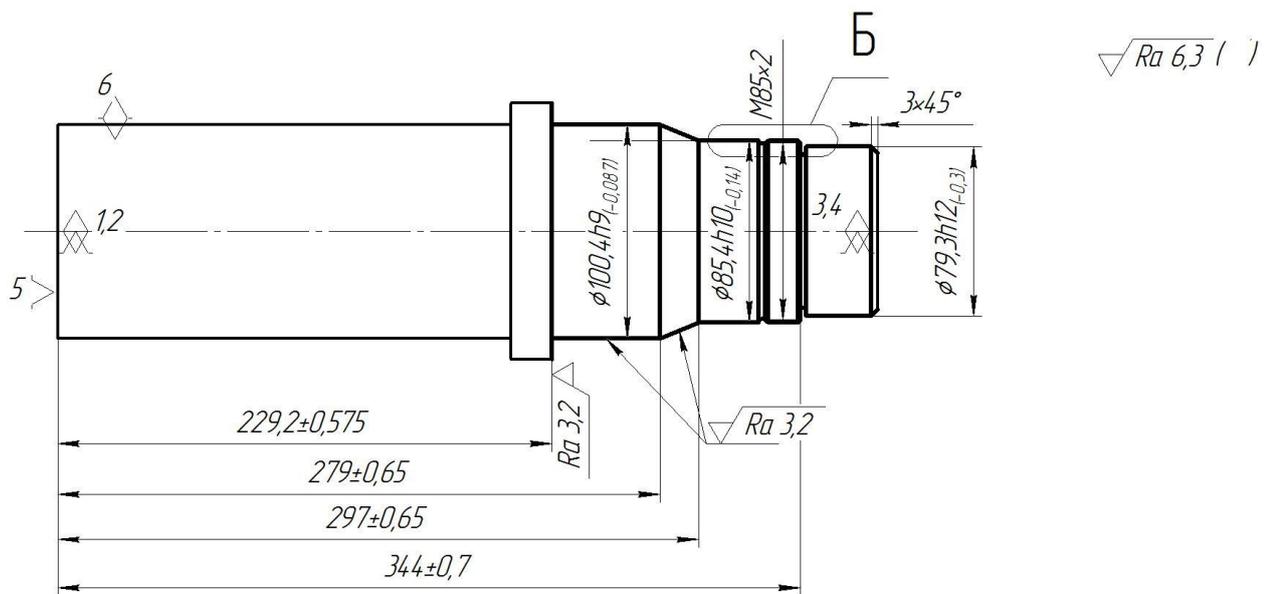
«Требования к безопасности станочных приспособлений указываются в рабочих чертежах, документах на изготовление, эксплуатацию, ремонт и ГОСТах. Элементы приспособления, выступающие за габариты станка, не должны ограничивать доступ к органам управления и создавать опасность для работы оператора. Конструкция станочного приспособления должна обеспечивать надежное ориентирование и крепление, исключая самопроизвольное изменение положения, например, из-за ослабления крепления». [14]

«Вращающие приспособления должны обязательно проходить статистическую и динамическую балансировку. Для исключения возможности зацепления рук зазор между механизированными (пневматическими, пневмогидравлическими и так далее) зажимом и заготовкой не должен превышать 5 мм. Масса вручную кантуемых приспособлений вместе с заготовкой не должна превышать 16 кг. При обработке заготовок массой более 12 кг в приспособлении предусматривается возможность закладки захватных устройств грузоподъемных механизмов. Приспособления, масса которых более 16 кг, должны иметь резьбовые отверстия под рым-болты, цапфы и другие устройства, позволяющие перемещать их с помощью грузоподъемного механизма. Наружные элементы конструкции приспособлений скругляются, и размеры фасок наружных поверхностей обычно составляют не менее 1 мм, а сами поверхности выполняются гладкими». [14]

### **3.2 Исходные данные**

На 020 токарной чистовой операции осуществляется токарная обработка наружных поверхностей вала-шестерни конвейера. Заготовка фиксируется в токарный патрон и ей придается вращение. Эскиз операции представлен на рисунке 3.

В качестве базирования выбрана двойная направляющая, которая совпадает с центральной осью заготовки (1-4 точки базирования). Упирается заготовка на операции в торец (точка 5), последняя шестая точка находится на наружной цилиндрической поверхности.



Б(увеличено)

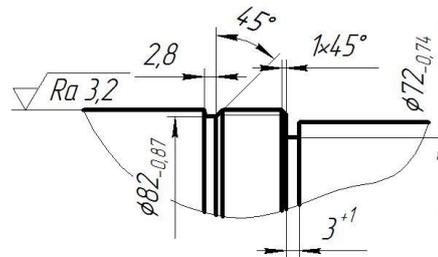


Рисунок 3 – Эскиз операции 020

В этом разделе спроектируем станочное приспособление для операции 020.

### 3.3 Силовой расчет

Рассчитаем силы резания

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (21)$$

где для  $P_y: C_p = 300, x = 1; y = 0,75; n = -0,15$ . [11]

для  $P_z: C_p = 2430, x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$ . [11]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{\pi} \quad (22)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\delta_g}{750} \right)^{0,75} \quad (23)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22.$$

При  $\varphi = 60^0; K_{ypz} = 0,94; K_{yly} = 0,8; \gamma = -3^0; K_{pz} = 1,05;$

$K_{pz} = 1,5; \lambda = +0,5^0; K_{npz} = 1,03; K_{nly} = 1,15.$

$$K_{pz} = K_{MP} \cdot K_{ypz} \cdot K_{pz} \cdot K_{npz} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,2403.$$

$$K_{py} = K_{MP} \cdot K_{yly} \cdot K_{ly} \cdot K_{nly} = 1,22 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,6836.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 94,4^{-0,15} \cdot 1,2403 = 168,77, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 94,4^{-0,3} \cdot 1,6836 = 134,70, \text{ Н.}$$

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

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2}. \quad (24)$$

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{168,77 \cdot 120}{2} = 10126,2, \text{ Н.}$$

Рассчитаем момент силы зажима, который будет препятствовать вышеуказанному моменту

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}, \quad (25)$$

где  $W$  – суммарное усилие кулачков;

$f$  – коэффициент трения.

Зажимное усилие

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}, \quad (26)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4. \quad (27)$$

где  $K_0 = 1,4; K_1 = 1,0; K_2 = 1,5; K_3 = 1,1; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$ . [11]

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 168,77 \cdot 120}{0,3 \cdot 100,4} = 1210,3, \text{ Н.}$$

Чертеж приспособления для зажима вала-шестерни на 020 токарной чистовой операции представлен в графической части работы.

## **4 Проектирование режущего инструмента**

### **4.1 Фрезерование шпоночных пазов**

«Фрезерование шпоночных пазов на валах имеет ряд особенностей. Сквозные и открытые пазы (под призматические шпонки) с выходом канавки по окружности, радиус которой равен радиусу фрезы, обрабатывают дисковыми фрезами. Закрытые и полузакрытые пазы (под призматические шпонки) фрезеруют концевыми или специальными шпоночными фрезами. При обработке паза концевой фрезой в крайней его части необходимо просверлить отверстие для ее установки, поскольку концевые фрезы не работают при осевых подачах». [2]

«Шпоночные фрезы имеют два режущих зуба с торцовыми режущими кромками. Фрезы могут работать с осевой подачей (как сверло) и с продольной подачей. Шпоночные фрезы обычно применяют для получения шпоночных пазов при обработке на специальных шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей. Фреза врезается на глубину 0,2...0,4 мм, и фрезерует паз по всей длине. Затем паз фрезеруют снова на всю длину, но в другом направлении, и так далее». [2]

«Фрезы являются одним из самых распространенных инструментов в машиностроении. Из общего парка станков 18% составляют фрезерные станки. В ряде производств доля фрезерных станков составляет до 50-60%. Ни один инструмент не обладает таким разнообразием типов использования как фрезы. Их огромное преимущество заключается в том, что фрезы позволяют производить фасонную обработку деталей, причем для этого не требуется ни ложных приспособлений, ни высокой квалификации рабочих. Фрезы – единственный инструмент, допускающий сложную фасонную обработку». [23]

## 4.2 Исходные данные

На фрезерной операции 035 выполняют обработку шпоночных пазов вала-шестерни конвейера. Обработку выполняют концевыми фрезами. Эскиз операции представлен на рисунке 4.

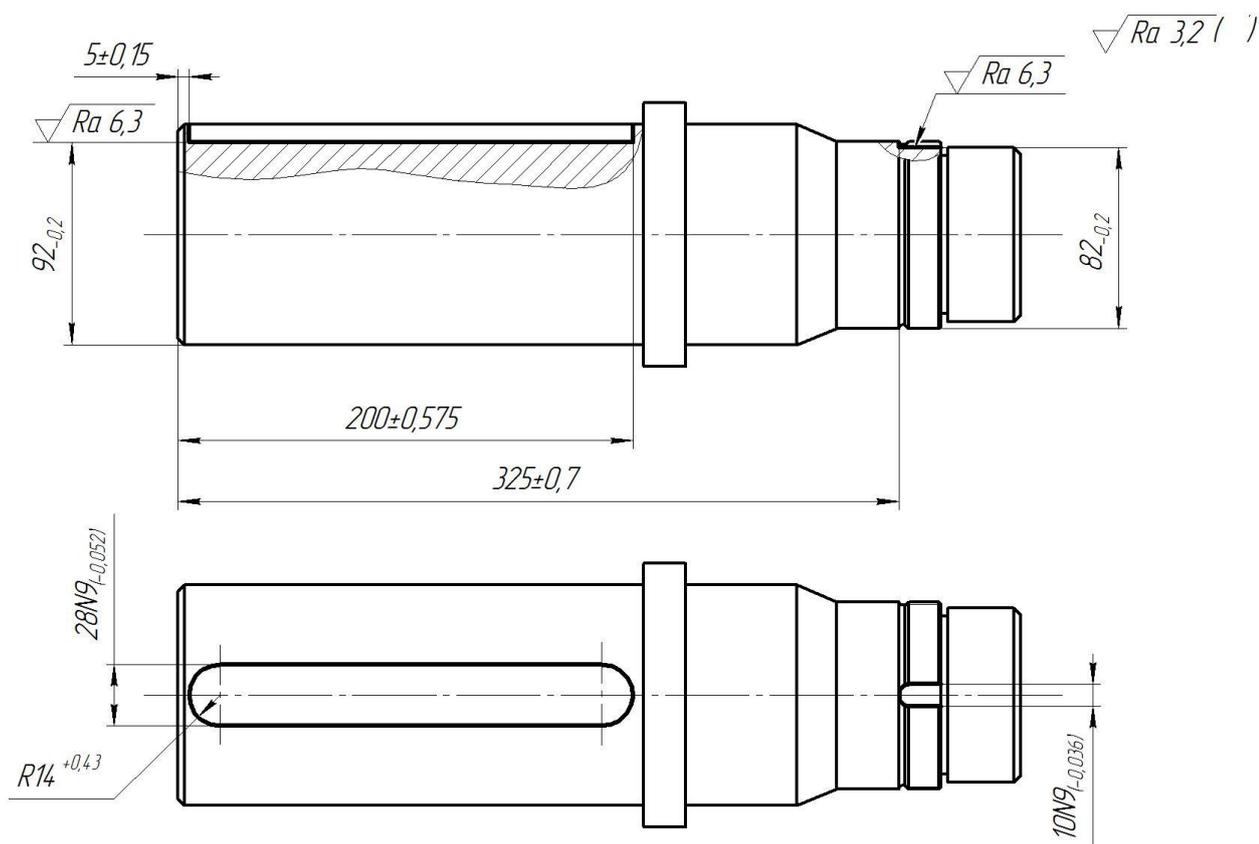


Рисунок 4 - Эскиз операции 030

## 4.3 Расчет концевой фрезы

Диаметр концевой фрезы  $d$  определяется, исходя из ширины шпоночного паза.

Принимаем  $d = B = 10$  мм.

Найдем длину фрезы

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

где  $l_1, l$  – длины соответственно режущей части и шейки;

$l_2$  – длина хвостовика». [12]

Длина режущей части

$$l_1 = 4 \cdot d \quad (29)$$

$$l_1 = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мм.}$$

Длина шейки

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

$$l = 4 \left( \sqrt[4]{10} + \frac{12}{10} \right) = 11,9 \text{ мм.}$$

Принимаем  $l = 12$  мм.

Примем  $d_{III} = d = 10$  мм.

$$L = 40 + 12 + 60 = 112 \text{ мм.}$$

«Концевые фрезы из твердого сплава диаметром до 10 мм включительно выпускаются с цилиндрическим хвостовиком того же диаметра». [12]

Число зубьев найдем из зависимости

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

$$z = (0,1 \dots 1,3) \cdot 10 \geq 2 \dots 12.$$

Принимаем  $z = 4$ .

«Для выполнения условия равномерности фрезерования зубья на цилиндрической части выполняют стружечную канавку с углом наклона  $\omega = 30 \dots 45^\circ$ ». [12]

Принимаем  $\omega = 30^\circ$ .

«Для всех профилей на задней поверхности зубьев назначается ленточка  $f$ , наклон которой определяет величину заднего угла,  $f = 0,2 \dots 2$  мм для зубьев с двухголовым профилем». [12]

Принимаем  $f = 1,5$  мм.

«Главный задний угол  $\alpha$  рассматривается в торцевом сечении. Он назначается в целях уменьшения трения задней поверхности зуба фрезы о поверхность резания детали. При его увеличении уменьшается площадь контакта между этими поверхностями и соответственно снижаются силы трения. Однако увеличение этого угла сверх определенных значений приводит к уменьшению угла заострения  $\beta$ , ослаблению режущего клина и, следовательно, к снижению его прочности». [12]

Примем  $\alpha = 12^\circ$ .

«Главный передний угол  $\gamma$  предназначен для уменьшения нагрузки на режущую кромку в процессе резания и рассматривается в нормальном сечении, т.е. в направлении схода стружки. Он назначается исходя из условий, обеспечивающих срезание стружки в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала и характеристики материала инструмента». [12]

Примем  $\gamma = 15^\circ$ .

Чертеж фрезы для обработки шпоночного паза шириной 10 мм вала-шестерни конвейера представлен в графической части работы.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассматриваемым в данном разделе объектом является производственный участок по изготовлению вала-шестерни привода конвейера.

Данный участок по механической обработке содержит следующие металлорежущие станки: центральное-подрезной станок 2А911-1, четыре токарно-винторезных станка с ЧПУ модели САМАТ-400ХС, шпоночно-фрезерный станок 692Р, зубофрезерный станок модели 5К32А, центрошлифовальный станок модели ZSM 5100, два торцевокруглошлифовальных станка с ЧПУ модели 3Т161ВФ и зубошлифовальный станок модели 5М841.

Модернизации базового технологического процесса подверглись операции 020 Токарная (оборудованием является токарный станок с ЧПУ САМАТ-400ХС) и 035 Шпоночно-фрезерная (оборудованием является шпоночно-фрезерный станок 692Р), поэтому в данном разделе будем рассматривать только эти две операции, где необходимо оценить опасные и вредные производственные факторы.

«Идентификация опасных и вредных производственных факторов – это распознавание опасностей, установление причин их возникновения, пространственных и временных характеристик опасностей, вероятности, величины и последствий их появления. Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ. Вредным производственным фактором является такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к

заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникшие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными». [19]

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 [9], имеется специальный инструмент-крючок, которым оператор токарного станка убирает образовавшуюся стружку из специального лотка-накопителя стружки, имеющимся в комплектации токарного станка SAMAT-400XC (рисунок 5).



Рисунок 5 – Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC

При помощи крючка для сбора стружки оператор токарного станка вынимает образовавшуюся стружку из лотка-накопителя и помещает ее в

специальный ящик со стружкой. Далее стружку собирают в большой контейнер и передают на утилизацию на соответствующие предприятия.

Еще одним опасным производственным фактором на токарной операции является попадание стружки в глаз оператора станка. В связи с этим оператор станка при работе должен находиться на рабочем месте в специальных защитных очках [5]. При включенном станке рабочий должен надеть защитные очки, тогда случайного попадания в глаз стружки не произойдет.

Рабочая зона многоцелевого станка шпоночно-фрезерный станок 692Р является открытой (рисунок 6), поэтому станочник-фрезеровщик должен также использовать защитные очки [5] при работе на станке.



Рисунок 6 – Шпоночно-фрезерный станок 692Р

Вредным производственным фактором, как при токарной, так и при шпоночно-фрезерной обработке является то, что возникают пары смазочно-охлаждающих технических средств, которые применяют при обработке. Для минимизации этого фактора необходимо установить рабочие места

станочников должны быть оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и соответствовать санитарным нормам [24].

«Электрические установки, приборы и агрегаты широко распространены в различных отраслях техники и в быту. При работе с ними необходимо соблюдать требования электробезопасности, которые представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества». [19]

Для электробезопасности работы на токарном и шпоночно-фрезерном станках необходимо выполнить изоляцию токопроводящих частей, защитное заземление металлорежущих станков. Заземление даст функцию станку на выключение в случае возникновения скачка напряжения, связанной с той или иной причиной. Защитному заземлению подвергают доступные для прикосновения человека части электроприборов и электроустановок.

Для электробезопасности оператора токарного станка и станочника шпоночно-фрезерного станка, на рабочих местах перед станками размещаются диэлектрические коврики [8]. Этот предмет является хорошей защитой от шагового тока.

«Пожаром называют неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб. Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов. Пожары на промышленных предприятиях представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб». [19]

На участке механической обработки нашей детали имеются пожарные гидранты, которые применяются в случае задымления или возникновения пожара. Также на стенках цеха развешаны огнетушители переносные [10]. 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.

Важной частью безопасности на производстве является инструктаж по охране труда и технике безопасности.

«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. Обучению охране труда и проверке знаний требований охраны труда подлежат все работники организации, в том числе ее руководитель». [20]

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 привода конвейера.

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 020 и на фрезерной операции 035. 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 21,5%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента на 50 %.

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 7 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 7 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [18]

Используя, описанную на рисунке 7, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ( $K_{BB}$ ), которая составила 112674 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 8 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 8, можно сказать, что затраты на приспособление с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 82,5% в общем объеме инвестиций. Меньшими оказались затраты на режущий инструмент, которые составляют 11,4%. Еще одной статьей затрат стали затраты на проектирование, составляющие 6,1%.

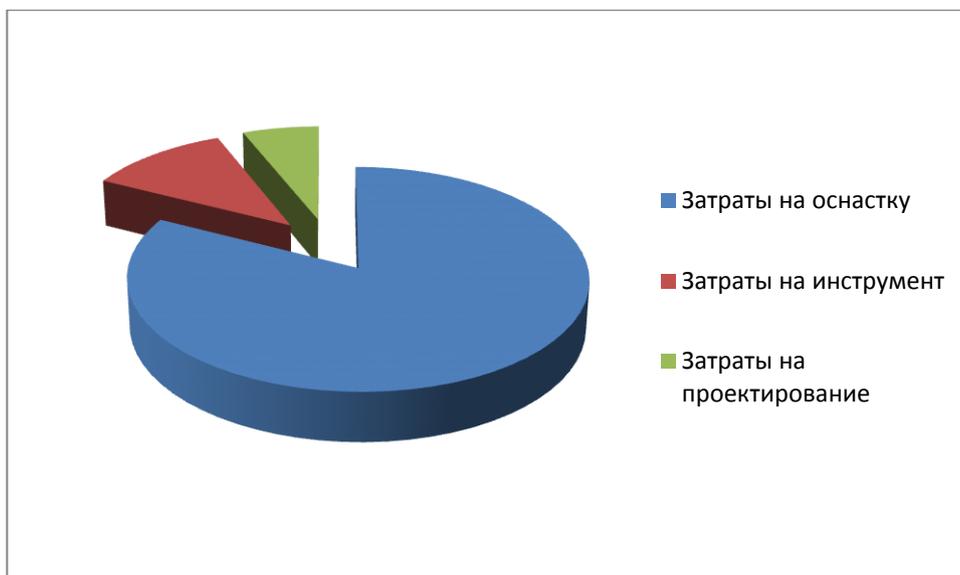


Рисунок 8 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 9.

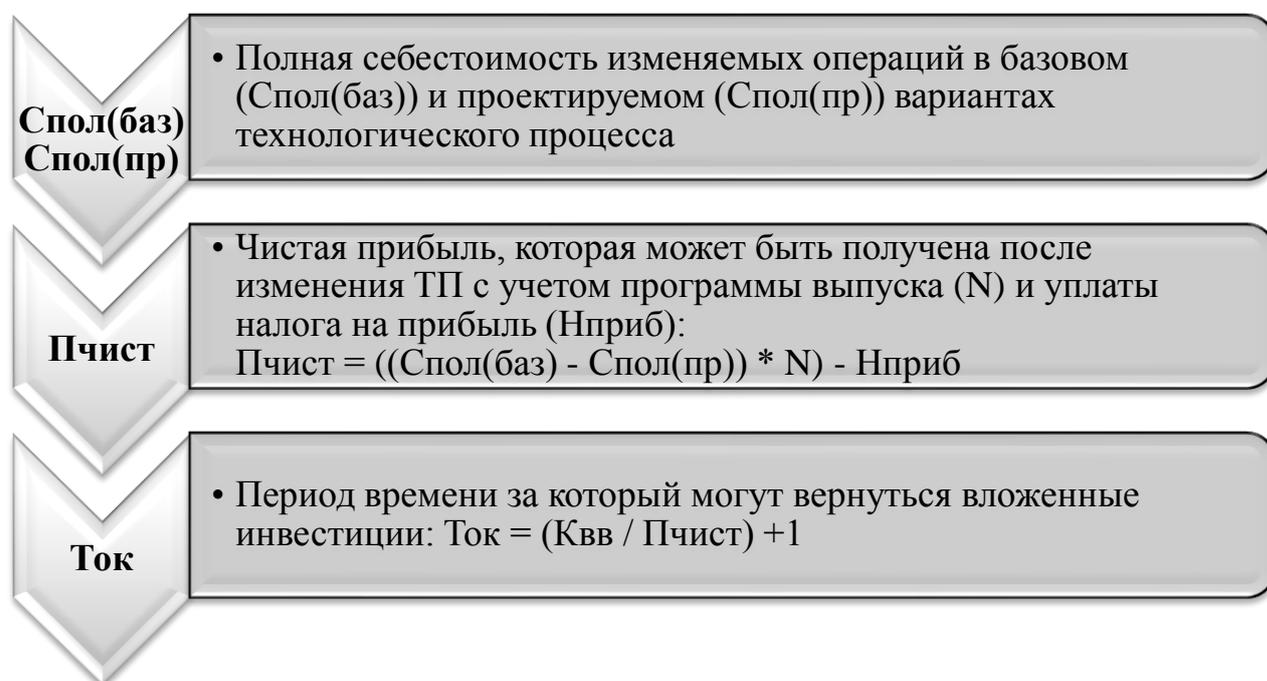


Рисунок 9 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 9, 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 снизится или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она снизится, 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 10 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

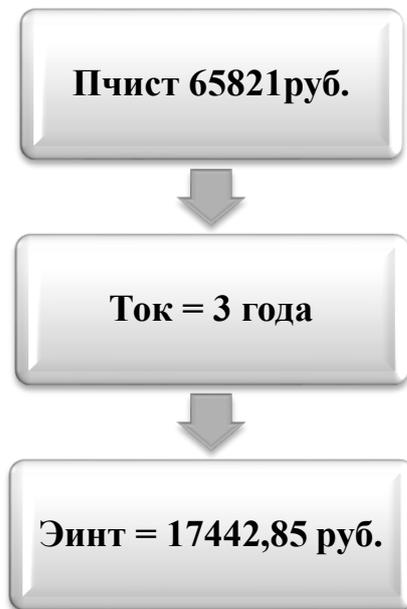


Рисунок 10 – Значения показателей чистой прибыли ( $P_{\text{ЧИСТ}}$ ), срока окупаемости ( $T_{\text{ОК}}$ ) и экономического эффекта ( $\text{Э}_{\text{ИНТ}}$ )

Как показано на рисунке 10, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Таким образом, внедрение механизированного приспособления на токарной операции 020 технологического процесса изготовления вала-шестерни привода конвейера, а также замена режущего инструмента на 035 операции привели к экономической прибыли, которая окупится за три года.

## Заключение

В результате выполнения выпускной работы нами был спроектирован современный техпроцесс изготовления вала-шестерни привода конвейера.

В первом разделе была описана конструкция конвейера, а также функции вала-шестерни, которые выполняет эта деталь в узле механизма. Также проведен анализ технологичности вала-шестерни конвейера, 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 конвейера, 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 конвейера 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 – токарный патрон. В отличие от приспособления базового варианта, спроектированный патрон имеет такую конструкцию, что осуществляет зажим-разжим заготовки без приложения усилий оператора, это 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. Безъязычный В.Ф. Методы подобия в технологии машиностроения : монография / В.Ф. Безъязычный. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 356 с.
2. Бердников Л.Н., Безъязычный В.Ф. Справочник фрезеровщика. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 272 с.
3. Бочкарев П.Ю. Оценка производственной технологичности деталей: Учебное пособие / П.Ю. Бочкарев, Л.Г. Бокова. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 132 с.
4. Вереина Л. И. Metalлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
5. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
6. ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкций изделия. Общие требования. – 9 с.
7. ГОСТ 4543-2016. Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
8. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
9. ГОСТ EN 12840-2011. Безопасность металлообрабатывающих станков. Токарные станки с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
10. ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 48 с.
11. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: учебник. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 320 с.

12. Зубарев, Ю. М. Режущий инструмент : учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков ; Под общей редакцией Ю. М. Зубарева. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 432 с.
13. Иванов С.А. Металлургические подъемно-транспортные машины: Конвейеры: учеб. пособие / С.А. Иванов, Н.А. Чиченев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2009. – 83 с.
14. Клепиков В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В.Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. – 319 с.
15. 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.
16. Копылов Ю.Р. Компьютерные технологии в машиностроении. Практикум : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 500 с.
17. Копылов Ю.Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 496 с.
18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
19. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитриенко, Н.В. Горькова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 340 с.
20. Нацубидзе С.А. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / С.А. Нацуберидзе. – Иркутск : Иркутский филиал МГТУ ГА, 2020. – 231 с.

21. Некрасов Ю.И. Производственные и технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / Ю.И. Некрасов, У.С. Путилова, Р.Ю.Некрасов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 246 с.

22. Попелюх А.И. Технологическая документация и сопровождение производства художественных изделий : учебное пособие / А.И. Попелюх. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – 127 с.

23. Романенко А.М. Режущий инструмент: учебное пособие / А.М. Романенко. – Кемерово : КузГТУ, 2012. – 103 с.

24. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 60 с.





Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

		Лист 3													
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа						
					Код наименования оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тип
Т 42	392104.ХХХХ(2)	Резец механич. Т15К6; 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0.1; 393120.ХХХХ Калибр-скода.													
43															
А 44	ХХ ХХ ХХ 030 4272	Шпоночно-фрезерная ИОТ И37.101.ХХХХ-ХХ													
Б 45	381631 ХХХХ 692Р	Шпоночно-фрезерный 2 18632 322 1Р 1 1 1 100 1 16 0.58													
0 46	Фрезеровать поверхность 16 и 18, выдерживая размер 281 <sub>0,052</sub> ; поверхность 17, выдерживая размер 94 <sub>0,2</sub> ;														
0 47	поверхности 19 и 21, выдерживая размер 10 <sub>0,036</sub> ; поверхность 20, выдерживая размер 80 <sub>0,2</sub> .														
Т 48	396181.ХХХХ	Приспособление специальное; ХХХХХХ.ХХХХ(2) Сменные призмы; 391267.ХХХХ(2) Фреза													
Т 49	концевая Т15К6; 393111 ШЦ-И-100-0.05; 393111(2) Калибр-продка.														
50															
А 51	ХХ ХХ ХХ 035 4272	Зубообфрезерная ИОТ И37.101.ХХХХ-ХХ													
Б 52	381631 ХХХХ 5К32А	Зубофрезерный 2 18632 322 1Р 1 1 1 100 1 16 2.23													
Т 53	Фрезеровать поверхность 24 и 26, выдерживая размеры m=2,1, z=36, φ75,8 <sub>0,1</sub> .														
Б 54	396181.ХХХХ	Приспособление специальное; ХХХХХХ.ХХХХ(2) Центра; 391267.ХХХХ Фреза													
0 55	червячная Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0.05; 393111 Калибр-продка.														
56															
А 57	ХХ ХХ ХХ 040	Термическая (закалка) ИОТ И37.101.70715-07.													
Б 58		ТВЧ													
59															
А 60	ХХ ХХ ХХ 045	Центрошлифовальная ИОТ И37.101.7419.1-00.													
Б 61	381623 ХХХХ ZSM 5100	Центрошлифовальный 2 17001 422 1Р 1 1 1 100 1 10 0.31													
0 62	Шлифовать центровые отверстия.														
Т 63	39611Х.ХХХХ	Приспособление специальное; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной; 393410.ХХХХ Микрометр;													
Т 64	398110.ХХХХ(2)	Круге шлифовальный 1 350х60х150 14АГ24К5Г 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007; 393111 Калибр-продка.													
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 4																			
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	проф	Р	УТ	КР	КМД	ЕН	ОП	Кшт	Поз	Штп			
Б	Код наименования оборудования											Штп							
А 69	XX XX XX	050	Торцевкруглошлифовальная ИОТ	ИЗ7.101.74.19.1-00.										1	1	100	1	10	0,35
Б 70	381623	XXXX	3Т16Ф2	Торцевкруглошлифовальн.	2	17001	422	1Р	1	1	1	1	1	100	1	100	1	10	0,003; 0,003;
0 71	Шлифовальн. поверхность 5, выдерживая размер 229±0,575; поверхность 6, выдерживая размер φ100.																		
0 72	шлифовальн. поверхность 8, выдерживая размер φ85.																		
Т 73	39611Х	XXXX	Патрон	поводков; 39284.1XXXX	Центр	брашующийся; XXXXXX.XXXX	Упор	откидной;											
Т 74	398110	XXXX	Круг	шлифовальный 1 350x60x150	14AF24K5L7 30	м/с	ГОСТ Р 52781-2007;												
Т 75	3934.10	Микрометр; 393120.XXXX Калибр-скоба.																	
76																			
А 77	XX XX XX	055	Торцевкруглошлифовальная ИОТ	ИЗ7.101.74.19.1-00.															
Б 78	381623	XXXX	3Т16Ф2	Торцевкруглошлифовальн.	2	17001	422	1Р	1	1	1	1	1	100	1	100	1	10	0,35
0 79	Шлифовальн. поверхность 3, выдерживая размер 170±0,5; поверхность 2, выдерживая размер φ100.																		
Т 80	39611Х	XXXX	Патрон	поводков; 39284.1XXXX	Центр	брашующийся; XXXXXX.XXXX	Упор	откидной;											
Т 81	398110	XXXX	Круг	шлифовальный 1 350x60x150	14AF24K5L7 30	м/с	ГОСТ Р 52781-2007;												
Т 82	3934.10	Микрометр; 393120.XXXX Калибр-скоба.																	
83																			
А 84	XX XX XX	060	Зидошлифовальная ИОТ	ИЗ7.101.74.19.1-00.															
Б 85	381623	XXXX	5М84.13	Зидошлифовальн.	2	17001	422	1Р	1	1	1	1	1	100	1	100	1	10	2,23
0 86	Шлифовальн. поверхности 24 и 26, выдерживая размеры m=2,1. z=36; φ756.																		
0 87	39611Х	XXXX	Патрон	поводков; 39284.1XXXX	Центр	брашующийся; XXXXXX.XXXX	Упор	откидной;											
Т 88	398110	XXXX	Круг	червячный ГОСТ Р 52781-2007;															
Т 89	3934.10	Микрометр; 393120.XXXX Калибр-скоба.																	
90																			
А 91	XX XX XX	065	Маячная ИОТ	ИЗ7.101.XXXX															
МК																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 5															
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	Обозначение документа			
												ЕН	ОП	Китп	Тшт
Б	Код, наименование оборудования														
Б 94	XXXXXXXX XXXX Моечная машина														
95															
А 96	XX XX XX 070 Контрольная ИОТ ИЗ7.101.XXXX														
Б 97	XXXXXXXX XXXX Контрольный стол														
98															
99															
100															
101															
102															
103															
104															
105															
106															
107															
108															
109															
110															
111															
112															
113															
114															
115															
116															
МК															