

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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль)/ специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления звездочки цепного механизма конвейера

Обучающийся

Н.В. Житков

(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)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления звездочки цепного механизма конвейера

Автор: Житков Николай Владимирович.

В работе разработан технологический процесс изготовления детали «звездочка», которая входит в состав привода цепного конвейера.

В начале работы выполнен анализ исходных данных, в котором рассмотрено назначение детали «звездочка», работа и условия его при работе всего узла в целом, проведена классификация всех поверхностей звездочки, проведен анализ технологичности конструкции звездочки.

В технологической части работы определен тип машиностроительного производства при изготовлении звездочки, проведен сравнительный анализ двух наиболее подходящих вариантов получения заготовки, проведен расчет припусков на одну поверхность звездочки расчетно-аналитическим методом, определены методы обработки каждой поверхности детали и проведен расчет припусков на модернизируемые операции техпроцесса.

В работе спроектировано станочное приспособление для токарной технологической операции. В отличие от базового варианта станочное приспособление имеет автоматизированный привод.

Для токарной операции спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент – круглый фасонный резец из быстрорежущей стали, имеющий износостойкое покрытие.

Работа содержит анализ безопасности и экологичности, а также раздел по расчету экономической эффективности выполненной модернизации базового варианта техпроцесса.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	6
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Технологическая часть.....	9
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	9
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	12
2.5 Определение припусков.....	13
2.6 Расчет режимов обработки.....	17
3 Проектирование станочного приспособления.....	22
3.1 Исходные данные.....	23
3.2 Расчет сил резания.....	24
3.3 Определение усилия зажима.....	24
3.4 Определение усилия привода.....	25
4 Проектирование режущего инструмента.....	27
4.1 Исходные данные.....	27
4.2 Проектирование фасонного резца.....	28
4.3 Модернизация токарных операций.....	33
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
5.1 Мероприятия по снижению уровня потенциальной опасности.....	37
5.2 Средства индивидуальной защиты.....	39
6 Экономическая эффективность работы.....	42
Заключение.....	46
Список используемой литературы.....	47
Приложение А. Технологическая документация.....	50

Введение

В настоящее время в промышленности для автоматизации перемещения деталей и узлов внутри цехов широко используются конвейеры. Яркими представителями этого семейства является ленточные конвейеры, являющиеся транспортирующими устройствами непрерывного действия.

Транспортирующие устройства подразделяют на устройства внутренний, предназначенный для работ внутри предприятий, и внешний, предназначенный для доставки на предприятие сырья, топлива и так далее. Внутренний (внутризаводской) транспорт подразделяют на межцеховой и внутрицеховой.

Преимуществами ленточных конвейеров являются: удобство и надежность эксплуатации, высокая эффективность и производительность. Эти машины могут работать в достаточно широком диапазоне температур. Ввиду их преимуществ ленточные конвейеры получили широкое распространение на машиностроительных, пищевых, химических, деревообрабатывающих и других предприятиях всего мира.

По конструкции конвейеры бывают горизонтального типа, наклонные с постоянным и изменяющимся углом наклона, вертикальные, одноленточные и многоленточные, модульные, телескопического типа и так далее.

В конструкцию ленточно-цепного конвейера горизонтального типа, применяемого на АО «АВТОВАЗ» входит звездочка, которая приводит во вращение конвейерную ленту, по которой перемещаются изготовленные детали. От качества изготовления звездочки зависит качество работы кинематической пары «звездочка-цепь», что напрямую отражается на работоспособности всей машины.

Целью данной работы является проектирование технологического процесса изготовления звездочки цепного механизма конвейера заданного качества с минимальными затратами на производство.

1 Анализ исходных данных

«Ленточно-цепные конвейеры (рисунок 1) могут транспортировать грузы на большие расстояния бесперегрузочного перемещения груза при использовании ленты с малым числом прокладок». [11]

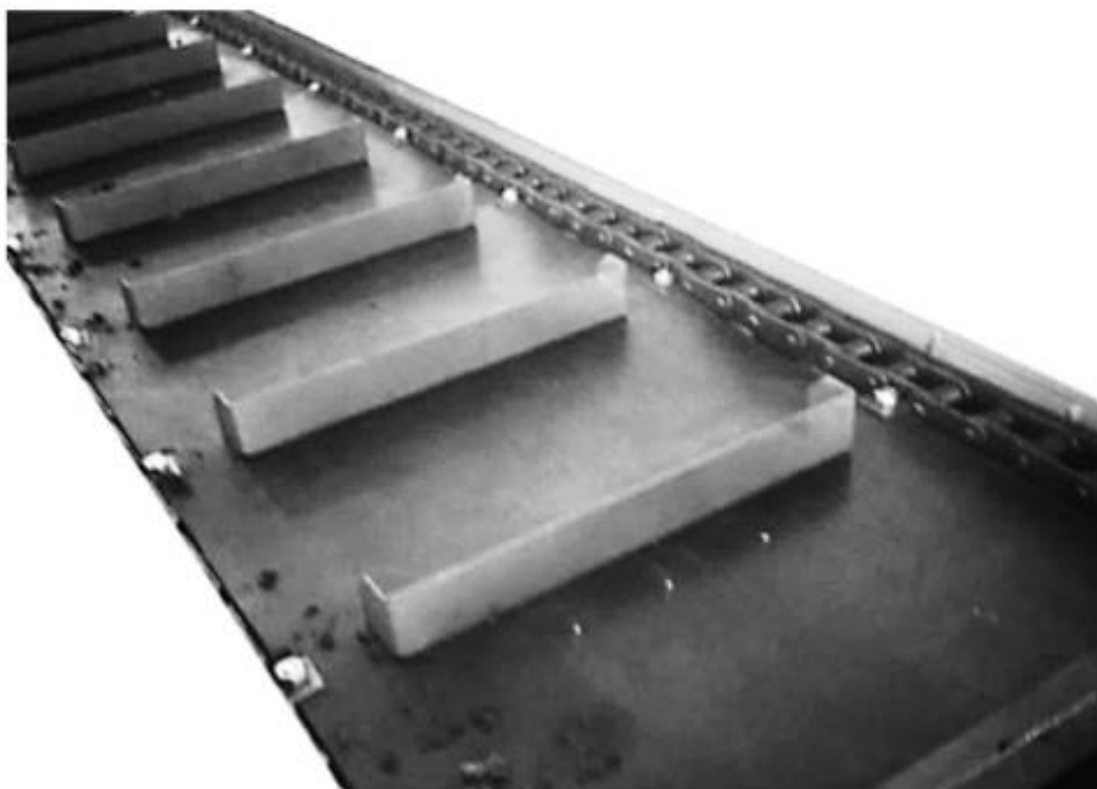


Рисунок 1 – Ленточно-цепной конвейер

«Большая длина транспортирования обуславливается тем, что движение осуществляется путем зацепления цепи со звездочками, а не за счет трения ленты о приводной барабан. Минимальный радиус кривизны траектории ленточно-цепных конвейеров в плане 4-8 м, ширина ленточного полотна, ширина ленточного полотна 650-1000 мм. В этих конвейерах ограничена скорость движения полотна из-за тяжелой многозвенной цепи (1-1,2 м/с), поэтому максимальная производительность составляет 300-500 т/ч. В связи с появлением высокопрочных синтетических лент с удлинением до

1,5% и резиновых лент ленточно-цепные конвейеры применяются ограничено». [11]

1.1 Назначение и условия работы детали

Звездочка предназначена для восприятия крутящего момента от вала, на котором она находится и передачи этого момента на цепь для вращения конвейерной ленты.

1.2 Классификация поверхностей детали

Пронумеруем поверхности и представим это на рисунке 2.

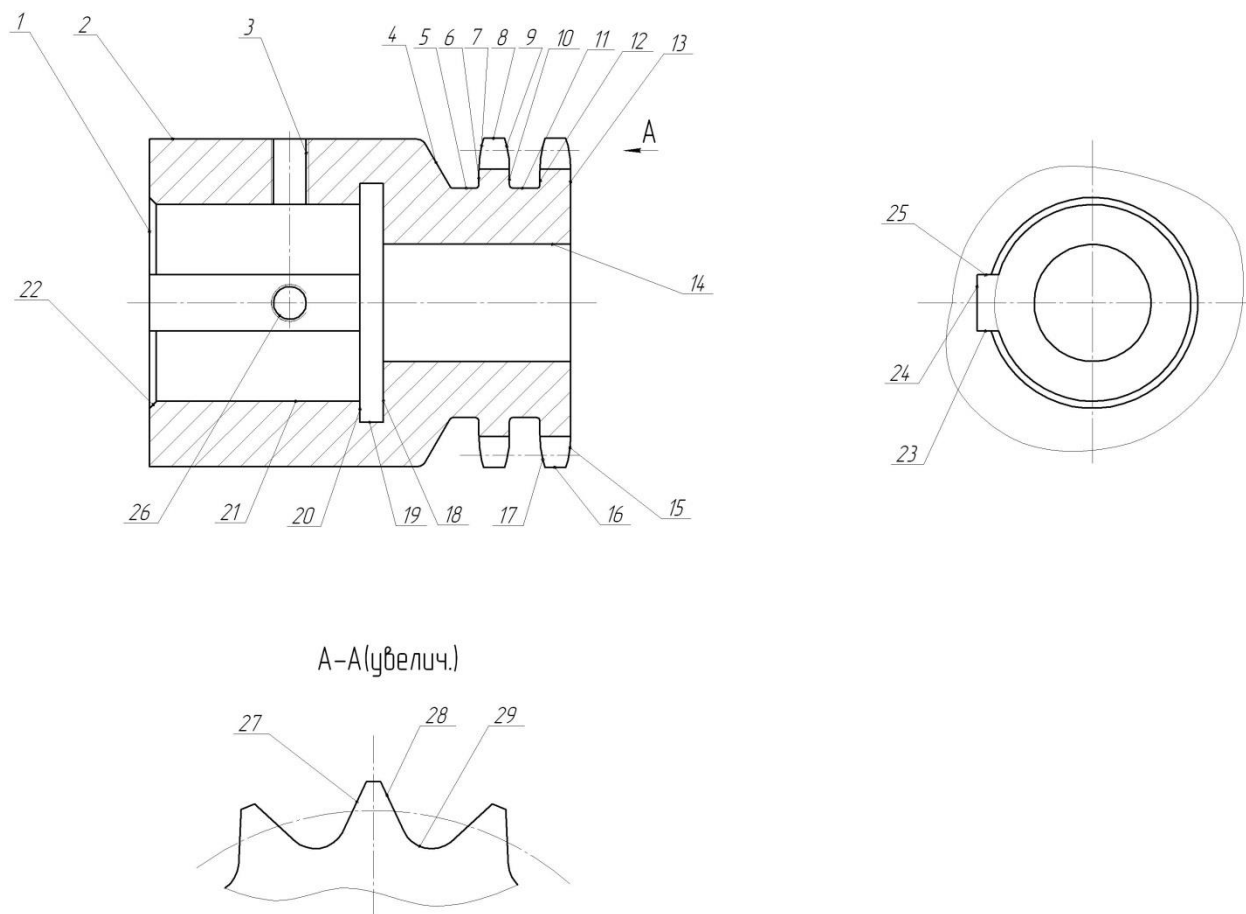


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными являются стороны шпоночного паза 23 и 25, которыми звездочка воспринимает крутящий момент от вала, на котором она находится, а также боковые поверхности зубьев зубчатых венцов 27 и 28, передающими вращательное движение на цепь.

Основными конструкторскими базами звездочки являются поверхности 1 и 21.

Вспомогательными конструкторскими базами звездочки являются поверхности 3, 24, 26.

Остальным поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом звездочки является сталь 45 ГОСТ 1050-88. [4]

В состав этой стали входит приблизительно 0,45% углерода, а остальную массовую долю, исключая примеси, занимает железо. Физико-механические свойства этого материала представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства стали 45

$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	НВ, МПа
600	355	187...207

Эти свойства материала вполне соответствуют служебному назначению детали.

Конструкция звездочки довольно простая, что соответствует довольно простой обработке детали механическими методами. Для выхода резца и шлифовального круга при обработке поверхности 21 конструкцией звездочки предусмотрена канавка [9] (поверхности 18, 19 и 20). Для вхождения метчика при нарезании резьбы на поверхностях 3 и 26 предусмотрена фаска $1 \times 45^\circ$. Для осуществления сборки узла на поверхности 21 также имеется фаска $1,5 \times 45^\circ$.

«Под технологичностью изделия понимается создание у изделия таких геометрических форм и других параметров, которые позволяют наиболее производительно изготовить данное изделие с использованием прогрессивных технологических процессов, обеспечив его минимальную себестоимость. Конструкцию детали принято называть технологичной, если она позволяет полностью и эффективно использовать все возможности и особенности наиболее экономичного технологического процесса ее изготовления, обеспечивающего достижение требуемого качества детали при заданном ее объеме выпуска». [20]

Это совпадает с целью нашей выпускной работы.

«Технологичность изделия представляет собой комплексный показатель, который зависит как от технологичности самой конструкции изделия (машины), так и от технологичности деталей, образующие данное изделие. Оценка технологичности изделия может быть качественной и количественной. Прежде всего, на основе анализа выполняют качественную оценку и делают заключение, что изделие технологично, нетехнологично или не допустимо для производства, что означает необходимость его дальнейшей проработки. Таким образом, это заключение является приближенным и направлено на выявление путей повышения технологичности изделия». [20]

С этой точки зрения деталь «звездочка» является технологичной, так как форма ее достаточно простая, к поверхностям имеется свободный доступ для обработки и контроля.

Полученные в этом разделе данные будут использованы в следующей части работы для проектирования и технических расчетов.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. Кроме объема выпуска и номенклатуры выпускаемой продукции тип производства характеризуется видами используемого оборудования, применяемыми методами обеспечения требуемой точности, квалификацией рабочих и другими признаками». [2]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m = 1,7$ кг и программа выпуска в $N = 5000$ деталей в год. Исходя из этих параметров [2], принимаем среднесерийный тип производства.

«Серийным производством называют такое производство, при котором изделия изготавливаются партиями или сериями. В зависимости от величины партий или серий, а также от того, насколько часто и закономерно (периодически) происходит их чередование, различают производство мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Первое приближается к единичному, а третье к массовому производству. Таким образом, серийное производство характеризуется изготовлением изделий партиями или сериями». [2]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Для серийного производства характерна предметная форма организации работы, которая заключается в расстановке станков по ходу техпроцесса, и при одновременном изготовлении различных деталей нужно переналаживать оборудование на производство иной детали также партиями.

«При серийном производстве приходится определять размер партии деталей, одновременно запускаемых в производство. От количества деталей в партии зависит характер технологического процесса, применяемого для ее

изготовления. Чем меньше количество деталей в партии, тем более простые средства производства должны применяться. Границы применения различных методов обработки партий деталей определяются следующим образом». [2]

Сначала необходимо найти коэффициент закрепления операций по формуле

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

где O – число всех видов операций; P – число рабочих мест». [2]

В нашем случае $O = 10$, $P = 3$.

$$K_{zo} = \frac{10}{3} = 3,33.$$

Такой коэффициент примем для серийного производства.

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Метод получения той или иной заготовки зависит от служебного назначения детали и требований, предъявляемых к ней, а также от ее конфигурации и размеров, марки материала, типа производства и других факторов. Наиболее сложные по конфигурации заготовки можно изготавливать методом литья. Изделия, получаемые методом обработки давлением, должны быть более простыми по форме. Изготовление в поковках отверстий и полостей объемной штамповки в ряде случаев затруднено, а использование напусков резко увеличивает объем последующей механической обработки». [10]

«Размеры заготовок, получаемые методами литья и обработки давлением, практически не ограничиваются. Нередко определяющим параметром в этом случае являются минимальные размеры (например, минимальная толщина стенок отливки, минимальная масса поковки),

Объемной штамповкой и большинством специальных способов литья получают заготовки массой до нескольких десятков или сотен килограммов. Форма и размеры заготовок, получаемых методами порошковой металлургии, ограничены как максимальными, так и минимальными размерами». [10]

Проведем сравнительный расчет двух методов получения заготовки – это штамповка [8] и прокат [7].

При штамповке масса заготовки будет равна 2,8 кг, а при прокате 3,0 кг.

«Стоимость процесса снятия стружки при механической обработке». [13]

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

где $C_c = 0,495$; $E_H = 0,15$; $C_K = 1,085$. [13]

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

«Стоимость заготовки-штамповки». [13]

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi}, \quad (3)$$

$$C_{\text{шт}} = 0,315; k_T = 0,9; k_C = 0,84; k_B = 1,14; k_M = 1,0; k_{\Pi} = 1,0. [13]$$

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

Технологическая себестоимость штамповки. [13]

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

где $Q_{\text{шт}} = 2,8$; $q = 1,7$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$. [13]

$$C_{\text{шт}} = 0,2715 \cdot 2,8 + 0,6578(2,8 - 1,7) - (2,8 - 1,7)0,0144 = 1,4679 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость проката. [13]

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

где $Q_{пр} = 3,0$.

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 3,0 + 0,6578(3,0 - 1,7) - 0,0144(3,0 - 1,7) = 1,0984 \text{руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из проката.

Рассчитаем коэффициент использования материала

$$K_{им} = M_{д} / M_{з}. \quad (6)$$

$$K_{им} = 1,7 / 3,0 = 0,57.$$

Чертеж заготовки не представлен в графической части работы, так как заготовкой является круглый прокат.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Технологический процесс механической обработки деталей, подвергающихся термической обработке (закалке и отпуску), разбивается на две части – процесс до и после термической обработки. Ухудшение шероховатости поверхности вследствие нагрева детали при термической обработке обычно требует повторной обработки некоторых поверхностей, чем и объясняется такое деление технологического процесса на две части».

[2]

Заданное качество обработки поверхности определяется тремя следующими параметрами: шероховатость поверхности, качество точности и геометрическая форма.

Для достижения необходимой точности до IT14, шероховатости Ra 10 и формы поверхностей 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 22

необходимо выполнить следующие технологические операции: черновое и чистовое точение.

Для достижения необходимой точности до IT8, шероховатости Ra 2,5 и формы поверхностей 7, 9, 15, 17 необходимо выполнить следующие технологические операции: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Для достижения необходимой точности до IT14, шероховатости Ra 10 и формы поверхности 8 необходимо выполнить следующие технологические операции: черновое и чистовое точение.

Для достижения необходимой точности до IT13, шероховатости Ra 5 и формы поверхности 16 необходимо выполнить следующие технологические операции: черновое и чистовое точение.

Для достижения необходимой точности до IT7, шероховатости Ra 1,25 и формы поверхности 21 необходимо выполнить следующие технологические операции: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Для достижения необходимой точности до IT8, шероховатости Ra 2,5 и формы поверхностей 23, 25 необходимо выполнить следующие технологические операции: долбежная.

Для достижения необходимой точности до IT11 шероховатости Ra 10 и формы поверхности 24 необходимо выполнить следующие технологические операции: долбежная.

2.5 Определение припусков

«В настоящее время в машиностроении применяются два метода установления припусков на обработку – опытно-статистический и расчетно-аналитический. При использовании опытно-статистического метода припуски устанавливаются по таблицам, которые составлены на основе обобщения практических данных передовых производств. Его недостатком

является то, припуски назначают без учета конкретных условий построения технологических процессов». [21]

«Например, общие припуски – без учета маршрута обработки данной поверхности, промежуточные – без учета схемы установки заготовки и погрешностей предшествующей обработки. В связи с этим опытно-статистические припуски во многих случаях завышены, так как ориентированы на условия обработки, при которых припуск должен быть наибольшим во избежание брака. Расчетно-аналитический метод определения припусков более трудоемок, однако лишен указанного недостатка. В соответствии с этим методом промежуточный припуск, назначаемый для определенного перехода, должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующем технологическом переходе, а также возникающая на выполняемом переходе погрешность установки обрабатываемой заготовки. Метод базируется на учете конкретных условий выполнения технологического процесса, позволяя выявить возможности экономии материала и снижения трудоемкости механической обработки». [21]

Определим припуски на обработку поверхности 21 с параметрами $\varnothing 43,5^{+0,03}$ мм, $L = 43,5$ мм, $Ra = 1,25$ мкм расчетно-аналитическим методом.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$\langle a = R_z + h_o \rangle. [3] \quad (7)$$

Перед этим найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\langle \Delta = 0,25 \cdot Td \rangle. [3] \quad (8)$$

$$\Delta = 0,25 \cdot Td.$$

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

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063.$$

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

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

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

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

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$\langle\langle Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} \rangle\rangle. [3] \quad (9)$$

$$\langle\langle Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \rangle\rangle. [3] \quad (10)$$

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

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

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{00})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,040.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,626 + 0,5(0,9 + 0,25) = 1,201.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,25 + 0,062) = 0,419.$$

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

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,040 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,072.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 42,030.$$

$$d_{4\max} = 42,000.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 42,030 + 2 \cdot 0,040 = 42,110.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 42,110 + 0,025 = 42,135.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 42,135 + 2 \cdot 0,125 = 42,385.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 42,385 + 0,100 = 42,485.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 42,485 \cdot 0,999 = 42,443.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 42,443 + 0,062 = 42,505.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 42,505 + 2 \cdot 0,263 = 43,031.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 43,031 + 0,250 = 43,281.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 43,281 + 2 \cdot 0,626 = 44,533.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 44,533 + 0,9 = 45,433.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$\langle d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) \rangle. [3] \quad (11)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(45,433 + 44,533) = 44,983.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(43,281 + 43,031) = 43,156.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(42,505 + 42,443) = 42,474.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(42,485 + 42,385) = 42,435.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(42,135 + 42,110) = 42,123.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(42,030 + 42,000) = 42,015.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}. \quad (12)$$

$$2Z_{\min} = 44,533 - 42,030 = 2,503.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4. \quad (13)$$

$$2Z_{\max} = 2,503 + 0,9 + 0,025 = 3,428.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (14)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,428 + 2,503) = 2,966.$$

Рассчитав припуски, перейдем к определению режимов обработки.

2.6 Расчет режимов обработки

Расчет режимов обработки на 015 операцию.

Переход 1.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [17]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (15)$$

где $K_1 = 0,95; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [17]$

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70,2} = 646 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,2 \cdot 630}{1000} = 139,1, \text{ м/мин.}$$

Подача

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (18)$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{99}{189} = 0,52, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания

$$t = 10,6; S_0 = 0,3. [17]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$\text{где } K_1 = 0,95; K_2 = 0,5; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [17]$$

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 71,25, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 71,25}{3,14 \cdot 70,2} = 323 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 300 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,2 \cdot 300}{1000} = 66,1, \text{ м/мин.}$$

Подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 300 = 90, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{12}{90} = 0,13, \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача и глубина резания

$$t = 10,6; S_0 = 0,3. [17]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$\text{где } K_1 = 0,95; K_2 = 0,5; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [17]$$

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 71,25, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 71,25}{3,14 \cdot 70,2} = 323 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 300 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,2 \cdot 300}{1000} = 66,1, \text{ м/мин.}$$

Подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 300 = 90, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{12}{90} = 0,13, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,52 + 0,13 + 0,13 = 0,78, \text{ мин.}$$

Расчет режимов обработки на 020 операцию.

Переход 1.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [17]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $K_1 = 0,95; K_2 = 0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [17]

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 70} = 648 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 630}{1000} = 138,5, \text{ м/мин.}$$

Подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{72}{189} = 0,38, \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания

$$t = 5,0; S_0 = 0,3. [17]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $K_1 = 0,95; K_2 = 0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150$. [17]

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 51} = 890 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 800}{1000} = 128,1, \text{ м/мин.}$$

Подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{5}{240} = 0,02, \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача и глубина резания

$$t = 0,3; S_0 = 0,3. [17]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $K_1 = 0,95; K_2 = 0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 150. [17]$

$$V = 150 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142,5, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 142,5}{3,14 \cdot 45} = 1008 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 1000}{1000} = 141,3, \text{ м/мин.}$$

Подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{47}{300} = 0,16, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,38 + 0,02 + 0,16 = 0,56, \text{ мин.}$$

Полученные режимы резания внесем в технологическую документацию, представленную в приложении А, а также на технологические наладки, представленные в графической части.

3 Проектирование станочного приспособления

«В современном машиностроении техническое переоснащение, подготовка к выпуску новых видов изделий, модернизация средств производства и механическая обработка деталей невозможны без применения приспособлений. Приспособления составляют около 50% общего объема средств технологического оснащения производственных процессов. Наиболее многочисленной группой представлены станочные приспособления, к которым относятся устройства для установки и закрепления заготовок, а также устройства для закрепления и установки режущего инструмента». [15]

«Приспособления – наиболее сложная и трудоёмкая в изготовлении часть технологической оснастки. Сложность построения технологических процессов в машиностроении обуславливает большое разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований. В условиях единичного и мелкосерийного производства широко применяют универсально-сборные приспособления. В серийном производстве используют специализированные быстропереналаживаемые приспособления (УСП). В крупносерийном и массовом производстве в большинстве случаев применяют специальные приспособления, имеющие одноцелевое назначение и предназначенные для выполнения определенной операции механической обработки». [15]

3.1 Исходные данные

На токарной 020 операции происходит токарная чистовая обработка наружных и внутренних поверхностей детали на токарном станке с числовым программным управлением. Эскиз операции с теоретической схемой закрепления заготовки на станке представлен на рисунке 3.

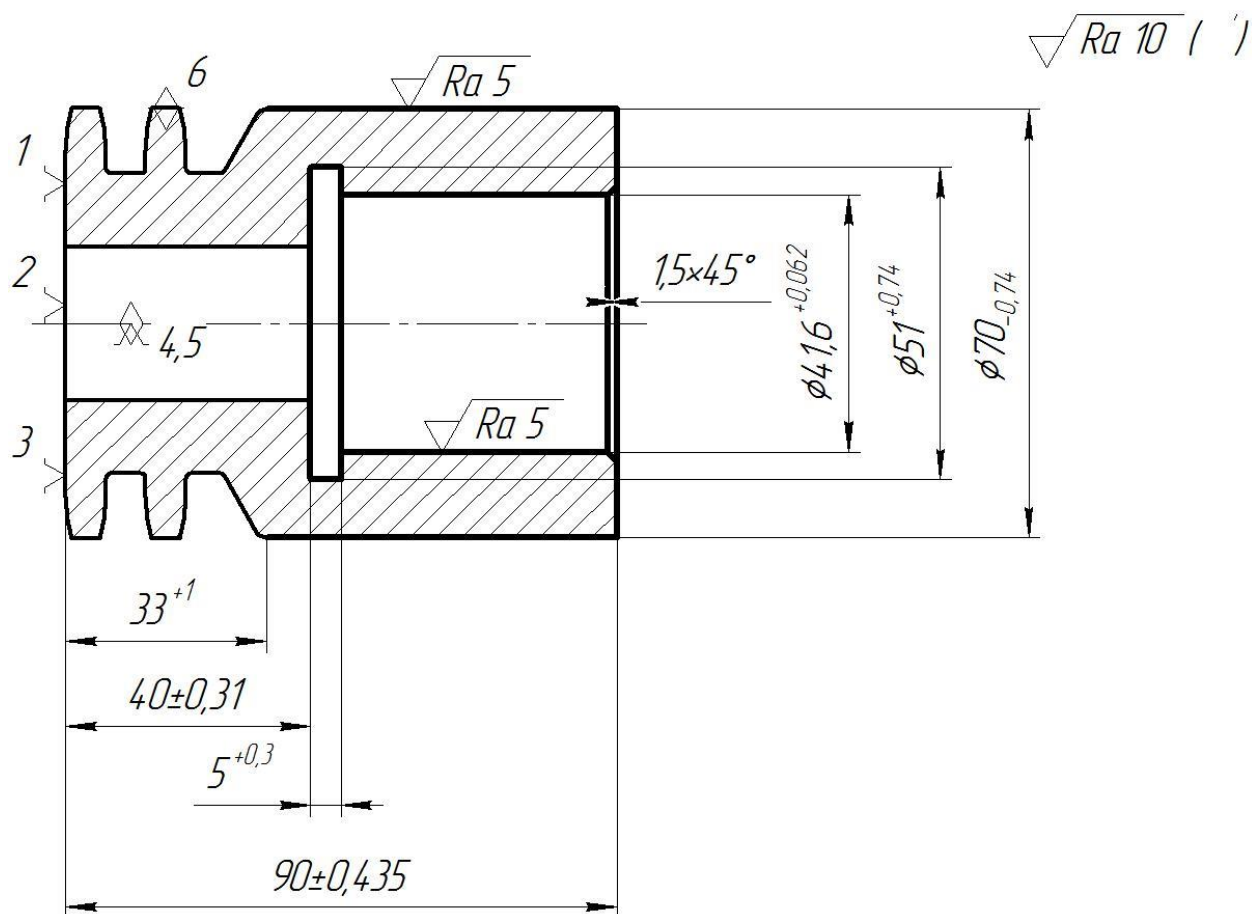


Рисунок 3 - Эскиз операции

Режимы обработки были рассчитаны в разделе 2.6 и представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы резания на операцию 020

Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Скорость резания V , м/мин	Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹
0,30	0,30	138,5	630

«В токарных станках с ЧПУ применяют пневматические, гидравлические и электромеханические приводы патронов. Они должны обеспечивать минимальное время зажима заготовки; регулировать силы

зажима для возможности на одних и тех же станках с ЧПУ производить черновую и чистовую обработку; достаточную силу зажима для передачи требуемого крутящего момента; поддержание давления воздуха (или масла) даже в случае аварийного падения давления». [19]

3.2 Расчет сил резания

В процессе обработки на токарном станке на заготовку действуют силы резания. Определим их.

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (19)$$

где для P_Y : $C_p = 243, x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [19]

для P_Z : $C_p = 300, x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$; [19]

$K_p = 0,9$. [19]

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 138,5^{-0,3} \cdot 0,9 = 81,9, \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 138,5^{-0,15} \cdot 0,9 = 156,7, \text{ Н.}$$

Далее перейдем к определению усилия зажима.

3.3 Определение усилия зажима

Схема фиксации заготовки на станке представлена на рисунке 5.

Определим крутящий момент.

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (20)$$

Рассчитаем момент силы зажима.

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (21)$$

Эти моменты должны быть взаимно уравновешены, поэтому

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (22)$$

Для гарантии примем коэффициент запаса, который рассчитаем по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (23)$$

где $K_1 = 1,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0$. [19]

Тогда $K = 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$.

Примем коэффициент трения $f = 0,3$. [19]

Тогда

$$W = \frac{1,8 \cdot 156,7 \cdot 70}{0,3 \cdot 70,1} = 939, \text{ Н.}$$

Далее перейдем к определению усилий самого привода.

3.4 Определение усилия привода

Рассчитаем усилие привода, которое усиливается механизмом зажима и прикладывается к зажимному кулачку

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (24)$$

Рассчитаем величину характеристики конструкции

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (25)$$

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

Тогда по формуле (24) получим

$$Q = \frac{1458,2}{2,1} = 694,4, \text{ Н.}$$

В результате разработки данного раздела нами спроектировано станочное приспособление на токарную операцию техпроцесса изготовления фланца делительной головки. Чертеж спроектированного приспособления, автоматизированного пневматическим приводом, представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

«Фасонные резцы – один из самых распространенных инструментов автоматизированного производства. Фасонные резцы способны одновременно изготавливать систему поверхностей на изделии, которую иначе пришлось бы обрабатывать набором последовательно используемых простых резцов. Это обеспечивает сокращение как машинного, так и вспомогательного времени операции, а следовательно, высокую производительность обработки резанием. По форме поверхности, несущей фасонный профиль, резцы делятся на призматические и круглые. Призматические резцы применяются для обработки только наружных, а круглые – наружных и внутренних поверхностей. Призматические резцы обладают большей надежностью крепления и прочностью режущей кромки, однако круглые более просты в изготовлении и выдерживают большее число заточек». [18]

«По способу подачи фасонные резцы подразделяют на радиальные и тангенциальные. Тангенциальные резцы (как правило, призматические) применяют при обработке маложестких заготовок с неглубокими профилями. По направлению врезания различают ортогональные и неортогональные радиальные резцы. Направление врезания первых перпендикулярно оси вращения заготовки, а у вторых врезание происходит под углом к этой оси. В качестве неортогональных используют, как правило, круглые резцы». [18]

4.1 Исходные данные

На 015 чистовой токарной операции имеется переход по выполнению фасонного паза в заготовке. Для выполнения этого паза нам необходимо спроектировать токарный режущий инструмент – фасонный резец. Эскиз операции представлен на рисунке 4.

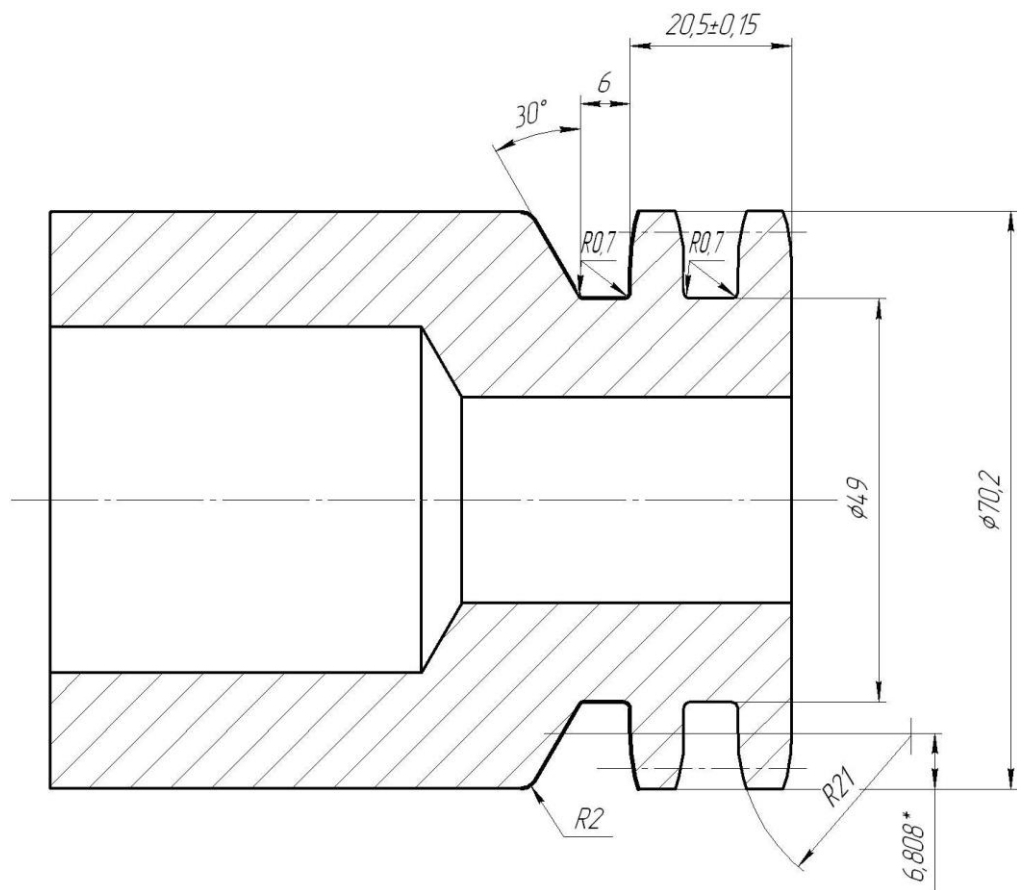


Рисунок 4 - Эскиз операции 015

4.2 Проектирование фасонного резца

Определим координаты расчетных точек на профиле изделия и представим это на рисунке 5.

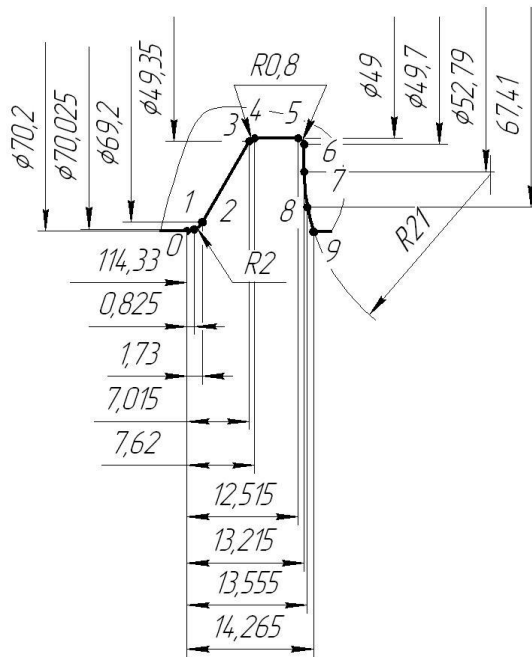


Рисунок 5 - Расчетные точки профиля

Рассчитаем величины переднего и заднего угла резца в обозначенных расчетных точках.

$$\ll \gamma_{ri} = \arcsin\left(\frac{d_0}{d_i} \sin \gamma_{r0}\right) \gg. [18] \quad (26)$$

$$\gamma_{r0} = \arcsin\left(\frac{49}{70,2} \sin 20^\circ\right) = 13,81^\circ$$

$$\gamma_{r1} = \arcsin\left(\frac{49}{70,025} \sin 20^\circ\right) = 13,84^\circ.$$

$$\gamma_{r2} = \arcsin\left(\frac{49}{69,2} \sin 20^\circ\right) = 14,02^\circ.$$

$$\gamma_{r3} = \arcsin\left(\frac{49}{49,35} \sin 20^\circ\right) = 19,85^\circ.$$

$$\gamma_{r4} = \arcsin\left(\frac{49}{49} \sin 20^\circ\right) = 20^\circ.$$

$$\gamma_{r5} = \arcsin\left(\frac{49}{49} \sin 20^\circ\right) = 20^\circ.$$

$$\gamma_{r6} = \arcsin\left(\frac{49}{49,7} \sin 20^\circ\right) = 19,71^\circ .$$

$$\gamma_{r7} = \arcsin\left(\frac{49}{52,79} \sin 20^\circ\right) = 18,51^\circ .$$

$$\gamma_{r8} = \arcsin\left(\frac{49}{67,41} \sin 20^\circ\right) = 14,39^\circ .$$

$$\gamma_{r9} = \arcsin\left(\frac{49}{70,2} \sin 20^\circ\right) = 13,81^\circ .$$

$$\ll \alpha_{ri} = \alpha_{r0} + (\gamma_{r0} - \gamma_{ri}) \gg. [18] \quad (27)$$

$$\alpha_{r0} = 10^\circ + (20^\circ - 13,81^\circ) = 16,19^\circ .$$

$$\alpha_{r1} = 10^\circ + (20^\circ - 13,84^\circ) = 16,16^\circ .$$

$$\alpha_{r2} = 10^\circ + (20^\circ - 14,02^\circ) = 15,98^\circ .$$

$$\alpha_{r3} = 10^\circ + (20^\circ - 19,85^\circ) = 10,15^\circ .$$

$$\alpha_{r4} = 10^\circ + (20^\circ - 20^\circ) = 10^\circ .$$

$$\alpha_{r5} = 10^\circ + (20^\circ - 20^\circ) = 10^\circ .$$

$$\alpha_{r6} = 10^\circ + (20^\circ - 19,71^\circ) = 10,29^\circ .$$

$$\alpha_{r7} = 10^\circ + (20^\circ - 18,51^\circ) = 11,49^\circ .$$

$$\alpha_{r8} = 10^\circ + (20^\circ - 14,39^\circ) = 15,61^\circ .$$

$$\alpha_{r9} = 10^\circ + (20^\circ - 13,81^\circ) = 16,19^\circ .$$

$$\ll tg\gamma_i = tg\gamma_{ri} \cos\varphi_i \gg. [18] \quad (28)$$

$$tg\gamma_0 = tg13,81^\circ \cos 30^\circ = 0,2129.$$

$$tg\gamma_1 = tg13,84^\circ \cos 15^\circ = 0,2380.$$

$$tg\gamma_2 = tg14,02^\circ \cos 15^\circ = 0,2412.$$

$$tg\gamma_3 = tg19,85^\circ \cos 15^\circ = 0,3487.$$

$$tg\gamma_4 = tg20^\circ \cos 15^\circ = 0,3516.$$

$$tg\gamma_5 = tg20^\circ \cos 15^\circ = 0,3516.$$

$$tg\gamma_6 = tg19,71^\circ \cos 15^\circ = 0,3343.$$

$$tg\gamma_7 = tg18,51^\circ \cos 15^\circ = 0,3234.$$

$$tg\gamma_8 = tg14,39^\circ \cos 15^\circ = 0,2478.$$

$$tg\gamma_9 = tg13,81^\circ \cos 30^\circ = 0,2129.$$

$$\langle\langle tg\alpha_i = tg\alpha_{ri} \cos\varphi_i \rangle\rangle. [18] \quad (29)$$

$$tg\alpha_0 = tg16,19^\circ \cos 30^\circ = 0,2514.$$

$$tg\alpha_1 = tg16,16^\circ \cos 15^\circ = 0,2799.$$

$$tg\alpha_2 = tg15,98^\circ \cos 15^\circ = 0,2766.$$

$$tg\alpha_3 = tg10,15^\circ \cos 15^\circ = 0,1729.$$

$$tg\alpha_4 = tg10^\circ \cos 15^\circ = 0,1703.$$

$$tg\alpha_5 = tg10^\circ \cos 15^\circ = 0,1703.$$

$$tg\alpha_6 = tg10,29^\circ \cos 15^\circ = 0,1754.$$

$$tg\alpha_7 = tg11,49^\circ \cos 15^\circ = 0,1963.$$

$$tg\alpha_8 = tg15,61^\circ \cos 15^\circ = 0,2699.$$

$$tg\alpha_9 = tg16,19^\circ \cos 30^\circ = 0,2514.$$

Найдем величины высот в обозначенных расчетных точках

$$h_{0i} = \frac{d_i - d_0}{2} \cdot \frac{\cos((\gamma_{r0} - \gamma_{ri})/2)}{\cos((\gamma_{r0} + \gamma_{ri})/2)}. \quad (30)$$

$$h_{00} = \frac{70,2 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 13,81^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 13,81^\circ)/2)} = 11,063$$

$$h_{01} = \frac{70,025 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 13,84^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 13,84^\circ)/2)} = 10,972$$

$$h_{02} = \frac{69,2 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 14,02^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 14,02^\circ)/2)} = 10,505.$$

$$h_{03} = \frac{49,35 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 19,85^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 19,85^\circ)/2)} = 0,1861.$$

$$h_{04} = h_{05} = 0.$$

$$h_{06} = \frac{49,7 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 19,71^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 19,71^\circ)/2)} = 0,3721.$$

$$h_{07} = \frac{52,79 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 18,51^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 18,51^\circ)/2)} = 2,0072.$$

$$h_{08} = \frac{67,41 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 14,39^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 14,39^\circ)/2)} = 9,6196.$$

$$h_{09} = \frac{70,2 - 49}{2} \cdot \frac{\cos((20^\circ - 13,81^\circ)/2)}{\cos((20^\circ + 13,81^\circ)/2)} = 11,063.$$

$$d = (2,5 \dots 3) L^{0,6}. \quad [12] \quad (31)$$

$$d = (2,5 \dots 3) 70^{0,6} = 31,989 \dots 38,387, \text{ мм.}$$

$$d = 32 \text{ мм.}$$

Рассчитаем высоты шлифуемого профиля (мм)

$$h_{1i} = 0,5D - \sqrt{0,25D^2 + h_{0i}^2 - Dh_{0i} \cos(\gamma_{r0} + \alpha_{r0})}. \quad [12] \quad (32)$$

$$h_{10} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 11,063^2 - 100 \cdot 11,063 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,8734.$$

$$h_{11} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 10,972^2 - 100 \cdot 10,972 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,5077.$$

$$h_{12} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 10,505^2 - 100 \cdot 10,505 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,1690.$$

$$h_{13} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0,1861^2 - 100 \cdot 0,1861 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0,1523.$$

$$h_{14} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0^2 - 100 \cdot 0 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0.$$

$$h_{15} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0^2 - 100 \cdot 0 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0.$$

$$h_{16} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 0,3721^2 - 100 \cdot 0,3721 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 0,3043.$$

$$h_{17} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 2,0072^2 - 100 \cdot 2,0072 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 1,7139.$$

$$h_{18} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 9,6196^2 - 100 \cdot 9,6196 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 7,5201.$$

$$h_{19} = 0,5 \cdot 100 - \sqrt{0,25 \cdot 100^2 + 11,063^2 - 100 \cdot 11,063 \cdot \cos(20^\circ + 15^\circ)} = 8,5734.$$

Найдем радиусы по формуле

$$\rho_1 = \frac{(\Delta x)^2 + (\Delta h_1)^2}{2 \cdot \Delta h_1}, \quad (33)$$

где $\Delta x = x_m - x_j$, $\Delta h_1 = |h_{1m} - h_{1j}|$.

В нашем случае мы имеем два участка.

На первом участке $\Delta x_1 = 1,73 - 0 = 1,73$, мм.

$$\Delta h_{11} = (8,8734 - 8,1690) / 2 = 0,3522, \text{ мм.}$$

$$\rho_{11} = \frac{1,73^2 + 0,3522^2}{2 \cdot 0,3522} = 4,425, \text{ мм.}$$

На втором участке $\Delta x_1 = 14,265 - 13,215 = 1,05$, мм.

$$\Delta h_{12} = (8,5734 - 1,7139) / 2 = 3,4299, \text{ мм.}$$

$$\rho_{12} = \frac{1,05^2 + 3,4299^2}{2 \cdot 3,4299} = 2,8175, \text{ мм.}$$

4.3 Модернизация токарных операций

Важным элементом при токарной обработке являются смазочно-охлаждающие жидкости, от которых во многом зависит качество обработки.

Смазочно-охлаждающая жидкость определяется как вид жидкости, которая может хорошо смазывать и охлаждать заготовку или режущий инструмент для снижения усилия и температуры в процессах механической обработки, таких как токарная обработка, фрезерование, сверление и растачивание в процессе производства механических материалов. Как

правило, роль смазочно-охлаждающей жидкости в процессах механической обработки включает уменьшение износа инструмента и термической деформации заготовки, снижение энергопотребления и, следовательно, увеличение срока службы режущего инструмента при смазывании контакта между режущим инструментом и обрабатываемой деталью. Смазочно-охлаждающая жидкость может быть классифицирована как смазочно-охлаждающая жидкость на масляной основе (OCF) и смазочно-охлаждающая жидкость на водной основе (WCF) в зависимости от базовой жидкости. Благодаря превосходному смазывающему эффекту и теплопроводности, а также преимуществам, связанным с экологичностью и низкой стоимостью, WCF привлекает большое внимание как академии, так и промышленности в течение последних двадцати лет. Как правило, WCF включает в себя ингредиенты воды, базового масла (5...30%), поверхностно-активного вещества (10...40%), сопутствующих поверхностно-активных веществ (0...20%), добавки (0...10%). Вода составляет большую часть WCF, на ее долю приходится более 50%. Базовое масло, такое как минеральное масло, растительное масло и синтетическое масло в WCF обычно играет роль смазки, а также поверхностно-активного вещества, такого как серия Tween, серия OP и серия Span играют роль в обеспечении термодинамической стабильности системы масло-вода. Кроме того, сопутствующее поверхностно-активное вещество обычно представляет собой небольшую молекулу спирта, и часто работает совместно с поверхностно-активным веществом для поддержания стабильности смазочно-охлаждающей жидкости. Только в небольшой пропорции добавка, обычно бактерицидная, пеногаситель, ингибитор ржавчины в WCF, служит функциональным компонентом с улучшением фрикционных свойств, коррозионной стойкости, эффекта полировки или ремонта поверхности для различных деталей. [1]

Добавка нового поколения для WCF должна отвечать требованиям стабильных химических свойств, нетоксичности, хорошей дисперсности и совместимости с базовой жидкостью (водой). Нанокристаллы целлюлозы,

полученные из различных видов, содержащих целлюлозу, таких как древесина, растения, бактерии, представляют собой природный наноматериал, обладающий фантастическими характеристиками в отличие от традиционных неорганических и металлических наночастиц, например, способностью к возобновлению, биоразложению, биосовместимости, высокой кристалличностью и жесткостью, малым весом, но высоким механическим модулем, обильной поверхностью химия и стабильные физические свойства. Сообщается, что благодаря своим многочисленным преимуществам в станках с ЧПУ используется в качестве функциональной добавки в различных областях применения, в том числе в качестве nanoармированного наполнителя, реологического модификатора и стабилизатор эмульсии. В нашем предыдущем исследовании модифицированной поверхности был введен в полиальфаолефин в качестве смазочной добавки со значительным снижением как трения, так и износа для гибридного масла. Многообещающий смазочный эффект этой наночастицы на основе биомассы был также подтвержден несколькими недавними отчетами с ее добавлением в качестве смазочной добавки в воду, полиальфаолефиновое масло, растительное масло и моторное масло.

Вдохновленные предыдущими исследованиями, мы предлагаем ввести данную добавку и в качестве нанодобавки в WCF с целью улучшения смазочного материала, повышения стабильности всей системы и изменения реологических характеристик жидкости. Благодаря электростатическому отталкиванию от поверхностных отрицательных зарядов (сульфатных групп) гидролизованной серной кислотой такая добавка может быть однородно диспергирована в воде и, следовательно, ожидается, что она будет хорошо смешиваться с смазочно-охлаждающей жидкостью, демонстрируя стабильную дисперсию в рабочих жидкостях в течение более 3 дней. По мере увеличения концентрации нашей добавки вязкость смазочно-охлаждающей жидкости увеличивается, но практически не влияет на свойства раствора, охлаждающий эффект смазочно-охлаждающей жидкости сохраняется. Когда

количество присадки в рабочей жидкости составляет 0,5%, коэффициент трения снижается примерно на 34,9%. Согласно результатам этого исследования, нанокристалл целлюлозы является многообещающим кандидатом в качестве нетоксичной и возобновляемой добавки для улучшения различных характеристик смазочно-охлаждающей жидкости на водной основе. [1]

В нашей работе предлагается на всех операциях токарной обработки использовать СОЖ типа WCF с предлагаемой нанодобавкой. Это мероприятие повысит стойкость режущих инструментов и снизит операционные расходы.

Эскиз спроектированного круглого фасонного резца представлен на рисунке 6.

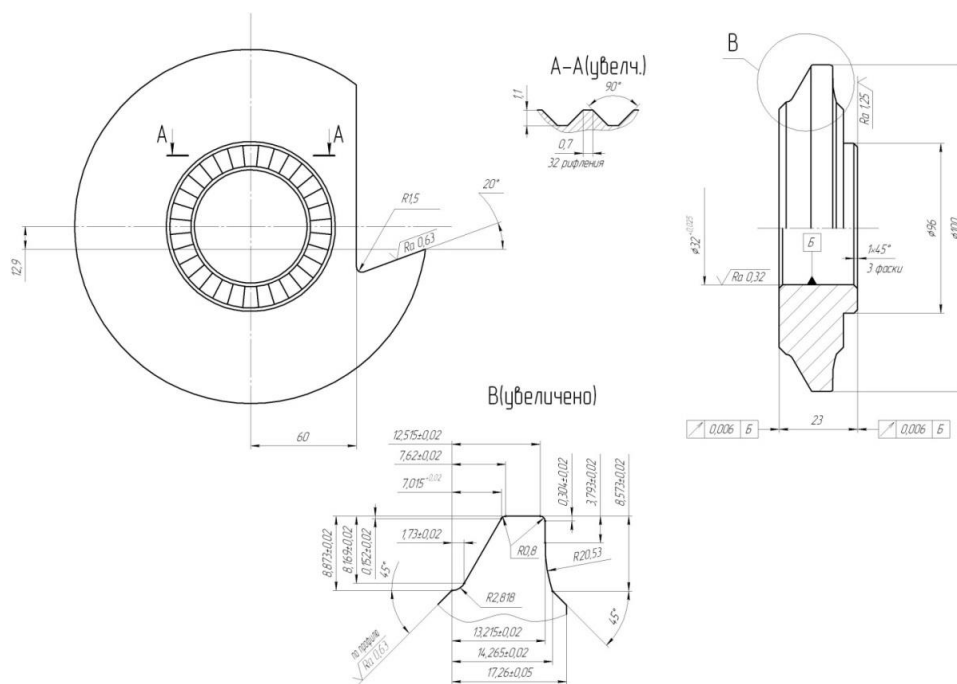


Рисунок 6 – Фасонный резец

Чертеж спроектированного режущего инструмента представлен в графической части на отдельном чертеже, а также в технологической наладке на токарную операцию 015.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Мероприятия по снижению уровня потенциальной опасности

Техническим объектом в нашем случае является участок механической обработки детали «звездочка» привода ленточного конвейера.

Технологический процесс и соответственно участок механической обработки содержит следующее металлорежущее оборудование: четыре токарных станка с ЧПУ 16Б20ТМ, долбежный станок 7А420Д, вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2Р135Ф2-1, зубофрезерный станок 5К310, два внутришлифовальных станка 3М227Ф2.

Модернизации в работе подверглись токарные чистовые операции 015 и 020, проводимые на токарных станках с ЧПУ 16Б20ТМ (рисунок 7).



Рисунок 7 - Токарный станок с ЧПУ 16Б20ТМ

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) обеспечивают личную защиту рабочих, которыми могут являться станочники, операторы станков с ЧПУ, слесари, наладчики и так далее. СИЗ могут быть в виде различной одежды, обуви, различными масками, устройствами, снижающими шум и так далее.

«В процессе проектирования технологического оборудования и его эксплуатации необходимо применять устройства исключая возможность контакта человека с опасной зоной, либо снижающие риск опасности контакта. Общими требованиями к средствам защиты являются учет индивидуальных особенностей оборудования, инструмента, приспособления или техпроцессов; надежность, прочность, удобство обслуживания машин и механизмов в целом, включающие средства защиты». [16]

Максимальная безопасность труда обеспечивается применением ограждений, предохранительных и блокирующих устройств, а также установкой сигнализации, а в особо опасных случаях - применением дистанционного управления (ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от механических факторов. Классификация [6]»).

«Оградительные устройства применяются для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки, падающих ударных элементов машин и так далее. Конструктивно оградительные устройства могут быть стационарными, подвижными (съёмными) и переносными». [16]

Предохранительные устройства предназначены для автоматического отключения подвижных агрегатов и машин при отключении от нормального режима работы. К ним относятся ограничители хода, изготовленные в виде упоров, концевых выключателей и т. п. В случае работы на больших скоростях передвижения они сочетаются с тормозными устройствами. В качестве предохранительных устройств от перегрузки машин и станков в конструкцию машины вводят слабое звено.

«Эти устройства представляют собой детали и узлы машины, которые разрушаются (не срабатывают) при перегрузках. К ним относятся срезные

штифты, шпонки, фрикционные муфты, не передающие движение при чрезмерных крутящих моментах, плавкие предохранители, разрывные мембраны в установках с повышенным давлением и т. д. Слабые звенья могут быть или с автоматическим восстановлением (муфта трения) или с необходимой заменой разрушенного элемента». [16]

Токарный станок 16Б20ТМ имеет систему ЧПУ, которая в свою очередь снабжена концевыми датчиками, которые ограничивают ходы рабочих органов станка, чтобы они не выходили за заданные наладчиком станка габариты.

Таким образом, осуществляется безопасность при работе на этих станках.

5.2 Средства индивидуальной защиты

«Средства защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов условно делят на две группы: средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты». [16]

«К средствам коллективной защиты работающих относятся средства, которые конструктивно или функционально связаны с производственным процессом или оборудованием. Они, как правило, предназначены для защиты любого работника, находящегося в рабочей зоне. Для обеспечения безопасной эксплуатации производственного оборудования его оснащают надежно работающими тормозными устройствами, гарантирующими в нужный момент остановку оборудования, сигнализацией, оградительными и блокировочными устройствами, устройствами аварийного отключения, устройствами дистанционного управления, Устройствами электробезопасности». [16]

«К средствам индивидуальной защиты относятся противогазы, респираторы, комбинезоны, жилеты, сапоги с удлиненными голенищами, бахилы, рукавицы, перчатки, напальчники, наладонники, нарукавники,

налокотники, наколенники, каски, защитные шлемы, шапки, шляпы, косынки, очки защитные, щитки защитные лицевые, противозумные шлемы, противозумные наушники, куртки, фартуки, предохранительные пояса, ручные захваты, защитные пасты, очистители кожи или комплексные средства». [16]

Оператор токарного станка с ЧПУ должен быть в рабочем костюме, согласно требованиям [5].

«Ответственность за своевременное обеспечение рабочих и служащих специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты возлагается на руководителя предприятия. Особо следует подчеркнуть, что средства защиты не должны быть источником опасных и вредных производственных факторов. Все средства индивидуальной защиты, специальная одежда, специальная обувь выдаются работающим бесплатно в соответствии с установленными нормами». [16]

В нашем случае на токарном станке имеется защитный экран, показанный на рисунке 8. Двери рабочей зоны при проведении обработки должны быть закрыты.

Перед началом работы на станке рабочий обязан закрыть рабочую зону станка. Этим он обезопасит органы зрения и кожный покров от попадания образующейся горячей стружки. Также каждый станок должен иметь так называемое «заземление», это мероприятие которое выключит предохранительный электроприбор при замыкании в электрической сети. Оператор станка при работе на механообрабатывающем оборудовании должен ногами стоять на сухом резиновом коврике для обеспечения его электробезопасности.

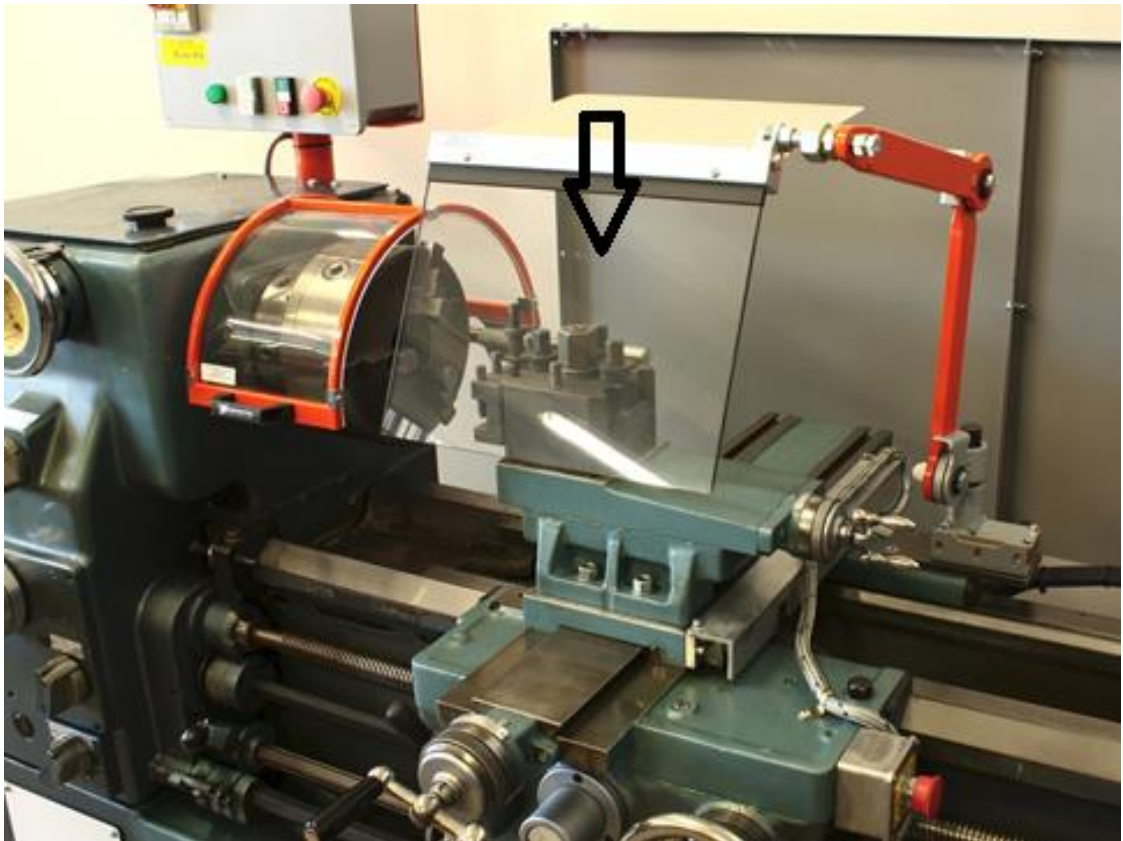


Рисунок 8 – Рабочее место оператора токарного станка с ЧПУ

В разделе рассмотрены мероприятия для снижения травмоопасности на рабочих местах операций, которые подверглись модернизации, в отличие от базового варианта технологического процесса. Также рассмотрен вопрос увеличения экологической безопасности на модернизированном участке механической обработки детали «звездочка».

6 Экономическая эффективность работы

Основной задачей данного раздела является экономическое обоснование предложенного совершенствования технологического процесса.

Для выполнения данной задачи необходимо проанализировать только отличия между совершенствованиями технического решения. Основываясь на подробном описании технологического процесса из предыдущих разделов бакалаврской работы, на рисунке 9, представлены отличительные особенности сравниваемых вариантов.



Рисунок 9 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов выполнения операции

На рисунке 9 представлены предлагаемые изменения на токарной операции. Слева, описана используемая оснастка и применяемый на операции инструмент, по исходному технологическому процессу, а справа – по измененному.

Чтобы дать компетентное заключение по предложенному совершенствованию, необходимо воспользоваться определенными материалами и информацией, которые позволят сделать необходимый вывод. Более детальное описание материалов и информации представлено на рисунке 10.

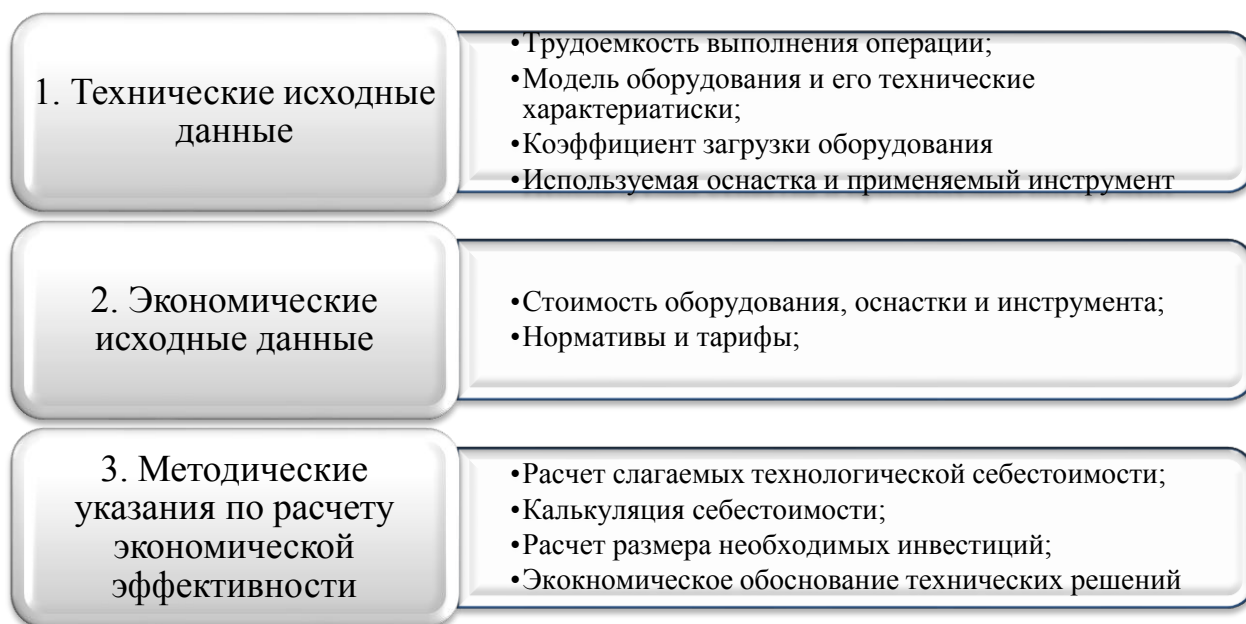


Рисунок 10 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

Информация и материалы, представленные на рисунке 10, описывают совокупность необходимых данных для проведения всех соответствующих расчетов. А также показывают направление на источник, для этой информации, а именно:

– технические исходные данные – это тот материал, который можно найти в технической части бакалаврской работы. При разработке технологического процесса описывают используемое оборудование, оснастка и инструмент, рассчитывается трудоемкость выполнения предложенных операций и коэффициент загрузки этих операций. Естественно оборудование подбираю исходя из серийности производства, которые напрямую зависит от программы выпуска изделия. Что касается технических параметров используемого оборудования, то это общедоступная информация из справочной литературы.

– экономические исходные данные – это стоимостные значения оборудования, оснастки и инструмента, т.е. его цена, тарифы на энергоносители, тарифные ставки по оплате труда и всевозможные

экономические коэффициенты. Эти данные, как правило, предоставляются предприятиями, соответствующими министерствами и регулируются правительством РФ.

– методические указания по расчету экономической эффективности – это методики [14] по расчету всех необходимых экономических показателей. По их значениям можно сделать вывод о необходимости внедрения или, наоборот, об отказе вкладывать денежные средства в данный проект. Зная методику и используя соответствующее программное обеспечение, например такое, как Microsoft Excel, можно рассчитать все итоговые показатели и сделать заключение.

Если первые два пункта: технические и экономические исходные данные, это только источники информации, а вот третий – является объектом пристального внимания. Поэтому, далее будут представлены результаты расчетов всех необходимых экономических показателей, по результатам которых будут сделаны выводы, на которые и нацелен данный раздел.

На рисунке 11 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

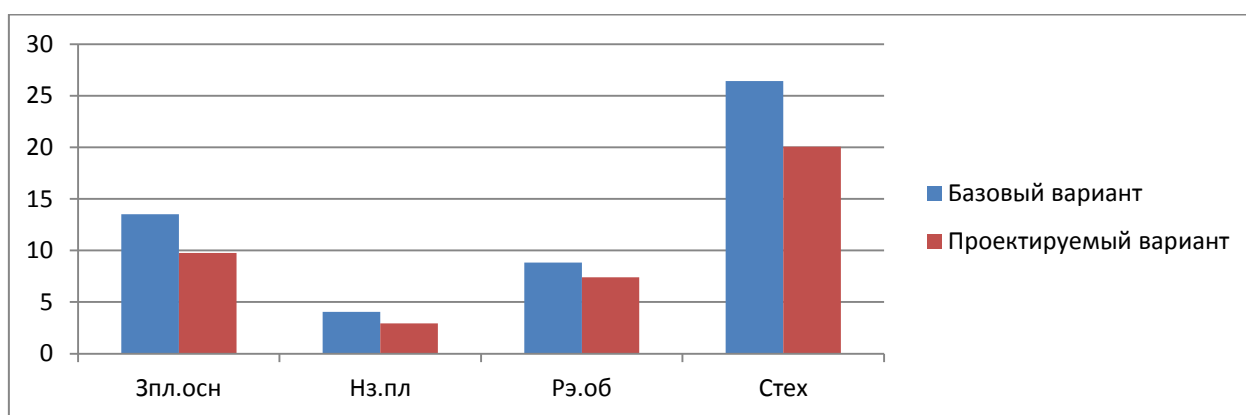


Рисунок 11 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

Из рисунка 11 видно, что все значения совершенствованного варианта значительно меньше исходного. Такое изменение привело к итоговой разнице между вариантами значения величины технологической

себестоимости в размере 7,13 рублей, что составило 26,96%. Максимальное влияние на такой результат оказал такой показатель, как основная заработная плата работников. Его доля в величине технологической себестоимости составляет 51,19% в исходном варианте, и 48,14% – в совершенствованном. Следующий весомый вклад в результат оказала величина – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Доля этого показателя составила 33,11% и 36,54% соответственно.

На рисунке 12 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

И = 80902,4 руб.	• размер инвестиций в совершенствование
Пчист = 78264,1 руб.	• чистая прибыль
Эинт = 16745,7 руб.	• интегральный экономический эффект
Т = 2 года	• срок окупаемости
ИД = 1,22 руб./руб.	• индекс доходности

Рисунок 12 – Значения итоговых показателей

Учитывая, представленные на рисунке 12 данные, можно сделать вывод об эффективности предлагаемых совершенствований, т.к. экономический эффект в результате расчетов получился положительным.

Заключение

В работе спроектирован технологический процесс изготовления детали «звездочка», входящей в состав ленточного конвейера с программой выпуска 5 тысяч деталей в год.

На первом этапе проектирования нами проанализированы условия работы звездочки, выполнен анализ поверхностей и их функциональное назначение. Также проанализирован материал детали и выполнены выводы о достаточно правильном выборе материала звездочки в соответствии с выполняемыми в узле функциями.

Также был проведен анализ технологичности детали и сделано заключение о высокой технологичности конструкции звездочки.

На втором этапе выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и определены его характеристики. Далее проведен экономический расчет двух наиболее подходящих методов получения заготовки и выбрана штамповка. После этого выполнен выбор методов обработки каждой из поверхностей детали.

На изготовление самой точной поверхности проведен расчет припусков расчетно-аналитическим методом.

На модернизируемые работой операции технологического процесса рассчитаны режимы обработки.

Для токарной чистовой операции техпроцесса разработано зажимающее устройство. Его отличие от базового варианта заключается в том, что оно имеет автоматизированный привод, что сократит операционное время.

Также для токарной операции разработана конструкция круглого фасонного резца, имеющего износостойкое покрытие. Стойкость этого инструмента выше, чем в базовом варианте.

В работе выполнен экономический расчет, показывающий верность принятых технических решений.

Список используемой литературы

1. Liu Z., Zhu G., Dai J., Zhu Y., Lin N. Cellulose nanocrystals as sustainable additives in water-based cutting fluids (2022) / Carbohydrate Polymers 298,120139
2. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов. – 3-е изд., исправл. – М. : Инновационное машиностроение, 2020. – 568 с.
3. 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.
4. ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. – 36 с.
5. ГОСТ 12.4.125-83. Средства коллективной защиты работающих от механических факторов. Классификация. – 18 с.
6. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Общие требования. – 24 с.
7. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – 10 с.
8. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
9. ГОСТ 8820-69. Канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры. – 6 с.
10. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2015. – 179 с.

11. Киселев Б.Р. Ленточные конвейеры обрабатывающей промышленности : учебник / Б.Р. Киселев. – Санкт-Петербург, Лань, 2020. – 212 с.
12. 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.
13. 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.
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. 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.
16. Люманов Э.М. Безопасность технологических процессов и оборудования : Учебное пособие / Э.М. Люманов, Г.Ш. Ниметулаева, М.Ф. Добролюбова, М.С. Джиляджи. – 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 224 с.
17. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
18. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электрон. учеб. пособие / Л.А. Резников. - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
19. Тарабарин О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : Учебное пособие / О.И.Тарабарин, А.П. Абызов,

В.Б.Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 304 с.

20. Тимирязев В.А. Основы машиностроительного производства : Учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе / Под ред. В.А. Тимирязева. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 448 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.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дубл.	Взам.	Подп.	Житков	Логинев	ТГУ	Звездочка	Лист 1	Листов 4						
M01 Сталь 45 ГОСТ 1050-88														
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н, расх.	КИМ	Код, загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ				
	-	166	1,7	1		0,61	16	Ø70,2×90	1	3,0				
А	Уч.	РМ	Опер.	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования		Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Китп	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	118	1	23	2,74
O03	Точить поверхность 8, выдерживая размер Ø70,5±0,074; точить поверхность 13, выдерживая размер 91±0,435; точить поверхности 4, 5,													
O04	6, 7, выдерживая размеры 30 ^{±1,0} , 5, 7 ^{+0,3} , 20, 8±0,15; точить поверхности 9, 10, 11, 12, выдерживая размеры 6,84-0,05; сверлить													
T05	поверхность 14, выдерживая размеры Ø 25 ^{+0,52} , 40 ^{+1,0} .													
T06	XXXXXX Патрон трехлачковый; XXXXXX Резец сборный Т15К6; XXXXXX(2) Резец фасонный Р6М5; XXXXXX Сверло спиральное Р6М5;													
T07	XXXXXX Штангенциркуль ШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXXX Калибр-скоба.													
A08	XX	XX	XX	010	4110 Токарная черновая		ИОТ	XXX						
B09	XXXXXX	Токарно-винторезный с ЧПУ 16Б20ТМ			1	18235	322	1	1	1	118	1	23	3,49
O10	Точить поверхность 2, выдерживая размер Ø 70,3-0,74; точить поверхность 1, выдерживая размер 90,6±0,435; сверлить поверхность 21,													
O11	выдерживая размеры Ø 41,3 ^{+0,1} на длину 48±0,31.													
T12	XXXXXX Патрон трехлачковый; XXXXXX(2) Резец сборный Т15К6;													
T13	XXXXXX Штангенциркуль ШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXXX Калибр-пробка.													
МК														

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1116-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Глоб.											Лист 4				
А			цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа							
Б			Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Плз.	Тшт.
А01			XX	XX	XX	045	4131 Внутршлифовальная			ИОТХХХ							
Б02			381311	Внутршлифовальный с ЧПУ 3М227Ф2				1	18873	322	1	1	1	118	1	10	1,97
О03			Шлифовать поверхность 21, выдерживая размер $\varnothing 41,9^{+0,039}$ на длину $45 \pm 0,31$.														
Т04			396171 Патрон поводковый ГОСТ 24351-80; ХХХХХХ Центр вращающийся; 398110 Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007;														
Т05			ХХХХХХ Калибр-пробка.														
А06			XX	XX	XX	050	4131 Внутршлифовальная			ИОТХХХ							
Б07			381311	Внутршлифовальный с ЧПУ 3М227Ф2				1	18873	322	1	1	1	118	1	10	1,97
О08			Шлифовать поверхность 21, выдерживая размер $\varnothing 42^{+0,05}$ на длину $45 \pm 0,31$.														
Т09			396171 Патрон поводковый ГОСТ 24351-80; ХХХХХХ Центр вращающийся; 398110 Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007;														
Т10			ХХХХХХ Калибр-пробка.														
А10			XX	XX	XX	055	Моечная										
Б11			Проходная моечная машина														
А12			XX	XX	XX	060	Контрольная										
Б13			Контрольный стол														
МК																	