

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 полумуфты привода манипулятора

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления полумуфты привода манипулятора.

Автор: Королев Сергей Викторович.

В выпускной работе рассмотрен вопрос изготовления полумуфты привода манипулятора. Спроектирован технологический процесс изготовления этой детали.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, описано, что из себя представляет манипулятор, в состав которого входит деталь – барабан, проанализирована конструкция детали и выполнен вывод о довольно высокой технологичности конструкции, также проведен анализ материала, из которого изготавливается деталь.

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

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

На одну технологическую операцию спроектировано станочное приспособление.

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

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

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Общие сведения.....	5
1.2 Назначение и условия работы детали.....	6
1.3 Классификация поверхностей детали.....	7
1.4 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	9
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	13
2.5 Расчёт припусков.....	14
2.6 Расчет режимов резания.....	18
3 Проектирование станочного приспособления.....	26
3.1 Общие сведения.....	26
3.2 Исходные данные.....	27
3.3 Силовой расчет станочного приспособления	27
4 Проектирование режущего инструмента.....	31
4.1 Общие сведения	31
4.2 Исходные данные	32
4.3 Проектирование зенковки.....	32
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
6 Экономическая эффективность работы.....	40
Заключение.....	45
Список используемой литературы.....	46
Приложение А. Технологическая документация.....	49

Введение

Автоматизация технологических процессов является одной из передовых целей современных машиностроительных производств. В ходе автоматизации технологических процессов снижается брак машиностроительной продукции, а также в связи со снижением ручного труда снижается себестоимость выпускаемых изделий.

Автоматические линии машиностроительных производств, кроме металлорежущих станков, в своем составе содержат различные промышленные роботы и манипуляторы. Эти объекты предназначены для перемещения, ориентации объектов производства и других задач внутри автоматической линии.

Работу робототехнических комплексов заранее программируют и далее они внутри автоматических линий выполняют заданные программой функции. Программа выполняемых функций может корректироваться в ходе отработки технологических процессов, а также может кардинально меняться при необходимости перехода производства на изготовление другой продукции.

Важной составляющей манипулятора является его электромеханический привод, который приводит в движение рабочие органы манипулятора для выполнения его функций. В составе этого привода имеется муфта, которая предназначена для соединения двух соосных валов для передачи вращения от одного другому.

Полумуфта привода манипулятора предназначена для соединения с другой полумуфтой для передачи вращательного движения. Полумуфта является ответственным звеном, ведь от качества ее изготовления зависит работоспособность и двигательные функции манипулятора в целом.

Целью данной работы является разработка техпроцесса изготовления полумуфты привода манипулятора заданного качества с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения

«В современных транспортно-технологических машинах машиностроительного комплекса и в большинстве других отраслей промышленности и техники широко применяются роботизированные комплексы и манипуляторы, в состав которых входят электро-, гидро и пневмоприводы, для выполнения основных и вспомогательных технологических операций, заменяя или облегчая труд человека и одновременно повышая производительность». [16]

«В самом общем виде «робот» можно определить как универсальный автомат для осуществления механических и управляющих действий, подобных тем, которые производит человек, выполняющий работу. Робот состоит из манипулятора (М) и перепрограммируемого устройства управления (ПУУ) (рисунок 1)». [16]

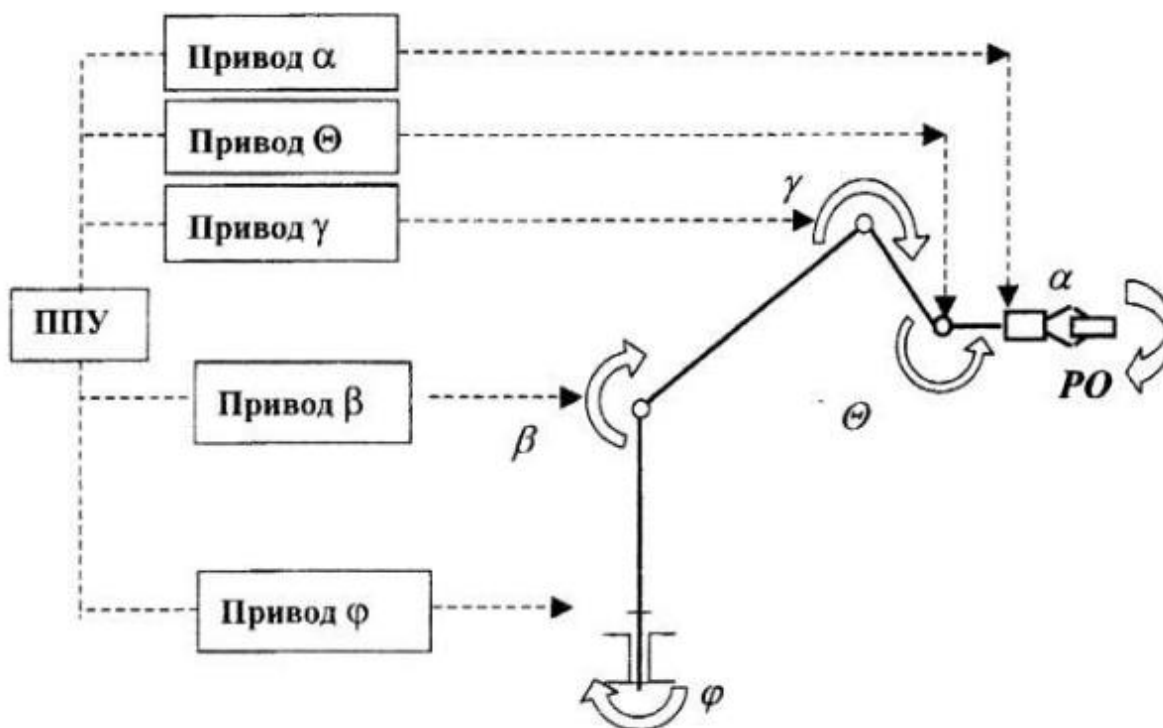


Рисунок 1 – Схема робота

«Для сравнения: рука человека имеет 27 степеней подвижности, из которых 20 приходится на кисть; человеческое тело имеет несколько сотен степеней подвижности. Степени подвижности подразделяются на переносные и ориентирующие. Переносные степени подвижности обеспечивают перемещение рабочего органа (РО) в заданную точку рабочей зоны робота (координаты: φ , β , γ , θ). Ротация схвата (координата α) относится к ориентирующим степеням подвижности, последние определяют положение рабочего органа в рабочей точке». [16]

«Рабочие органы робототехнических комплексов служат для непосредственного выполнения технологических операций. Они подразделяются на хватные устройства (схваты) и специальный инструмент. В качестве специального инструмента используются окрасочные пистолеты, гайковерты, сварочные клещи, сборочный и измерительный инструмент. Схваты – это аналоги кисти руки человека; бывают двух- и многопальцевые, оснащенные электромеханическими, электромагнитными, гидравлическими и пневматическими приводами». [16]

«Отсутствие человека в контуре управления является общим признаком всех роботов, однако возможны случаи, когда управление роботом частично осуществляет человек. При этом супервизорное управление роботом позволяет человеку вывести робот в нужную зону действия и выдать ему некоторые ориентировочные указания. Все дальнейшие действия робот выполняет автоматически в соответствии с выбранной программой без участия человека». [16]

1.2 Назначение и условия работы детали

Полумуфта привода манипулятора предназначена для соединения с другой полумуфтой для передачи вращательного движения. Полумуфта является ответственным звеном, ведь от качества ее изготовления зависит работоспособность и двигательные функции манипулятора в целом.

1.3 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности полумуфты привода манипулятора и представим это на рисунке 2.

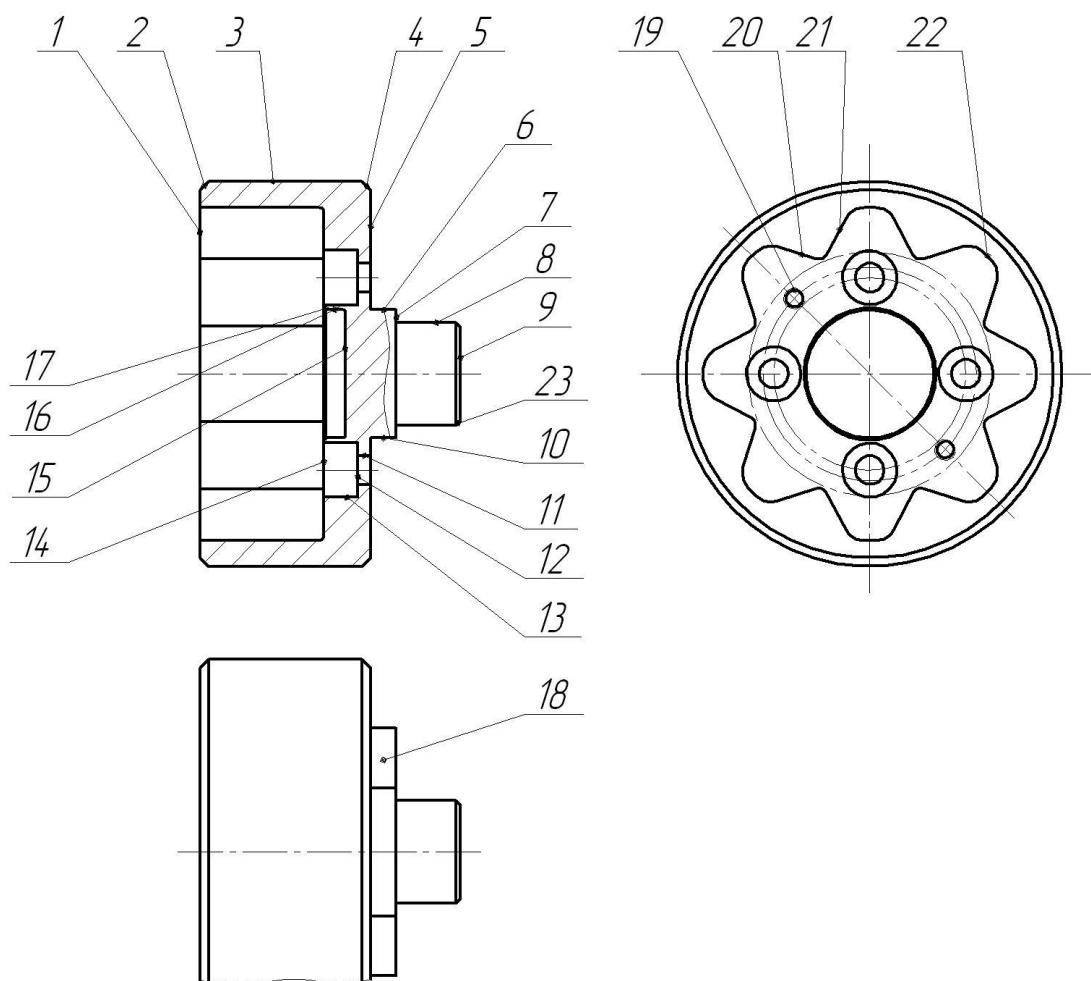


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями полумуфты привода манипулятора являются боковые поверхности внутренних зубьев 20 и 21.

Основными конструкторскими базами полумуфты привода манипулятора являются ориентирующие ее в пространстве торцовая поверхность 7 и цилиндрическая поверхность 8.

Вспомогательными конструкторскими базами полумуфты привода манипулятора являются резьбовые поверхности 19 и плоские поверхности 6 и 10 под регулировку угла.

Остальные поверхности – свободные.

1.4 Анализ требований к поверхностям детали

Вал-шестерня прокатного стана выполнена из конструкционной легированной стали 40X ГОСТ 4543-2016 [4], которая содержит кроме железа около 0,40% углерода, около 1% хрома.

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

Таблица 1 - Свойства стали 40X

НВ	σ_B	σ_T
не более	МПа	МПа
207	980	780

«Легированными называют стали, содержащие одновременно с углеродом и другие легирующие элементы для получения требуемых свойств. Задача легирования сталей заключается в увеличении прокаливаемости, повышении прочности, получении особых физико-химических свойств». [2]

Конструкция полумуфты привода манипулятора довольно технологична. Имеются канавки для выхода инструментов. В конструкции отсутствуют труднодоступные для измерения и обработки поверхности.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«В зависимости от производственной программы и характера изготавливаемой продукции различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. Серийное производство подразделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное». [23]

«Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операции

$$K_{30} = \frac{O}{P}, \quad (1)$$

где O – число различных операций; P – число рабочих мест, на которых выполняются различные операции». [23]

«Значение коэффициента закрепления операции K_{30} принимается для планового периода, равного одному месяцу. При различных типах производства коэффициент закрепления операций имеет следующие значения: для массового $K_{30}=1$; крупносерийного $K_{30} \leq 10$; среднесерийного $10 \leq K_{30} \leq 20$; мелкосерийного $20 \leq K_{30} \leq 40$; единичного $K_{30} > 40$ ». [23]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m = 1,15$ кг и годовая программа $N = 10000$ деталей. Исходя из этих параметров [23], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«В серийном производстве детали изготавливают партиями, а изделия – сериями, повторяющимися через определенные промежутки времени. К серийному производству можно отнести большинство изделий пищевого машиностроения». [23]

«Серийное производство характеризуется применением как универсального, так и специального оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента. Оборудование (общего назначения) обладает широкими технологическими возможностями. Оно позволяет выполнять разнообразные операции, присущие его типу, на самых различных деталях, приемлемым по габаритным размерам. Из металлорежущих станков в эту группу входят токарно-винторезные, вертикально- и горизонтально-фрезерные, вертикально- и радиально-сверлильные, круглошлифовальные и др. Несколько меньшей универсальностью обладают станки общего назначения повышенной производительности: токарно-револьверные, токарные автоматы и полуавтоматы, продольно- и карусельно-фрезерные, бесцентрово-шлифовальные и др.». [23]

«В качестве специализированного оборудования служит универсальное оборудование, приспособленное для выполнения определенных операций технологического процесса изготовления деталей за счет оснащения его специальными наладками». [23]

«На предприятиях серийного производства широко используют универсально-наладочные и сборные приспособления, станки с числовым программным управлением (ЧПУ), что позволяет ускорить технологическую подготовку производства, снизить трудоемкость и себестоимость изделий. В условиях серийного производства оборудование располагают как по типам станков, так и в последовательности технологического процесса; возможно также применение переменного-поточной формы организации работ, когда согласуется время обработки заготовок на отдельных станках и тем самым осуществляется непрерывное движение заготовок данной партии в порядке последовательности технологического процесса. Для перехода к обработке партий других деталей переналаживают оборудование и технологическую оснастку (приспособления и инструмент)». [23]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«В процессе изготовления деталей возникает необходимость изменять размеры, форму, а в некоторых случаях и физико-механические свойства первоначально выбранной заготовки. Эти изменения достигаются различными способами обработки: правкой, резкой, вырубкой, гибкой, вальцовкой, обкаткой, вытяжкой, формированием, механической и тепловой обработкой». [20]

«Резкой, вырубкой и механической обработкой изменяют размеры заготовки. Правка, гибка, вальцовка, обкатка, вытяжка, формирование позволяют изменять форму заготовки, не уменьшая ее объема. Тепловая обработка применяется для улучшения физико-механических свойств материала». [20]

«Выбор способа обработки зависит от свойств обрабатываемого материала, требований к качеству поверхностей, а также от наличия на предприятии оборудования». [20]

При штамповке масса заготовки будет равна 1,9 кг, а при прокате ($\emptyset 93 \times 64$) 3,4 кг.

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

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2)$$

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [11]

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

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

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ум}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (3)$$

где $C_{\text{ум}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_g = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$. [11]

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

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

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

где $Q_{ум} = 1,9; q = 1,15;$

$$C_{отх} = 0,0144. [11]$$

$$C_{доф} = 0,2715 \cdot 1,9 + 0,6578(1,9 - 1,15) - (1,9 - 1,15)0,0144 = 0,9984$$

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

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех}(Q_{пр} - q) - C_{отх}(Q_{пр} - q), \quad (5)$$

где $Q_{пр} = 3,4; q = 1,15;$

$$C_{отх} = 0,0144. [11]$$

$$C_{дог} = 0,1219 \cdot 3,4 + 0,6578(3,4 - 1,15) - 0,0144(3,4 - 1,15) = 1,8621 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (6)$$

$$K_{им} = \frac{1,15}{1,9} = 0,61.$$

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Методы обработки поверхностей заготовок выбираются в зависимости от требований чертежа и состояния поверхностей заготовок; норм точности размеров, формы и расположения поверхностей; шероховатости и волнистости, качества поверхностного слоя; свойств материала; гарантированной точности метода обработки. Выбор методов обработки осуществляется по справочным таблицам. При этом необходимо стремиться к минимальному числу переходов; наибольшему числу поверхностей, обрабатываемым одним инструментом, концентрации операций, сокращению длительности цикла обработки. При одинаковых табличных показателях точности различных методов обработки выбирается экономически более эффективный метод обработки». [7]

«При выборе последовательности обработки поверхностей руководствуются следующим. Обеспечения требований чертежа и последовательного повышения точности и улучшения. Обработка поверхностей заготовки осуществляется в следующей последовательности. В первую очередь обрабатываются черновые и основные технологические базы, относительно которых можно обработать большее количество поверхностей. Например, после термической обработки перед финишной обработкой, когда в центровых отверстиях может оказаться окалина, что повышает погрешность базирования». [7]

В результате анализа формы поверхностей 1, 2, 3, 4, 7, 9, 15, 17, 18, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение.

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

В результате анализа формы поверхностей 6, 10, их точности (IT 9) и шероховатости (Ra 2,5) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: фрезерование.

В результате анализа формы поверхности 8, ее точности (IT 7) и шероховатости (Ra 1,25) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение, черновое и числовое шлифование.

В результате анализа формы поверхностей 11, 13, 17, 19, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: сверление.

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

В результате анализа формы поверхностей 14, 20, 21, 22, их точности (IT 14) и шероховатости (Ra 10) для их изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое точение, фрезерование.

В результате анализа формы поверхности 16, ее точности (IT 8) и шероховатости (Ra 10) для ее изготовления принимаем следующий маршрут обработки: черновое и чистовое точение.

2.5 Расчет припусков

«Определение припусков необходимо, чтобы рассчитать и запланировать размеры при изготовлении заготовки с учетом предстоящего снятия металла при изготовлении детали в соответствии с требованиями чертежа. Припуски на механическую обработку определяются нормативно-аналитическим и опытно-статистическим методами. Расчет припусков и назначение их по таблицам следует производить после обработки конструкции детали и заготовки на технологичность и технико-экономического обоснования метода изготовления заготовки». [8]

«Припуск определяется для наиболее точных поверхностей заготовки, расположенных по двум-трем координатам, которые изготавливаются в заготовке. Для вычисления операционных припусков необходимо знать все несовершенства заготовки, которые надо устранить при изготовлении детали. По всему составу переходов надо знать среднеарифметическую высоту профиля микронеровностей, толщину дефектного слоя, погрешности формы и расположения заготовки, погрешности базирования, установка и закрепления заготовки. 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 нормативным таблицам припуски на обработку. В конце расчета выполняется эскиз заготовки с номинальными размерами и припусками, предельными отклонениями. Строится схема расположения припусков и допусков». [8]

«Припуск на механическую обработку – это слой металла, удаляемый с поверхности заготовки с целью получения требуемых по чертежу формы и размеров детали. Припуск назначают только на те поверхности, требуемые форма и точность размеров которых не могут быть достигнуты принятым способом получения заготовки». [8]

Расчетно-аналитическим методом проведем расчет припусков для обработки поверхности 2, параметрами которой $\varnothing 24h7_{(-0,021)}$, $L = 22$ мм, $Ra = 1,25$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм) [1]

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,210 = 0,053.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,052 = 0,013.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,084 = 0,021.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,033 = 0,008.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,021 = 0,005.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм) [1]

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

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,225^2 + 0,025^2} = 0,626.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0} = 0,253.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{\partial 0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121.$$

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

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,626 + 0,5(0,9 + 0,21) = 1,181.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,253 + 0,5(0,21 + 0,052) = 0,384.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,121 + 0,5(0,052 + 0,033) = 0,164.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,038 + 0,5(0,033 + 0,021) = 0,065.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 23,979.$$

$$d_{4\max} = 24,000.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 24,000 + 2 \cdot 0,038 = 24,076.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 24,076 + 0,021 = 24,097.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 24,097 + 2 \cdot 0,121 = 24,339.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 24,339 + 0,084 = 24,423.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 24,423 \cdot 0,999 = 24,399.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 24,399 + 0,052 = 24,451.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 24,451 + 2 \cdot 0,253 = 24,957.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 24,957 + 0,210 = 25,167.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 25,167 + 2 \cdot 0,626 = 26,419.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 26,419 + 0,900 = 27,319.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{imax} + d_{imin}). \quad (10)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(27,319 + 26,419) = 26,869.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(25,167 + 24,957) = 25,062.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(24,451 + 24,399) = 24,425.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(24,423 + 24,399) = 24,411.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(24,097 + 24,076) = 24,087.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(24,000 + 23,979) = 23,990.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}. \quad (11)$$

$$2Z_{\min} = 26,419 - 24,000 = 2,419.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4. \quad (12)$$

$$2Z_{\max} = 2,419 + 0,9 + 0,021 = 3,329.$$

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

$$2Z_{cp} = 0,5(3,329 + 2,419) = 2,874.$$

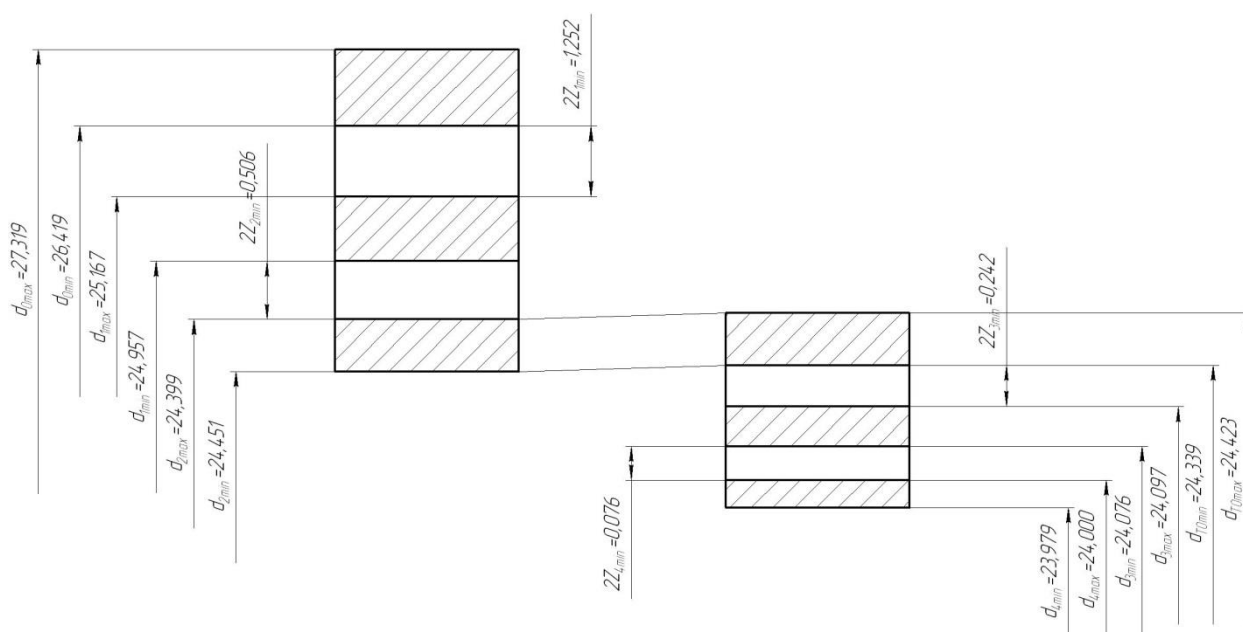


Рисунок 3 - Схема расположения припусков

Расчитанные данные используем при разработке технологического процесса изготовления полумуфты привода манипулятора.

2.6 Расчет режимов резания

«Работа станка с ЧПУ не может быть успешной, если в выборе параметров режимов резания допускаются ошибки. Эти параметры назначаются технологом-программистом на основании справочников, либо формируются автоматически персональным компьютером, в котором ведется подготовка управляющей программы. В этом случае должно разрабатываться

соответствующее программно-математическое обеспечение. В современных УЧПУ возможно получение параметров режимов резания по данным материала заготовки, материала режущей части инструмента, по назначенной точности и заданной шероховатости. При этом компьютер может определять не только режимы обработки на каждом переходе, но и количество черновых и чистовых переходов, их последовательность, схему исполнения, время каждого; указывать на достижимость поставленных требований, определять недоработки и так далее». [21]

«При ручном программировании для выбора режимов обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ сохраняется методика, разработанная для обычных станков, но вместе с тем существуют некоторые особенности». [21]

«При токарной обработке выбираются следующие параметры режимов резания: глубина резания, подача, скорость резания. Глубина резания выбирается по таблицам в зависимости от диаметра детали и заготовки, материала заготовки и инструмента, сложности и стадий обработки (переходов). В каждом случае выбирают максимально возможную глубину резания, которая ограничена припуском на обработку и возможностями станка. Если для обработки какой-то поверхности предусмотрены два или три перехода (например, черновой, получистовой и чистовой), то общий припуск делят соответственно на две или три части, каждую из которых стремятся снять за один рабочий ход. От глубины резания зависят ширина среза и длина рабочей части режущей кромки». [21]

«При выбранных подаче и глубине резания определяют такую скорость резания, которая обеспечила бы оптимальную стойкость инструмента. При резании различают изнашивание по задней и передней граням». [21]

2.6.1 Режимы резания для операции 020.

Переход I.

Глубина резания $t = 0,3$. [19]

Подача $S = 0,3$. [19]

Скорость резания

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

где $K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 190$. [19]

$$V = 190 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180,5}{3,14 \cdot 90} = 639 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (16)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 630}{1000} = 178 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (17)$$

$$S = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

$$T_0 = \frac{52}{189} = 0,28 \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания $t = 2,6$. [19]

Подача $S = 0,3$. [19]

Скорость резания

$$V = 190 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180,5}{3,14 \cdot 64} = 898 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 800}{1000} = 161 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{37}{300} = 0,12 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,28 + 0,12 = 0,40 \text{ мин.}$$

2.6.2 Режимы резания для операции 030.

Переход I.

Глубина резания $t = 2$ мм. [19]

Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб. [19]

Подача на оборот

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

где $z = 3$ – число зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,1 \cdot 3 = 0,3, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

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

где $D = 10; C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30$. [19]

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

где $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [19]

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 2^0 \cdot 0,3^{0,7}} \cdot 1,25 = 25,9 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения определяем по формуле $n = \frac{1000V}{\pi D}$.

$$n = \frac{1000 \cdot 25,9}{3,14 \cdot 10} = \frac{1000V}{\pi D} = 825 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 800}{1000} = 25,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,30 \cdot 800 = 240 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

$$T_0 = \frac{1 \cdot 4320}{240} = 18,00 \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания $t = 6,4$ мм. [19]

Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб. [19]

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 12,8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 6,4^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 25,5 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,5}{3,14 \cdot 12,8} = 634 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,8 \cdot 630}{1000} = 25,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 630 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{ом}} \cdot L_{\text{px}}}{S} = \frac{4 \cdot 9,85}{63} = 0,63 \text{ мин.}$$

Переход III.

Глубина резания $t = 3,3$ мм. [19]

Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб. [19]

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 6,6^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,3^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 19,6 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 19,6}{3,14 \cdot 6,6} = 946 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,6 \cdot 900}{1000} = 18,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{омс} \cdot L_{рх}}{S} = \frac{4 \cdot 3,5}{80} = 0,18 \text{ мин.}$$

Переход IV.

Глубина резания $t = 3,5$ мм. [19]

Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб. [19]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 13,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 25,7 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,7}{3,14 \cdot 13,0} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13,0 \cdot 630}{1000} = 25,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 630 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{омс} \cdot L_{рх}}{S} = \frac{4 \cdot 4,5}{80} = 0,23 \text{ мин.}$$

Переход V.

Глубина резания $t = 3,5$ мм. [19]

Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб. [19]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 7,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 20,1 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 7,0} = 914 \text{ мин}^{-1}. \quad n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7,0 \cdot 800}{1000} = 17,6 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{\text{об}} \cdot L_{\text{px}}}{S} = \frac{2 \cdot 13}{80} = 0,33 \text{ мин.}$$

Переход VI.

Подача $S = 1,0$ мм/об. [19]

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y} = \frac{7,0 \cdot 8,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1,0^0 \cdot 1,0^{0,7}} \cdot 0,5 = 4,2 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 4,2}{3,14 \cdot 8,0} = 167 \text{ мин}^{-1}. \quad n = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,0 \cdot 160}{1000} = 4,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача и основное время

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{об}} \cdot L_{\text{px}}}{S} = \frac{2 \cdot 12}{160} = 0,15 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 18,00 + 0,63 + 0,18 + 0,23 + 0,33 + 0,15 = 19,52, \text{ мин.}$$

Определены режимы резания на проектируемые операции техпроцесса изготовления полумуфты привода манипулятора. Вносим рассчитанные данные в проектируемые чертежи технологических наладок и технологическую документацию, представленную в приложении А (таблица А.1).

3 Проектирование приспособления

3.1 Общие сведения

«Тип производства влияет на уровень автоматизации приспособления, требования к износостойкости его элементов, предопределяет использование в нем унифицированных элементов, сменных деталей и наладок, а также способ настройки приспособления на выдерживаемый размер (автоматическое получение размера в серийном производстве, метод пробных проходов и измерений в единичном)». [8]

Приспособления с ручным приводом рекомендуется применять там, где обрабатывается сравнительно небольшое количество деталей (единичное и мелкосерийное производство), в других случаях их следует механизировать. Для крупносерийного и массового производства приспособления следует проектировать со встроенным механизированным приводом». [8]

«В условиях серийного производства применяют различные наладочные приспособления, а также специализированные и специальные. Эти приспособления требуют минимального объема проектных работ и отличаются высокой надежностью». [8]

«Вследствие характерных особенностей станков с числовым программным управлением (ЧПУ) к приспособлениям предъявляются специфические конструктивные требования. Одна из основных особенностей станков с ЧПУ – их высокая точность. Станочные приспособления оказывают существенное влияние на повышение точности обработки, поскольку погрешность, возникающая при базировании заготовки в приспособлении, является одной из основных составляющих суммарной погрешности обработки. Следовательно, приспособления к станкам с ЧПУ должны обеспечивать повышенную точность установки заготовок по сравнению с приспособлениями к универсальным станкам». [8]

3.2 Исходные данные

Токарная операция 015 включает в себя точение наружных поверхностей заготовки для изготовления полумуфты привода манипулятора. В базовом варианте это приспособление имеет ручной привод. Схема обработки представлена на рисунке

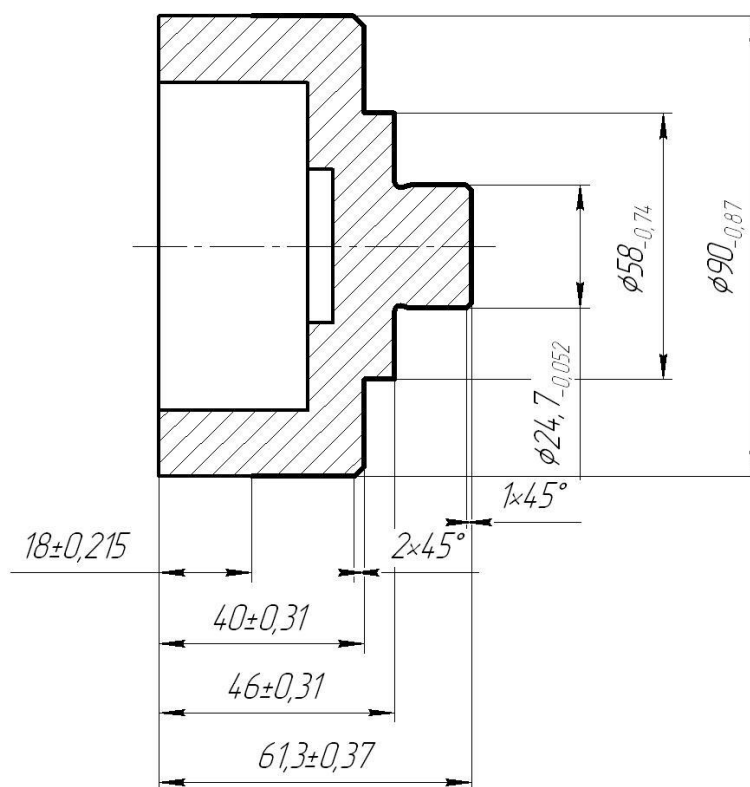


Рисунок 4 – Эскиз операции

Спроектируем механизированное станочное приспособление для этой операции.

3.3 Силовой расчет станочного приспособления

Рассчитаем силы резания

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

где для P_Y : $C_p = 243, x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [17]

для P_Z : $C_p = 300, x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$; [17]

$K_p = 0,9$. [17]

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 178^{-0,15} \cdot 0,9 = 151, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 178^{-0,3} \cdot 0,9 = 76, \text{ Н.}$$

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

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

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{151 \cdot 90}{2} = 6795, \text{ Н.}$$

Схема закрепления заготовки представлена на рисунке 5.

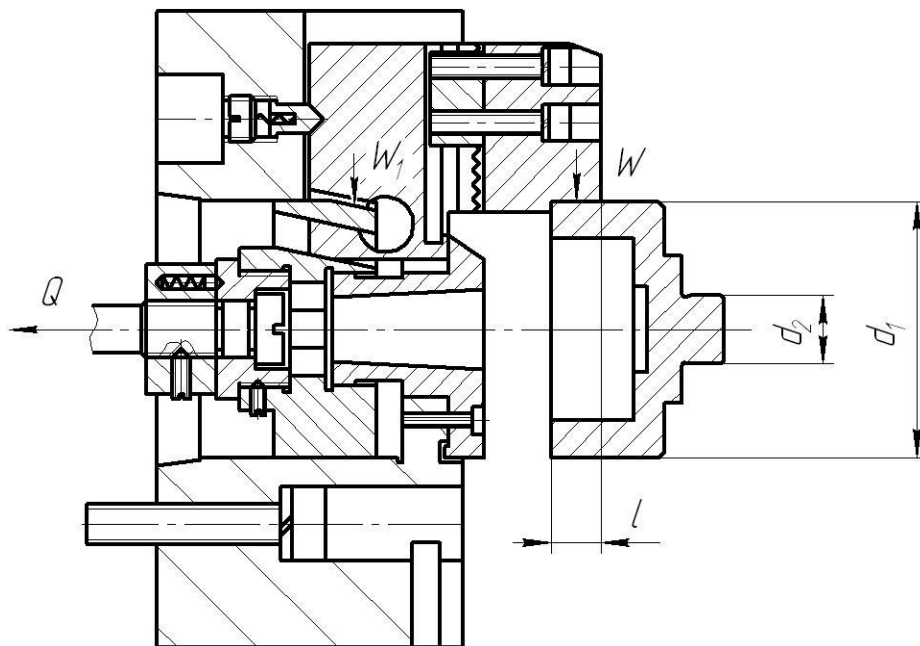


Рисунок 5 - Схема закрепления

Рассчитаем момент силы зажима, который будет препятствовать вышеуказанному моменту

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2}, \quad (24)$$

где W – суммарное усилие кулачков;
 f – коэффициент трения.

Найдем коэффициент запаса

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

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

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

$$f = 0,3.$$

$$W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 151 \cdot 90}{0,3 \cdot 24,7} = 6602, \text{ Н.}$$

Осевая сила зажима кулачками

$$Q = \frac{W}{i}. \quad (26)$$

где i рассчитывается как

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1} \quad (27)$$

В нашем случае $\alpha = 15^\circ$; $\varphi = 5^\circ 50'$; $\varphi_1 = 5^\circ 50'$.

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(15 + 5^\circ 50') + \operatorname{tg}5^\circ 50'} = 2,1.$$

$$Q = \frac{6602}{2,1} = 3144, \text{ Н.}$$

Диаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2} \quad (27)$$

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 3144}{2,5} + 30^2} = 89,8 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр $D = 90$ мм.

Станки с ЧПУ имеют повышенную жесткость. Следовательно, станочные приспособления для них не должны снижать жесткость технологической системы резания при использовании полной мощности станков, а значит, жесткость приспособлений к станкам с программным управлением должна быть выше жесткости приспособлений к универсальным станкам. Поэтому приспособления нужно изготавливать из легированной стали (с термической обработкой рабочих поверхностей) или модифицированного чугуна. [8]

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

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

«В современном машиностроении основным технологическим процессом, обеспечивающим изготовление деталей заданной точности (форма, размеры, взаимное расположение поверхностей) и состояние (качество) поверхностного слоя, является обработка резанием со снятием стружки, то есть механическая обработка, включающая в себя обработку лезвийным и абразивным инструментами. Несмотря на совершенствование технологий и методов получения заготовок, их удешевление, уменьшение величины припусков под следующую механическую обработку, развитие электрохимических, электрофизических и других методов обработки, относительный объем механической обработки за последние годы уменьшился незначительно». [9]

Изготовление деталей резанием – один из самых старых технологических процессов, который применяется для окончательной обработки заготовок, получаемых литьем, ковкой, штамповкой, порошковой металлургией, с использованием аддитивных технологий и прочими методами. Большое разнообразие обрабатываемых материалов и видов заготовок, методов их механической обработки, инструментальных материалов и конструкций режущих инструментов, их геометрических параметров, применяемых СОТС, широкие диапазоны изменения режимов резания обуславливают неограниченное количество вариантов обработки. [9]

«В настоящее время на рынке преобладает в основном инструмент импортный инструмент, который не всегда соответствует качеству и работоспособности, заявленной в рекламе». [9]

4.2 Исходные данные

Состав операции 030 Фрезерной довольно сложен. Операция состоит из нескольких переходов, в каждом из которых используется различный режущий инструмент. На одном из переходов обрабатываются плоские поверхности под головки винтов. Схема перехода представлена на рисунке 6.

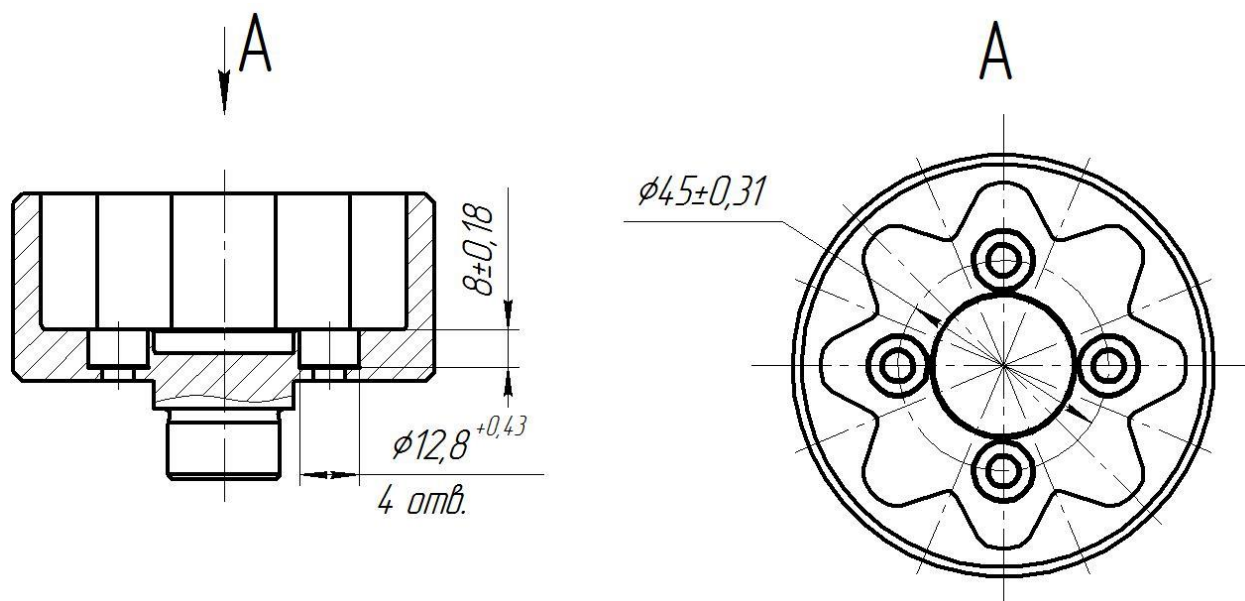


Рисунок 6 – Схема перехода

Для обработки таких поверхностей используются зенковки. В этом разделе спроектируем этот режущий инструмент.

4.3 Проектирование зенковки

«Зенкеры (рисунок 7а) – это осевые многолезвийные режущие инструменты, которые применяются для промежуточной или окончательной обработки отверстий, полученных предварительным сверлением, литьем, ковкой или штамповкой». [10]

«Зенковки применяются для обработки цилиндрических и конических углублений под головки винтов, болтов, а также для снятия фасок (рисунок 7б,в), подрезки торцов бобышек и приливов на корпусных деталях (рисунок 7г)». [10]

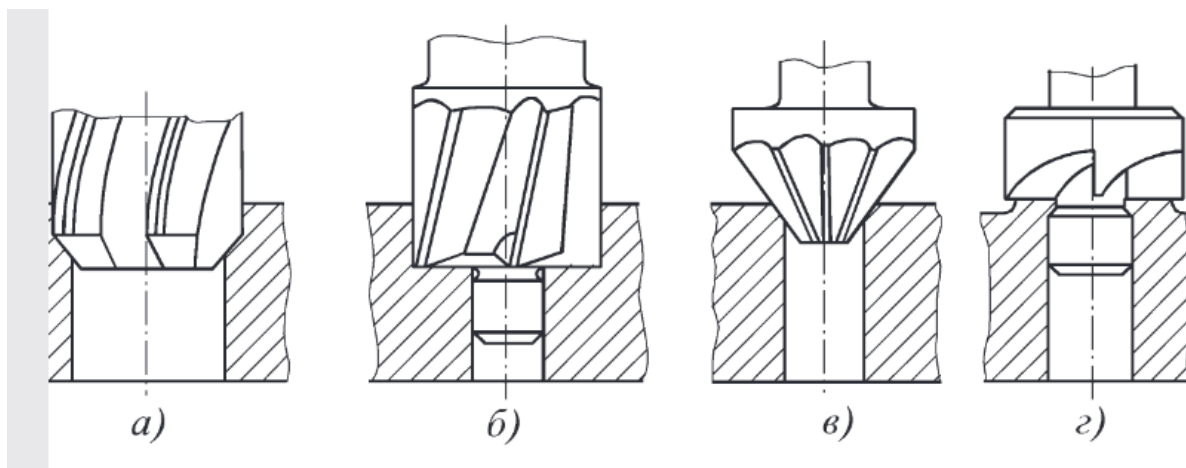


Рисунок 7 – Типы зенкеров:

а – цилиндрический зенкер; *б, в, г* - зенковки

Зенковки, в отличие от обычных зенкеров, срезают стружки большей ширины и имеют менее устойчивое положение в радиальном направлении в момент врезания и особенно в случае расположения режущих кромок перпендикулярно к оси инструмента. Этот процесс часто сопровождается вибрациями и, как следствие, выкрашиванием режущих кромок. Поэтому в конструкциях зенковок для цилиндрических углублений и подрезки торцов предусмотрены направляющие цапфы, выполненные либо за одно целое с корпусом у зенковок малых диаметров, либо вставными, сменными, у зенковок больших диаметров, которые более предпочтительны. При этом сначала цапфы входят в предварительно просверленное отверстие, а затем начинается процесс обработки отверстия. По мере износа сменные цапфы заменяются. На рисунке 8 представлена зенковка со сменной цапфой, имеющая винтовые стружечные канавки ($z=4$) и применяемая для обработки цилиндрических углублений. [10]

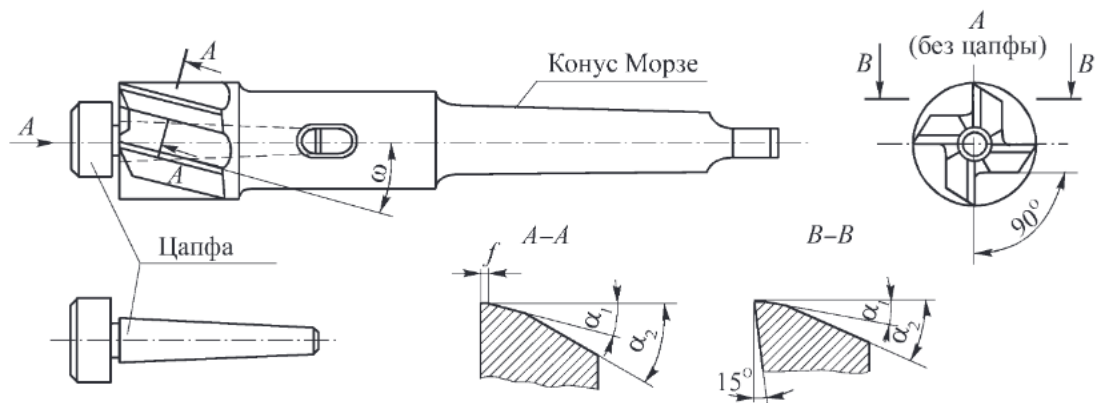


Рисунок 8 - Зенковка

«Главные режущие кромки зенкера располагаются на торце в плоскости, перпендикулярной его оси. Поэтому обеспечивается обработка цилиндрических углублений с плоским торцом. Число зубьев рассматриваемого инструмента принимается равным четырем». [10]

Принимаем $Z = 4$.

Наружный диаметр зенковки

$$D = D_0 + \frac{1}{2} IT = 12,8 + \frac{1}{2} 0,43 = 13, \text{ мм.}$$

Длина зенкера

$$L = L_p + L_n + L_k + L_{ш} + L_x, \quad (28)$$

где L_p и L_n – длины соответственно режущей и направляющей частей;

L_k , $L_{ш}$ и L_x – длины соответственно калибрующей части, шейки и хвостовика.

Примем $L_p = 5; L_n = 6; L_k = 10; L_{ш} = 25; L_x = 40$ мм. [10]

$$L = 5 + 6 + 10 + 25 + 40 = 86, \text{ мм.}$$

Чертеж спроектированной зенковки представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассматриваемым в данном разделе объектом является производственный участок по изготовлению полумуфты привода манипулятора.

Данный участок по механической обработке содержит следующие металлорежущие станки: пять токарно-винторезных станков модели 16Б20ТМ, горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6Е80ШФ20, многоцелевой станок с ЧПУ 6Б610МФ4, два круглошлифовальных станка модели 3М193.

Модернизации базового технологического процесса подверглись операции 015 Токарная (оборудованием является токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ) и 030 Фрезерная (оборудованием является многоцелевой станок с ЧПУ 6Б610МФ4), 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». [15]

При проведении токарных работ на рабочем, 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 [6], имеется специальный инструмент-крючок, которым оператор токарного станка убирает образовавшуюся стружку из специального лотка-накопителя стружки, имеющимся в комплектации токарного станка 16Б20ТМ (рисунок 9).



Рисунок 9 – Токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ

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

Рабочая зона многоцелевого станка с ЧПУ 6Б610МФ4 закрывается специальными ставнями (рисунок 10).



Рисунок 10 – Многоцелевой станок с ЧПУ 6Б610МФ4

Оператору этого станка не обязательно пользоваться защитными очками, так как эту функцию выполняют ставни, имеющиеся в комплекте.

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

станка должно быть оборудовано общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и соответствовать санитарным нормам [22].

«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». [15]

Для электробезопасности работы на токарном станке необходимо выполнить изоляцию токопроводящих частей, защитное заземление металлорежущего станка. 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 оператора фрезерного станка, на рабочем месте перед станком размещается диэлектрический коврик [5]. 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». [15]

На участке механической обработки нашей детали имеются пожарные гидранты, которые применяются в случае задымления или возникновения пожара. Также на стенках цеха развешаны огнетушители переносные [7]. 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, организуемые органами исполнительной власти, в порядке, утверждаемом ими по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации. Обучению охране труда и проверке знаний требований охраны труда подлежат все работники организации, в том числе ее руководитель». [18]

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 полумуфты привода манипулятора.

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 чистовой операции 015. Это стало возможным благодаря применению более современного механизированного приспособления. 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 - сокращение вспомогательного времени – на 31,3%.

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

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



Рисунок 11 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [14]

Используя, описанную на рисунке 11, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (K_{BV}), которая составила 57682,32 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта.

На рисунке 12 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 12, можно сказать, что затраты на приспособление с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 91,9% в общем объеме инвестиций. Еще одной статьёй затрат стали затраты на проектирование, составляющие 8,1%.

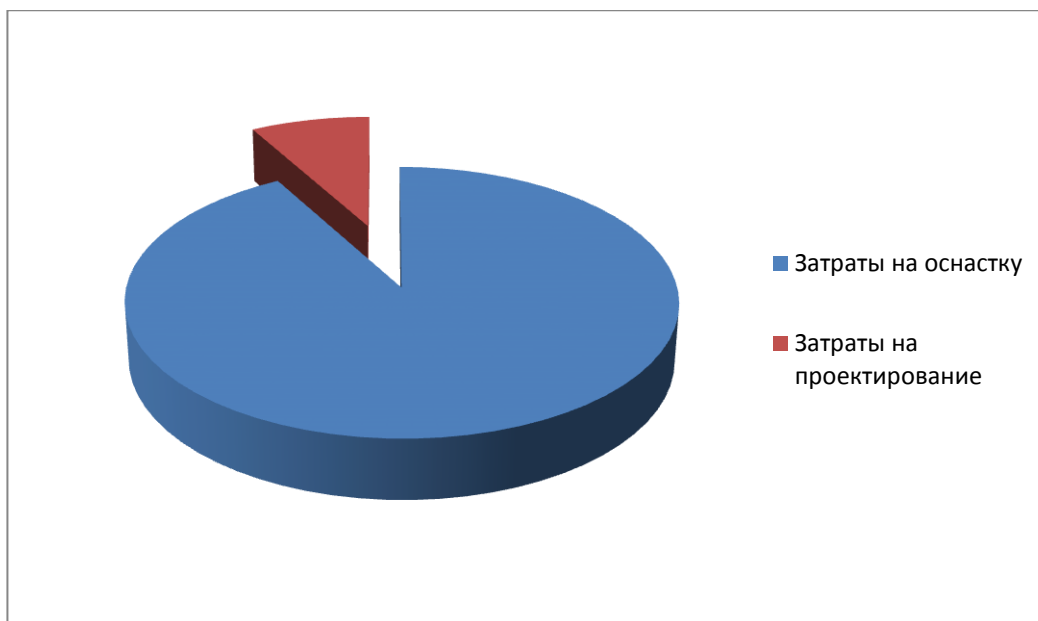


Рисунок 12 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

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

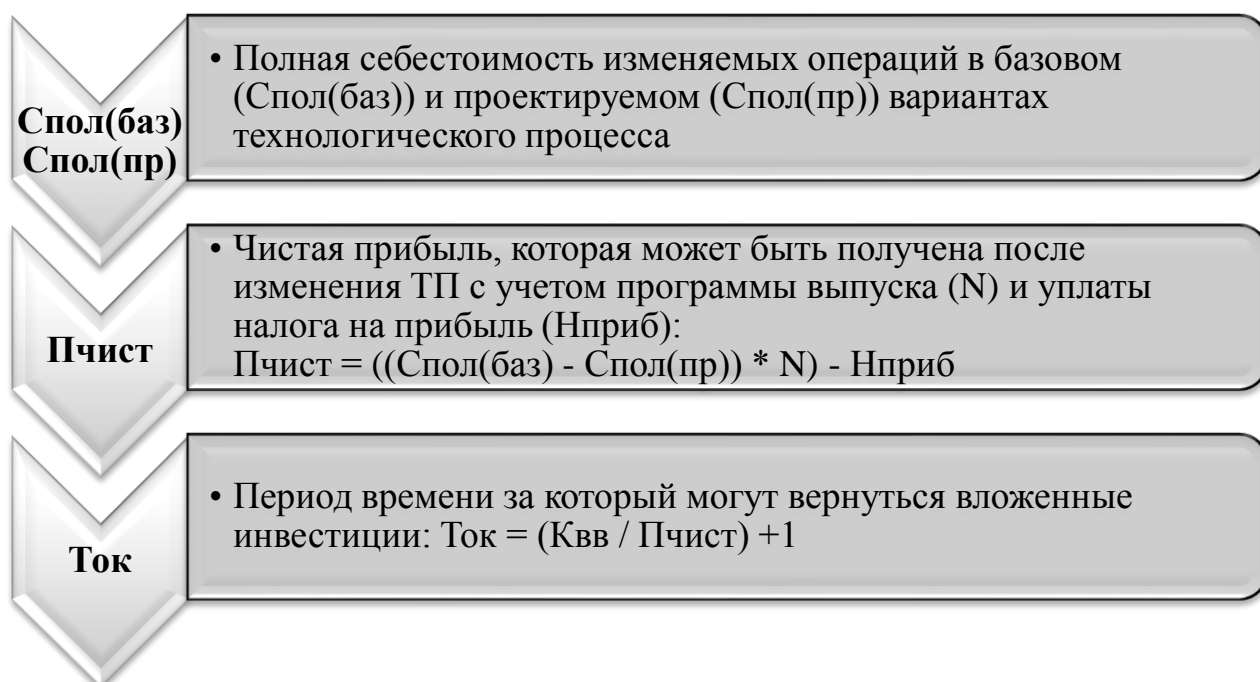


Рисунок 13 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

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

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

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

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

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

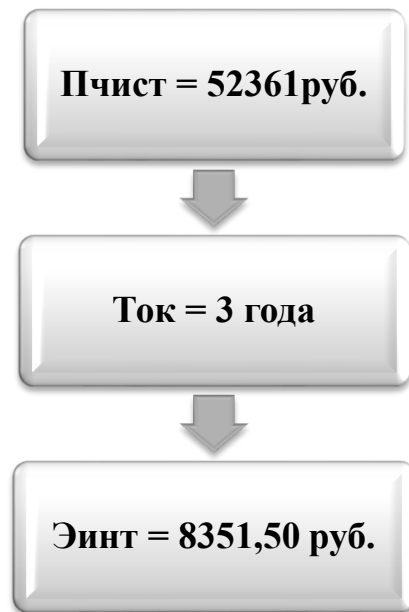


Рисунок 14 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{ЧИСТ}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ОК}}$) и экономического эффекта ($\text{Э}_{\text{ИНТ}}$)

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

Таким образом, внедрение механизированного приспособления на токарной чистовой операции 015 технологического процесса изготовления полумуфты привода манипулятора привели к экономической прибыли, которая окупится за три года.

Заключение

В результате выполнения выпускной работы нами был спроектирован современный техпроцесс изготовления полумуфты привода манипулятора.

В первом разделе был описан манипулятор, а также функции полумуфты, которые выполняет эта деталь в узле механизма. Также проведен анализ технологичности полумуфты привода манипулятора, проанализирован материал, описана конструкция и рассмотрен вопрос о методе получения заготовки, из которой затем изготавливают саму деталь.

Во втором разделе выбран тип производства для полумуфты привода манипулятора, 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 полумуфты привода манипулятора рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. После этого для модернизируемых в работе операций (токарная и фрезерная) определены режимы обработки.

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

В четвертом разделе для фрезерной операции разработана сборная конструкция зенковки со сменной направляющей частью (цапфой).

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

Список используемой литературы

1. 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.
2. Галимов Э.Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения : учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 268 с.
3. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
4. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
5. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
6. ГОСТ EN 12840-2011. Безопасность металлообрабатывающих станков. Токарные станки с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
7. ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 48 с.
8. Завистовский С.Э. Технологическая оснастка : учебное пособие / С.Э. Завистовский. – Минск : РИПО, 2015. – 144 с.
9. Зубарев Ю.М. Режущий инструмент : учебник для вузов / М.Ю. Зубарев, А.В. Вебер, М.А. Афанасенков ; под общ. ред. Ю.М. Зубарева. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 432 с.
10. Кожевников Д.В. Режущий инструмент : учебник для вузов / Д.В.Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев, А.Г.Схиртладзе ; под. общ. ред. С.В. Кирсанова. – 5-е изд., стереотип. – М. : Инновационное машиностроение, 2022. – 520 с.
11. 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.

12. Копылов Ю.Р. Компьютерные технологии в машиностроении. Практикум : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 500 с.

13. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие для ВО / Ю.Р. Копылов. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с.

14. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.

15. 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.

16. Лозовецкий В.В. Робототехнические комплексы – средства автоматизации технологических процессов и производств лесной промышленности : учебник для вузов / В.В. Лозовецкий, Е.Г. Комаров ; под ред. В.В. Лозовецкого. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 568 с.

17. Мальцев В.Г. Технологическая оснастка : учеб. пособие / [В.Г. Мальцев и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 134 с.

18. Нацубидзе С.А. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / С.А. Нацуберидзе. – Иркутск : Иркутский филиал МГТУ ГА, 2020. – 231 с.

19. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

20. Семакина О.К. Технология химического машиностроения : учебное пособие / О.К. Семакина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 144 с.

21. Скрыбин В.А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебник / В.А. Скрыбин, А.Г. Схиртладзе, А.Е. Зверовщиков, А.Н. Машков. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2023. – 320 с.
22. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – 60 с.
23. Хозяев И.А. Основы технологий пищевого машиностроения : учебное пособие. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 264 с.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
Разраб.	Королев																				
Пров.	Логинев																				
Н. Контр.																					
M01 Сталь 40Х ГОСТ 4543-71																					
Код	КЛИМ	Код.загом.	Профиль и размеры	КД	МЗ																
M02	-	166	1,15	1	16	0,61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,9	
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа															
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.								
A01	XX	XX	XX	005	4110 Токарная черновая	ИОТ	XXX														
B02	XXXXXX	Токарно-винторезный с ЧПУ 16Б20ТМ		1	18235	322	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,71	
O03	Точить поверхность 3 в размер $\varnothing 90,3 \pm 0,07$; точить поверхность 5 в размер $40,3 \pm 0,31$; точить поверхность 18 в размер $\varnothing 58,3 \pm 0,74$;																				
O04	точить поверхность 7 в размер $46,3 \pm 0,31$; точить поверхность 8 в размер $\varnothing 25 \pm 0,21$; точить поверхность 9 в размер $61,9 \pm 0,37$.																				
T05	XXXXXX Патрон трехшлицевой; XXXXXX Резец сборный Т15К6;																				
T06	XXXXXX Штангенциркуль ШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXXX Калибр-скоба.																				
A07	XX	XX	XX	010	4110 Токарная черновая	ИОТ	XXX														
B08	XXXXXX	Токарно-винторезный с ЧПУ 16Б20ТМ		1	18235	322	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9
O09	Точить поверхность 1 в размер $61,6 \pm 0,37$; точить поверхность 3 в размер $\varnothing 90,3 \pm 0,07$; точить поверхность 14 в размер $\varnothing 57 \pm 0,37$,																				
O10	28,7 $\pm 0,26$; точить поверхность 16 в размер $\varnothing 30,4^{+0,25}$; точить поверхность 15 в размер 33,7 $\pm 0,31$.																				
T11	XXXXXX Патрон трехшлицевой; XXXXXX(2) Резец сборный Т15К6;																				
T12	XXXXXX Штангенциркуль ШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXXX Калибр-пробка.																				
МК																					

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
								Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клшт	Тпз.
								ИОТ ХХХ										
								А01 ХХ.ХХ.ХХ 015 4110 Токарная чистовая	1	18235	322	1	1	1	118	1	23	0,94
								Б02 ХХХХХХ Токарно-винторезный с ЧПУ 16Б20ТМ	1	18235	322	1	1	1	118	1	23	0,94
								О03 Точить поверхность 3 в размер $\varnothing 90_{-0,037}$; выложить фаску $2 \times 45^\circ$ (поверхность 4); точить поверхность 5 в размер $40 \pm 0,31$; точить										
								О04 поверхность 18 в размер $\varnothing 58_{-0,74}$; точить поверхность 7 в размер $46 \pm 0,31$; точить поверхность 8 в размер $\varnothing 24_{-0,052}$; выполнить										
								О05 фаску $1 \times 45^\circ$ (поверхность 23); точить поверхность 9 в размер $61,3 \pm 0,37$; выложить канавку в размеры R1, $3 \pm 0,125$, $\varnothing 29,5_{-0,52}$.										
								Т05 ХХХХХХ Патрон трехшлицевой; ХХХХХХ Резец сборный Т15К6; ХХХХХХ Резец канавочный Р6М5;										
								Т06 ХХХХХХ Штангенциркуль ИЩ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; ХХХХХХ Калибр-скоба; ХХХХХХ Калибр-пробка.										
								ИОТ ХХХ										
								А01 ХХ.ХХ.ХХ 020 4110 Токарная чистовая	1	18235	322	1	1	1	118	1	23	0,90
								Б02 ХХХХХХ Токарно-винторезный с ЧПУ 16Б20ТМ	1	18235	322	1	1	1	118	1	23	0,90
								Точить поверхность 1 в размер $61 \pm 0,37$, выложить фаску $2 \times 45^\circ$ (поверхность 2); точить поверхность 3 в размер $\varnothing 90_{-0,037}$; точить										
								поверхность 14 в размер $29 \pm 0,26$; выложить фаску $0,5 \times 45^\circ$; точить поверхность 16 в размер $\varnothing 30_{+0,067}$; точить поверхность 15 в										
								размеры $34 \pm 0,31$, R0,5.										
								ХХХХХХ Патрон трехшлицевой; ХХХХХХ(2) Резец сборный Т15К6;										
								ХХХХХХ Штангенциркуль ИЩ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; ХХХХХХ Калибр-скоба; ХХХХХХ Калибр-пробка.										
								ИОТ ХХХ										
								А13 ХХ.ХХ.ХХ 025 ХХХХ Фрезерная	1	18235	322	1	1	1	118	1	23	1,65
								Б14 ХХХХХХ Гориз. - фрезерный с ЧПУ 6Е80ШФ20	1	18235	322	1	1	1	118	1	23	1,65
								МК										

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.													Лист 3
			цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа					Тип.		
А	Б	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.			
О01	Фрезеровать поверхность б и 10 в размер 30 ^{-0,020} _{-0,072} . Фрезеруются поверхности одновременно двумя фрезами.														
Т02	XXXXXX Тиски гидрозажимные; XXXXX Фреза Т15К6; XXXXX Штангенциркуль ШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXX Калибр-скоба.														
А03	XX.XX.XX	030	XXXX	Фрезерная	ИОТ XXX										
Б04	XXXXXX	Вертикально - фрезерный	6Б610МФ4	1	18235	322	1	1	1	118	1	23	20,52		
О05	Фрезеровать поверхность 14 в размер 29±0,26; фрезеровать поверхность 20, 21, 22 в размеры 6±0,15, 100°±5', 22°30'±1', 45°±2',														
О06	R5±0,15, Ø57±0,37, R2±0,125; сверлить четыре поверхности 13 в размер Ø12,8 ^{-0,43} на длину 9,85±0,18; сверлить четыре поверхности 11														
О07	размер Ø6,6 ^{+0,36} на длину 3±0,125; зенкеровать четыре поверхности 12 в размер Ø12,8 ^{+0,43} на длину 8 ^{+0,36} ; сверлить две поверхности 19 в														
О08	размер Ø7 ^{+0,036} на длину 11±0,215; нарезать резьбу М8 в двух отверстиях (поверхности 19) на длину 11±0,215.														
Т09	XXXXXX Тиски гидрозажимные; XXXXX Фреза концевая Т5К10; XXXXX(3) Сверло спиральное Р6М5; XXXXX Зенкер(2) Р6М5;														
Т10	XXXXXX Метчик машинный М8 Р6М5; XXXXX Штангенциркуль ШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXX Калибр-пробка.														
А11	XX.XX.XX	035	5124	Термическая	ИОТ XXX										
Б12	XXXXXX ТВЧ														
А01	XX.XX.XX	040	4131	Круглошлифовальная черновая	ИОТ XXX										
Б02	381311	Круглошлифовальный	3М193	1	18873	322	1	1	1	118	1	10	0,79		
О03	Шлифовать поверхность 8 в размер Ø24,1-0,033.														
МК															

