

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 промышленного
робота

Обучающийся

М.М. Булгаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

И.В. Резникова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода промышленного робота.

Автор: Булгаков Максим Михайлович.

В бакалаврской работе рассмотрен вопрос изготовления вала-шестерни привода промышленного робота, в частности, спроектирован технологический процесс изготовления этой детали.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, описан промышленный робот, 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.

После этого из материалов, полученных на преддипломной практике, выполнен выбор типа машиностроительного производства, а также описаны характеристики выбранного типа производства деталей. 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 проведены расчеты припусков на самую ответственную поверхность, а также рассчитаны режимы резания на те операции, которые были модернизированы, в отличие от базового технологического процесса.

На одну технологическую операцию спроектировано станочное приспособление, которое уменьшает вспомогательное время операции, связанное с загрузкой и выгрузкой заготовки на станке.

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

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

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	7
1.3 Классификация поверхностей детали.....	7
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
2 Технологическая часть.....	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 поверхностей.....	13
2.5 Расчет припусков.....	15
2.6 Расчет режимов резания.....	18
3 Проектирование станочного приспособления.....	25
3.1 Общие сведения.....	25
3.2 Исходные данные.....	27
3.3 Расчет сил резания.....	28
4 Проектирование режущего инструмента.....	30
4.1 Общие сведения.....	30
4.2 Проектирование концевой фрезы.....	30
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
6 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.....	43
Список используемой литературы.....	44
Приложение А Технологическая документация.....	47

Введение

В середине XX века в мировой промышленности начали внедряться промышленные роботы. Промышленные роботы это машины, имеющие искусственный интеллект, которые используются на различных индустриальных предприятиях для перемещения каких-либо объектов производства, соединения их (сварки, сборки), сортировки, окраски и так далее.

Автоматизация современных машиностроительных предприятий делается для того, чтобы исключить так называемый человеческий фактор. Он заключается в том, что человеку на производстве свойственно ошибаться из-за накопленной усталости, например, в конце рабочего дня, или нарочно некачественно выполнять свои функции. Промышленные роботы выполняют свои функции по заданной программе и отличаются стабильностью. Также промышленные роботы широко используются на промышленных предприятиях, где имеются опасные и вредные для человека производственные условия, например, на атомных реакторах, так как на механизмы вредные факторы воздействуют только косвенным образом.

В машиностроении применение промышленных роботов ведет к повышению качества продукции, а также к снижению себестоимости выпускаемой продукции. Промышленными роботами очень широко оснащаются автоматические и поточные линии, производственные склады, участки по сборке и сварки.

Для выполнения своих функций промышленные роботы оснащают приводами. Вал-шестерня привода промышленного робота предназначена для передачи вращающего момента по кинематической цепи привода.

Целью данной выпускной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода промышленного робота заданного качества с минимальными затратами на изготовление.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«Промышленный робот (рисунок 1) – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций». [18]

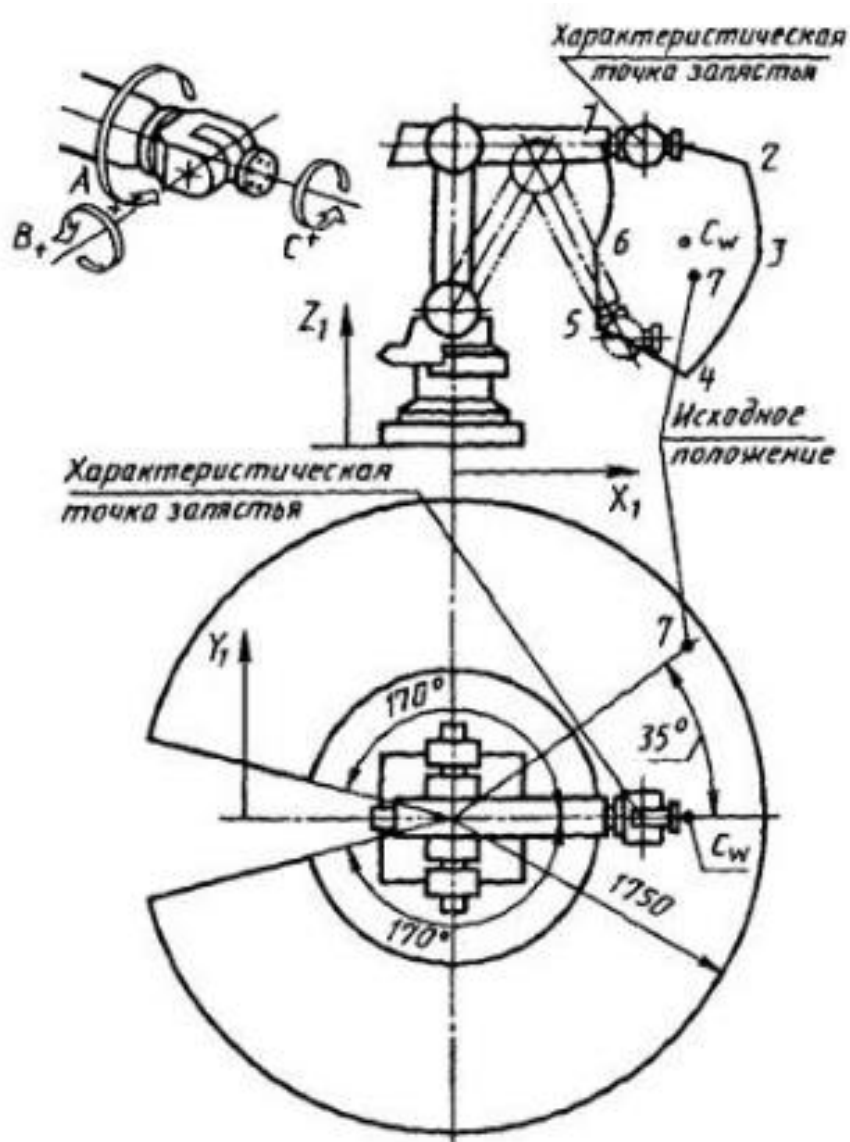


Рисунок 1 – Промышленный робот

«Важным преимуществом робототехники является относительно простая и быстрая переналадка основного и вспомогательного оборудования на решение разнообразных технологических задач, что позволяет ее применять в различных типах производства – от мелкосерийного до крупносерийного и массового. Применение промышленных роботов становится наиболее эффективным направлением решения ряда проблем автоматизации в условиях частой смены объектов производства. Высокая техническая и организационная гибкость роботизации во многих случаях является самой доступной формой автоматизации производственных процессов в современных реалиях по сравнению с другими средствами. Следует отметить, что промышленный робот – это технологическая оснастка (приспособления) и по целевому назначению; в соответствии с классификацией профессора В.С. Корсакова они относятся к пятой группе – приспособления для захвата, перемещения, перевертывания обрабатываемых заготовок и узлов при сборочно-сварочных работах, окраске деталей и так далее». [2]

«Сокращение затрат человеческого труда, возможность его полной замены машинным способствует решению сложнейшей проблемы изменения социальных условий труда – переходу от малоквалификационного, тяжелого, монотонного труда к интеллектуальному». [2]

Структура современного производства обычно строится на большом числе последовательно выполняемых элементарных действий, исполнение которых не требует высокой квалификации персонала. Это позволяет повысить степень автоматизации производства. При выполнении технологических операций на основном оборудовании робототехнического комплекса необходимо выполнить определенные вспомогательные действия, каждое из которых называется вспомогательным переходом – законченной частью технологической операции, которая не сопровождается изменением свойств предмета обработки, но необходима для выполнения технологических переходов.

1.2 Назначение и условия работы детали

Вал-шестерня привода промышленного робота предназначена для передачи вращающего момента по кинематической цепи привода. Движения промышленного робота осуществляются гидравлическим и электромеханическим приводом. Вал-шестерня относится к электромеханическому приводу.

1.3 Классификация поверхностей детали

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

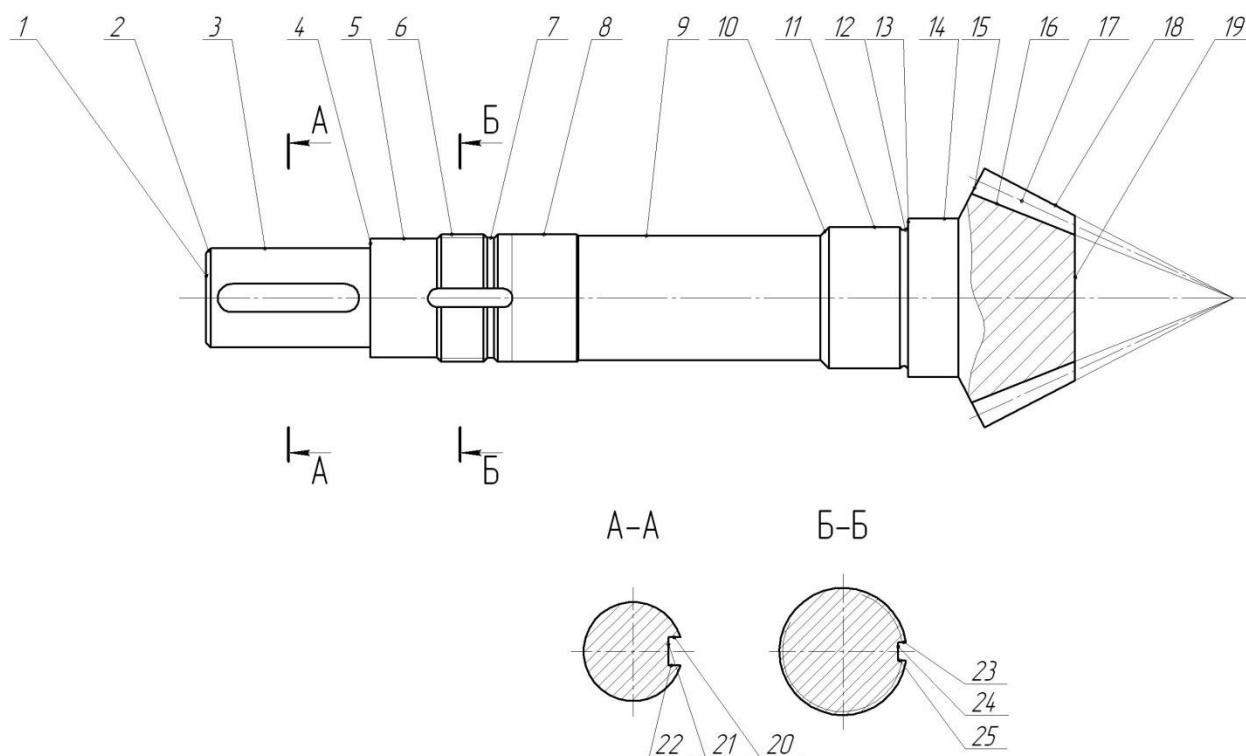


Рисунок 2 - Нумерация поверхностей

Исполнительными поверхностями вала-шестерни являются боковые стороны шпоночного паза 20, 22, которыми деталь воспринимает вращательный момент.

Основными конструкторскими базами вала-шестерни являются цилиндрические поверхности 8, 11, которыми деталь базируется в подшипники, а также торцовая поверхность 13, которая ограничивает перемещение вала-шестерни в узле в осевом направлении.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни являются плоские поверхности шпоночных пазов 21, 23, 24 и 25.

Остальные поверхности – свободные.

1.4 Анализ требований к поверхностям детали

Вал-шестерня выполнена из конструкционной стали 45 ГОСТ 1050-2013 [8], которая содержит кроме железа (Fe) и примесей около 0,45% углерода (C).

Физико-механические свойства стали 45 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Свойства стали 45

НВ	σ_B	σ_T
не более	МПа	МПа
179	470	245

«Углеродистые качественные стали характеризуются более низким, чем у сталей обыкновенного качества, содержанием вредных примесей и неметаллических включений. Их поставляют в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и механическими свойствами. Содержание марганца повышается по мере увеличения концентрации углерода от 0,25 до 0,8%. Содержание азота для сталей, перерабатываемых в тонкий лист, ограничено 0,006%; для остальных сталей – 0,008%. Механические свойства зависят от толщины проката: при толщине более 80 мм показатели прочности и пластичности несколько ниже. ГОСТ 1050-2013 гарантирует механические свойства углеродистых качественных

сталей после закалки и отпуска, нагартовки или термической обработки, устраняющей нагартовку – отжига или высокого отпуска». [17]

Качественные стали проходят многостороннее применение в технике, так как в зависимости от содержания углерода и термической обработки обладают разнообразными механическими и технологическими свойствами.

Среднеуглеродистые стали 30, 35, 40, 45, 50, 55 отличаются большей прочностью, но меньшей пластичностью, чем низкоуглеродистые. Их применяют после улучшения, нормализации и поверхностной закалки. В улучшенном состоянии – после закалки и высокого отпуска на структуру сорбита – достигается высокая ударная вязкость, пластичность, и, как следствие, малая чувствительность к концентраторам напряжений. При увеличении сечения деталей из-за несквозной прокаливаемости механические свойства таких деталей снижаются.

Конструкция вала-шестерни довольно технологична. В конструкции имеются канавки для выхода различного рода инструмента. По форме вал-шестерня довольно проста. Поверхности детали открыты - имеются возможности обработки и измерения всех поверхностей. В конструкции детали предусмотрены центровые отверстия ГОСТ 14034-74 [10] для возможности обработки вала-шестерни в центрах.

Выполнив анализ исходных данных, переходим к технологической части работы.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«Разрабатываемый технологический процесс и выбор оборудования для проектируемого машиностроительного производства во многом зависит от типа производства, которое бывает: единичное; серийное, которое подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное; массовое». [6]

«Тип производства характеризуют: широта номенклатуры (количество наименований выполняемых изделий); объем выпуска изделий; регулярность выпуска каждого изделия. В общем объеме мирового производства 75-80% занимает среднесерийное производство». [6]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m = 4,1$ кг и годовая программа $N = 5000$ деталей. Исходя из этих параметров [6], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«В серийном производстве выпускаются изделия ограниченной номенклатуры, изготавливаемые периодически повторяющимися партиями со сравнительно большим объемом выпуска. На рабочих местах выполняются несколько периодически повторяющихся операций. Технологические особенности серийного производства изменяются в зависимости от номенклатуры, трудоемкости, количества изделий в партии деталей». [21]

Серийное производство является основным типом машиностроительного производства. Примерно 75...80% всей продукции машиностроения страны изготавливается на заводах серийного производства. Примером серийного производства являются предприятия изготавливающие станки, прессы, деревообрабатывающее оборудование, текстильные машины,

насосы, вентиляторы и т.д. В серийном производстве заготовки обрабатываются партиями.

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Конструктор устанавливает материал заготовки и его марку по имеющимся стандартам. А также назначает необходимую термическую обработку. На основе этих данных технолог выбирает конкретный метод получения заготовки. Выбор метода определяется: 1) технологической характеристикой материала заготовки, то есть его литейными свойствами и способностью претерпевать пластические деформации при обработке давлением, а также структурными изменениями материала заготовки, получаемыми в результате того или иного метода выполнения заготовки (расположение волокон в поковке, величина зерен в отливке); 2) конструктивными формами и размерами заготовки; 3) требуемой точностью выполнения заготовки, шероховатостью и качеством ее поверхностей; 4) программой выпуска и заданными сроками выполнения этой программы». [24]

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

При штамповке масса заготовки будет равна $m = 6,6$ кг, а при прокате $m = 15,8$ кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке [21].

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

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [21]

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

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [21]

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

где $C_{шт} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_M = 1,0; k_n = 1,0$. [21]

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [21].

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

где $Q_{шт} = 6,6; q = 4,1$;

$$C_{отх} = 0,0144. [7]$$

$$C_{шт} = 0,2715 \cdot 6,6 + 0,6578(6,6 - 4,1) - (6,6 - 4,1)0,0144 = 3,40 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [21].

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

где $Q_{пр} = 15,8; q = 4,1$;

$$C_{отх} = 0,0144. [21]$$

$$C_{пр} = 0,1219 \cdot 15,8 + 0,6578(15,8 - 4,1) - 0,0144(15,8 - 4,1) = 9,4538 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Определим коэффициент использования материала

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

$$K_{им} = \frac{4,1}{6,6} = 0,62.$$

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Так как получить заданную точность поверхностей деталей только заготовительными операциями не удастся, то назначенный припуск последовательно срезают с поверхностей заготовок, тем самым последовательно повышая их точность и качество, доводя до заданных значений. Таким образом, требуемая точность размеров и качество поверхностного слоя отдельных поверхностей формируют в результате последовательного применения нескольких методов обработки». [23]

Каждая деталь может быть представлена в виде сочетания элементарных поверхностей, таких как плоскости, цилиндры, конусы, торы, а также более сложных фигурных поверхностей, например винтовых, шлицевых, зубчатых и пр. В результате многолетней практики установлены наиболее рациональные типовые способы механической обработки для каждой элементарной поверхности. Выбор того или иного способа определяется комплексом факторов, среди которых учитывают: конфигурацию, габаритные размеры, материал и массу деталей, объем выпуска, принятый тип и форму организации производства; оборудование и оснастку, имеющиеся в распоряжении и др. К главным факторам также относят точность, производительность и рентабельность каждого способа.

В результате анализа формы поверхностей 1, 19, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: центровально-подрезная обработка.

В результате анализа формы поверхностей 2, 7, 9, 10, 12, 14, 15, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхности 3, ее точности (IT 8) и шероховатости (Ra 2,5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхности 4, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхности 5, ее точности (IT 11) и шероховатости (Ra 2,5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхности 6, ее точности (IT 10) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхностей 8, 11, их точности (IT 6) и шероховатости (Ra 0,63) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка, черновое и чистовое шлифование.

В результате анализа формы поверхности 13, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 1,25) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка, шлифование.

В результате анализа формы поверхности 16, ее точности (IT 14) и шероховатости (Ra 2,5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: зубострогание.

В результате анализа формы поверхности 17, ее точности (IT 7) и шероховатости (Ra 2,5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: зубострогание, зубопритирка.

В результате анализа формы поверхности 18, ее точности (IT 10) и шероховатости (Ra 2,5) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

В результате анализа формы поверхностей 20, 22, их точности (IT 9) и шероховатости (Ra 5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

В результате анализа формы поверхностей 21, 23, 24, 25, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

2.5 Расчет припусков

«Припуском называется слой материала, удаляемый в процессе механической обработки заготовки для достижения заданной точности и качества обрабатываемой поверхности. Различают промежуточные припуски и общие. Промежуточным припуском называют слой, снимаемый при выполнении данного технологического перехода. Общим припуском называют сумму промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки данной поверхности. Общий припуск определяют как разность размеров заготовки и готовой детали». [24]

«Установление оптимальных припусков на обработку имеет существенное технико-экономическое значение при разработке технологических процессов изготовления деталей машин. Преувеличенные припуски вызывают перерасход материала при изготовлении деталей и необходимость введения дополнительных переходов, увеличивают трудоемкость и соответственно себестоимость изготовления деталей. Уменьшенные припуски не обеспечивают удаление дефектных слоев и получение требуемой точности и шероховатости поверхности. В результате недостаточных припусков вырастает брак, что повышает себестоимость изделия». [24]

Расчетно-аналитическим методом проведем расчет припусков для обработки поверхности 11, параметрами которой $\varnothing 45k6_{(+0,018/+0,002)}$, $L = 23$ мм, $Ra = 0,63$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [7] \quad (6)$$

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

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

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

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

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

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

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

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

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) . [7] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,601 .$$

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

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

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,004^2 + 0} = 0,034 .$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5(1,600 + 0,250) = 1,526 .$$

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

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

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,062 .$$

$$d_{4\min} = 45,002 .$$

$$d_{4\max} = 45,018 .$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 45,018 + 2 \cdot 0,034 = 45,086 .$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 45,086 + 0,016 = 45,102 .$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 45,102 + 2 \cdot 0,125 = 45,352 .$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 45,352 + 0,100 = 45,452 .$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 45,452 \cdot 0,999 = 45,407 .$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 45,407 + 0,062 = 45,469 .$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 45,469 + 2 \cdot 0,263 = 45,995 .$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 45,995 + 0,250 = 46,245 .$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 46,245 + 2 \cdot 0,601 = 47,447 .$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 47,447 + 1,600 = 49,047 .$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(49,047 + 47,447) = 48,247 .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(46,245 + 45,995) = 46,120 .$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(45,469 + 45,407) = 45,438 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(45,452 + 45,352) = 45,402 .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(45,102 + 45,086) = 45,094 .$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(45,0185 + 45,002) = 45,010 .$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

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

$$2Z_{\min} = 47,447 - 45,018 = 2,429 .$$

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

$$2Z_{\max} = 2,429 + 1,600 + 0,016 = 4,045.$$

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

$$2Z_{cp} = 0,5(2,429 + 4,045) = 3,237.$$

2.6 Расчет режимов резания

«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 теоретически-экспериментальных зависимостей между основными технологическими параметрами, характеризующими процесс резания (режимами обработки, геометрией детали и инструмента, физико-механическими свойствами обрабатываемого и инструментального материалов и т. п.), и параметрами качества поверхностного слоя и точности обработки (шероховатостью поверхности, величиной остаточных напряжений, глубиной и степенью наклепа, суммарной погрешностью обработки), имеющих, как правило, сложную математическую форму». [4]

2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 020.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,3$. [19]

Подача $S = 0,3$. [19]

Скорость резания

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0; V_0 = 180$. [4]

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

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

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 91,6} = 626 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

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

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 91,6 \cdot 500}{1000} = 143,8 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

$$S = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

$$T_0 = \frac{75}{150} = 0,50 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,3$. [19]

Подача $S = 0,3$. [19]

Скорость резания

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 91,6} = 626 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 91,6 \cdot 500}{1000} = 143,8 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{36}{150} = 0,24 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания $t = 1,0$. [19]

Подача $S = 0,3$. [19]

Скорость резания

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 67,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 67,5}{3,14 \cdot 50,16} = 428,6 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50,16 \cdot 400}{1000} = 63 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{120} = 0,02 \text{ мин.}$$

Общее основное время операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,50 + 0,24 + 0,02 = 0,76, \text{ мин.}$$

2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 030.

Переход 1.

Глубина резания $t = 5,0$. [4]

Подача на зуб $S_z = 0,025$. [4]

Подача на оборот

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

где $z = 4$ – число зубьев инструмента.

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

Скорость резания

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

где $D = 10; C_v = 7; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 2; T = 30$. [4]

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

где $K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [4]

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

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 44,6, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 44,6}{3,14 \cdot 10} = 1420, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

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

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1250 = 125, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

где $n_{\text{омс}} = 1; L_{\text{px}} = 50$.

$$T_0 = \frac{1 \cdot 50}{125} = 0,40 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 3,0$. [4]

Подача на зуб $S_z = 0,025$. [4]

Подача на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (22)$$

где $z = 4$ – число зубьев инструмента.

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

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}, \quad (23)$$

где $D = 6,5; C_V = 7; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 2; T = 30$. [4]

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (24)$$

где $K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [4]

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

$$V = \frac{7,0 \cdot 6,5^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 3^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 1,0 = 61,0, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 44,6}{3,14 \cdot 10} = 1420, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,5 \cdot 2000}{1000} = 40,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 2000 = 200, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{oms} \cdot L_{px}}{S}, \quad (25)$$

где $n_{oms} = 1; L_{px} = 30$.

$$T_0 = \frac{1 \cdot 30}{200} = 0,15 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,40 + 0,15 = 0,55, \text{ мин.}$$

«Одним из путей успешного внедрения интегрированных систем проектирования является реализация групповой технологии, основанной на использовании оборудования, планировании и организации производства по принципу технологической общности деталей. Если выпуск изделий осуществляется с использованием гибких производственных систем, то система автоматизированного проектирования должна, прежде всего, обеспечивать гибкость производственных процессов. Под гибкостью понимается возможность быстрого перехода на новые технологические процессы с учетом изменения факторов, определяющих качество выпускаемых деталей (точность, качество поверхностного слоя и др.) и производительность. Спроектированный технологический процесс должен оперативно реагировать на изменение производственных ситуаций выпуска изделий». [1]

Нами определены режимы резания на проектируемые операции технологического процесса изготовления вала-шестерни привода промышленного робота. Вносим рассчитанные данные в проектируемые чертежи технологических наладок и технологическую документацию, представленную в приложении А таблица А.1..

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Общие сведения

«Шпоночные пазы изготавливаются различными способами в зависимости от конфигурации паза и вала, применяемого инструмента. Они выполняются на горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках общего назначения или на специальных станках. Сквозные и открытые с одной стороны шпоночные пазы изготавливаются фрезерованием дисковыми фрезами. Фрезерование концевой фрезой за один проход производится таким образом, что сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину канавки (рисунок 3), потом включается продольная подача, с которой шпоночный паз фрезеруется на полную длину». [3]

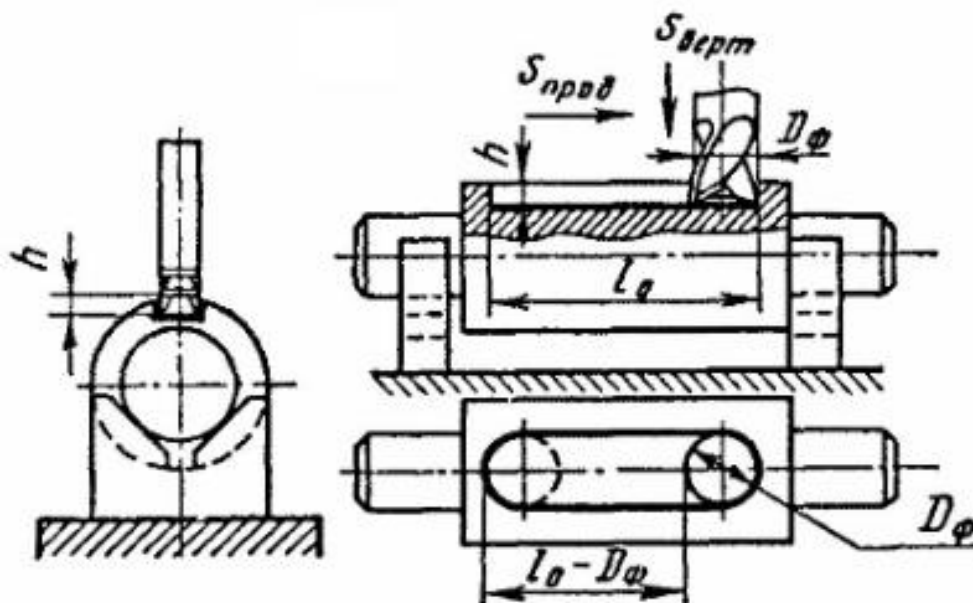


Рисунок 3 – Фрезерование шпоночного паза концевой фрезой

«При этом способе требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение эмульсией. Вследствие того, что фреза работает в основном периферийной частью, диаметр которой уменьшается от переточке

к переточке, по мере увеличения числа переточек точность обработки (по ширине паза) ухудшается». [3]

«Концевые фрезы после переточки изменяют свой рабочий диаметр. Поэтому для получения необходимой ширины паза переточенной фрезой применяют специальные патроны (рисунок 4)». [5]

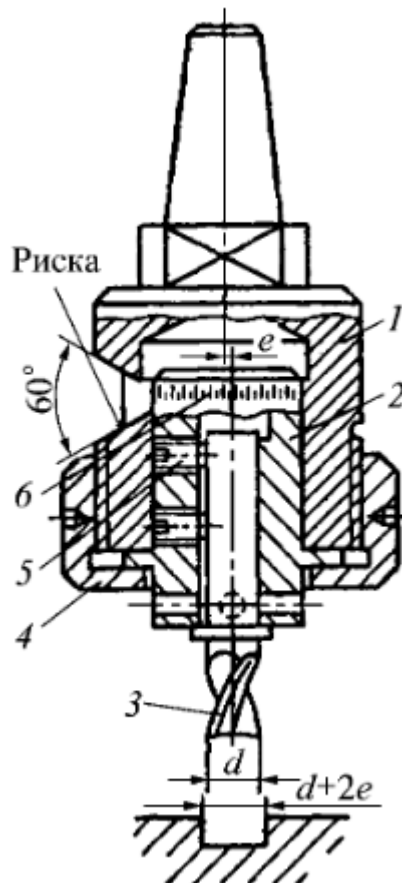


Рисунок 4 – Патрон, обеспечивающий компенсацию износа фрезы

Работает патрон следующим образом. В корпус 1 устанавливают втулку 2 с концевой фрезой 3. Втулка 3 крепится в корпусе с помощью специальной гайки 4. Окончательная фиксация фрезы внутри втулки выполняется винтами 5. Ось отверстия втулки смещается относительно оси всего патрона на величину $e=0,3$ мм. Поворотом втулки в отверстии корпуса выполняется обеспечение смещения размера обрабатываемого паза.

3.2 Исходные данные

В этом разделе нам необходимо спроектировать автоматизированное станочное приспособление для обработки шпоночного паза. Диаметр шеек вала для обработки $D_1 = 30; D_2 = 42$ мм. Эскиз операции фрезерования шпоночных пазов представлен на рисунке 5.

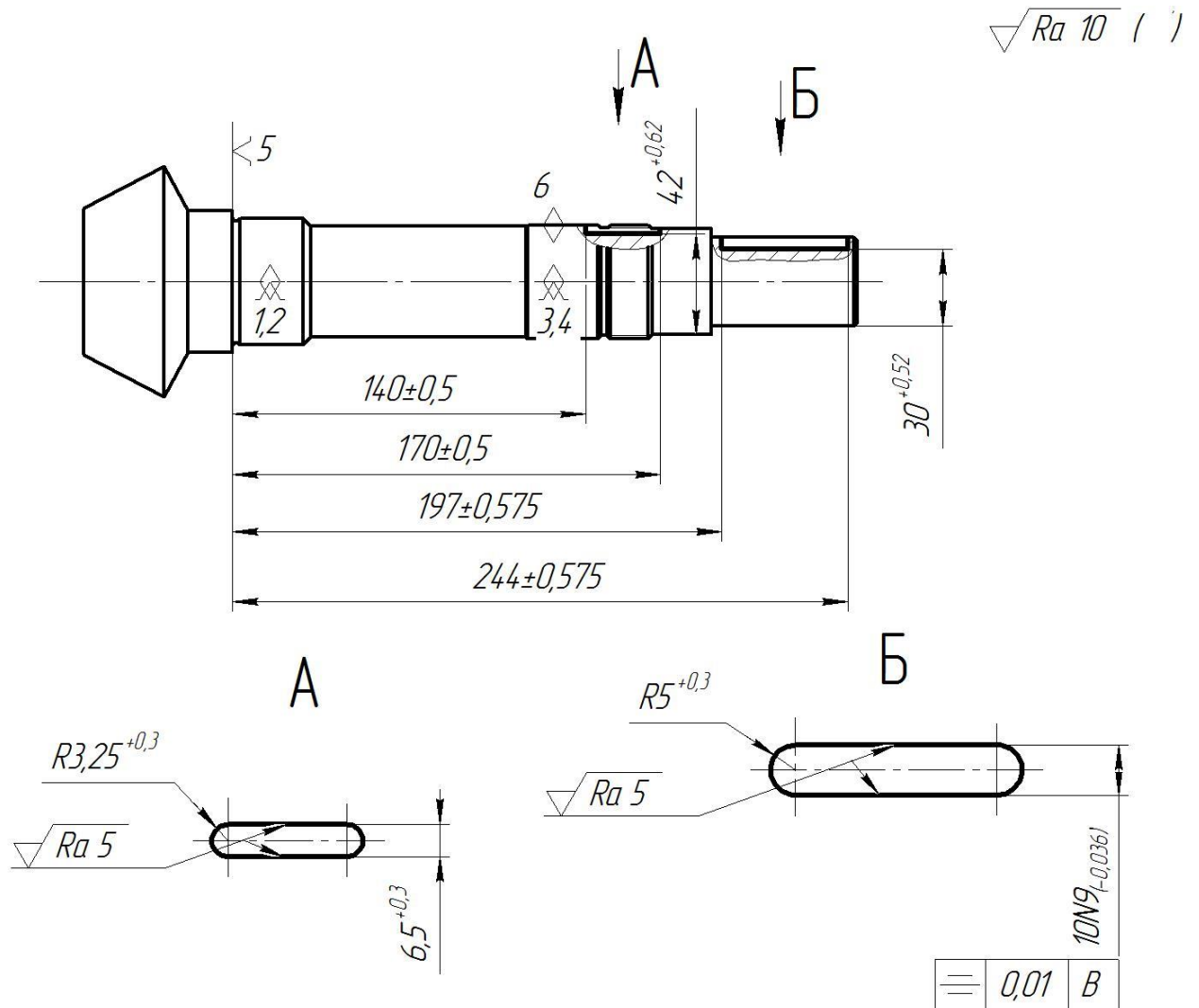


Рисунок 5 – Эскиз операции

3.3 Расчет сил резания

Определим силу резания при фрезеровании наибольшего шпоночного паза. При этом диаметр обработки и глубина резания будут наибольшими, а значит и силы будут максимальными.

$$P = \frac{B \cdot t \cdot S_z \cdot z}{\pi \cdot D}, \quad (26)$$

где $t = 5$; $S_z = 0,025$; $D = 10$; $B = 10$; $z = 4$. [16]

$$P = 9,8 \cdot \frac{10 \cdot 5 \cdot 0,025 \cdot 4}{3,14 \cdot 10} = 1,6 \text{ Н.}$$

3.3 Расчет точности проектируемого приспособления

На рисунке 6 представлена схема закрепления цилиндрических поверхностей в призмах.

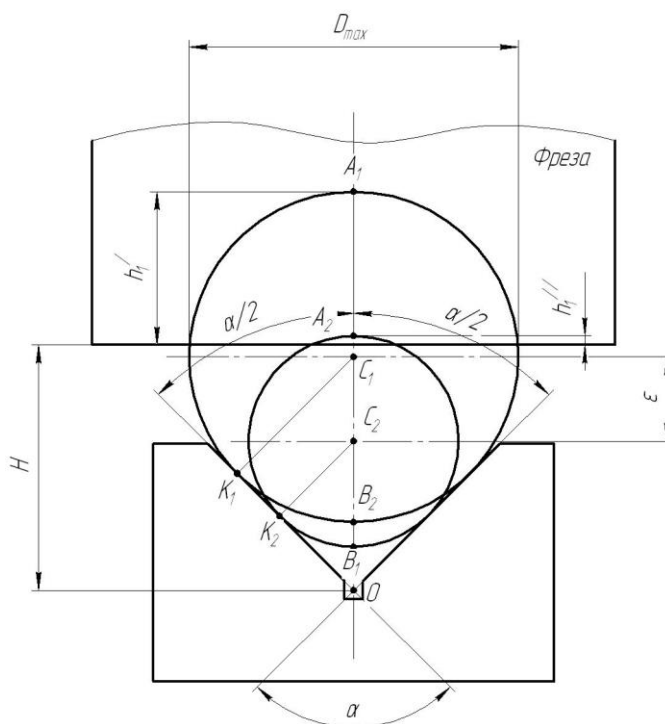


Рисунок 6 - Схема закрепления.

В нашем случае угол призмы равен 90 градусов. Это относится ко второй схеме измерения. Следовательно, погрешность базирования рассчитывается так

$$\varepsilon = (D_{\min} + h_1') - (D_{\min} + h_1'') = h_1' - h_1'' = OA_1 - OA_2. \quad (27)$$

$$OA_1 = OC_1 + C_1A_1 = \frac{C_1K_1}{\sin \alpha/2} + C_1A_1.$$

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

$$\text{тогда } OA_1 = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right).$$

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

Следовательно

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

Подставляя в формулу допуск размера $30^{+0,52}$, получим

$$\varepsilon = \frac{0,52}{2} \left(\frac{1}{\sin 108/2} + 1 \right) = 0,581, \text{ мм.}$$

Спроектированное автоматизированное станочное приспособление для базирования деталей типа «вал» для фрезерования шпоночного паза представлено в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

«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 (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». [5]

«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 заготовок на специальных шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей». [5]

«Фрезерование пазов сегментных шпонок производят хвостовыми или насадными фрезами под сегментные шпонки, диаметр которых должен быть равен двойному радиусу канавки». [5]

4.2 Проектирование концевой фрезы

Материалом заготовки является сталь 45 ($\sigma_s = 180$ МПа).

В качестве инструментального материала примем твердый сплав Т15К6. Этот материал трехкомпонентный, в котором 15% карбида титана, 6% кобальта, а оставшуюся часть составляют карбиды вольфрама.

Ширина шпоночного паза равна 10 мм, поэтому принимаем диаметр фрезы $d = 10$.

Длина фрезы

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

где l_1, l_2 - длины режущей и хвостовой части фрезы соответственно;

l - длина шейки.

Длина режущей части

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

$$l_1 = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мм.}$$

Определим длину шейки

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

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

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

Определим количество зубьев фрезы

$$z = (0,1...1,3)d. \quad (31)$$

$$z = (0,1...1,3)10 = 1...13.$$

Примем $z = 4$.

«Угол наклона зубьев у концевых фрез (рисунок 7) должен быть обратным направлению резания, то есть у праворежущих фрез должно быть выбрано левое направление зубьев. Для концевых фрез при обработке пазов и уступов направление зуба должно совпадать с направлением резания». [3]

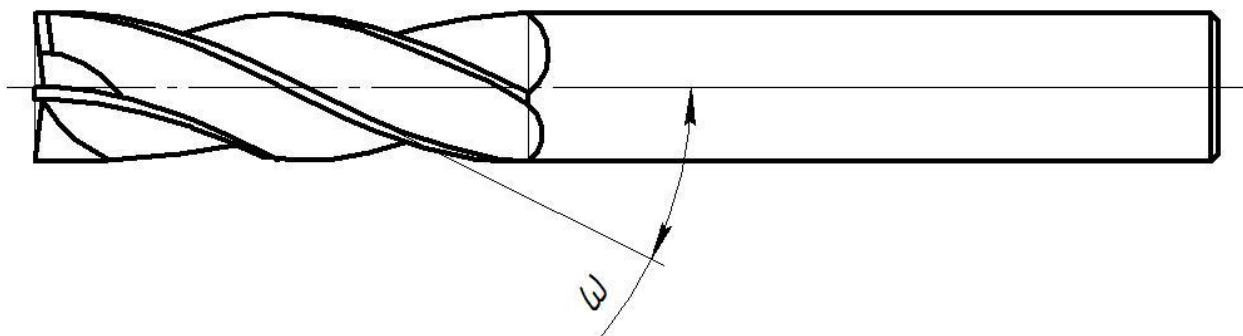


Рисунок 7 – Концевая фреза

Материал заготовки имеет довольно высокую прочность, а фрезерование проводится с довольно высокой скоростью, поэтому для трудных условий резания выбираем $\gamma = 10^\circ$.

Так как фреза имеет четыре режущих зуба, то по сравнению с двузубой фрезой, она может снимать большие припуски. В некоторых случаях при работе такой фрезой можно будет увеличивать подачу, так как суммарный объем стружечных канавок у четырехзубой фрезы превышает суммарный объем двузубой.

Спроектированная концевая фреза представлена в графической части настоящей работы. Особенностью этой фрезы является то, что она изготовлена из твердого сплава Т15К6.

Для большего повышения износостойкости нами предлагается на режущую часть спроектированной фрезы нанести покрытие $TiCN - TiZrN - TiCN$. Это увеличит стойкость инструмента в 3,5 раза.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

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

Данный участок по механической обработке содержит следующие металлорежущие станки: центrovально-подрезной станок 2A911-1, четыре токарно-винторезных станка с ЧПУ модели SAMAT-400XC, шпоночно-фрезерный станок 692Д, зубострогальный станок 5A26, центрошлифовальный станок 3922, зубопритирочный станок 5725E, торцевкруглошлифовальный станок 3Т161 и круглошлифовальный станок с ЧПУ модели 3М151Ф2.

В базовом технологическом процессе изменилась одна операция 030 шпоночно-фрезерная, поэтому в данном разделе будем рассматривать только эту операцию, где необходимо оценить опасные и вредные производственные факторы.

«Безопасность условий на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ. При этом учитываются источники механических травм; определяется возможность получения электротравм; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта и так далее. Опасным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Вредным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности». [22]

На шпоночно-фрезерной операции станочник-фрезеровщик выполняет обработку шпоночного паза фрезой. При этом образовывается металлическая стружка. В результате возникает опасный производственный фактор – повреждение кожи станочника стружкой, появляющейся при обработке. Во

избежание этого имеются специальные инструменты, которыми фрезеровщик шпоночно-фрезерного станка удаляет металлическую стружку по окончании обработки нескольких заготовок из зоны обработки шпоночно-фрезерного станка 692Д (рисунок 8).

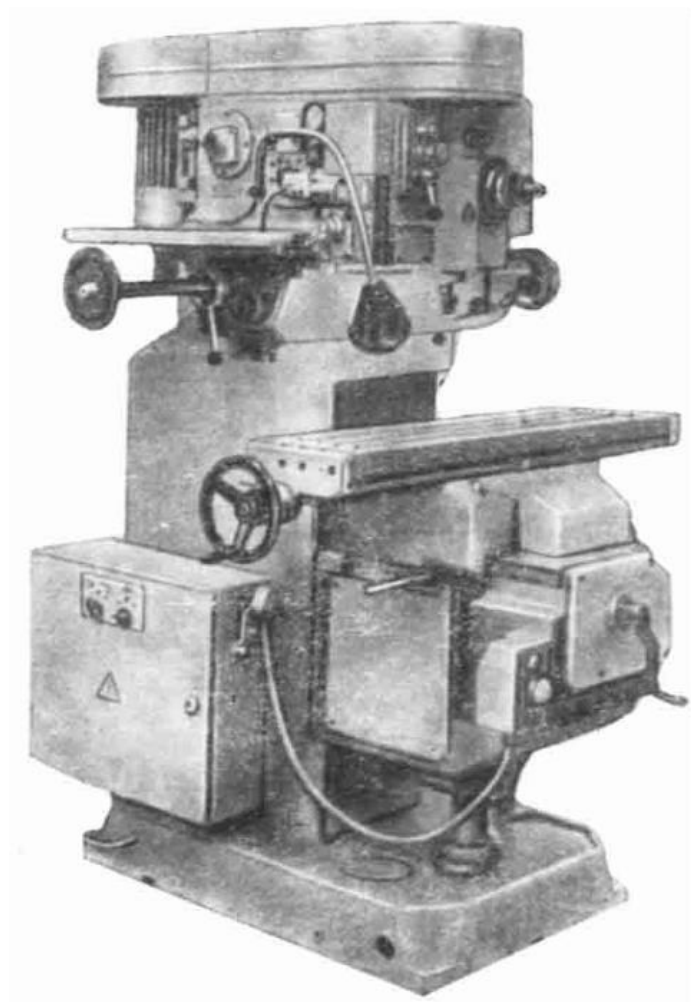


Рисунок 8 – Шпоночно-фрезерный станок 692Д

Рабочий-станочник собирает появляющуюся в зоне резания стружку в специальном контейнере после обработки определенного количества заготовок. Потом этот контейнер отвозят на специальное предприятие, где стружка сдается на утилизацию.

Опасным производственным фактором на шпоночно-фрезерной операции также является попадание стружки в глаз станочника. В связи с этим станочник-фрезеровщик при работе должен находиться на рабочем месте в

специальных защитных очках [9]. При включенном станке рабочий должен надеть защитные очки, тогда случайного попадания в глаз стружки не произойдет.

При шпоночно-фрезерной обработке вредным производственным фактором является то, что, применяя смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС), возникают их пары, которые загрязняют воздушное пространство на рабочем месте станочника. Для минимизации этого фактора необходимо установить рабочее место станочника должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и соответствовать санитарным нормам [20].

Вредным производственным фактором является шум, возникающий при механической обработке при работе оборудования на довольно больших скоростях резания.

«Шум является причиной быстрого утомления работающих, а это приводит к снижению концентрации внимания и увеличению количества ошибок. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений. Артериальное кровяное давление в большинстве случаев изменяется, что способствует общей слабости организма». [14]

Для снижения воздействия шума при работе на шпоночно-фрезерном станке фрезеровщику необходимо применять средства индивидуальной защиты органов слуха – противошумовые наушники [11].

«Электротравмы подразделяют на электрические удары и травмы. В первом случае поражается весь организм и особенно его внутренние органы. Во втором случае происходит местное поражение кожи, мышц и других частей тела. В настоящее время установлено, что более уязвимым органом при прохождении тока через тело человека является сердце. При малых значениях тока может возникнуть фибрилляция (беспорядочное сокращение мышц) сердца. Поэтому особенно опасен для человека электрический удар, при котором нарушаются сердечная, дыхательная и мозговая деятельность». [14]

Для электробезопасности работы на шпоночно-фрезерном станке необходимо выполнить изоляцию токопроводящих частей, защитное заземление металлорежущего станка. Заземление отключит работу станка в случае возникновения внештатной ситуации, связанной с резким изменением напряжения в сети. Защитному заземлению подвергают доступные для прикосновения человека части электроприборов и электроустановок.

«Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей (или ее эквивалентом) металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитное заземление является средством защиты от косвенного прикосновения. Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение на электроустановках превышает 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока». [14]

В нашем случае шпоночно-фрезерный станок 692Д работает от сети переменного тока с напряжением 380 В, поэтому обязательно нужно выполнять заземление.

Для электробезопасности станочника-фрезеровщика, управляющего шпоночно-фрезерным станком, на рабочем месте перед станком размещается диэлектрический коврик [11]. Этот предмет является хорошей защитой от шагового тока.

«Пожар – неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей». [14]

На участке механической обработки нашей детали имеются пожарные гидранты, которые применяются в случае задымления или возникновения пожара. Также на стенках цеха развешаны огнетушители переносные [13]. Для своевременного оповещения о возгорании и задымлении на потолках цеха, где

находится участок механической обработки детали, устанавливается пожарная сигнализация. Это минимизирует время, затрачиваемое на определение возгорания на производстве.

«Обучение по охране труда и проверка знаний требований охраны труда работников организаций проводится для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Одновременно с обучением и проверкой знаний требований охраны труда могут проводиться обучение и аттестация работников организаций по другим направлениям безопасности труда, организуемые органами исполнительной власти, в порядке, утверждаемом ими по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации. Обучению по охране труда и проверке знаний требований охраны труда подлежат все работники организации, в том числе ее руководитель». [22]

На машиностроительном производстве, где изготавливается вал-шестерня привода промышленного робота, в обязательном порядке должно проводиться обучение по технике безопасности и охране труда.

В данном разделе предложены меры по минимизации возникновения производственного травматизма, а также по оснащению производственного участка техническими устройствами, способствующими безопасности машиностроительного предприятия.

6 Экономическая эффективность работы

В этом разделе выполним экономический расчет целесообразности предлагаемых технических решений изменения базового технологического процесса изготовления вала-шестерни привода промышленного робота.

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 шпоночно-фрезерной операции 030. Это стало возможным благодаря применению более современного механизированного приспособления, а также сменой одного режущего инструмента на более износостойкий. Механизированное приспособление сокращает время на установку заготовки перед обработкой и снятия обработанной заготовки. Это привело к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованной операции.

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

- сокращение вспомогательного времени – на 55,1%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента на 43,64 %.

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



Рисунок 9 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [15]

Используя, описанную на рисунке 9, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ($K_{ВВ}$), которая составила 215969,55 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 10 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 10, можно сказать, что затраты на приспособление с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 83,2% в общем объеме инвестиций. Меньшими оказались затраты на режущий инструмент, которые составляют 11,5%. Еще одной статьей затрат стали затраты на проектирование, составляющие 5,3%.

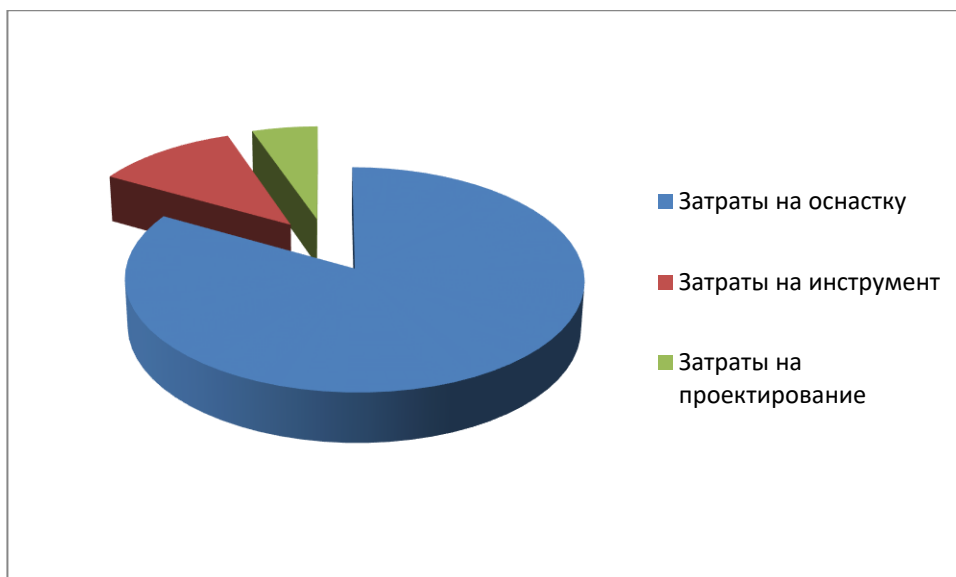


Рисунок 10 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 11.

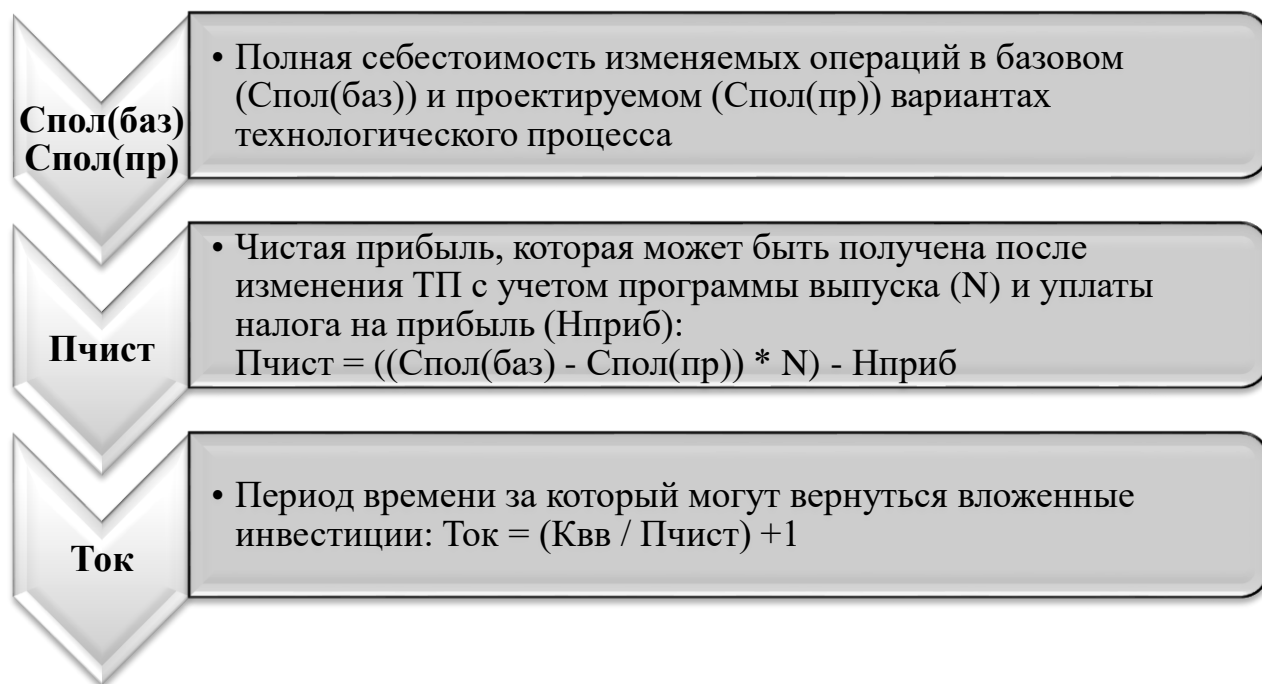


Рисунок 11 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 11, 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 12 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

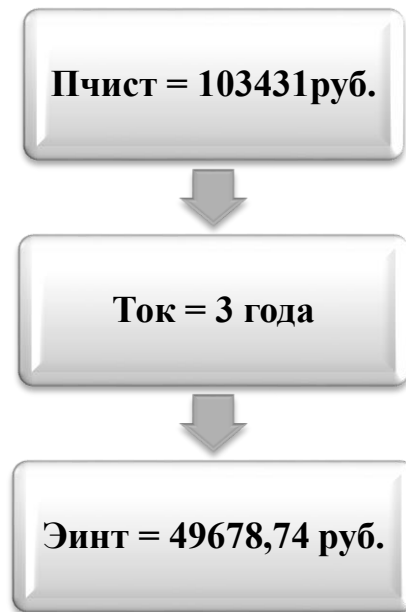


Рисунок 12 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{чист}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ок}}$) и экономического эффекта (Эинт)

Как показано на рисунке 12, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

Таким образом, внедрение механизированного приспособления на шпоночно-фрезерной операции 030 технологического процесса изготовления вала-шестерни привода промышленного робота, а также смена режущего инструмента привели к экономической прибыли, которая окупится за три года.

Заключение

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

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

Во втором разделе выбран тип производства для вала-шестерни промышленного робота, 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 рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. После этого для модернизируемых в работе операций (токарная и шпоночно-фрезерная) определены режимы обработки.

В третьем разделе для шпоночно-фрезерной операции спроектировано специальное станочное приспособление с призмами. Конструкция этого приспособления такова, что зажим заготовки в нем происходит автоматически при помощи пневмопривода.

В четвертом разделе для шпоночно-фрезерной операции спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент – концевая фреза.

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

Список используемой литературы

1. Акулович Л.М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учебное пособие / Л.М.Акулович, В.К. Шелег. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 488 с.
2. Александров А.М. Технология автоматизированного машиностроения. Технологическая подготовка, оснастка, наладка и эксплуатация многооперационных станков с ЧПУ : учебник для вузов / А.М.Александров, Ю.М. Зубарев, А.В. Приемьшев, В.Г. Юрьев. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 264 с.
3. Бахвалов В.А. Процессы обработки заготовок. Часть I: Методы механической обработки поверхностей деталей машин: учебное пособие / В.А. Бахвалов. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 229 с.
4. Безъязычный В.Ф. Метод подобия в технологии машиностроения : монография / В.Ф. Безъязычный. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 356 с.
5. Бердников Л.Н., Безъязычный В.Ф. Справочник фрезеровщика. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 272 с.
6. Бойко А.Ф. Проектирование машиностроительных цехов и участков : учеб. пособие / А.Ф. Бойко, А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, М.Н. Воронкова. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 264 с.
7. Вереина Л. И. Металлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
8. ГОСТ 1050-2013.Metalloпродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – 36 с.
9. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.

10. ГОСТ 14034-74. Отверстия центровые. Размеры. – 7 с.
11. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
12. ГОСТ Р 12.4.213-99. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. – 11 с.
13. ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 48 с.
14. Графкина М.В. Охрана труда : учебник / М.В. Графкина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 212 с.
15. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
16. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения : учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И. Яцун; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.
17. Масанский О.А. Материаловедение : учебник / О.А. Масанский, А.А Ковалева, Т.Р. Гильманшина [и др.]. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 300 с.
18. Пахомова Л.В. Промышленные роботы и робототехнические системы : учебное пособие / Л.В. Пахомова. – Новосибирск : Сибир. гос. унив. водн. трансп., 2022. – 78 с.
19. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
20. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 60 с.
21. Тимирязев В.А. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учебник / В.А. Тимирязев, А.Г.Схиртладзе, Н.П. Солнышкин, С.И. Дмитриев. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 384 с.

22. Шапорева И.Л. Безопасность жизнедеятельности : электрон. учеб.-метод. пособие / И.Л. Шапорева, Л.Н. Горина, Н.Е. Данилина, И.И. Ращоян. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 282 с.

23. Шрубченко И.В. Технология изготовления типовых деталей машин : учеб. Пособие / И.В. Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.А. Погонин [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 358 с.

24. Ямников А.С. Технология машиностроения. Специальная часть : учебник для вузов / [А.С. Ямников и др.] ; под ред. А.А. Маликова и А.С. Ямникова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 344 с.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.							6	3									
			Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Код, наименование документа	СМ			Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.
А	Б																		
001	Точить канавку, выдерживая размеры $2^{+0.3}$; 0.3; R1; точить канавку, выдерживая размеры $2^{-0.3}$; 0.3; R1; точить фаску,																		
002	выдерживая размер 2×45^0 ; точить поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 32.4-0.062$; точить поверхность 10, выдерживая размер																		
003	$\varnothing 32.0.16$; 79 ± 0.3 ; 195 ± 0.575 ; точить поверхность 7, 9, выдерживая размер $\varnothing 35.4-0.062$; точить поверхность 8, выдерживая размер																		
004	$\varnothing 34-0.062$; точить поверхность 6, выдерживая размер 45.2 ± 0.31 точить поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 45-0.062$;																		
005	точить поверхность 4, выдерживая размеры: $18^0 1' 6'' \pm 1^0$; 38.5 ± 0.31 .																		
T06	396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571-71; 392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82;																		
T07	392190 Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73.																		
T08	393311 Штангенциркуль ШЦЦ-Ш-250-0.05 ГОСТ 166 – 89; 393410 Микрометр гладкий ГОСТ 6507 – 90.																		
A09	XX.XX.XX	030	4271	Шпоночно - фрезерная		ИОТ № 67													
B10	38.1671.7	Шпоночно – фрезерный ст-к. мод. 692Д		1	16045	322	1	1	1	142	1								
O11	Фрезеровать поверхность 14, выдерживая размер 54 ± 0.37 , фрезеровать поверхности 13 и 15, выдерживая размеры: $10^{-0.15}_{-0.51}$;																		
O12	50 ± 0.31 ; $R5^{+0.3}$.																		
T13	XXXXXX Приосабливание специальное с призмами; 391820 Фреза концевая $\varnothing 10$ Т15К6;																		
T14	393311 Штангенциркуль ШЦЦ-Ш-250-0.05 ГОСТ 166 – 89; XXXXXX Спец. шаблон																		
A15	XX.XX.XX	035	4154	Зубострогальная		ИОТ № 73													
B16	38.1573.7	Зубострогальный станок мод. 5A26		1	12273	322	1	1	1	142	1								
МК																			

