

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка

Студент

И.В. Крикин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Г. Левашкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Н.В. Зубкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

П.А. Корчагин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Крикин Иван Владимирович

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка».

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Тольятти, Тольяттинский государственный университет, 2019 г.

Работа посвящена разработке техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка. В работе выполнен анализ исходных данных, разработана технологическая часть, где рассчитана себестоимость изготовления заготовки, выбраны методы обработки поверхностей, рассчитаны припуски на обработку, проведен выбор средств технологического оснащения и рассчитаны режимы обработки. Далее разработаны специальные средства технологического оснащения.

В работе проведен анализ безопасности и экологичности и рассчитана экономическая эффективность.

Пояснительная записка состоит из 70 страниц, графическая часть работы составляет 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Систематизация поверхностей детали.....	6
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ.....	9
2.1 Выбор типа производства.....	9
2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.....	9
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	11
2.5 Расчет припусков.....	13
2.6 Проектирование заготовки.....	16
2.7 Выбор средств технологического оснащения.....	17
2.8 Определение режимов резания.....	19
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ОСНАЩЕНИЯ...	34
3.1 Определение зажимного усилия.....	34
3.2 Расчет силового привода.....	35
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	37
4.1 Расчет режущей части протяжки.....	37
4.2 Конструктивные элементы протяжки.....	40
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.....	41
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	41
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	41
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	43
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	44
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта..	46

5.6 Заключение.....	48
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	66

ВВЕДЕНИЕ

Станкостроение является одной из приоритетных задач современного машиностроения. От этой отрасли зависит качество выпускаемой продукции, а также производительность предприятий. В условиях высокой конкуренции эти показатели машиностроительных производств являются наиболее актуальными.

Возможным путем увеличения качества и результативности производства является метод, который основан на процессе вмешательства в ход техпроцесса. Этим методом является так называемое адаптивное управление, получившее достаточно большое распространение.

Большое внимание уделяют системам адаптивного управления станков с ЧПУ. Процесс обработки деталей на станках с ЧПУ протекает в менее благоприятных условиях по сравнению с универсальными станками, управляемыми рабочими. Дело в том, что станки с ЧПУ, как правило, применяют в серийном производстве, где применяют менее совершенные методы получения заготовок. Это приводит к необходимости снимать большие припуски, величины которых значительно изменяются как по пути прохода, так и от заготовки к заготовке в партии. Если на универсальном станке рабочий может учесть это обстоятельство путем внесения соответствующих коррективов, то на станках с ЧПУ такие функции выполнять некому. В итоге для получения заданной точности на станках с ЧПУ приходится заготовку или предварительно обрабатывать, или значительно увеличивать число проходов. Все это существенно снижает эффективность применения станков с ЧПУ.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка заданного качества с минимальными затратами на производство.

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Служебное назначение детали.

Вал-шестерня токарно-револьверного станка служит для восприятия крутящего момента от ведущего вала шлицами внутреннего отверстия и передачи его посредством внешнего зубчатого цилиндрического венца.

1.2 Систематизация поверхностей детали.

Выявим наиболее важные поверхности детали для их качественного изготовления.

Пронумеруем поверхности детали и представим их на рисунке 1.1.

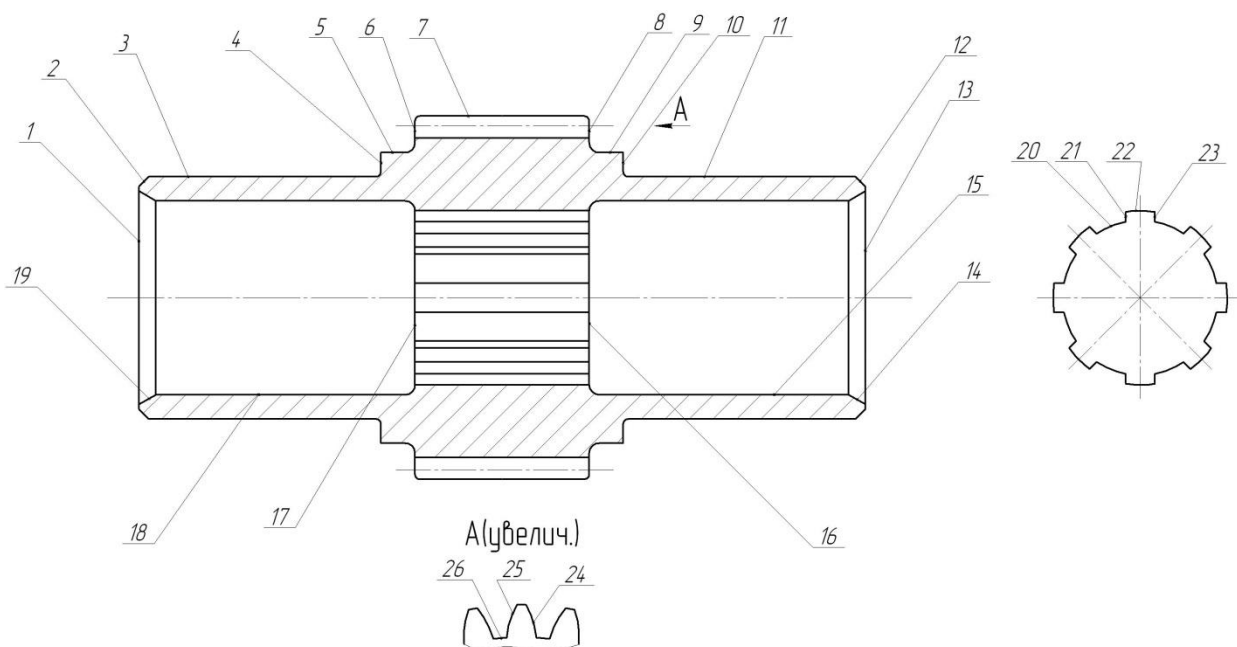


Рисунок 1.1 – Систематизация поверхностей

Исполнительными поверхностями детали являются боковые поверхности внутренних шлиц 21 и 23, а также эвольвентные поверхности наружного зубчатого венца 24 и 25.

Основными конструкторскими базами детали являются наружные цилиндрические поверхности 3 и 11, а также торцы детали 4 и 10.

Вспомогательной конструкторской базой детали является поверхность центрального внутреннего отверстия 20.

Остальные поверхности являются свободными.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

В химический состав стали 19ХГН входят хром (Cr) с процентным содержанием 0,45-0,75%, сера (S) с процентным содержанием не более 0,035%, фосфор (P) с процентным содержанием не более 0,035%, медь (Cu) с процентным содержанием не более 0,3%, никель (Ni) с процентным содержанием 1,0-1,4%, марганец (Mn) с процентным содержанием 0,7-1,1%, кремний (Si) с процентным содержанием 0,17-0,37%, углерод (C) с процентным содержанием 0,17-0,23%. Остальную часть составляет железо (Fe).[1]

Механические свойства стали 19ХГН после заготовительной операции: $\sigma_b=700$ МПа, $\sigma_T=590$ МПа, твердость заготовки 210...225 НВ.

Механические и химические свойства материала обеспечивают удовлетворительную работу детали в механизме. Материал не является дефицитным.

Наиболее рациональными методами получения заготовки являются штамповка на ГKM и прокат. Эти два варианта получения заготовки будут сравниваться в дальнейшем.

Точность изготовления поверхностей и их шероховатость зависят от условий работы детали. Изменение этих параметров приведет к снижению работоспособности детали, снижению точности базирования детали в механизме. Рост шероховатости поверхностей приведет к уменьшению параметров надежности трущихся поверхностей и их интенсивному изнашиванию.

Расположение и форма поверхностей рассматриваемой детали позволяет довольно свободную их обработку стандартными режущими инструментами, а также мерительными устройствами, которые широко применяются в серийном машиностроительном производстве.

В результате анализа требований, применяемым к поверхностям детали, их формы и взаиморасположение можно сделать заключение о достаточно высокой технологичности детали.

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ

2.1 Выбор типа производства.

«В зависимости от размера производственной программы, характера продукции, а также технических и экономических условий осуществление производственного процесса машиностроительные производства делятся на типы».[2]

Отталкиваясь из того, что годовой объем выпуска равен $N_r = 6000$ штук в год, а масса детали $m_d = 1,6$ кг, то определяем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

«В серийном производстве технологический процесс преимущественно дифференцирован, то есть расчленен на отдельные операции, которые закреплены за определенными станками. Станки здесь применяются разнообразных видов. Станочный парк должен быть специализирован в такой мере, чтобы был возможен переход от производства одной серии машин к производству другой, несколько отличающейся от первой в конструктивном отношении. В таком производстве должны широко применяться специализированные и специальные приспособления, специализированный и специальный режущий инструмент и, наконец, измерительный инструмент в виде предельных (стандартных и специальных калибров) и шаблонов, обеспечивающих взаимозаменяемость обработанных деталей. Все это оборудование и оснастку в серийном производстве можно применять достаточно широко, так как при повторяемости процессов изготовления одних и тех же деталей указанные средства производства дают технико-экономический эффект, который с большой выгодой окупает затраты на них».[2]

«Форма организации среднесерийного производства переменноточная. Техпроцесс разрабатывается на основе типовых процессов обработки деталей машин. Припуск на обработку – незначительный».[2]

Для серийного производства характерна групповая форма организации технологических процессов. Рассчитываем размер партии для запуска по формуле:

$$n = \frac{N \times a}{254},$$

где a – периодичность запуска; при запуске 1 раз в месяца $a=24$;

N – годовая программа выпуска деталей.

$$n = \frac{6000 \times 24}{254} = 567 \text{шт.}$$

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Как уже упоминалось заготовку рационально получить штамповкой на ГKM или из сортового проката. Сравним себестоимость этих двух вариантов.

Класс точности штамповки – 4 [3], степень сложности – 2, масса штамповки – 3,1 кг.

Размеры заготовки из проката - Ø90x113 мм, масса заготовки из проката – 6,1 кг.

Определим стоимость снятия одного килограмма стружки при механической обработке [4].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.1)$$

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [4]

Тогда

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

Определяем стоимость одного килограмма заготовки, полученной штамповкой [4].

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n, \quad (2.2)$$

где $C_{\text{шт}} = 0,315$; $k_T = 0,9$; $k_C = 0,84$; $k_B = 1,14$; $k_M = 1,0$; $k_{II} = 1,0$.[4]

Тогда

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

Определим технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [4].

$$C_{шт} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} (Q_{шт} - q) - C_{отх} (Q_{шт} - q), \quad (2.3)$$

где $Q_{шт} = 3,1$; $q = 1,6$; $C_{отх} = 0,0144$. [4]

Тогда

$$C_{шт} = 0,2715 \cdot 3,1 + 0,6578 (3,1 - 1,6) - 0,0144 (3,1 - 1,6) = 1,81 \text{ руб.}$$

Определим технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [4].

$$C_{пр} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} (Q_{пр} - q) - C_{отх} (Q_{пр} - q), \quad (2.4)$$

где $Q_{пр} = 6,1$.

Тогда

$$C_{пр} = 0,1219 \cdot 6,1 + 0,6578 (6,1 - 1,6) - 0,0144 (6,1 - 1,6) = 3,64 \text{ руб.}$$

Вывод: по технологической себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\Delta_2 = C_{пр} - C_{шт} \cdot Y_2 = 3,64 - 1,81 \cdot 2000 = 10980 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В этом разделе проанализируем поверхности детали и выберем методы их обработки в зависимости от качества точности и параметра шероховатости.

Для обработки поверхности №1 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №2 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №16 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №17 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №18 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №19 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №20 с параметрами IT 7, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение, протягивание.

Для обработки поверхности №21 с параметрами IT 10, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: протягивание.

Для обработки поверхности №22 с параметрами IT 11, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: протягивание.

Для обработки поверхности №23 с параметрами IT 10, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: протягивание.

Для обработки поверхности №24 с параметрами IT 7, Ra 1,25 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерование, зубошлифование.

Для обработки поверхности №25 с параметрами IT 7, Ra 1,25 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерование, зубошлифование.

Для обработки поверхности №26 с параметрами IT 14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерование.

2.5 Расчет припусков.

Определим припуски на обработку самой точной поверхности. Для расчета припусков возьмем поверхность с параметрами $\varnothing 50k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ мм.

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

$$D = 50 \begin{pmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{pmatrix} \text{мм}; L = 47 \text{мм}; Ra = 0,32 \text{ мкм.}$$

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o .$$

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225 , \text{ мм.}$$

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

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

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025 , \text{ мм.}$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,39 = 0,010 , \text{ мм.}$$

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

$$\Delta_{05} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004 , \text{ мм.}$$

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

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

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

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125 , \text{ мм.}$$

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

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0,01 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,018 , \text{ мм.}$$

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(d_0 + Td_1) = 0,626 + 0,5(0,9 + 0,250) = 1,201 , \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(d_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,02) = 0,419 , \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(d_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176 , \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(d_3 + Td_4) = 0,040 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,072 , \text{ мм.}$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0,5 \left(d_4 + Td_5 \right) = 0,018 + 0,5(0,025 + 0,016) = 0,039 \text{ , MM.}$$

$$d_{5\min} = 50,002 \text{ .}$$

$$d_{5\max} = 50,018 \text{ .}$$

$$d_{4\min} = d_{5\max} + 2Z_{5\min} = 50,018 + 2 \cdot 0,018 = 50,054 \text{ .}$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + Td_5 = 50,054 + 0,016 = 50,070 \text{ .}$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 50,070 + 2 \cdot 0,040 = 50,150 \text{ .}$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 50,150 + 0,025 = 50,425 \text{ .}$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 50,175 + 2 \cdot 0,125 = 50,425 \text{ .}$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 50,425 + 0,100 = 50,525 \text{ .}$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 50,525 \cdot 0,999 = 50,489 \text{ .}$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 50,489 + 0,062 = 50,551 \text{ .}$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 50,551 + 2 \cdot 0,263 = 51,077 \text{ .}$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 51,077 + 0,250 = 51,327 \text{ .}$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 51,327 + 2 \cdot 0,626 = 51,953 \text{ .}$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 51,953 + 0,900 = 52,853 \text{ .}$$

$$d_{cpi} = 0,5 \left(d_{i\max} + d_{i\min} \right) \text{ .}$$

$$d_{cp0} = 0,5 \left(d_{0\max} + d_{0\min} \right) = 0,5(52,853 + 51,953) = 52,403 \text{ , MM.}$$

$$d_{cp1} = 0,5 \left(d_{1\max} + d_{1\min} \right) = 0,5(51,327 + 51,077) = 51,202 \text{ , MM.}$$

$$d_{cp2} = 0,5 \left(d_{2\max} + d_{2\min} \right) = 0,5(50,551 + 50,489) = 50,520 \text{ , MM.}$$

$$d_{cpTO} = 0,5 \left(d_{TO\max} + d_{TO\min} \right) = 0,5(50,525 + 50,425) = 50,475 \text{ , MM.}$$

$$d_{cp3} = 0,5 \left(d_{3\max} + d_{3\min} \right) = 0,5(50,175 + 50,150) = 50,163 \text{ , MM.}$$

$$d_{cp4} = 0,5 \left(d_{4\max} + d_{4\min} \right) = 0,5(50,070 + 50,054) = 50,062 \text{ , MM.}$$

$$d_{cp5} = 0,5 \left(d_{5\max} + d_{5\min} \right) = 0,5(50,018 + 50,002) = 50,010 \text{ , MM.}$$

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{5\max} \cdot$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5 \cdot$$

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

$$2Z_{\min} = 51,953 - 50,018 = 1,935 \text{ , мм.}$$

$$2Z_{\max} = 1,935 + 0,9 + 0,016 = 2,851 \text{ , мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5(1,935 + 2,851) = 2,393 \text{ , мм.}$$

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

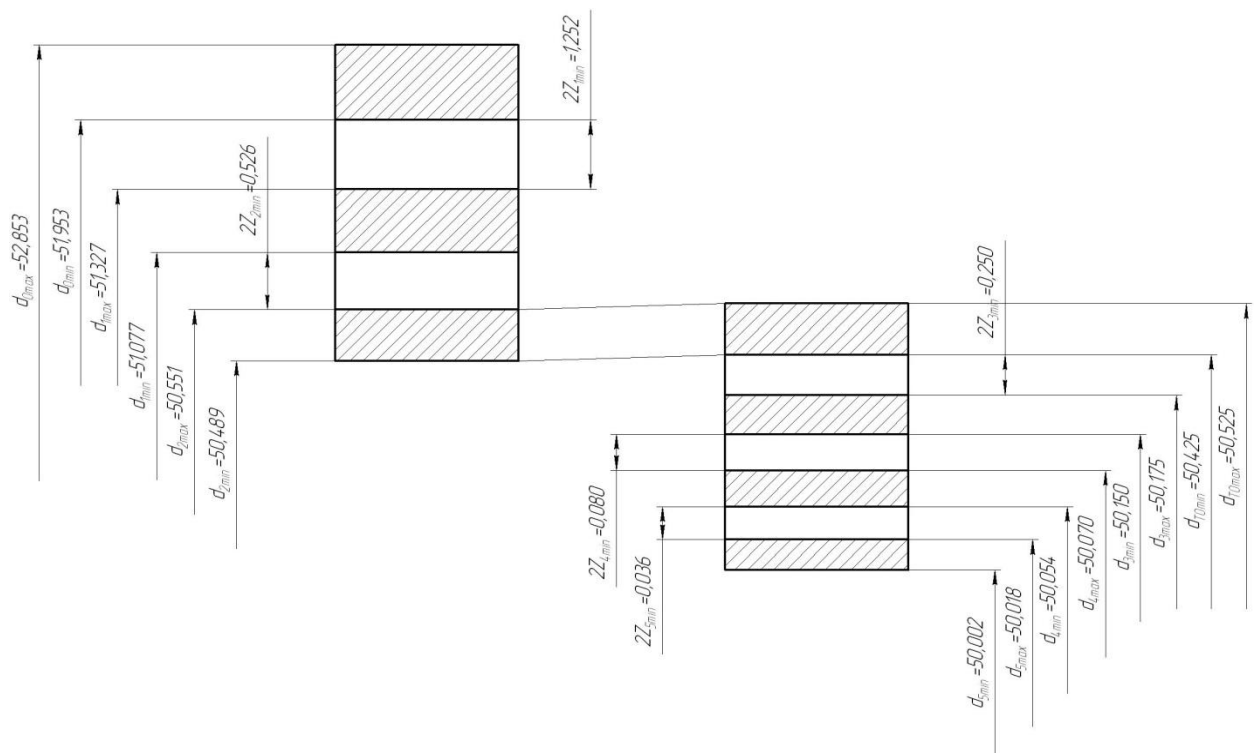


Рисунок 2.1 - Схема расположения припусков и полей допусков

на поверхность $\varnothing 50k6 \left(\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$.

2.6 Проектирование заготовки.

Для штамповки по ГОСТ 7505-89[3] выбираем: группу стали - М2; штамповка на ГКМ относится к классу точности Т4.

Найдем степень сложности.

$$G_{\Pi} = 3,1 ; G_{\Phi} = 6,4 \text{ , кг.}$$

$$\frac{G_{II}}{G_{\Phi}} = \frac{3,1}{6,4} = 0,48 .$$

По этому показателю оцениваем степень сложности штамповки С2.[3]

По ГОСТ 7505-89 [3] определяем исходный индекс заготовки – 6.

2.7 Выбор средств технологического оснащения.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на 005 Центровально-подрезной операции выбираем центровально-подрезной станок модели 2А911-1, который предназначен для обработки центровых отверстий в деталях типа «вал» в металлообрабатывающей промышленности в условиях массового и серийного производства.

Для токарных черновых и чистовых операций 010, 015, 020, и 025 выберем токарный станок с числовым программным управлением SAMAT-400ХС. Этот станок предназначен для торной обработки деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе для нарезания резьб в полуавтоматическом цикле.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на зубофрезерной операции 030 в качестве технологического оборудования примем зубофрезерный станок 5К32А, который предназначен для фрезерования зубьев цилиндрических зубчатых колес диаметров до 800 мм, а также для обработки червячных колес в условиях единичного и серийного производства. Этот станок является полуавтоматом.

Для оснащения технологического процесса на Протяжных операциях 035 и 040 в качестве технологического оборудования принимаем горизонтально-протяжной станок модели 7Б56, который предназначен для обработки предварительно обработанных или черновых сквозных отверстий различных размеров и геометрических форм методом протягивания. Детали при этом могут быть изготовлены из цветных и черных металлов и сплавов. При помощи специальных приспособлений на этом станке могут

обрабатываться и наружные поверхности. Станок отличается высокой точностью обработки и производительностью.

Для обработки центровых отверстий после термообработки на центрошлифовальной операции 050 в качестве технологического оборудования примем центрошлифовальный станок ZSM 5100.

Для чистовой обработки зубьев и шлицев детали на операции 055 в качестве технологического оборудования примем зубошлифовальный станок модели 5М841, который предназначен для шлифования прямобочного и эвольвентного профиля зубьев деталей, прошедших термическую обработку, с прямыми и косыми зубьями наружного зацепления.

Для обработки цилиндрических шеек и торцов детали на операциях 060 и 065 в качестве технологического оборудования примем торцекруглошлифовальный станок модели 3Т161, который предназначен для одновременного шлифования цилиндрической шейки и прилегающего к ней торца методом врезания в условиях массового и серийного производства.

Для оснащения технологического процесса на шлифовальной операциях 070 и 075, где ведется обработка цилиндрических шеек, в качестве технологического оборудования выбираем круглошлифовальный станок модели 3М193, который предназначен для шлифования конических и цилиндрических поверхностей в условиях массового и серийного производства.

Для оснащения технологического процесса на полировальных операциях 080 и 085, где ведется полирование цилиндрических шеек, в качестве технологического оборудования выбираем шлифовально-полировальный станок модели 3В853, который предназначен для декоративного полирования, подготовки деталей под гальванические покрытия, а также для полирования и зачистки изделий из стекла, хрусталя, дерева и пластмасс при помощи гибких абразивных лент и полировальных кругов.

2.8 Определение режимов резания.

2.8.1 Определим режимы резания на операцию 005 Центровально-подрезная.

Переход 1.

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 2,5; S_0 = 0,3; V_0 = 180. [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

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

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 56} = 1024 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 1000}{1000} = 176 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{58}{300} = 0,19 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Материал режущей части инструмента – Р6М5с покрытием TiN.

$$L = L_p + L_{II} + L_d, [7]$$

где $L_{II} = 1\text{мм}$; $L_{Д} = 0\text{ мм}$.

Тогда $L = 3,5 + 1 + 0 = 4,5\text{ ,мм}$.

$$t = 5,35; S_0 = 0,2. [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

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

где $V_{ТАБЛ} = 15\text{ м/мин}$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 0,95$. [7]

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 44} = 774\text{ , мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n = 630\text{ мин}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 630}{1000} = 87\text{ , м/мин.}$$

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{4,5}{126} = 0,04\text{ , мин.}$$

Переход III.

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 2,6; S_0 = 0,3; V_0 = 180. [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

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

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 56} = 1024, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 1000}{1000} = 176, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{30}{300} = 0,10, \text{ мин.}$$

Общее основное время

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,19 + 0,04 + 0,10 = 0,33, \text{ мин.}$$

2.8.2 Определим режимы резания на операцию 010 Токарная черновая.

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 2,6; S_0 = 0,3; V_0 = 180. [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 75,3} = 761, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75,3 \cdot 630}{1000} = 149, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S, мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T₀, мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\delta\delta}}{S} = \frac{90}{189} = 0,48, \text{ мин.}$$

2.8.3 Определим режимы резания на операцию 015 Токарная черновая.

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 2,6; S_0 = 0,3; V_0 = 180. [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n». [7]

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n, соответствующей исходному значению V». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 75,3} = 761, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75,3 \cdot 630}{1000} = 149, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S, мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T₀, мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{90}{189} = 0,48, \text{ мин.}$$

2.8.4 Определим режимы резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Переход 1.

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 0,3; S_0 = 0,3; V_0 = 180 . [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 75,3} = 761, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75,3 \cdot 630}{1000} = 149, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

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

Переход II.

Материал режущей части инструмента – Р6М5.

$$t = 15,8; S_0 = 0,3; V_0 = 120 . [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

$$K_1 = 1,0; K_2 = 0,5; K_3 = 1,0 . [7]$$

$$\text{Тогда } V = 120 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 60 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 30,6} = 605, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,6 \cdot 400}{1000} = 39,7, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{80}{120} = 0,67 \text{ мин.}$$

Переход III.

$$t = 6,2; S_0 = 0,3; V_0 = 180. [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

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

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

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

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{60}{375} = 0,16, \text{ мин.}$$

Итоговое время операции

$$T_0 = 0,38 + 0,67 + 0,16 = 1,21, \text{ мин.}$$

2.8.5 Определим режимы резания на операцию 025 Токарная чистовая.

Переход 1.

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 0,3; S_0 = 0,3; V_0 = 180. [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 75,3} = 761, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75,3 \cdot 630}{1000} = 149, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{107}{189} = 0,57, \text{ мин.}$$

Переход II.

$$t = 6,2; S_0 = 0,3; V_0 = 180 . [7]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

$$K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [7]$$

Тогда

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

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

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n_{\phi} = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

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

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [7]

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

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{60}{375} = 0,16, \text{ мин.}$$

Итоговое время операции

$$T_0 = 0,57 + 0,16 = 0,73, \text{ мин.}$$

2.8.6 Определим режимы резания на операцию 030 Зубофрезерная.

Материал режущей части фрезы Р6М5 с покрытием TiN.

$$L_{p.x.} = L_p + L_{II} + L_d . [7]$$

$$L_p = b \cdot q .$$

$$L_p = 36 \cdot 1 = 36, \text{ мм.}$$

$$L_{II} = 3 \text{ мм}; L_d = 0.$$

$$L_{p.x.} = 36 + 3 + 0 = 39, \text{ мм.}$$

«Определение осевой подачи S_0 , мм/об».[7]

$$S_0 = S_{0,табл} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где .[7]

Тогда

$$S_0 = 3,75 \cdot 0,9 \cdot 1 = 3,375, \text{ мм/об.}$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [7]

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

$$K_1 = 0,9; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. [7]$$

Тогда

$$V = 57 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 51,3, \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [7]

$$n = \frac{1000 \nu}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 51,3}{3,14 \cdot 75} = 217,8, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины n по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений n более чем на 10-15%)». [7]

$$n=200 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{факт} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 200}{1000} = 47,1, \text{ м/мин.}$$

«Определение величины осевой передвижки фрезы B и количества осевых передвижек фрезы W ».[7]

$$B = 12.[7]$$

$$W = \frac{l_p - (l_i + l_e)}{B},$$

где $l_p = 100$ мм – длина рабочей части фрезы;

l_n, l_k – величины начальной и конечной установки фрезы.

$$l_i = -\frac{3\pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4};$$

$$l_e = -\frac{1,1 \cdot \pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4},$$

где $K = 0,5$ - коэффициент, определяемый числом зубьев колеса.

$$l_f = -\frac{3 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 2}{4} = -7,85, \text{ мм.}$$

$$l_e = -\frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 2}{4} = -1,884, \text{ мм.}$$

$$W = \frac{100 - (-7,85 - 1,884)}{12} = 7,522.$$

Принимаем $W = 8$.

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{p.x.} \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot z_1 \cdot q}, \quad [7]$$

где $z_1 = 3$ – количество заходов фрезы.

$$T_0 = \frac{39 \cdot 35}{200 \cdot 3,375 \cdot 3 \cdot 1} = 0,67, \text{ мин.}$$

2.8.7 Определим режимы резания на операцию 035 Протяжная.

Назначаем режимы резания при заданной геометрии протяжки. Подача обеспечивается самой протяжкой (подъёмом на зуб).

Осевая сила резания

$$P = q_0 \times \sum l_p \times k_p,$$

где $q_0 = 72 \text{ Н/мм}$; $k_{pm} = 1$; $k_{po} = 1$; $k_{pp} = 1$; $k_{pk} = 1$. [7]

Определяем $\sum l_p$ для цилиндрических отверстий.

$$\sum l_p = \pi D \frac{Z_p}{Z_c},$$

где D – наибольший диаметр зубьев протяжки

Z_p – числа зубьев, одновременно участвующих в работе;

Z_c – число зубьев секции;

$$Z_p = \frac{l}{t} + 1,$$

где l – длина протягиваемой поверхности; t – шаг черновых зубьев.

$Z_p = 36 / 8 = 4,5$. Принимаем $Z_p = 5$.

$$Z_c = 2.$$

$$\sum l_p = 3,14 \times 14 \frac{4}{2} = 87,92, \text{ мм.}$$

«Расчет скорости резания V , допускаемой мощностью электродвигателя станка». [7]

$$V_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_{\text{д}} \cdot \eta}{P},$$

где $N_{\text{д}} = 11$ кВт, КПД = 0,85. [7]

Тогда

$$V_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 11 \cdot 0,85}{633} = 90, \text{ м/мин.}$$

Таким образом, выполняется условие $V > V_{\text{доп}}$ ($8 < 90$).

Следовательно, принимаем скорость резания $V = 8$ м/мин ($\approx 0,13$ м/с).

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = L \times V = 0,025 \times 8 = 0,2, \text{ мин.}$$

2.8.8 Определим режимы резания на операцию 040 Протяжная.

Назначим скорость резания $V = 8$ м/мин ($\approx 0,13$ м/с).

$$P = \cdot 6210 \text{ Н.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = L \times V = 0,025 \times 8 = 0,2, \text{ мин.}$$

2.8.9 Определим режимы резания на операцию 050 Центрошлифовальная.

«Расчет скорости резания V ». [7]

$$V_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{к}} \cdot n_{\text{к}}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки n_3 , мин⁻¹». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 44} = 253,3, \text{ мин}^{-1}.$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} = \frac{8}{500} + \frac{3,5}{50} + 0,05 = 0,14, \text{ мин.}$$

2.8.10 Определим режимы резания на операцию 055 Зубошлифовальная.

Длина рабочего хода

$$L_{\text{РХ}} = b + (20 \dots 40) \cos \beta + \pi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad [7]$$

где $b = 36$ - ширина венца.

$$L_{\text{РХ}} = 36 + 30 \cdot 1 + 0 = 66, \text{ мм.}$$

Толщина зуба

, мм.[7]

Радиальная подача $S_p = 0,02$, мм/дв.х.[7]

Продольная подача, мм/мин.[7]

Количество проходов – 3.

Скорость шлифования $V = 30$, м/с.[7]

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi \cdot d_{\text{КР}}} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3,14 \cdot 350} = 1638, \text{ мин}^{-1}.$$

2.8.11 Определим режимы резания на операцию 060 Шлифовальная.

«Расчет скорости резания V ». [7]

$$V_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{к}} \cdot n_{\text{к}}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки n_3 , мин⁻¹». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50,11} = 222,4, \text{ мин}^{-1}.$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫЛ}} = \frac{8}{500} + \frac{50}{50} + 0,05 = 1,07, \text{ мин.}$$

2.8.12 Определим режимы резания на операцию 065 Шлифовальная.

«Расчет скорости резания V ». [7]

$$V_{\kappa} = \frac{\pi \cdot D_{\kappa} \cdot n_{\kappa}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки n_3 , мин^{-1} ». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50,11} = 222,4, \text{ об/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫЛ}} = \frac{8}{500} + \frac{50}{50} + 0,05 = 1,07, \text{ мин.}$$

2.8.13 Определим режимы резания на операцию 070 Шлифовальная чистовая.

«Расчет скорости резания V ». [7]

$$V_{\kappa} = \frac{\pi \cdot D_{\kappa} \cdot n_{\kappa}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки n_3 , мин^{-1} ». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50,01} = 222,9, \text{ об/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫЛ}} = \frac{8}{500} + \frac{50}{50} + 0,05 = 1,07, \text{ мин.}$$

2.8.14 Определим режимы резания на операцию 075 Шлифовальная чистовая.

«Расчет скорости резания V ». [7]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки n_3 , мин⁻¹». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50,01} = 222,9, \text{ об/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} = \frac{8}{500} + \frac{50}{50} + 0,05 = 1,07, \text{ мин.}$$

2.8.15 Определим режимы резания на операцию 080 Полировальная.

«Расчет скорости резания V ». [8]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки n_3 , мин⁻¹». [8]

$$n_\delta = \frac{1000 \cdot V_\delta}{\pi \cdot D_\delta} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 50} = 159, \text{ мин}^{-1}.$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[8]

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 0,36; K_3 = 0,82$. [7]

$$F = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 50 \cdot 50 = 7850, \text{ мм}^2.$$

Тогда

$$T_0 = 10^{-2} \frac{7850}{63} 1 \cdot 0,36 \cdot 0,82 = 0,37, \text{ мин.}$$

2.8.16 Определим режимы резания на операцию 085 Полировальная.

«Расчет скорости резания V ». [8]

$$V_{\kappa} = \frac{\pi \cdot D_{\kappa} \cdot n_{\kappa}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}.$$

«Расчет частоты вращения заготовки n_{δ} , мин^{-1} ». [8]

$$n_{\delta} = \frac{1000 \cdot V_{\delta}}{\pi \cdot D_{\delta}} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 50} = 159, \text{ мин}^{-1}.$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T_0 , мин».

[8]

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 0,36; K_3 = 0,82$. [7]

$$F = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 50 \cdot 50 = 7850, \text{ мм}^2.$$

Тогда

$$T_0 = 10^{-2} \frac{7850}{63} 1 \cdot 0,36 \cdot 0,82 = 0,37, \text{ мин}.$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ОСНАЩЕНИЯ

На токарной чистовой операции 025 проводят обработку внутренних и наружных поверхностей детали. Это представлено на рис. 3.1. Обработку осуществляют за два перехода.

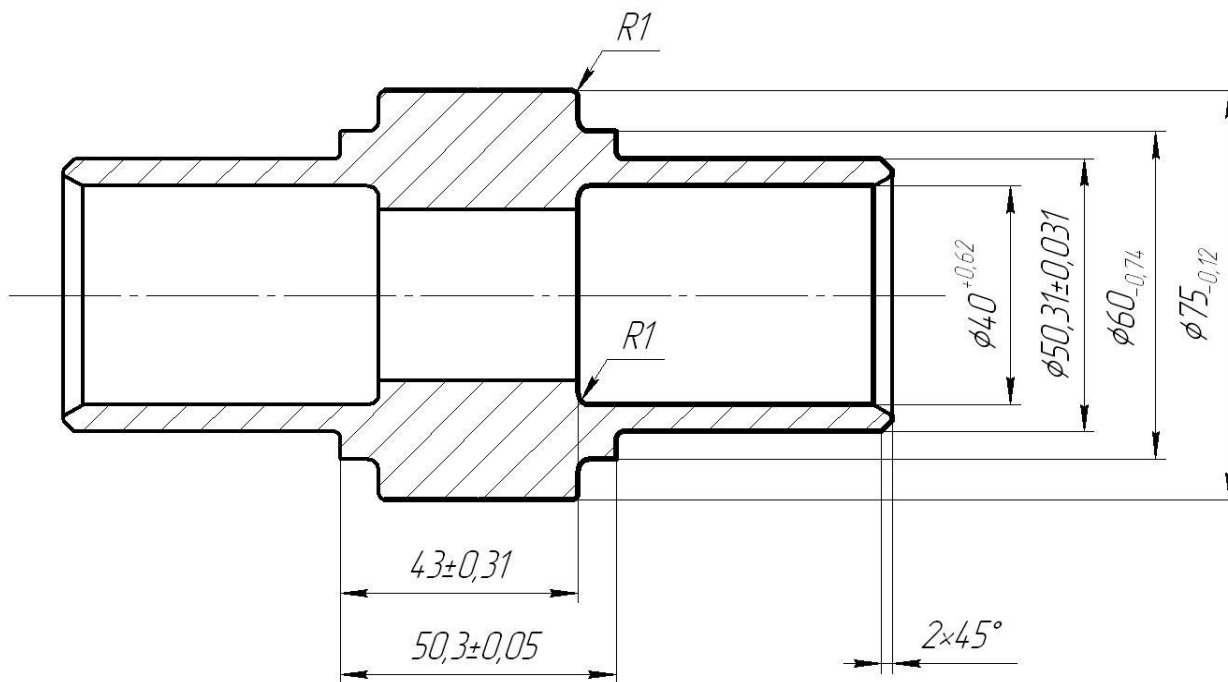


Рисунок 3.1 - Схема токарной чистовой операции

3.1 Определение зажимного усилия.

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, [10] \quad (3.1)$$

Для P_z : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$. [10]

Для P_y : $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$. [10]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{ap}, \quad (3.2)$$

Рассчитаем P_y

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 149^{-0,3} \cdot 0,9 = 80,1, \text{ Н.}$$

Рассчитаем P_z

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 149^{-0,15} \cdot 0,9 = 155, \text{ Н.}$$

Крутящий момент, который стремится повернуть заготовку

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2}. \quad (3.3)$$

Момент зажима, который препятствует провороту

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}. \quad (3.4)$$

Приравняем их

$$W = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K p_z \cdot d_1}{f d_2}, \quad (3.5)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.6)$$

$$K_1 = 1,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0. [10]$$

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8$$

$$K_{p_z} = 1,80; K_{p_y} = 2,52; f = 0,3. [10]$$

Тогда

$$W = \frac{1,8 \cdot 155 \cdot 75}{0,3 \cdot 50,31} = 1386, \text{ Н.}$$

Рассчитаем необходимое усилие силового привода

$$Q = \frac{W_1}{i}, \quad (3.7)$$

$$\text{где } i_c = \frac{A}{B}, \quad (3.8)$$

где А и В – плечи рычага. [10]

Примем $i_c = 2$.

$$\text{Тогда } Q = \frac{1386}{2} = 693, \text{ Н.}$$

3.2 Расчет силового привода.

Рассчитаем необходимый диаметр поршня.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}; [11] \quad (3.9)$$

где $P = 0,4$ МПа (для пневмоцилиндра).

Тогда

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{693}{0,4 \cdot 10^6}} = 47 \text{ , мм.}$$

Определим необходимый ход поршня

$$S_0 = S_w / i_n \tag{3.10}$$

где $i = \mathbf{1}/i_c$ – передаточное отношение зажимного механизма по смещению. Значение S_0 принимается с некоторым запасом 10-15 мм.

Таким образом принимаем $S_0 = 20$ мм.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На протяжной операции 035 обрабатывают внутреннее отверстие детали круглой протяжкой. Начальный диаметр отверстия $D_0=31,6^{+0,1}$ мм, после протягивания отверстие имеет размер $\varnothing 32H7(^{+0,025})$.

4.1 «Расчет режущей части протяжки».[12]

4.1.1 «Исходные данные».[12]

Диаметр отверстия перед протягиванием $D_0 = 30,6^{+0,1}$, мм;

диаметр отверстия после протягивания $D = 32H7(^{+0,025})$, мм;

верхнее предельное отклонение диаметра D:ES=+0,025, мм;

нижнее предельное отклонение диаметра D:EI=0;

длина протягивания $L_0 = 36$, мм;

марка обрабатываемого материала – сталь 19ХГН ТУ 14-1-2252-90;

предел прочности обрабатываемого материала $\sigma_B = 700$, МПа.

4.1.2 «Расчет геометрических параметров режущей части протяжки».[12]

«Назначение переднего и заднего углов протяжки».[12]

Исходя из обрабатываемого материала задний угол режущих зубьев принимаем $\alpha_{r0}=3^\circ$, передний угол принимаем $\gamma_{r0}=18^\circ$.

«Определение припуска под протягивание».[12]

$$D_{\max} = D + \frac{1}{2}IT = 32 + \frac{1}{2}0,025 = 32,013, \text{ мм.}$$

$$A = \frac{D_{\max} - D_0}{2} = \frac{32,013 - 30,6}{2} = 0,707, \text{ мм.}$$

«Расчет шага режущих зубьев». [12]

$$t = (1,25 \dots 1,5)\sqrt{L_0},$$

$$t = 1,3\sqrt{36} = 7,8, \text{ мм.}$$

Принимаем $t=8$ мм.

«По величине t назначают размеры стружечных канавок». [12]

$$k = 3; c = 3; r = 1,5; R = 7; F_K = 7,07 .$$

«Расчет толщины среза, приходящегося на один зуб протяжки». [12]

$$a_z = \frac{F_K}{K \cdot L_0} = \frac{7,07}{4 \cdot 36} = 0,049 ,$$

где $K=4$. [12]

«Определение числа одновременно работающих зубьев». [12]

$$q = \frac{L_0}{t} + 1 = \frac{36}{8} + 1 = 6 .$$

«Расчет силы, приходящейся на 1 мм длины обрабатываемого контура».

[12]

$$P_z = C_p \cdot \sigma_a \cdot a_z^{0,85} \cdot K_\gamma ,$$

где $C_p = 4,3$. [12]

$$K_\gamma = \frac{90 - \gamma}{75} = \frac{90 - 18}{75} = 0,96 .$$

$$P_z = 4,3 \cdot 700 \cdot 0,049^{0,85} \cdot 0,96 = 222,6 , \text{ Н} .$$

«Расчет усилия протягивания, а также напряжения в канавке перед первым зубом». [12]

$$P_T = \pi \cdot P_z \cdot D \cdot q = 3,14 \cdot 222,6 \cdot 32 \cdot 6 = 134201 , \text{ Н} ,$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot P_T}{\pi(D_0 - 2h)^2} = \frac{4 \cdot 134201}{3,14(30,6 - 2 \cdot 3)^2} = 127,6 , \text{ МПа} .$$

Условие $\sigma_1 \leq [\sigma_H] = 400 \dots 450$ МПа выполняется.

По [12] выберем наибольший диаметр хвостовика

$$d_1 = 28 , \text{ мм} .$$

«Расчет напряжения в опасном сечении хвостовика». [12]

$$\sigma_x = \frac{P_T}{F_x} = \frac{134201}{380,1} = 353,1 , \text{ МПа} ,$$

где площадь опасного сечения $F_x = 380,1$, мм². [12]

«Расчет числа черновых зубьев протяжки». [12]

$$z = \frac{A - a'_z z'}{a_z} + 1 .$$

Примем $a_z = 0,049$ мм.

$$z = \frac{0,707 - 0,021 \cdot 1}{0,049} + 1 = 15 .$$

«Расчет номинальных диаметров черновых режущих зубьев». [12]

$$D_i = D_0 + 2a_z(i - 1) .$$

$$D_1 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(1 - 1) = 30,600 , \text{ мм.}$$

$$D_2 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(2 - 1) = 30,698 , \text{ мм.}$$

$$D_3 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(3 - 1) = 30,796 , \text{ мм.}$$

$$D_4 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(4 - 1) = 30,894 , \text{ мм.}$$

$$D_5 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(5 - 1) = 30,992 , \text{ мм.}$$

$$D_6 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(6 - 1) = 31,090 , \text{ мм.}$$

$$D_7 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(7 - 1) = 31,188 , \text{ мм.}$$

$$D_8 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(8 - 1) = 31,286 , \text{ мм.}$$

$$D_9 = 30,6 + 2 \cdot 0,049(9 - 1) = 31,384 , \text{ мм.}$$

$$D_{10} = 30,6 + 2 \cdot 0,049(10 - 1) = 31,482 , \text{ мм.}$$

$$D_{11} = 30,6 + 2 \cdot 0,049(11 - 1) = 31,580 , \text{ мм.}$$

$$D_{12} = 30,6 + 2 \cdot 0,049(12 - 1) = 31,678 , \text{ мм.}$$

$$D_{13} = 30,6 + 2 \cdot 0,049(13 - 1) = 31,776 , \text{ мм.}$$

$$D_{14} = 30,6 + 2 \cdot 0,049(14 - 1) = 31,874 , \text{ мм.}$$

$$D_{15} = 30,6 + 2 \cdot 0,049(15 - 1) = 31,972 , \text{ мм.}$$

«Расчет номинальных диаметров чистовых режущих зубьев». [12]

$$D_{q1} = D_z + 2a'_z j .$$

$$D_{q1} = 31,972 + 2 \cdot 0,021 \cdot 1 = 32,013 , \text{ мм.}$$

«Расчет длины режущей части протяжки». [12]

$$l_p = t(z + z') = 8(15 + 1) = 182 , \text{ мм.}$$

«Расчет шага калибрующих зубьев протяжки». [12]

$$t_k \approx \frac{2t}{3} = 5,5 , \text{ мм.}$$

«Номинальный диаметр всех калибрующих зубьев». [12]

$$D_k = D_{\max} = 32,013 \text{ мм.}$$

4.2 «Конструктивные элементы протяжки».[12]

«Выбор конфигурации стружкоразделительных канавок». [12]

$$\varepsilon = 60^\circ; m = 0,7; R_c = 0,4 \text{ мм.}$$

«Расчет количества стружкоразделительных канавок». [12]

$$n_c = 1,85\sqrt{D} = 1,85\sqrt{11} = 6.$$

$$\frac{180}{n_c} = \frac{180}{6} = 30^\circ.$$

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка».

5.1 «Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта».[20]

Таблица 5.1 – «Технологический паспорт технического объекта» [20]

№ п/п	«Технологический процесс» [20]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [20]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [20]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [20]	«Материалы, вещества» [20]
1	Технологический процесс изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка	токарная чистовая операция 025	оператор токарного станка с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ модели SAMAT-400XC, патрон токарный, центр упорный	сталь 19ХГН, СОЖ-Литол
2	Технологический процесс изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка	операция протяжная 035	станочник	горизонтально-протяжной станок модели 7Б56, приспособление специальное, патрон протяжной	сталь 19ХГН, СОЖ-Литол

5.2 Идентификация профессиональных рисков.[20]

Таблица 5.2 – «Идентификация профессиональных рисков».[20]

№ п/п	«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [20]	«Опасный и /или вредный производственный фактор» [20]	«Источник опасного и / или вредного производственного фактора» [20]
1	2	3	4
1	токарная чистовая операция 025	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [21] «опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха»[21] «опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий» [21]	стружка стальная пары смазочно-охлаждающей жидкости электрический ток
2	операция протяжная 035	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [21] «опасные и вредные производственные факторы, связанные	стружка стальная пары смазочно-охлаждающей жидкости

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
		с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха»[21] «опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий» [21]	электрический ток

5.3 «Методы и средства снижения профессиональных рисков».[20]

Таблица 5.3 –«Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов (как уже реализованных в базовом исходном состоянии, так и дополнительно или альтернативно предлагаемых автором работы для реализации в рамках выпускной квалификационной работы)». [20]

№ п/п	«Опасный и / или вредный производственный фактор» [20]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора» [20]	«Средства индивидуальной защиты работника» [20]
1	2	3	4
1	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним»	централизованная автоматизированная система удаления стружки цеха	специальная одежда рабочего, имеющая высокую плотность; защитный экран станка, защищающий оператора от вылета

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
	[21]		стружки
2	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха»[21]	централизованная вентиляционная система цеха	респираторы, являющиеся индивидуальным средством защиты оператора станка
3	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий» [21]	Система заземления, выполняемая каждой единице технологического оборудования, подключенного к электрической сети цеха; резиновые коврики и деревянные щиты, на которых находится оператор во время работы	«специальная одежда рабочего» [21]

5.4 «Обеспечение пожарной безопасности технического объекта».[20]

5.4.1 «Идентификация классов и опасных факторов пожара». [20]

Таблица 5.4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара».

[20]

№ п/п	«Участок, подразделение» [20]	«Оборудование» [20]	«Класс пожара» [20]	«Опасные факторы пожара» [20]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [20]
1	2	3	4	5	6
1	Участок механической обработки	токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XS, патрон токарный, центр упорный	Е	«тепловой поток» [20]	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты производственного и инженерно-технического оборудования» [20]
2	Участок механической обработки	горизонтально-протяжной станок модели 7Б56,	Е	тепловой поток	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
		приспособление специальное, патрон протяжной			инженерно-производственного и технического оборудования» [20]

5.4.2. «Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта». [20]

Таблица 5.5 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности». [20]

«Первичные средства пожаротушения» [20]	«Мобильные средства пожаротушения» [20]	«Стационарные установки и системы пожаротушения» [20]	«Средства пожарной автоматики» [20]	«Пожарное оборудование» [20]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре» [20]	«Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)» [20]	«Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [20]
огнетушители, контейнеры с песком	пожарные лестницы и/или автомобили	пожарные гидранты	автоматизированные средства пожароповещения	Напорные пожарные рукава, гидранты	противогазы, респираторы	ломы, лопаты, ведра	автоматические датчики и извещатели

5.4.3 «Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара». [20]

Таблица 5.6 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности». [20]

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [20]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [20]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [20]
1	2	3

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3
токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC, патрон токарный, центр упорный	Систематическое проведение инструктажей по пожарной безопасности. Применение автоматизированных систем оповещения. Контроль безопасной эксплуатации технологического оборудования.	Запрет на применение в цехе открытого огня. Применение систем автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.
горизонтально-протяжной станок модели 7Б56, приспособление специальное, патрон протяжной	Систематическое проведение инструктажей по пожарной безопасности. Применение автоматизированных систем оповещения. Контроль безопасной эксплуатации технологического оборудования.	Запрет на применение в цехе открытого огня. Применение систем автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

5.5 «Обеспечение экологической безопасности технического объекта». [20]

5.5.1 «Анализ негативных экологических факторов реализуемого производственно-технологического процесса (изготовления, транспортировки, хранения) и/или осуществляемой функциональной эксплуатации технического объекта с точки зрения его экологической безопасности». [20]

Таблица 5.7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта». [20]

«Наименование технического объекта, производственно - технологического процесса» [20]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технологического оборудования), энергетической установки транспортного средства и т.п.» [20]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [20]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)» [20]	«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.» [20]
токарная чистовая операция 025	токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC, патрон токарный, центр упорный	«факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха»[21]	Отработанная смазочно-охлаждающая жидкость	«разрывающиеся части твердых объектов» (стружка)
операция протяжная 025	горизонтально-протяжной станок модели 7Б56, приспособление специальное, патрон протяжной	«факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха»[21]	Отработанная смазочно-охлаждающая жидкость	«разрывающиеся части твердых объектов» (стружка)

5.5.2 «Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемым

техническим объектом (заданным выпускной квалификационной работой), обеспечивающих соблюдение действующих (перспективных) требований нормативных документов». [20]

Таблица 5.8 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [20]

«Наименование технического объекта» [20]	токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XS, горизонтально-протяжной станок модели 7Б56
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [20]	Применение централизованной вентиляционной системы в цехе, содержащей фильтрацию
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [20]	Сбор и утилизация отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей, а также фильтрация этих средств в автоматизированных системах технологического оборудования
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [20]	Централизованная система сбора стружки в цехе. Стружка собирается в системе, передается на вспомогательное производство, где перерабатывается (переплавляется) и уже полученный материал идет на заготовительное производство

5.6 Заключение.

В результате разработки раздела по экологичности и безопасности технологического объекта были представлены меры по соблюдению экологической чистоты и трудовой дисциплине, которые снизят или вовсе исключат получение травм на рабочих местах модернизированных операций технологического процесса. Это повысит эффективность производства деталей в условиях среднесерийного машиностроительного производства.

В разделе также проанализирована пожарная безопасность объекта и представлены мероприятия по снижению рисков возникновения возгораний на производстве.

Третьим этапом были разработаны меры по снижению негативного воздействия действующего машиностроительного производства на атмосферу, гидросферу и литосферу. В этой части раздела нами предложены системы и действия, которые в условиях производства снижали или исключали бы указанные воздействия и увеличивали бы экосферу, в условиях которой находится производство.

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.

Основные изменения технологического процесса изготовления детали «Вал-шестерня» коснулись операций:

- 025 токарной, здесь заменили патрон с ручным зажимом заготовки на автоматизированное приспособление. Данное совершенствование привело к уменьшению вспомогательного времени примерно на 48%;

- 035 протяжной, здесь заменили протяжку круглую из быстрорежущей стали Р6М5 на протяжку из быстрорежущей стали Р6М5 с износостойким покрытием TiN. Данное совершенствование привело к увеличению стойкости инструмента и уменьшению основного времени примерно на 12%.

Учитывая описанные изменения, по методике «Расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование» [23], определим капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, которые будут учитывать:

- затраты на проектирование совершенствований технологического процесса,
- затраты на инструменты для операций 025 и 050,
- объем незавершенного производства, т.к. на операции 015 применяется оборудование с числовым программным управлением.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 58451,04 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Вал-шестерня» в объеме 6000 штук.

Для проведения экономического сравнения описанных вариантов, также, необходимо определить себестоимость изготовления детали «Вал-шестерня» по описанным операциям, с применением методики «Расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [23]. Обычно технологическая себестоимость складывается из четырех показателей:

- затрат на основной материал (M),
- основной заработной платы ($Z_{пл.осн}$),
- начислений на заработную плату ($H_{з.пл}$),
- и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{э.об}$).

Однако, если в ходе совершенствования технологического процесса, изменения не касаются метода получения заготовки, то величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на уровень отклонений в технологической себестоимости. Значения, входящих в технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 6.1.

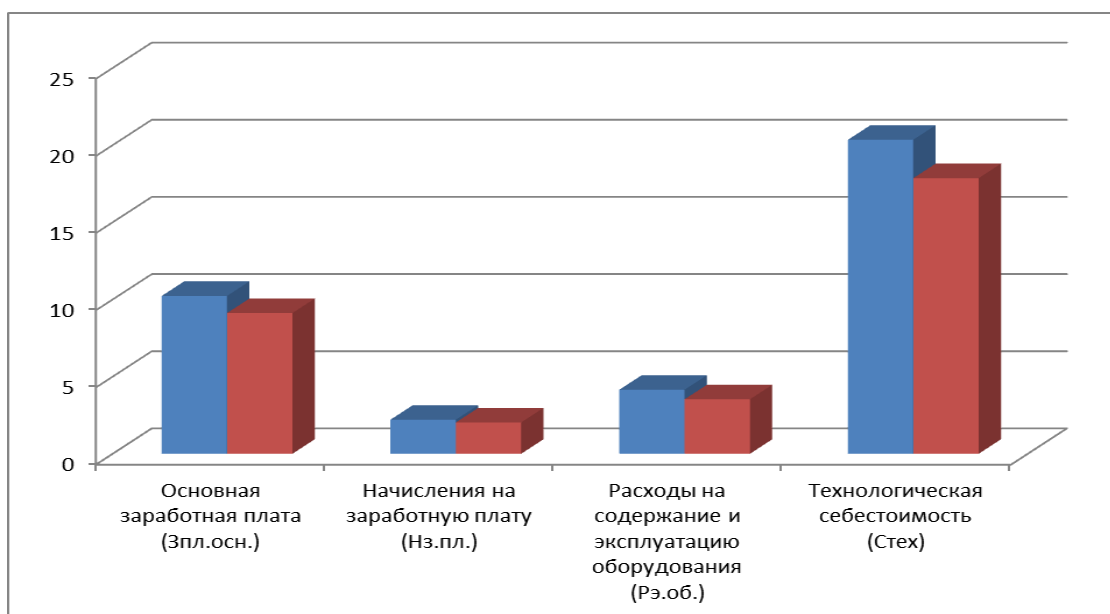


Рисунок 6.1 – Технологическая себестоимость детали «Вал-шестерня», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в среднем примерно на 14,3%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 2,49 рублей, что составило 13,9%.

Знание величины технологической себестоимости, необходимо для определения величин:

- цеховой себестоимости;
- заводской или производственной себестоимости;
- полной себестоимости детали по сравниваемым операциям.

Для определения всех указанных величин используется методика «Калькуляция себестоимости обработки» [23], благодаря которой полная себестоимость ($C_{\text{полн}}$) по базовому варианту составляет 101,75 рублей, а по проектируемому – 89,30 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 12,45 рублей с единицы изделия или 12,3%. Однако при сравнении изменений величин технологической и полной себестоимости, изменение последней увеличилось, это может быть связано с тем, что на определенном этапе произошло уменьшение управленческих расходов.

Далее, учитывая методику «Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта» [23], рассчитаем ряд основополагающих экономических показателей, таких как:

- чистая прибыль ($P_{\text{чист}}$), которая составит 40966 рублей;
- срок окупаемости ($T_{\text{ок}}$), который составит 2 года;
- чистый дисконтируемый доход ($ЧДД$), величина которого равна 11280,14 рублей.

Последний из представленных показателей, позволяет сделать окончательное заключение об экономической целесообразности проектируемого варианта технологического процесса. Если $ЧДД > 0$, то

проект считается эффективным и его рекомендуется внедрять, если ЧДД < 0 , то проект не эффективен и деньги рекомендуют вкладывать в банк. Предложенные совершенствования технологического процесса изготовления детали «Вал-шестерня» позволяют получить положительную величину чистого дисконтируемого дохода, что делает его экономически эффективным, поэтому после вложения денежных средств на совершенствование технологического процесса, предприятие получит прибыль в размере 0,23 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выпускной квалификационной работы нами спроектирован техпроцесс изготовления вала-шестерни токарно-револьверного станка. Техпроцесс оснащен современным оборудованием, станочными приспособлениями, режущим и мерительным инструментом. На токарную чистовую и протяжную операции выполнены технологические наладки. Для осуществления крепления заготовки на токарной операции 025 разработана конструкция трехкулачкового патрона рычажного типа. Для обработки центрального отверстия на протяжной операции 035 сконструирована круглая протяжка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьева, Г.А. Конструкционные стали и сплавы: учеб. пособие / Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, А.Ф. Леонов, А.А. Устинова. – М. : Инфра-М; Znanium.com, 2016. – 440 с.
2. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019 – 330 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные покованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 35 с.
4. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении [Электронный ресурс] : практикум : учеб. пособие / С.С. Клименков. - Минск : Новое знание, 2013 ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 269 с.
5. Шрубченко, И.В. Основы технологии сборки в машиностроении : учеб. пособие / И.В. Шрубченко[и др.]. - М. : ИНФРА-М, 2019. – 235 с.
6. Токмин, А.М. Выбор материалов и технологий в машиностроении : учеб. пособие / А.М. Токмин, В.И. Темных, Л.А. Свечникова. - М. : ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – 235 с.
7. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.[и др.] – М. : НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
8. Козлов, А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
9. Солоненко, В.Г. Резание металлов и режущие инструменты : учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. - М.: ИНФРА-М, 2019. – 415 с.
10. Клепиков, В.В. Технологическая оснастка: Станочные приспособления : учеб. пособие / В.В. Клепиков. - М. : ИНФРА-М, 2019 – 345 с.

11. 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.
12. Резников, Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
13. Должиков, В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве : учеб. пособие / В.П. Должиков. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 328 с.
14. Проектирование протяжек для обработки цилиндрических отверстий: Метод. указания / Сост. Л.А.Резников. – Тольятти : ТГУ, 2006. – 10 с.
15. Иванов, С.А. Основы гидропривода машин: учеб. пособие: в 2 ч. Ч.1. / С.А. Иванов. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 442 с.
16. Патент РФ №2497637 приоритет от 05.06.2012 г., кл. В23С 5/20.
17. Патент RU 2 681 093 С1 от 04.03.2019.
18. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. – 5-е изд., перераб. и доп. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1978. – 728 с.
19. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки.– Введ. 1976-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 10 с.
20. Вереина, Л. И. Конструкции и наладка токарных станков : учеб. пособие / Л. И. Вереина, М. М. Краснов ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 480 с.
20. 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. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 22.05.2019).

21. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 2017-03-01. – М. : Изд-во стандартов, 2017. – 10 с.

22. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. - Введ. 2014-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2014. – 62 с.

23. Краснопевцева, И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2014. - 183 с. - URL:<http://hdl.handle.net/123456789/13>(дата обращения: 29.05.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутные карты

Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
																						Лист 3	
А	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа																		
Б	Код, наименование оборудования																						
О01	Точить фаску (поверхность 2) в размер 2х45°; точить поверхность 3, выдерживая размер $\sim 50,31 \pm 0,031$; точить поверхность 4, выдерживая размер $50,3 \pm 0,05$; точить поверхность 5, выдерживая размер $\sim 60,0,74$; точить поверхность 6, выдерживая размер $43 \pm 0,31$;																						
О03	выполнить радиус R1; точить поверхность 7, выдерживая размер $\sim 75,0,12$; точить поверхность 18, выдерживая размер $\sim 40^{-0,02}$;																						
О04	выполнить радиус R1; точить поверхность 17, выдерживая размер $57 \pm 0,37$.																						
T05	XXXXXX Патрон трехшлицковый; XXXXXX(2) Резец сборный T15К6;																						
T06	XXXXXX Штангенциркуль ИШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXXX Калибр-скоба; XXXXXX Калибр-пробка.																						
A07	XX	XX	XX	030	XXXX	Зубоврезная																	
B08	XXXXXX	Зубоврезный 5К32А																					
O09	Фрезеровать поверхности 24, 25, выдерживая размеры $d_s = 71,0,074$, $t = 2$, $z = 35$.																						
T10	XXXXXX Приспособление специальное; XXXXXX Фреза червячная Р6М5;																						
T11	XXXXXX Штангенциркуль ИШЦ 1-1000-01 ГОСТ 166-80; XXXXXX Калибр специальный.																						
A12	XX	XX	XX	035	XXXX	Протяжная																	
B13	XXXXXX	Горизонтально-протяжной 7Б55																					
O14	Протягивать внутреннее отверстие (поверхность 20), выдерживая размер $\sim 32H7(-0,025)$ на длину $36 \pm 0,37$.																						
T15	XXXXXX Патрон протяжной; XXXXXX Приспособление специальное; XXXXXX Протяжка круглая Р6М5; XXXXXX Калибр-пробка.																						
МК																							

Дубл. Взам. Подл.	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	Тпз.	Тшт.				
А01	XX	XX	XX	040	XXXX Протяжная	ИОГ XXX													
Б02	XXXXXX	Горизонтально-протяжной 7Б55			1	18235	322	1	1	1	1	118	1	23	0,42				
О03	Протягивать поверхности 21, 22, 23, выдерживая размер d-8x32H7x36H11x6H10.																		
Т04	XXXXXX Патрон протяжной; XXXXXX Приспособление специальное; XXXXXX Протяжка шлицевая Р6М5; XXXXXX Калибр-пробка.																		
А05	XX	XX	XX	045	5124 Термическая	ИОГ XXX													
О06	Цементировать h 0,3...0,5 до 59...63 НРС.																		
А08	XX	XX	XX	050	4131 Центрошлифовальная	ИОГ XXX													
Б09	381311	Центрошлифовальный ZSM5100			1	18873	322	1	1	1	118	1	10	0,64					
О10	Шлифовать поверхности 14, 19, выдерживая размер 60°±30'.																		
Т12	XXXXXX(2) Призмы опорные; XXXXX(2) Шлифовальная головка ГОСТ Р 52781-2007; XXXXXX Калибр-пробка.																		
А13	XX	XX	XX	055	4131 Зубошлифовальная	ИОГ XXX													
Б14	XXXXXX	Зубошлифовальный 5M841			1	18873	322	1	1	1	118	1	10	1,67					
О15	Шлифовать поверхности 24, 25, выдерживая размеры d _e = 71-0,03, m = 2, z = 35.																		
Т16	396171 Патрон поводковый ГОСТ 24351-80; XXXXXX Центр; 398110 Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007; XXXXXX Калибр спец.																		
МК																			

Дубл.																
Взам.																
Подп.																
																Лист 6
А	Идх	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
Б	Код, наименование оборудования															
001	Шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $\sim 50,01\text{к}7 \begin{smallmatrix} +0,027 \\ -0,002 \end{smallmatrix}$ на длину $50\pm 0,31$.															
T02	396171 Патрон поводковый ГОСТ 24351-80; XXXXXX Центр; 398110 Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007; XXXXXX Калибр-скоба.															
A03	XX	XX	XX	080	4131 Полировальная ИОГ ХХХ											
Б04	XXXXXX	Полировально-шлифовальный 3В853 1 18873 322 1 1 1 118 1 10 0,87														
005	Полировать поверхность 11, выдерживая размер $\sim 50\text{к}6 \begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$ на длину $50\pm 0,31$.															
T06	396171 Патрон поводковый ГОСТ 24351-80; XXXXXX Центр; 398110 Полировальный лепестковый круг ГОСТ Р 52781-2007.															
T07	XXXXXX Профилограф-профилометр.															
A08	XX	XX	XX	085	4131 Полировальная ИОГ ХХХ											
Б09	XXXXXX	Полировально-шлифовальный 3В853 1 18873 322 1 1 1 118 1 10 0,87														
010	Полировать поверхность 3, выдерживая размер $\sim 50\text{к}6 \begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$ на длину $50\pm 0,31$.															
T11	396171 Патрон поводковый ГОСТ 24351-80; XXXXXX Центр; 398110 Полировальный лепестковый круг ГОСТ Р 52781-2007.															
T12	XXXXXX Профилограф-профилометр.															
A13	XX	XX	XX	090	Моечная											
Б14	Проходная моечная машина															
МК																

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

Дцбл.																							
Взам.																							
Подл.																							
Резерв																							
Проверил																							
Начерт.																							
		Кафедра ОТМП			Вал-шестерня																		
					Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры											МЗ	КОМД	
					Токарная черновая с ЧПУ	Сталь 40ХН 7У 1-4-261-72	166	16	$\varnothing 75 \times 150$											3,1	1		
					Оборудование: устройство ЧПУ	Обозначение программы	To	Tb	Tвz	Tшт	СОЖ												
					Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400ХС	-	0,73	100	10	1,73	5% Углекисл.												
P						0 или В	L	t	i	S	n	v											
01																							
02																							
T	03																						
04																							
05																							
06																							
P	07					1	75	100	0,3	1	0,3	630	149										
08																							
P	09					1	40	100	6,2	1	0,3	1250	157										
T	10																						
T	11																						
12																							
OK																							

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
																					Листов 1 / Лист
Разработчик	Крыкин Левашкин	Кафедра ОТМП																			
Исполн.																					
Наименование операции			Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОМД	Цех	Уч	РМ	Опер.								035
Протяжная	Сталь 19ХГН ТУ 1-14-261-72		166	16			Ø75x150	3,1	1												
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы		Т6	Тнз			Тшм			СОЖ											
Горизонтально-протяжной Т655	-		Т0	Т0	0,50	10	0,70			5% Укринол											
R			0 или B	L			MM														
01																					
02																					
T 03																					
04																					
P 05																					
T 06																					
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
OK																					