

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 червяка радиально-
сверлильного станка

Студент

В.В. Породькин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н. Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.В. Краснов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Породькин Владимир Викторович: Технологический процесс изготовления червяка радиально-сверлильного станка.

Выпускная квалификационная работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

- 1) анализ исходных данных;
- 2) технологическая часть, где разрабатывается технологический процесс изготовления детали, проектируется заготовка, ведется определение припусков и режимов обработки;
- 3) проектирование специальных средств технологического оснащения, состоящих из станочной оснастки и режущего инструмента;
- 4) безопасность и экологичность технического объекта;
- 5) расчет экономической эффективности работы;
- 6) заключение.

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 66 страниц, графическая часть составляет 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали	6
1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия ...	6
2 Разработка технологической части.....	8
2.1 Определение типа производства.....	8
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	8
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
2.4 Определение припусков.....	13
2.5 Расчет режимов обработки.....	16
3 Проектирование специальных средств технологического оснащения.....	28
3.1 Описание рассматриваемой операции.....	28
3.2 Проектирование приспособления	28
4 Проектирование режущего инструмента.....	32
4.1 Выбор инструментального материала	32
4.2 Определение конструктивных элементов рабочей части фрезы.....	33
4.3 Литературные исследования	34
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	42
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- технологическая характеристика рассматриваемого технического объекта	42
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	44
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	45
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	47
6 Экономическая эффективность работы.....	49

Заключение.....	53
Список используемой литературы.....	54
Приложение А. Маршрутные карты.....	57
Приложение Б. Операционные карты.....	63

Введение

В машиностроении одной из самых разнообразных групп металлорежущих станков являются станки сверлильно-расточной группы. Ярким представителем этой группы являются радиально-сверлильные станки. На них могут проводиться следующие технологические операции: сверление, рассверливание, нарезание резьбы метчиком, зенкерование, развертывание. В отличие от вертикально-сверлильных станков зона обработки радиально-сверлильных гораздо больше, так как траверса может поворачиваться относительно колонны станка на угол, достигающий 360 градусов. В связи с этим такие станки более универсальные.

В сверлильных станках чаще всего в коробку скоростей и коробку подач движение передается от одного и того же электродвигателя. Для резкого снижения частоты вращения, при передаче движения от высокоскоростного вала коробки скоростей, очень часто используется червячная передача, в которой передаточное отношение может достигать величин $\frac{1}{330}$, имея малые габариты.

Червячная передача состоит из червяка и червячного колеса. От качества изготовления того и другого зависит точность и долговечность кинематической пары.

В нашей стране действует единая система конструкторской документации, которая определяет порядок конструирования изделий, независимо от их назначения, а также состав и содержание документов, разрабатываемых на различных стадиях проектирования изделия. Введение этой системы позволило создать единый комплекс документов, соответствующий основным стадиям проектирования.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления червяка радиально-сверлильного станка заданного качества с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Червяк предназначен для передачи крутящего момента на червячное колесо, при этом он получает вращение с помощью шпоночного паза от кинематической цепи, идущей от коробки скоростей радиально-сверлильного станка.

1.2 Классификация поверхностей и анализ материала изделия

Выполним нумерацию всех поверхностей детали и сделаем их систематизацию по назначению (рисунок 1).

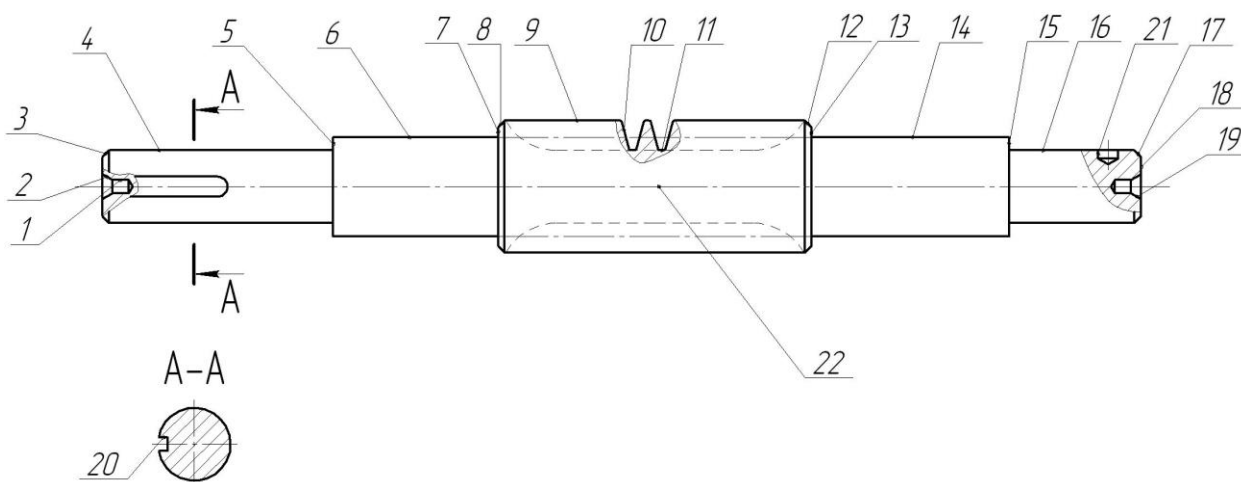


Рисунок 1 - Систематизация поверхностей

Исполнительными поверхностями детали являются боковая поверхность модульной резьбы 10, а также боковые поверхности шпоночного паза 20.

Основными конструкторскими базами детали являются цилиндрические поверхности, предназначенные для базирования детали в подшипниках, 6 и 7, а также торцовая поверхность 7, предназначенная для упора детали в осевом направлении.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются цилиндрическая поверхность для установки зубчатого колеса 4, торец 5, в который упирается кольцо, и поверхности 15 и 16.

Материалом детали является сталь 38ХНЗМА ГОСТ 4543-71. [1] Этот материал является хромоникельмолибденовой сталью, конструкционной, высококачественной, легированной.

Основными физико-механическими свойствами материала сталь 38ХНЗМА являются: $\sigma_B = 981$ МПа, твердость *HB*230...255. [2]

«Выбор заготовки и способа ее получения выполняют путем анализа и комплексной оценки конструктивных, технологических, экономических и организационных факторов. При этом учитывают геометрическую форму, габаритные размеры и массу изготавливаемой детали, вид материала и его технологические свойства, а также программу выпуска изделий. В действующем производстве принимают во внимание также возможности заготовительных цехов и плановые сроки технологической подготовки производства». [3]

В нашем случае наиболее рациональными способами получения заготовки будут являться сортовой прокат и штамповка.

Для фиксации детали на станках конструкцией предусмотрены центровые отверстия, располагающиеся на торцах детали. Они служат для базирования детали в центрах.

Для выхода шлифовального круга и резца при чистовой обработке предусмотрены канавки ГОСТ 8820-69. Канавки выбраны при шлифовании наружной цилиндрической поверхности исполнения Б. [4]

Деталь отличается минимальным количеством поверхностей. Любая поверхность доступна для обработки и измерения.

В связи с вышеизложенным, можно сказать о довольно высокой технологичности детали. Мы проанализировали условия работы, материал детали, выполнили классификацию поверхностей.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение типа производства

В задании обозначена годовая программа 5000 штук, а масса детали 3,0 кг. Отталкиваясь от вышеуказанных показателей, принимаем тип производства – среднесерийный. [5]

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа, выпускаемые в значительных количествах. Этот тип производства является наиболее распространенным». [5]

«Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах относительно небольшого числа периодически повторяющихся операций. В серийном производстве используют как специальные средства технологического оснащения, так и универсальные. Оборудование в цехах располагают по ходу технологического процесса. Технологические процессы в серийном производстве разрабатываются подробно». [5]

2.2 Выбор метода получения заготовки

«Производительность заготовительных процессов в большинстве случаев на порядок выше производительности техпроцессов механической обработки. Таким образом, перенос большей части процесса формообразования детали на заготовительное производство, на стадию получения точных заготовок позволяет значительно снизить расход материала и затраты на механическую обработку. Однако все это требует технико-экономического обоснования для каждого конкретного случая с

учетом программы выпуска деталей, расхода материала, затрат на получение заготовки и ее механообработку». [5]

Отталкиваясь от выбранной стратегии, определяем, что для данной детали целесообразно применить в качестве заготовки прокат или штамповку на ГКШП.

Масса заготовки при штампованной заготовке $m_{3\phi} = 3,46$ кг, при заготовке-прокате $m_{3\bar{\gamma}} = 4,55$ кг, а масса детали $m = 1,9$ кг.

Найдем стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [6].

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

где $E_H = 0,15$; $C_c = 0,495$; $C_K = 1,085$. [6]

Тогда

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

Найдем стоимость одного килограмма заготовки, полученной штамповкой [6].

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

где $C_{\text{шт}} = 0,15$; $k_T = 0,9$; $k_C = 0,84$; $k_B = 1,14$; $k_M = 1,0$; $k_{\text{П}} = 1,0$. [6]

Тогда

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

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [6].

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

где $Q_{\phi\delta} = 3,46$; $q = 1,9$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$. [6]

Тогда

$$C_{\dot{\phi}} = 0,2715 \cdot 3,46 + 0,6578(3,46 - 1,9) - (3,46 - 1,9)0,0144 = 1,9431 \text{ (руб)}.$$

Найдем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [6].

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

где $Q_{\text{шт}} = 4,55$; $q = 1,9$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$. [6]

Тогда

$$C_{\dot{\sigma}} = 0,1219 \cdot 4,55 + 0,6578(4,55 - 1,9) - 0,0144(4,55 - 1,9) = 2,2597 \text{ (руб)}.$$

Таким образом, по технологической себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

«Ограниченность возможностей современных технологических методов и средств изготовления, как правило, не позволяет в один технологический переход изготовить изделие и получить заданное качество. Поэтому любой техпроцесс представляет собой совокупность технологических переходов, объединенных в одну или несколько операций. Наличие множества технологических переходов и операций порождает дополнительные факторы, влияющие на качество изготовления изделия. К ним относятся: смена технологических баз, взаимное влияние факторов, действующих при осуществлении технологических переходов». [7]

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 1 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: центrovально-подрезная операция.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 2 с параметрами $Ra=20$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: центральная-подрезная операция.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 3 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 4 с параметрами $Ra=0,63$, $IT=6$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 5 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 6 с параметрами $Ra=0,63$, $IT=6$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 7 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 8 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 9 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 10 с параметрами $Ra=0,8$, $IT=8$ необходима следующая последовательность

методов обработки: резьбофрезерная черновая и чистовая, резьбошлифовальная операции.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 11 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: резьбофрезерная черновая и чистовая операции.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 12 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 13 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 14 с параметрами $Ra=0,63$, $IT=6$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 15 с параметрами $Ra=1,6$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 16 с параметрами $Ra=0,63$, $IT=6$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции, шлифование черновое и чистовое.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 17 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: токарная черновая и чистовая операции.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 18 с параметрами $Ra=20$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: центровально-подрезная операция.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 19 с параметрами $Ra=6,3$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: центральная-подрезная операция.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 20 с параметрами $Ra=3,2$, $IT=9$ необходима следующая последовательность методов обработки: шпоночно-фрезерная операция.

Для достижения необходимого качества обработки поверхности 21 с параметрами $Ra=12,5$, $IT=14$ необходима следующая последовательность методов обработки: сверлильная операция.

2.4 Определение припусков

«Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки при обработке. Расчет припусков состоит в определении толщины этого слоя. Припуск должен быть минимальным, чтобы уменьшить количество снимаемого материала и расходы на обработку, и в то же время достаточным, чтобы исключить появление на обработанной поверхности дефектов (повышенной шероховатости, черноты, отбеленного слоя и т.п.) черновых операций». [5]

Определим припуски на обработку поверхности с диаметром $30k6_{+0,002}^{+0,015}$ мм. [8]

Технологический маршрут изготовления этой поверхности состоит из: чернового точения, чистового точения, термообработки и чернового шлифования, чистового шлифования.

Исходные данные: $D = 30_{+0,002}^{+0,015}$ мм; $L = 30$ мм; $Ra = 0,8$ мкм.

Определим допуски на указанную поверхность на каждую технологическую операцию.

$Td_0 = 1,6; Td_1 = 0,21; Td_2 = 0,052; Td_{TO} = 0,084; Td_3 = 0,033; Td_4 = 0,013$ (мм). [9]

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [5] \quad (5)$$

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

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,21 = 0,053 .$$

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

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

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

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,013 = 0,003 .$$

Рассчитаем максимальные и минимальные значения припусков (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} . \quad (6)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 .$$

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

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{00})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,021^2 + 0,012^2} = 0,274 .$$

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

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5(1,6 + 0,21) = 1,163 .$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,253 + 0,5(0,210 + 0,052) = 0,384 .$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,274 + 0,5(0,052 + 0,033) = 0,317 .$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,038 + 0,5(0,033 + 0,013) = 0,061 .$$

Рассчитаем максимальный и минимальный диаметры на каждый переход (мм).

$$d_{4\min} = 30,002 .$$

$$d_{4\max} = 30,015 .$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 30,015 + 2 \cdot 0,038 = 30,091.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 30,091 + 0,033 = 30,124.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 30,124 + 2 \cdot 0,274 = 30,672.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 30,672 + 0,084 = 30,756.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 30,756 \cdot 0,999 = 30,725.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 30,725 + 0,052 = 30,777.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 30,777 + 2 \cdot 0,253 = 31,283.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 31,283 + 0,210 = 31,493.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 31,493 + 2 \cdot 0,801 = 33,095.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 33,095 + 1,600 = 34,695.$$

Рассчитаем средние значения размеров (мм).

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}). \quad (8)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(34,695 + 33,095) = 33,895.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(31,493 + 31,283) = 31,388.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(30,777 + 30,725) = 30,551.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(30,756 + 30,672) = 30,714.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(30,124 + 30,091) = 30,108.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(30,015 + 30,002) = 30,010.$$

Рассчитаем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}. \quad (9)$$

$$2Z_{\min} = 33,095 - 30,015 = 3,080.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4. \quad (10)$$

$$2Z_{\max} = 3,080 + 1,600 + 0,013 = 4,693.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (11)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,080 + 4,693) = 3,887.$$

2.5 Расчет режимов обработки

2.5.1 Расчет режимов обработки на операцию 05 Центровально-подрезная.

Переход 1.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания

$V_0 = 180$ м/мин. [10]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (12)$$

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения [10]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 28} = 2047 \text{ мин}^{-1}.$$

$n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$, так как принимаем частоту сверления.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 630}{1000} = 55,4 \text{ м/мин.}$$

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{14}{189} = 0,07 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Длина хода инструмента

$$L = L_P + L_{II} + L_D, [10] \quad (13)$$

где $L_{II} = 1 \text{ мм.}$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 9,2 + 1 + 0 = 10,2, \text{ мм.}$

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где $\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1; T_M = 60 \text{ мин.}$

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

Подача $S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [10]}$

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (14)$$

где $V_{TAB} = 15; K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 0,95.$

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 7} = 486,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Применим инструмент с износостойким покрытием TiN, тогда $n = 630 \text{ мин}^{-1}.$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 630}{1000} = 13,8 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ , мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{10,2}{126} = 0,08 \text{ , мин.}$$

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,07 + 0,08 = 0,15 \text{ , мин.}$$

2.5.2 Расчет режимов обработки на операцию 10 Токарная черновая.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 180$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 40,9} = 1401,5 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40,9 \cdot 1250}{1000} = 160,5 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1250 = 375 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{201}{375} = 0,54 \text{ мин.}$$

2.5.3 Расчет режимов обработки на операцию 15 Токарная черновая.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 180$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 40,9} = 1401,5 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40,9 \cdot 1250}{1000} = 160,5 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1250 = 375 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S} = \frac{130}{375} = 0,35 \text{ мин.}$$

2.5.4 Расчет режимов обработки на операцию 25 Токарная чистовая.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 180$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 30,3} = 1891,9 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,3 \cdot 1600}{1000} = 152,2 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{2 \cdot 2}{480} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 180$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 40} = 1433,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1250}{1000} = 157 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1250 = 250 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{205}{250} = 0,82 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,01 + 0,82 = 0,83 \text{ мин.}$$

2.5.5 Расчет режимов обработки на операцию 30 Токарная чистовая.

Переход 1.

Глубина резания $t = 0,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 180$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 30,3} = 1891,9 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,3 \cdot 1600}{1000} = 152,2 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{2 \cdot 2}{480} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 2,5$ мм. [10]

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об. [10]

Скорость резания $V_0 = 180$ м/мин. [10]

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

где $K_1 = 1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$.

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 40} = 1433,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1250}{1000} = 157 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1250 = 250 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S} = \frac{135}{250} = 0,54 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,01 + 0,54 = 0,55 \text{ мин.}$$

2.5.6 Расчет режимов обработки на операцию 35 Шпоночно-фрезерная.

Глубина резания $t = 4,0$ мм. [10]

Подача $S_z = 0,025$ мм/зуб. [10]

Найдем подачу на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (15)$$

где $z = 4$ – число зубьев фрезы.

Тогда $S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,10$, мм/об.

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}, \quad (16)$$

где $D = 6; t = 4,0; S_0 = 0,1; C_v = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30$ мин. [10]

$$K_v = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (17)$$

где $K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [10]

Отсюда $K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$.

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 6^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 36,4, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 36,4}{3,14 \cdot 6} = 1932, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Тогда } V_\delta = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1600}{1000} = 30,1, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1600 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{OTB} \cdot L_{PX}}{S}, \quad (18)$$

где $n_{OTB} = 1$; $L_{PX} = 38$ мм.

Тогда

$$T_0 = \frac{1 \cdot 38}{160} = 0,24 \text{ мин.}$$

2.5.7 Расчет режимов обработки на операцию 40 Сверлильная.

Длина хода инструмента

$$L = L_P + L_{II} + L_D, [10]$$

где $L_{II} = 1$ мм.

$$L_A = 1,8 \text{ мм.}$$

Тогда $L = 2,5 + 1 + 1,8 = 5,3$, мм.

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где $\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1$; $T_M = 60$ мин.

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

Подача $S_0 = 0,2$ мм/об. [10]

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $V_{TAB} = 15$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 0,95$.

Тогда

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 6} = 567,9, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 500}{1000} = 9,4 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ , мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{5,3}{100} = 0,05 \text{ , мин.}$$

2.5.8 Расчет режимов обработки на операцию 45 Резьбофрезерная черновая.

Скорость резания и подача на зуб фрезы

$$V = 30 \text{ м/мин; } S_z = 0,05 \text{ мм/зуб. [10]}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{1,2}{n_3} = 1,2 \frac{\pi \cdot d_H}{S_z \cdot z \cdot n} \quad (19)$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = 95,5 \text{ , мин}^{-1}.$$

$$n = 80 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 80}{1000} = 25,1 \text{ , м/мин.}$$

Тогда

$$T_0 = 1,2 \frac{3,14 \cdot 60}{0,05 \cdot 18 \cdot 80} = 3,1 \text{ , мин.}$$

2.5.9 Расчет режимов обработки на операцию 50 Резьбофрезерная чистовая.

Скорость резания и подача на зуб фрезы

$$V = 30 \text{ м/мин; } S_z = 0,05 \text{ мм/зуб. [10]}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{1,2}{n_3} = 1,2 \frac{\pi \cdot d_H}{S_z \cdot z \cdot n}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = 95,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 80 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 80}{1000} = 25,1, \text{ м/мин.}$$

Тогда

$$T_0 = 1,2 \frac{3,14 \cdot 60}{0,05 \cdot 18 \cdot 80} = 3,1, \text{ мин.}$$

2.5.10 Расчет режимов обработки на операцию 60

Центрошлифовальная.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с. [11]}$

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 7} = 1592,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}. \quad (20)$$

где $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05 \text{ мин. [10]}$

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{5}{100} + 0,05 = 0,12, \text{ мин.}$$

2.5.11 Расчет режимов обработки на операцию 65

Круглошлифовальная черновая.

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с. [11]}$

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30,1} = 370,3, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}.$$

где $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин. [10]

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{115}{100} + 0,05 = 1,22, \text{ мин.}$$

2.5.12 Расчет режимов обработки на операцию 70

Круглошлифовальная черновая.

Скорость резания $V = 35$ м/с. [11]

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30,1} = 370,3, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}.$$

где $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин. [10]

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{95}{100} + 0,05 = 1,02, \text{ мин.}$$

2.5.13 Расчет режимов обработки на операцию 75

Круглошлифовальная чистовая.

Скорость резания $V = 35$ м/с. [11]

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30} = 371,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}.$$

где $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин. [10]

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{115}{100} + 0,05 = 1,22, \text{ мин.}$$

2.5.14 Расчет режимов обработки на операцию 80

Круглошлифовальная чистовая.

Скорость резания $V = 35$ м/с. [11]

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30} = 371,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}.$$

где $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин. [10]

Тогда

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{95}{100} + 0,05 = 1,02, \text{ мин.}$$

2.5.16 Расчет режимов обработки на операцию 85

Резьбошлифовальная.

Скорость резания $V = 35$ м/с. [11]

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40} = 278,7, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{90}{500} + \frac{95 \cdot 3}{100} + 0,05 = 3,08, \text{ мин.}$$

В данном разделе мы определили тип производства, выбрали метод получения заготовки, рассчитали припуски на одну из операций, выбрали методы обработки поверхностей, рассчитали режимы резания.

3 Проектирование специальных средств технологического оснащения

3.1 Описание рассматриваемой операции

На шпоночно-фрезерной операции 35 обрабатывается шпоночный паз концевой фрезой. Схема операции представлена на рисунке 2.

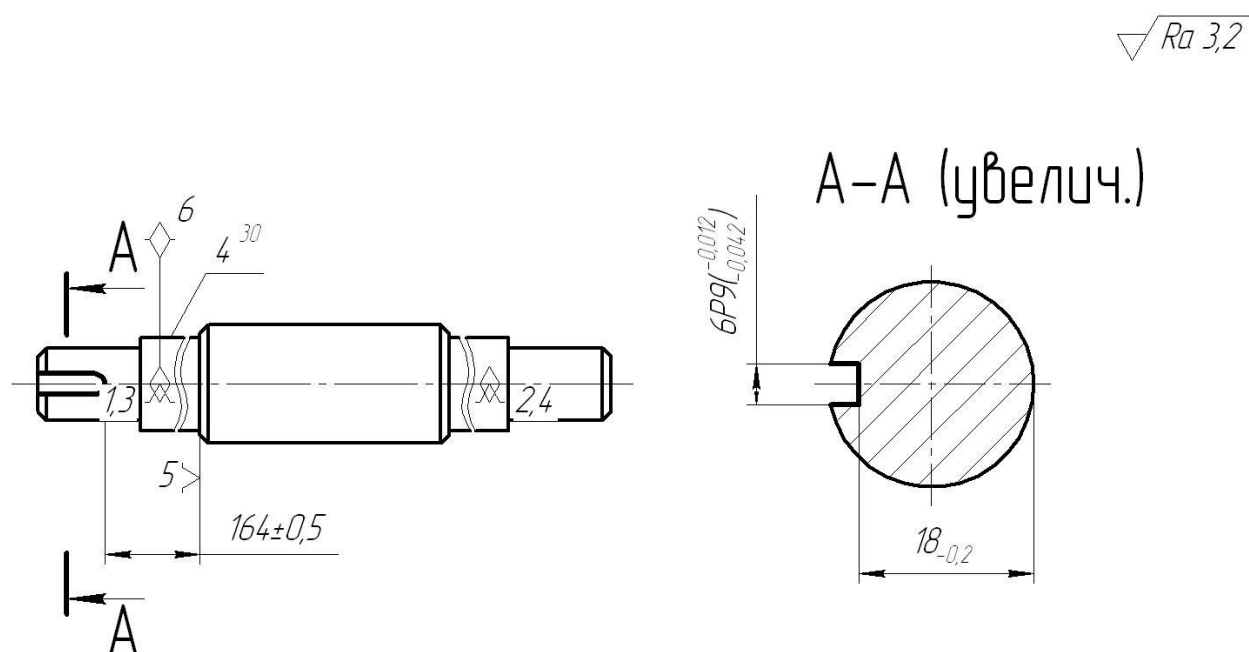


Рисунок 2 – Схема операции 35

3.2 Проектирование приспособления

Для базирования инструмента спроектируем специальный патрон.

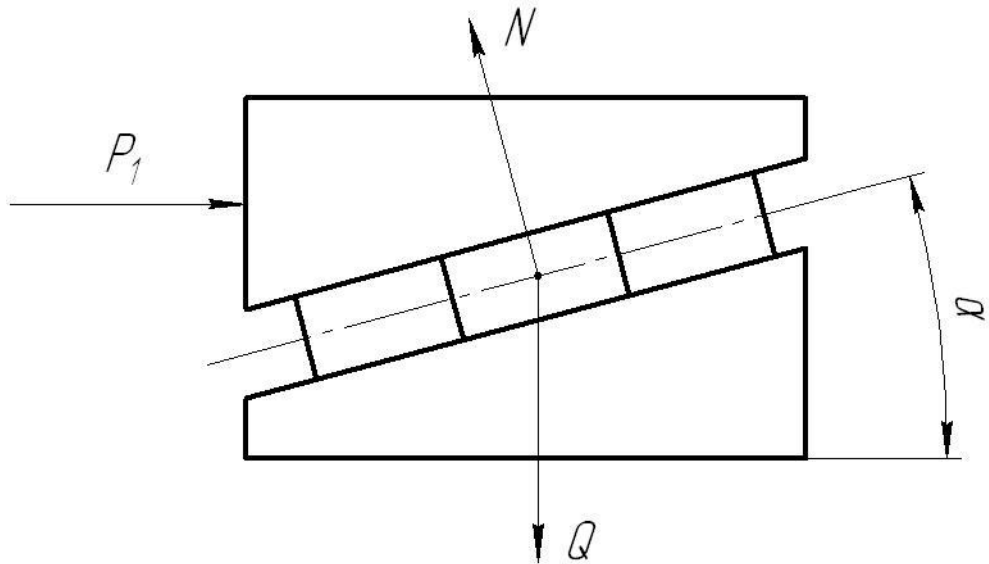


Рисунок 3 - Схема закрепления

Результирующая сила резания (Н)

$$P = P_x + P_y + P_z \quad (21)$$

$$P = P_x + P_y + P_z = \sqrt{12032^2 + 1270^2 + 84^2} = 12970$$

Усилие, необходимое для фиксации инструмента (Н)

$$Q = P/f \quad (22)$$

$$Q = P/f = 12970/0,1 = 130000$$

Рассчитаем силу, возникающую от трения на конической наружной поверхности кольца

$$N_f = \frac{P_1 \cdot f}{\sin \alpha} \cdot [12] \quad (23)$$

Учитывая, что

$$N = \frac{Q}{\sin \alpha}. \quad (24)$$

Получаем

$$Q_f = \frac{P_1 f}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (25)$$

Согласно рекомендаций [12], необходимо соблюсти условия самоторможения:

$$\frac{f}{\operatorname{tg} \alpha} = 0,5.$$

В связи с тем, что в нашем случае $f = 0,1$, то

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,1}{0,5} = 0,2.$$

Исходя из полученного, значение угла α должна быть менее 10° .

Принимаем $\alpha = 8^\circ$.

Рассчитаем толщину конического кольца (мм)

$$S = 0,1 \cdot d = 0,1 \cdot 10 = 1$$

Найдем максимальную толщину кольца (мм)

$$S_{\max} = 0,1 + 20 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,1 + 20 \cdot \operatorname{tg} 8^\circ = 3,8$$

Определим диаметральный натяг (мкм)

$$\delta = 10^3 \cdot k \cdot d_{cp} \cdot O, \quad [13] \quad (26)$$

где $k = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot e} > [\sigma_{CM}]$.

$$[\sigma_{CM}] = 20 \dots 25 \text{ кг/мм}^2. \quad [13]$$

$$O = 2,24 \cdot 10^{-4}. \quad [13]$$

Тогда по формуле (26) имеем

$$\delta = 10^3 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 2,24 \cdot 10^{-4} = 40,3.$$

Принимаем $\delta = 35 \text{ мкм} = 0,035 \text{ мм}$.

На рисунке 4 представлено спроектированное приспособление.

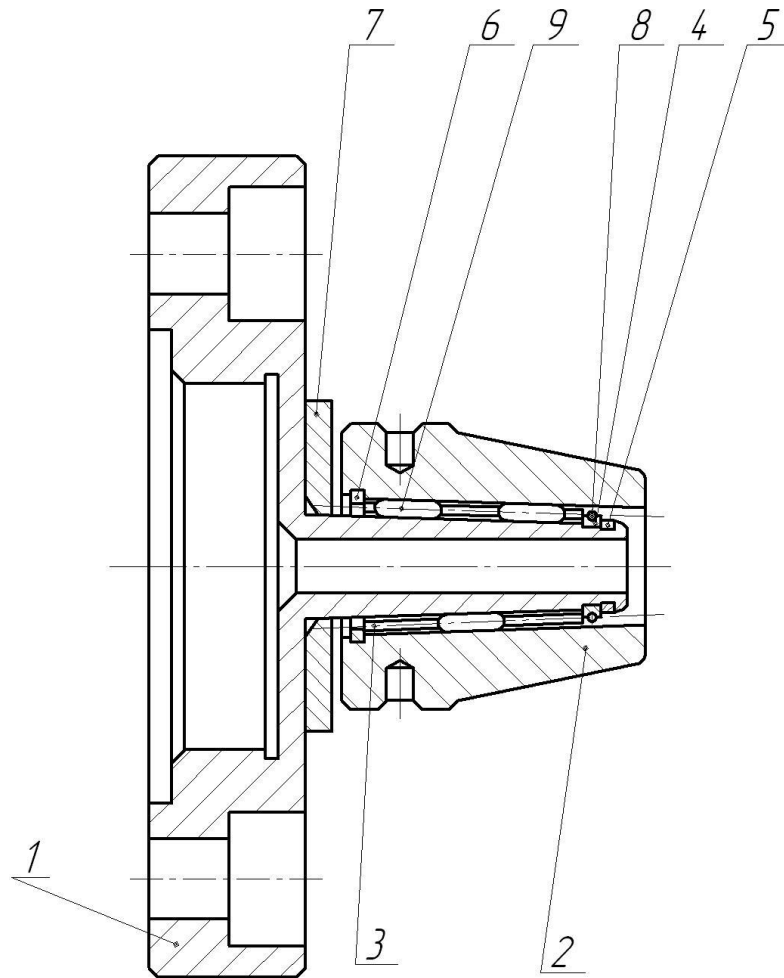


Рисунок 4 - Патрон специальный

В этом разделе мы спроектировали зажимное приспособление для шпоночно-фрезерной операции. Данное приспособление обеспечит надежность закрепления инструмента и осуществит заданную схему базирования.

4 Проектирование режущего инструмента

На шпоночно-фрезерной операции 35 обрабатывается шпоночный паз концевой фрезой. Схема операции представлена на рисунке 5.

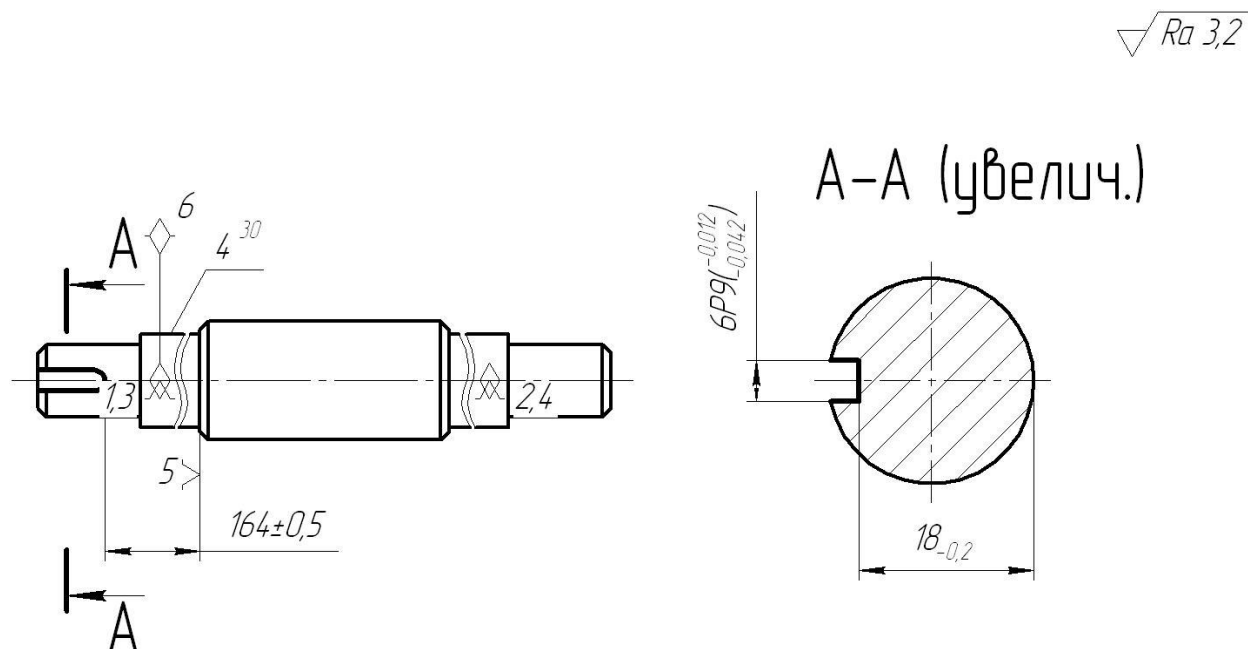


Рисунок 5 – Схема операции 35

«Концевые фрезы – это инструменты с широкими технологическими возможностями. Ими обрабатывают глубокие пазы, уступы, взаимно перпендикулярные плоскости, выполняют контурную обработку наружных и внутренних поверхностей сложного профиля. Концевые фрезы являются основными инструментами, применяемыми на станках с ЧПУ. В машиностроении используются концевые фрезы различного технологического назначения и конструктивных форм». [14]

4.1 Выбор инструментального материала

Для разрабатываемой фрезы концевой при фрезеровании детали из стали 38ХНЗМА ГОСТ 4543-71 с $\sigma_B = 981$ МПа в качестве инструментального материала принимаем твёрдый сплав Т5К10. [15]

4.2 Определение конструктивных элементов рабочей части фрезы

Исходя из радиуса скругления отверстия и ширины шпоночного паза принимаем диаметр фрезы $d = 6$ мм.

«В концевой фрезе различают крепежную часть (хвостовик), шейку и рабочую часть». [14]

Длину фрезы определим по формуле

$$L = l_1 + l + l_2. \quad (27)$$

При проектировании фрез с диаметром $d = 3...10$ мм длину режущей части рассчитывают по формуле

$$l_1 = 4 \cdot d. \quad (28)$$

$l_1 = 4 \cdot 6 = 24$, мм. Принимаем $l_1 = 20$ мм.

Длину шейки фрезы принимаем $l = 0$.

Длину хвостовика фрезы по ГОСТ 32405-2013 [16] принимаем $l_2 = 40$ мм.

Тогда по формуле (27)

$$L = 20 + 0 + 40 = 60, \text{ мм.}$$

Твердосплавные концевые фрезы диаметра режущей части не более 10 мм изготавливаются с цилиндрическим хвостовиком. [16]

Определим число зубьев фрезы.

$$z = (0,1...1,3)d, \quad (29)$$

$$z = (0,1...1,3) \cdot 8 = 0,8...10,4.$$

Принимаем $z = 4$.

Для выполнения равномерной обработки на цилиндрической части зубья должны иметь стружечную канавку наклоном $\omega = 30...45^\circ$.

Принимаем $\omega = 45^\circ$.

«Стружка, поднимаясь вверх по винтовым канавкам, удаляется из обрабатываемого паза. Направление канавок не должно совпадать с направлением вращения шпинделя станка при обработке пазов и уступов – это обеспечивает лучший отвод стружки». [14]

4.3 Литературные исследования

Данный раздел направлен на модернизацию технологии изготовления, стремясь внести изменения методом поиска инновационных решений.

Технический результат, на решение которого направлено изобретение [17], является создание способа формирования износостойкого покрытия на поверхности изделий из стали, позволяющего образование переходного слоя толщиной до 300 мкм с постепенно нарастающей твердостью между основным материалом изделия и последующим сверхтвердым покрытием из нитрида титана и приводящего к хорошей адгезии покрытия к подложке, и в следствие, к улучшению эксплуатационных характеристик изделия при больших механических нагрузках.

Технический результат достигается тем, что способ [17] формирования износостойкого покрытия на поверхности изделий из стали, включает в себя размещение образца в вакуумной камере, создание вакуума, напуск в вакуумную камеру реактивного газа, подачу на изделие отрицательного напряжения смещения относительно заземленной рабочей камеры, азотирование в плазме разряда, напуск в

вакуумную камеру реактивного газа, нанесение TiN на изделие при одновременной работе генератора газоразрядной плазмы, причем азотирование и нанесение нитрида титана осуществляют в одной вакуумной камере в едином цикле, отличается тем, в качестве реактивного газа напускают смесь водорода с азотом при этом содержание азота в смеси от 5 до 50%, затем проводят азотирование поверхности изделия в плазме индукционного высокочастотного разряда при давлении 0,01-1,0 Па и отрицательном напряжении смещения на изделии в диапазоне 100-1000 В и температуре образца 400-600°C в течение 0,5-10,0 часов, после чего наносят покрытие TiN в вакууме в смеси аргона с азотом при давлении 0,01-1,0 Па путем импульсного магнетронного распыления мишени-катода при одновременной работе индукционного высокочастотного разряда в качестве генератора газоразрядной плазмы, затем осуществляют подачу в вакуумную камеру аргона до давления не выше 130 Па и охлаждают образец до комнатной температуры в атмосфере аргона.

Технический результат достигается благодаря следующему.

Во время азотирования и ассистирования процесса нанесения покрытия используется индукционный высокочастотный разряд частотой 13,56 МГц и мощностью до 1,5 кВт. Особенностью такого разряда, возбуждаемого плоской магнитной антенной, является отсутствие распыления и возможность получения однородной плазмы с высокой степенью ионизации во всем объеме вакуумной камеры, что способствует улучшенному проникновению химически активного азота вглубь поверхности образца, а подбор мощности высокочастотного генератора в процессе ассистирования способствует интенсификации процесса нанесения покрытия и улучшения его адгезионных свойств за счет механизмов радиационного стимулирования, не прибегая при этом к подаче на изделие дополнительного напряжения смещения.

Нанесение покрытия TiN в импульсном магнетронном разряде приводит к быстрому и эффективному образованию покрытия из нитрида титана, обладающего улучшенными прочностными характеристиками, повышенной твердостью и хорошей адгезией покрытия к подложке.

Режимы обработки выбраны исходя из следующего.

Азотирование поверхности изделия осуществлялось в плазме индукционного высокочастотного разряда в смеси водорода с азотом, при чем содержание азота по отношению к водороду должно быть в соотношении 5-50%, при общем давлении 0,01-1,0 Па при отрицательном напряжении смещения на изделии в диапазоне 100-1000 В в течение 0,5-6,0 ч. Температура образца в процессе азотирования составляет 400-600°C и достигается подбором мощностных режимов работы высокочастотного генератора и подбором напряжения смещения на образец.

При проведении азотирования при содержании азота в смеси менее 5% снижается эффективность азотирования в следствие недостатка азота, а проведение азотирования при содержании азота более 50% приводит к чрезмерному увеличению толщины компаунд слоя нитридов и существенному уменьшению толщины поддерживающей его диффузионной зоны, а следовательно, к сокращению ширины переходного слоя с постепенно нарастающей твердостью. При давлении рабочего газа менее 0,01 Па и более 1,0 Па высокочастотный индукционный разряд не зажигается.

При температуре образца менее 400°C процесс азотирования неэффективен, так как при таких температурах уменьшается диффузия азота вглубь поверхности, при температурах выше 600°C в стали происходят структурные превращения и осуществляется перестройка кристаллической решетки. При напряжении смещения меньше 100 В не достигается необходимая температура образца для проведения

эффективного процесса азотирования, при напряжении смещения свыше 1000 В происходит нагрев поверхности образца свыше 600°C.

При азотировании менее 0,5 часов на поверхности образца формируется малая толщина диффузионной зоны либо диффузионная зона вовсе не образуется, при азотировании свыше 10 часов снижается эффективность азотирования.

Нанесение покрытия TiN осуществлялось в плазме импульсного магнетронного разряда [17] при одновременной работе индукционного высокочастотного разряда частотой 13,56 МГц мощностью до 1,5 кВт в смеси аргона с азотом при давлении 0,01-1,0 Па. Импульсный магнетронный разряд зажигался при напряжении 300-700 В, токе разряда 1-100 А, длительности импульса 1-20 мс. Импульсная скорость нанесения покрытия нитрида титана была до 6 мкм/мин. Количество импульсов тока разряда варьировалось от 50 до 300. Толщина покрытия TiN составляла величину 1-5 мкм.

При толщине покрытия меньше 1 мкм снижалась износостойкость и твердость покрытия. При толщинах более 5 мкм покрытие обладало неудовлетворительной адгезией.

При давлении менее 0,01 Па и более 1,0 Па высокочастотный индукционный разряд и импульсный магнетронный разряд одновременно не зажигаются.

При напряжении импульсного магнетронного разряда меньше 400 В снижается эффективность распыления материала катода. При напряжении импульсного магнетронного разряда больше 700 В разряд становится неустойчивым и трансформируется в дуговой режим. При токе импульсного магнетронного разряда больше 100 А в следствие большого потока металла с поверхности мишени не происходит эффективный рост пленки нитрида титана. При токах импульсного магнетронного разряда меньше 1 А процесс нанесения становится неэффективным, так как сильно падает скорость нанесения покрытия.

При количестве импульсов тока импульсного магнетронного разряда менее 50 формируется покрытие толщиной менее 1 мкм, при количестве импульсов более 300 разряд становится не стабильным за счет перегрева и трансформируется в дуговой режим.

Сущность изобретения [17] поясняется рисунками, где проиллюстрирован заявляемый способ:

На рисунке 6 показана схема установки для формирования износостойкого покрытия на поверхности изделия.

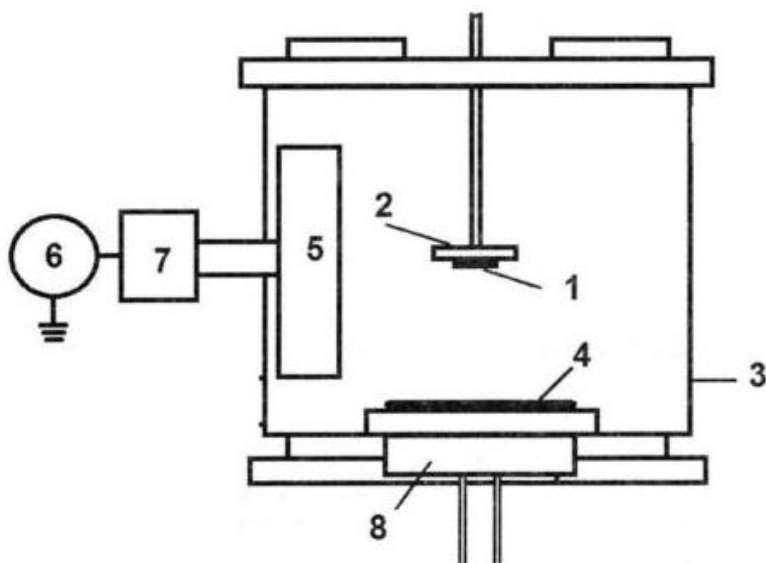


Рисунок 6 - Схема установки для формирования износостойкого покрытия на поверхности изделия

На рисунке 6 обозначено: образец 1, металлический держатель 2, вакуумная камера 3, Ti-мишень 4, плоская магнитная антенна 5, генератор высокочастотной мощности 6, автоматическое согласующее устройство 7, планарный магнетрон 8.

Ниже приведен пример конкретной реализации изобретения [17].

Были использованы образцы из стали 40X13 в виде дисков диаметром 30 мм и высотой 3 мм. Производилась очистка поверхности образцов в ультразвуковой ванне «S5 Elmasonic» в бензине, в ацетоне и в спирте в течение 5-10 мин.

Данный способ был реализован с помощью устройства, схема которого представлена на рисунке 6. Образец 1 с помощью специального металлического держателя 2 помещалась в вакуумную камеру 3 на расстоянии 70 мм от Ti-мишени 4. Камера откачивалась сухим спиральным насосом и турбомолекулярным насосом до давления 10^{-4} Па и происходил напуск смеси водорода с азотом до давления 0,33 Па, при этом содержание азота в смеси 7,5%, а азотирование поверхности образца осуществлялось в плазме индукционного высокочастотного разряда частотой 13,56 МГц и мощностью 1,5 кВт при отрицательном напряжении смещения на образце 150 В. Время азотирования составило 2 ч. Температура поверхности образца, измеренная с помощью термопары, во время процесса азотирования была 450°C.

Затем проводилась откачка вакуумной камеры до остаточного давления 10^{-4} Па, происходил напуск смеси рабочего газа аргон с азотом в соотношении 29:1 до давления 0,48 Па. Последующее нанесение покрытия нитрида титана осуществлялось за счет катодного распыления в импульсном магнетронном разряде титанового катода-мишени 4 при одновременной работе индукционного высокочастотного разряда частотой 13,56 МГц и мощностью 1,5 кВт. Напряжение импульсного магнетронного разряда было 600-650 В, ток разряда - до 100 А. Магнетрон 11 работал в импульсном режиме с длительностью импульса тока 5-10 мс. Количество импульсов тока было 150 имп.

Затем осуществлялась подача в вакуумную камеру аргона до давления 130 Па и происходило охлаждение образца до комнатной температуры в атмосфере аргона.

На рисунке 7 показано распределение микротвердости поверхности образца в зависимости от приложенной нагрузки, где 1 - микротвердость необработанного образца, 2 - только после азотирования, а 3 - образца, полученного данным способом. Микротвердость измерялась по Виккерсу с помощью микротвердомера Future Tech TM-9000. Видно, что

микротвердость только азотированной поверхности почти в 2 раза превышает микротвердость необработанного образца, а микротвердость образца, упрочненного данным способом, превышает исходную почти в 4 раза. Ширина диффузионной зоны составляет 100 мкм.

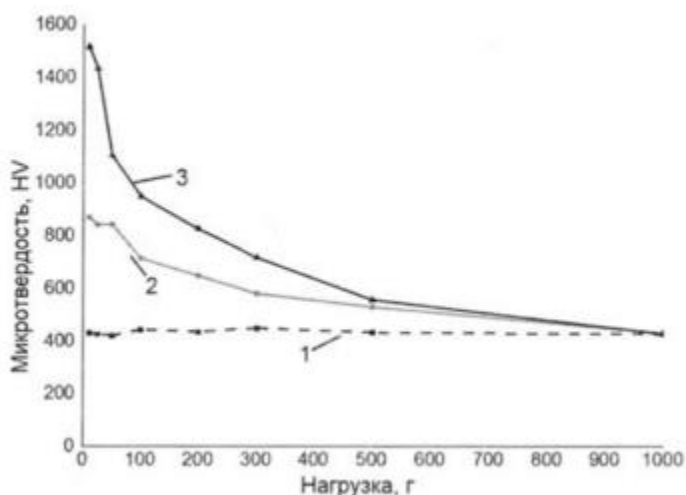


Рисунок 7 - Распределение микротвердости поверхности образца в зависимости от приложенной нагрузки

На рисунке 8 приведено распределение микротвердости по глубине, измеренной по Виккерсу при нагрузке 10 г., показавшее, что был сформирован протяженный переходный слой шириной около 110 мкм с постепенно нарастающей твердостью между основным материалом изделия и супертвердым покрытием из нитрида титана, что устранило образование резкой границы между разнородными материалами и привело к увеличению адгезионной прочности покрытия с подложкой.

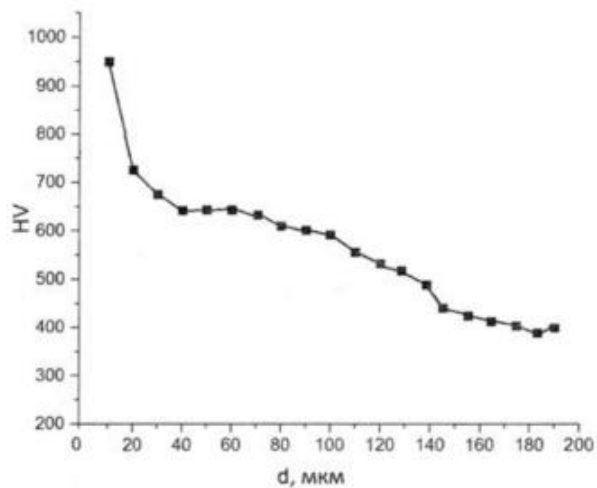


Рисунок 8 - Распределение микротвердости по глубине, измеренной по Виккерсу при нагрузке 10 г.

Диагностика адгезионных свойств нанесенного покрытия проводилась с помощью скретч-тестера Revetest RST. Для этого проводилось царапание с линейно возрастающей нагрузкой от 0,5 до 100 Н со скоростью увеличения нагрузки 50 Н/мин на длине 5 мм при скорости перемещения индентора 5 мм/мин. Критическая нагрузка разрушения покрытия составила почти 50 Н, при этом критическая нагрузка разрушения покрытия без предварительного азотирования составила 10 Н.

Проведенные усталостные испытания на электродинамическом вибростенде в нормальных условиях по первой изгибной форме колебаний на определение предела выносливости при приложении нагрузки в интервале 12-20 кгс/мм² с частотой 1680-1880 Гц, показали, что образец выдержал 20 млн. циклов нагрузки/разгрузки и на его поверхности не было обнаружено трещин.

Реализация вышеописанного способа позволит увеличить стойкость фрезы приблизительно в два раза.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе проводится оценка экологичности и безопасности технологического процесса изготовления детали червяк. Оценку будем вести согласно методике [17].

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

Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика производственного процесса изготовления детали червяк заключается в представлении основных характеристик усовершенствованных операций технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид выполняемых работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же все необходимые материалы и вещества. Результаты анализа характеристик технического объекта собраны в таблицу 1.

Таблица 1 – «Технологический паспорт технического объекта» [17]

«Технологический процесс» [17]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [17]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [17]	«Материалы, вещества» [17]
Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок токарный 16Б16Т1 с ЧПУ	Сталь 38ХНЗМА ГОСТ 4543-71 СОЖ - ЛИТОЛ
Фрезерование	Шпоночно-фрезерная операция	Фрезеровщик	Шпоночно-фрезерный станок 692Д с автоматизированным приспособлением	Сталь 38ХНЗМА ГОСТ 4543-71 СОЖ - ЛИТОЛ

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В данном разделе приводится идентификация профессиональных рисков – производственно-технологических и эксплуатационных рисков. Это вредные и опасные производственные факторы, источником которых могут служить материалы, оборудование и вещества, используемые при изготовлении детали червяк. Результаты исследования этих факторов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – «Идентификация профессиональных рисков» [17]

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [17]
1	2	3
Токарная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Станок токарный 16Б16Т1 с ЧПУ
Шпоночно-фрезерная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Шпоночно-фрезерный станок 692Д с автоматизированным приспособлением

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе подобраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении детали червяк. Некоторые из требований, такие как инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием, и инструктажи по охране труда – актуальны на каждом этапе технологического процесса. Другие, например, такие как использование предупреждающей разметки или использование местной вытяжки – применяются на конкретных операциях, где их использование необходимо. Все средства индивидуальной защиты работников подобраны с учётом выполняемых ими операций. Результаты анализа методов и средств снижения профессиональных рисков приведены в таблице 3.

Таблица 3 – «Методы и средства снижения и/или устранения опасных и/или вредных производственных факторов» [18]

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [18]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [18]	«Средства индивидуальной защиты работника» [18]
1	2	3
Повышенная температура поверхностей материалов	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование технических средств защиты	Костюм огнеупорный; огнеупорные ботинки; краги для металлургов; огнеупорный щиток
Движущиеся части производственного оборудования; Оборудование, перемещающее	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда;	Костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные
заготовки, изделия	ограждение оборудования; использование предупреждающей разметки	
Токсические раздражающие вещества (СОЖ)	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием;	костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки

Продолжение таблицы 3

1	2	3
	инструктаж по охране труда; использование местной вытяжки; ограждение оборудования защитными экранами	защитные; полумаска фильтрующая; перчатки с точечным или полимерным покрытием
Высокий уровень шума и повышенный уровень вибрации	инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование различных технических средств устранения шума; увеличение жёсткости оборудования для уменьшения колебаний; Использование материалов, способных поглощать колебания	Вкладыши противошумные, наушники, резиновый коврик

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В данном разделе приводится идентификация потенциального класса возникновения пожара и выявление опасных факторов его воспламенения. Анализ классов пожара и опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальное имущество, а так же сопутствующих проявлений опасных факторов пожара проведён по методике [18]. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [18]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок лезвийной обработки	Токарный станок 16Б16Т1 с ЧПУ; Шпоночно- фрезерный станок 692Д с автоматизирован- ным приспособлением	Пожары, связанные с воспла- менением и горением плавящихся твёрдых материалов и веществ (В)	Пламя, искры, огонь, тепловой поток, высокая температура, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, низкая видимость	Замыкание высокого электрического напряжения

Для обеспечения пожарной безопасности в ходе изготовления детали червяк были выбраны организационно-технические мероприятия и технические средства обеспечения пожарной безопасности. Все они соответствуют нормативным документам в области пожарной безопасности, таким как Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ. Все собранные данные анализа представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [18]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители ручные, ящики с песком	Пожарные машины, пожарные лестницы	Оборудование автоматического тушения пожара	технические средства оповещения и управления эвакуацией	Пожарные рукава, рукавные разветвления, ящики с песком	Респираторы, противогазы, пожарные карабины	Пожарные лопаты, багры, ломы, топоры, ведра, комплекты электрические	Автоматические оповещатели

Таблица 6 – «Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [18]

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [18]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [18]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [18]
1	2	3
Технологический процесс изготовления детали червяка	Инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участках; обучение действиям при	Проведение противопожарных инструктажей, наличие автоматической системы пожаротушения, наличие

Продолжение таблицы 6

1	2	3
	возникновении пожара и правильной эвакуации; контроль за правильной эксплуатацией оборудования; содержание оборудования в исправном состоянии	пожарной сигнализации, наличие первичных средств для тушения пожаров

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В данном разделе представлена оценка мер по обеспечению экологической безопасности технологического процесса изготовления детали червяк. Выявлены и проанализированы негативные экологические факторы реализуемого технического процесса, а так же меры по их снижению и/или устранению. Все данные анализа соответствуют нормативным документам РФ. Результаты анализа представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [18]

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [18]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [18]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [18]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [18]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [18]
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления детали червяк	Станок токарный 16Б16Т1С1 с ЧПУ; Шпоночно-фрезерный станок 692Д с автоматизированным приспособлением	Стальная пыль; частицы стружки; туман от СОЖ	Технические жидкости и масла; стружка; производственная пыль	Металлические отходы, технические масла и жидкости, ветошь, СОЖ

Таблица 7 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду». [18]

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления детали червяк
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование для очистки воздуха циклоны-осадители с тангенциальным входом, с осевым входом, с групповым входом; мультициклоны параллельные, последовательные; пылеуловители
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование замкнутых и оборотных систем промышленного водопользования; многоступенчатая очистка воды
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование системы сортировки отходов; соблюдение правил хранения отходов и периодичности их вывоза; переработка металлических отходов

В ходе выполнения работы нами проанализирована безопасность и экологичность внесенных изменений в технологический процесс изготовления детали «червяк».

Проведена идентификация профессиональных рисков, которые могут возникнуть в ходе реализации модернизированного технологического процесса, предложены методы и средства необходимые для снижения этих рисков, предложены мероприятия по пожарной и экологической безопасности на участке механической обработки детали, разработаны организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду.

6 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Червяк». Эти изменения касаются шпоночно-фрезерной операции. На этой операции предложено в качестве оснастки использовать специальное зажимное приспособление, вместо универсального. Также предлагается использовать твердосплавную фрезу вместо фрезы из быстрорежущей стали, что увеличит период стойкости инструмента.

Используя данное описание изменений, рассчитаем, необходимые для определения эффективности, параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [19] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Червяк» на 2,98 руб., что составит 2,52 %.

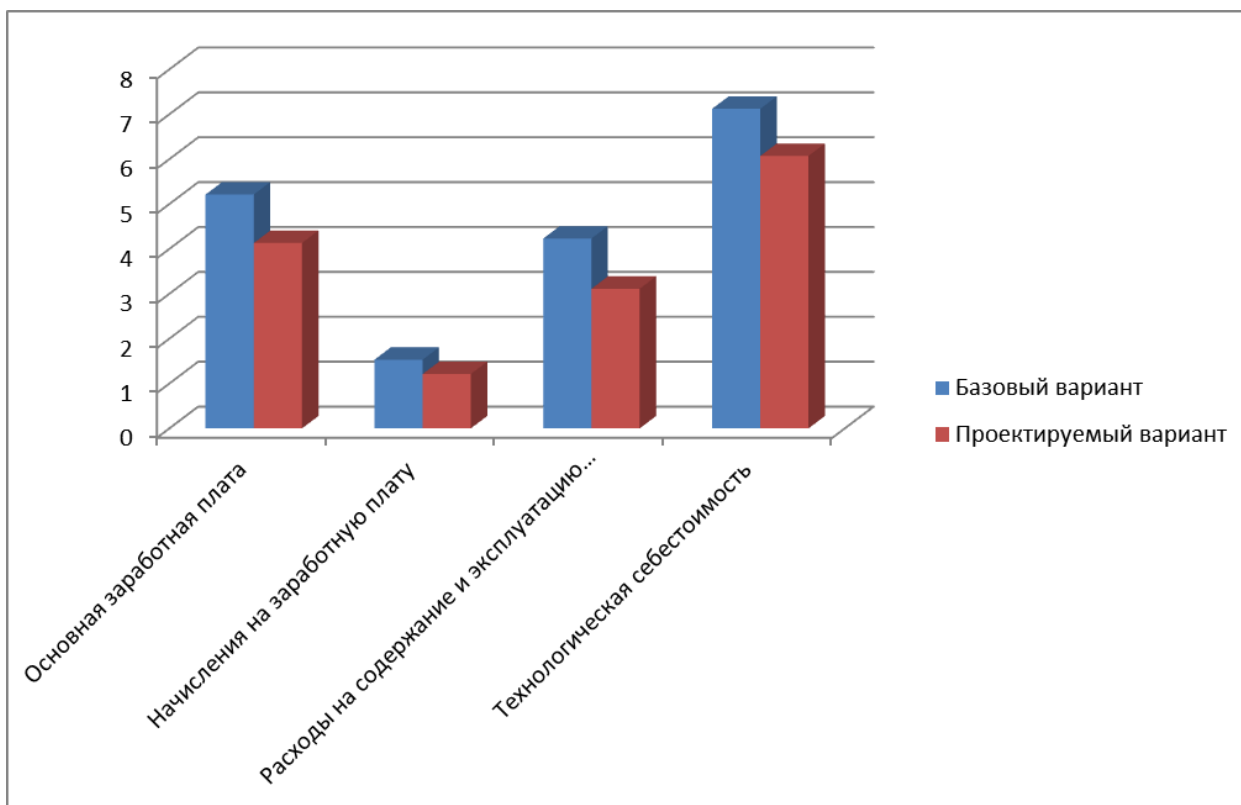


Рисунок 9 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 118,09 рублей, а для проектируемого – 115,11 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше, чем в базовом. Эта разница составляет 2,52% или 2,98 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 24010 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали

«Червяк» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 34648,52 рублей. На рисунке 10 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.

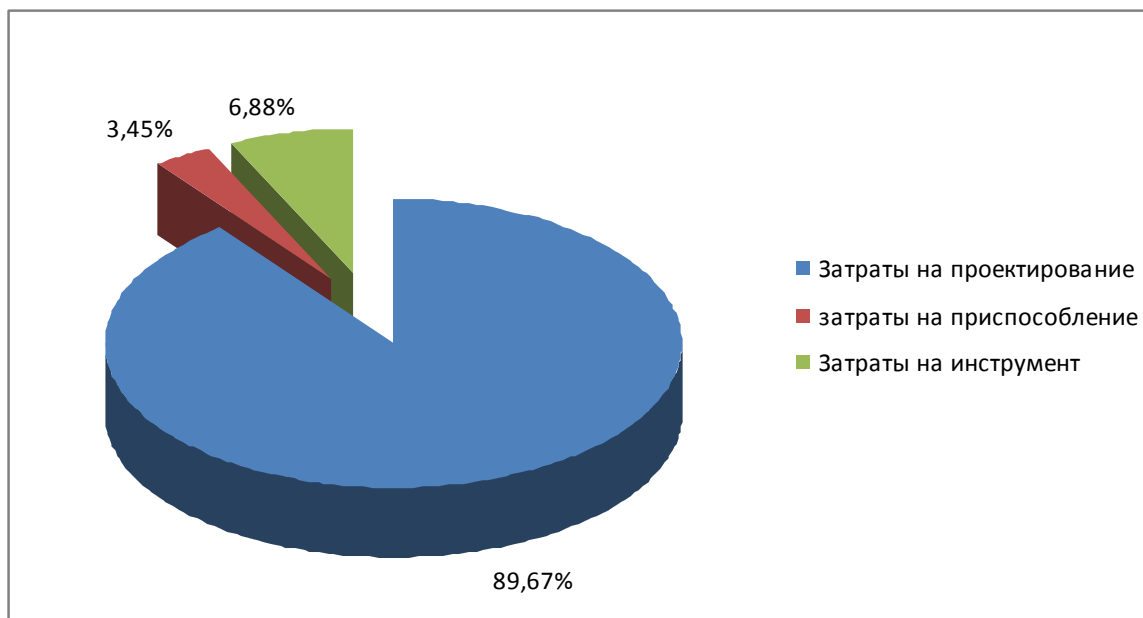


Рисунок 10 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 10, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 89,67 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	23806,87
Интегральный экономический эффект, руб.	2164,31
Индекс доходности, руб. / руб.	1,13

Анализируя, представленные в таблице 8, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 2164,31 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,13 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 13 %.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления червяка радиально-сверлильного станка

Вначале нами были проанализированы исходные данные, где проанализированы служебное назначение детали, выполнена классификация поверхностей и определены исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы, а также выполнена анализ материала детали. Далее методом экономического сравнения выбран способ получения заготовки – штамповка. Исходя из годовой программы выпуска деталей и массы червяка, выбран среднесерийный тип производства. Далее по форме и, исходя из необходимого качества обработки, выбраны методы обработки поверхностей детали. Опираясь на эти методы, разработаны технологический маршрут и составлен план изготовления детали.

Для базирования инструмента на 035 шпоночно-фрезерной операции разработана конструкция специального патрона. Внедрение этого приспособления взамен приспособления из базового варианта дает сокращение возможного брака, так как предлагаемое приспособление обеспечивает большую точность базирования инструмента.

Для использования в качестве инструмента на 035 шпоночно-фрезерной операции разработана конструкция цельной твердосплавной концевой фрезы вместо фрезы из быстрорежущей стали, которая была в базовом варианте. Это мероприятие дает более высокую стойкость инструмента и снижает временные затраты, связанные со сменой инструмента на этой операции.

В работе выполнен анализ безопасности и экономичности. Экономический расчет выполненных мероприятий показал положительный эффект.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – 40 с.
2. Конструкционные стали и сплавы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 440 с. - Библиогр.: с. 436. - ISBN 978-5-16-105096-5.
3. Мнацакян В.У. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.У. Мнацакян. – М. : Изд. дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 221 с.
4. ГОСТ 8820-69. Канавки для выхода шлифовального круга. – 6 с.
5. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 330 с.
6. 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.
7. Таратынов О.В. Технология машиностроения. Основы проектирования на ЭВМ : учеб. пособие / О.В. Таратынов, В.В. Клепиков, Б.М. Базров. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 610 с.
8. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва :ИНФРА-М, 2013. - 320 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6.
9. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – 53 с.
10. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
11. Вереина Л. И. Абразивная обработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред.

Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 304 с. - (Справочники ИНФРА-М). - Библиогр.: с. 299. - ISBN 978-5-16-010397-6.

12. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб.пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006705-6.

13. Клепиков В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 319 с.

14. Схиртладзе А.Г. Формообразующие инструменты в машиностроении : учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, Л.А. Чупина, А.И. Пульбере, В.А. Гречишников. – М. : Новое знание, 2006. – 557 с.

15. Воробьева Г. А. Инструментальные материалы : учебное пособие / Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, А.Ф. Леонов, В.К. Ерофеев. — Санкт-Петербург : Политехника, 2016. — 271 с.

16. ГОСТ 32405-2013. Фрезы концевые цельные твердосплавные. Технические условия. – 11 с.

17. Патент 2686397 Российская Федерация МПК⁷ С 23 С 14/48. Способ формирования износостойкого покрытия на поверхности изделий / А.А. Писарев, Т.В. Степанова, Д.В. Мозгрин, А.В. Казнев, А.В. Тумаркин, М.М. Харьков, Д.В. Колодко, К.А. Леонова, Д.Г. Агейченков; ВГАОУ ВО «НИЯУ МИФИ» (RU). –2017145133 заявл. 21.12.2017; опубл. 25.04.2019, Бюл. №12. – 8 с.

18. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.

19. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-методическое

пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014.
– 183 с.

20. ГОСТ 2.001-2013. Единая системы конструкторской документации. Общие положения. – 47 с.

21. Чекмарев А.А. Справочник по машиностроительному черчению : справочник / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 494 с.

Продолжение приложения А

А	Цех	Ч4	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа								
					Код наименования обработки	ОП	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт	
Т.19	396110	XXXX	Патрон самоцента, 392841XXXX	Центр вращающийся, XXXXXX.XXXX	цпар	откидной,											
Т.20	392104	XXXXX(2)	Резец механич. Т5К10, 393111XXXX	ШЦ-И-350-0,1, 393120.XXXX(2)	Калибр-скода.												
21																	
А.22	XX XX XX	015	4112	Токарная черновая ИОТ И37.101.7001-93.													
Б.23	381111	XXXX	16516Т1	2	18225	422	1Р	1	1	100	1	8					1,36
0.24	Точить поверхность выдерживая размеры Ø231 _{0,231} ; Ø30,9 _{0,29} ; подрезать торцы, выдерживая																
0.25	размеры 276 _{0,15} ; 276 _{0,15} .																
Т.26	396110	XXXX	Патрон самоцента, 392841XXXX	Центр вращающийся, XXXXXX.XXXX	цпар	откидной,											
Т.27	392104	XXXXX(2)	Резец механич. Т5К10, 393111XXXX	ШЦ-И-350-0,1, 393120.XXXX(2)	Калибр-скода.												
28																	
А.29	XX XX XX	020	Термическая (улучшение)														
30																	
А.31	XX XX XX	025	4112	Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.													
Б.32	381111	XXXX	16516Т1	2	18225	422	1Р	1	1	100	1	8					2,01
0.33	Точить поверхность выдерживая размеры Ø22,5 _{0,081} ; Ø30,4 _{0,081} ; Ø40 _{0,1} ; точить фаски: 2x45 ₀ ;																
А.34	подрезать торцы, выдерживая размеры 195,3 _{0,15} ; 241,3 _{0,15} .																
Б.35	396110	XXXX	Патрон поводковый, 392841XXXX	Центр вращающийся, XXXXXX.XXXX	цпар	откидной,											
0.36	392104	XXXXX(2)	Резец механич. Т5К10, 393111XXXX	ШЦ-И-350-0,1, 393120.XXXX(2)	Калибр-скода.												
Т.37	XX XX XX	030	4112	Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.													
А.38	381111	XXXX	16516Т1	2	18225	422	1Р	1	1	100	1	8					1,37
0.40	Точить поверхность выдерживая размеры Ø22,5 _{0,081} ; Ø30,4 _{0,081} ; точить фаски: 2x45 ₀ ; подрезать																
0.41	торцы, выдерживая размеры 211,3 _{0,15} ; 271,3 _{0,15} .																
МК																	

Продолжение приложения А

А	Цех	Ч4	РМ1	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа				Тип		
					Код наименования обработки	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН		ОП	Кшт
Т.69	396110	XXXX	Патрон лободковый; 39284.1XXXX	Центр вращающийся; XXXXXX.XXXX	Ипор	откидной;									
Т.70	392104	XXXXX(2)	Резец механич. Т5К10; 393111.XXXX	ШЦ-И-350-0.1; 393120.XXXX(2)	Калибр-скода.										
Т1															
А.72	XX XX XX	035	4272	Шпоночно-фрезерная	ИОТ	ИЗ7.101.XXXX-XX									
Б.73	381631	XXXX	692Д	Шпоночно-фрезерн. 2	18632	322.1P.1	1	1	100	1	16	3,04			
0.74	Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры	35 ^{+0,012} ; 18 _{-0,02} ; 6 _{-0,012} .													
Т.75	396181	XXXX	приспособление специальный; XXXXXX.XX(4)	сменные призмы; 391822.XXXX	Фреза кан-										
Т.76	цедная ø6	Т5К6; 393111.XXXX	ШЦ-И-100-0,05; 393120.XXXX	Калибр для паза.											
Т1															
А.78	XX XX XX	040	4121	Сверлильная ИОТ	ИЗ7.101.7015-00.										
Б.79	381213	XXXX	2Г175М	Верт.-сверл. 2	322	1P.1	1	1	100	1	5	0,04			
0.80	Сверлить отверстие, выдерживая размеры	Ø6 ^{+0,02} ; 10 ^{+0,03} ; 2,5 ^{+0,03} .													
Т.81	396181	XXXX	Приспособление самоцентра; XXXXXX.XXXX(4)	Сменные призмы; 391267.XXXX	Сверло										
Т.82	Р6М5; 393111	ШЦ-И-100-0,05.													
83															
А.84	XX XX XX	045	4271	Резьбофрезерная черновая ИОТ	ИЗ7.101.7026-02.										
Б.85	381623	XXXX	КУ-240	Резьбофрез. 2	17001	422.1P.1	1	1	100	1	16	14,94			
0.86	Фрезеровать витки червяка, выдерживая размеры	Ш; Ю ^{+0,03} ; Ц ^{+0,03} .													
Т.87	XXXXXX.XXXX	цголов флюксатор; 39284.1XXXX	Центр вращающийся.												
Т.88	Р6М5; 393111	ШЦ-И-100-0,05.													
89															
А.90	XX XX XX	050	4271	Резьбофрезерная чистовая ИОТ	ИЗ7.101.7026-02.										
Б.91	381623	XXXX	КУ-240	Резьбофрез. 2	17001	422.1P.1	1	1	100	1	16	14,94			
МК															

Продолжение приложения А

А	Цех	Ч4	Р11	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа						Тшт
						С1	граф.	Р ₀	УТ ₀	КР ₀	КОМД	
Б	Код наименования обработки											
0.94	Фрезеровать витки червяка, выдерживая размеры Ш; Ю; Ц.											
Т.95	XXXXXXXXXXXX угловой фиксатор. 39284.1XXXX Центр вращающийся.											
Т.96	Р6М5; 393111 ШЦ-И-100-0,05.											
97												
А.98	XX XX XX 055 Термическая (закалка) ИОТ ИЗ7.101.70715-07.											
Б.99	ТВ4											
100												
А.101	XX XX XX 060 Центрошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.											
Б.102	381623 XXXX МФ104 Центрошлиф. 2 17001 422 1Р 1 1 1 100 1 10 0,5											
0.103	Шлифовать центр. отверстие. выдерживая размеры $60^{+0,15}$; $\phi 10^{+0,16}$											
Т.104	393550 Специальный шаблон.											
105												
А.106	XX XX XX 065 Крцглашлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.											
Б.107	38131X XXXX 3М153Ф2 Крцглашлиф. 2 18873 322 1Р 1 1 1 100 1 10 109											
0.108	Шлифовать ступени и торцы, выдерживая размеры $\phi 22,2_{-0,33}^{+0,30}$; $\phi 30,1_{-0,07}^{+0,08}$; 195,09 _{0,07} ; 245,1 _{0,08} .											
Т.109	39611X XXXX Патрон поводковый; 39284.1XXXX Центр вращающийся; XXXXXX XXXX Упор откидной.											
Т.110	398110 XXXX Крцг шлифовальный 4 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.											
Т.111	393120 XXXX(2) скода индикаторная; 3934.10 XXXX Микрометр 150-200 мм.											
Б.112												
0.113	XX XX XX 070 Крцглашлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.											
Т.114	38131X XXXX 3М153Ф2 Крцглашлиф. 2 18873 322 1Р 1 1 1 100 1 10 135											
Т.115	Шлифовать ступени и торцы, выдерживая размеры $\phi 22,2_{-0,33}^{+0,30}$; $\phi 30,1_{-0,07}^{+0,08}$; 211,09 _{0,07} ; 271,1 _{0,08} .											
А.116	39611X XXXX Патрон поводковый; 39284.1XXXX Центр вращающийся; XXXXXX XXXX Упор откидной.											
МК												

Продолжение приложения А

А	Цех	Ч4	РМ1	Опер	Код наименования операции					Обозначение документа										
					С1	граф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт						
Б					Код наименования обработки															
Т.117																				
Т.118																				
119																				
А.120																				
Б.121																				
0.122																				
Т.123																				
Т.124																				
Т.125																				
126																				
А.127																				
Б.128																				
0.129																				
Т.130																				
Т.131																				
Т.132																				
134																				
А.135																				
Б.136																				
0.137																				
Т.138																				
Т.139																				
Т.140																				
МК																				

