

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 Техпроцесс изготовления вала-шестерни шевронного типа привода
токарно-карусельного станка

Студент

А.И. Штоль

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Н.Ю. Логинов

(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

Штоль Антон Игоревич

Тема выпускной квалификационной работы: «Техпроцесс изготовления вала-шестерни шевронного типа привода токарно-карусельного станка».

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Тольятти, Тольяттинский государственный университет, 2019 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке техпроцесса изготовления вала-шестерни шевронного типа привода токарно-карусельного 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. В работе рассчитаны и спроектированы некоторые специальные технологические средства оснащения.

В работе выполнены разделы по анализу безопасности и экологичности, а также экономический раздел.

Пояснительная записка состоит из 64 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	8
2.1 Выбор типа производства.....	8
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	8
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	8
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
2.5 Расчет припусков.....	12
2.6 Проектирование заготовки.....	15
2.7 Выбор средств технологического оснащения.....	15
2.8 Определение режимов резания.....	17
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	34
3.1 Проектирование станочной оснастки	34
3.2 Проектирование фрезы	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта	39
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	39
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	39
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	41
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	42
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта..	44
4.6 Заключение.....	46
5 Экономическая эффективность работы	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	51

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	62

ВВЕДЕНИЕ

В металлорежущих станках зубчатые колеса применяют для передачи движения, изменения направления и скорости движения и преобразования усилий и крутящих моментов. Зубчатые колеса встречаются в механизмах главного движения, движений подач, в делительных механизмах и так далее.

Трудоемкость обработки зубчатых колес довольно значительна и составляет примерно 20...23% от общей трудоемкости механической обработки станков общего назначения.

В станкостроении применяют зубчатые колеса следующих типов: цилиндрические с прямыми, косыми и шевронными зубьями; цилиндрические с внутренним зацеплением, с прямыми и косыми зубьями; конические с прямыми и криволинейными и криволинейными зубьями; червячные колеса, а также шестерни-вилки.

Целью проекта является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни шевронного типа привода токарно-карусельного станка.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали.

Вал-шестерня шевронного типа привода токарно-карусельного станка является звеном коробки передач. Шевронные зубчатые колеса предназначены для минимизации зазоров в зубчатом зацеплении за счет разнонаправленности зубьев.

1.2 Систематизация поверхностей детали.

Выявим наиболее важные поверхности детали для их качественного изготовления.

Пронумеруем поверхности детали и представим их на рисунке 1.1.

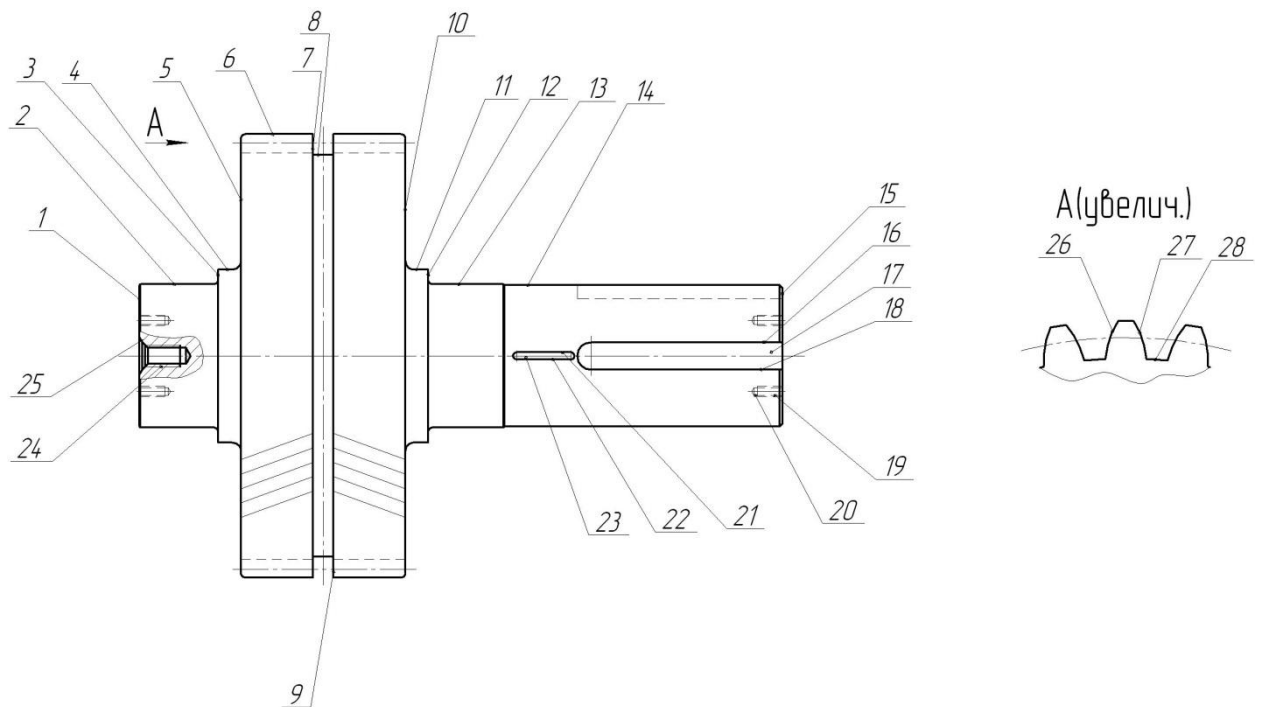


Рисунок 1.1 - Систематизация поверхностей детали.

Исполнительными поверхностями детали являются боковые поверхности паза для шпонки 16 и 18, а также эвольвентные поверхности зубчатых венцов 26 и 27.

Основными конструкторскими базами детали являются цилиндрические поверхности, предназначенные для базирования детали в подшипниках, 2 и 13, а также торцовая поверхность 3.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются цилиндрическая поверхность под посадку зубчатого колеса 14, поверхность шпоночного паза 17, резьбовые поверхности для винтов 19, а также поверхности 22 и 23.

Остальные поверхности являются свободными.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

В химический состав стали 40X входят хром (Cr) с процентным содержанием 0,8-1,1%, сера (S) с процентным содержанием не более 0,035%, никель (Ni) с процентным содержанием до 0,3%, марганец (Mn) с процентным содержанием 0,5...0,8%, кремний (Si) с процентным содержанием 0,17-0,37%, углерод (C) с процентным содержанием 0,36-0,44%. Остальную часть составляет железо (Fe). [1]

Механические свойства стали 40X после заготовительной операции: $\sigma_b=980$ МПа, твердость заготовки 142...179 НВ.

Наиболее рациональными методами получения заготовки являются штамповка на ГКМ и метод проката. В дальнейшем эти два варианта получения заготовки будут сравниваться по экономическим расчетам.

Конструкция детали дает возможность свободно обрабатывать заготовку механическим путем и контролировать размеры поверхностей, поэтому можно оценить достаточную технологичность детали.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение типа производства.

Отталкиваясь из того, что годовой объем выпуска равен $N = 1000$ штук в год, а масса детали $m = 660$ кг, то тип производства определяем как среднесерийное. [2]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

«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. Квалификация рабочих в целом ниже, чем в единичном производстве, но остается высокой, например, при работе на станках с ЧПУ». [2]

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

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

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

$N = 1000$ – годовая программа выпуска деталей.

$$n = \frac{1000 \times 24}{254} = 94, \text{ шт.}$$

2.3 Выбор метода получения заготовки.

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

Класс точности штамповки – 4 [3], степень сложности – 2, масса штамповки – 758 кг.

Размеры заготовки из проката – $\varnothing 628 \times 904$ мм, масса заготовки из проката – 2198 кг.

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

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

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

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

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

Тогда

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

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

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

где $Q_{\text{шт}} = 758$; $q = 660$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$. [4]

Тогда $C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 758 + 0,6578 (758 - 660) \cdot 0,0144 (758 - 660) = 268,85$, руб.

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

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

где $Q_{\text{пр}} = 2198$.

$$C_{\text{пр}} = 0,1219 \cdot 2198 + 0,6578 (2198 - 660) \cdot 0,0144 (2198 - 660) = 1257,49$$
 , руб.

По технологической себестоимости наиболее экономичным является изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\mathcal{E}_z = C_{\text{пр}} - C_{\text{ми}} \cdot Y_z = (1257,49 - 268,85) \cdot 1000 = 988640 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В зависимости от формы и вида поверхности детали, а также от качества точности и параметра шероховатости выберем методы их обработки.

Для обработки поверхности №1 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Для обработки поверхности №2 с параметрами IT6, Ra 0,8 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение, чистовое и черновое шлифование.

Для обработки поверхности №3 с параметрами IT10, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №4 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №5 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №6 с параметрами IT8, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое, получистовое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №7 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №8 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №9 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №10 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №11 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №12 с параметрами IT10, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №13 с параметрами IT6, Ra 0,8 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Для обработки поверхности №14 с параметрами IT6, Ra 1,6 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Для обработки поверхности №15 с параметрами IT14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Для обработки поверхности №16 с параметрами IT 9, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Для обработки поверхности №17 с параметрами IT 11, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Для обработки поверхности №18 с параметрами IT 9, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Для обработки поверхности №19 с параметрами IT 10, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: сверление.

Для обработки поверхности №20 с параметрами IT 14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: сверление.

Для обработки поверхности №21 с параметрами IT 9, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Для обработки поверхности №22 с параметрами IT 9, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Для обработки поверхности №23 с параметрами IT 12, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: шпоночно-фрезерная обработка.

Для обработки поверхности №24 с параметрами IT 10, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная.

Для обработки поверхности №25 с параметрами IT 10, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная, центрошлифовальная обработка.

Для обработки поверхности №26 с параметрами IT 8, Ra 1,6 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерная и зубопритирочная обработка.

Для обработки поверхности №27 с параметрами IT 8, Ra 1,6 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерная и зубопритирочная обработка.

Для обработки поверхности №28 с параметрами IT 14, Ra 6,3 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерная обработка.

2.5 Расчет припусков.

Выполним расчет припусков для поверхности $\varnothing 200,025^{(+0,063}_{+0,038)}$, L=103 мм с параметром шероховатости Ra=0,8.

Для изготовления поверхности принимаем переходы: точение черновое и чистовое, термообработка, шлифование черновое и чистовое.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_d, [5]$$

где R_z – максимальная высота неровностей профиля поверхности, мм;

h_d – глубина дефектного слоя, мм.

По формуле $\Delta = 0,25 \cdot Td$ определяем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе (мм).

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 3,6 = 0,900 .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,460 = 0,115 .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,115 = 0,029 .$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,185 = 0,056 .$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,072 = 0,018 .$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006 .$$

Рассчитаем минимальные и максимальные припуски (мм).

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} . [5]$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,900^2 + 0,025^2} = 1,235, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,115^2 + 0} = 0,315, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{\partial 0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,029^2 + 0^2} = 0,129, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,018^2 + 0} = 0,048, \text{ мм.}$$

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(d_0 + Td_1) = 1,235 + 0,5(3,600 + 0,460) = 3,265.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(d_1 + Td_2) = 0,315 + 0,5(0,460 + 0,115) = 0,603.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(d_2 + Td_3) = 0,129 + 0,5(0,115 + 0,072) = 0,223.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(d_3 + Td_4) = 0,048 + 0,5(0,072 + 0,025) = 0,089.$$

Определяем минимальное и максимальные значения размеров (мм).

$$d_{4\min} = 200,063.$$

$$d_{4\max} = 200,088.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 200,088 + 2 \cdot 0,048 = 200,184.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 200,184 + 0,072 = 200,256.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 200,256 + 2 \cdot 0,129 = 200,514.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 200,514 + 0,185 = 200,699.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 200,699 \cdot 0,999 = 200,498.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 200,498 + 0,115 = 200,613.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 200,613 + 2 \cdot 0,315 = 201,243.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 201,243 + 0,460 = 201,703.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 201,703 + 2 \cdot 1,235 = 204,173.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 204,173 + 3,600 = 207,773.$$

Определяем средние значения размеров (мм).

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(207,773 + 204,173) = 205,973.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(201,703 + 201,243) = 201,473.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2max} + d_{2min}) = 0,5(200,613 + 200,498) = 200,556 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5(200,699 + 200,514) = 200,607 .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(200,256 + 200,184) = 200,220 .$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(200,088 + 200,063) = 200,076 .$$

Определяем общий припуск на обработку (мм).

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{4max} . [5]$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4 . [5]$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}) . [5]$$

$$2Z_{min} = 204,173 - 200,088 = 4,085 .$$

$$2Z_{max} = 4,085 + 3,600 + 0,025 = 7,710 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(4,085 + 7,710) = 5,898 .$$

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

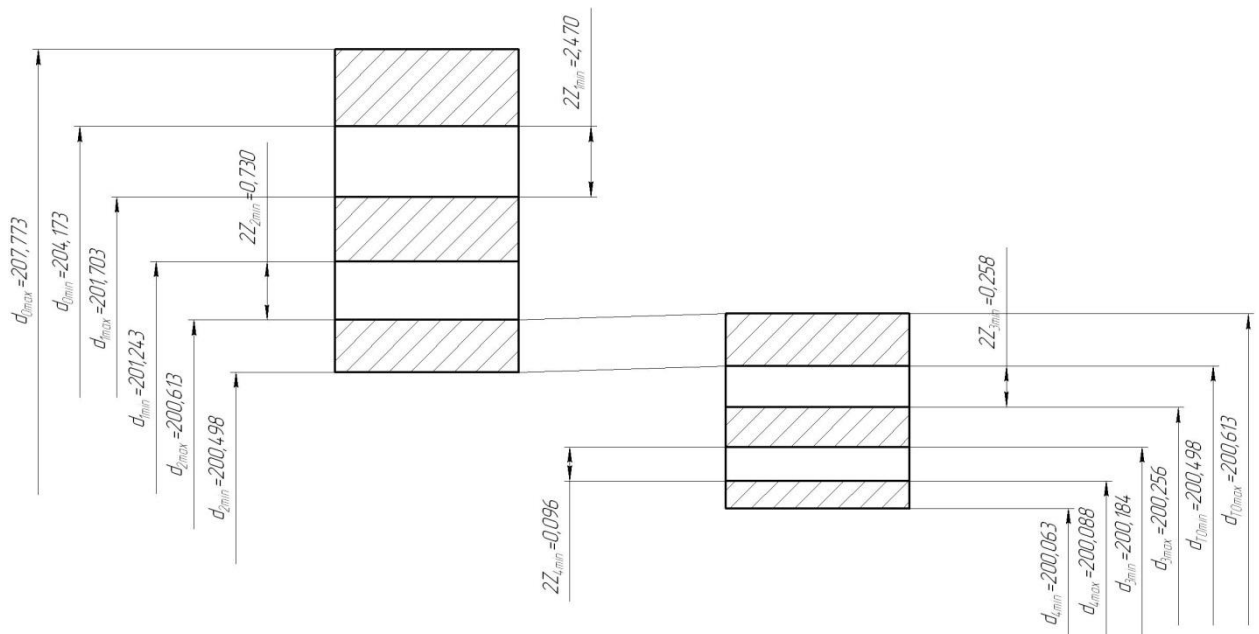


Рисунок 2.1 - Схема расположения припусков и полей допусков на поверхность $\varnothing 200,025^{(+0,063 / +0,038)}$.

2.6 Проектирование заготовки.

Для штамповки по ГОСТ 7505-89 выбираем:

Группа стали – М2; класс точности - Т4. [3]

Определим степень сложности поковки.

В нашем случае геометрической фигурой, в которую можно вписать деталь, является цилиндр. Объемы штамповки и цилиндра найдем с помощью трехмерного проектирования.

$G_{II} = 758$ кг – объем штамповки; $G_{II} = 2198$ кг – объем цилиндра, в который вписана деталь.

$$\frac{G_{II}}{G_{\Phi}} = \frac{758}{2198} = 0,34 .$$

Таким образом, степень сложности штамповки – С2; исходный индекс заготовки – 14. [3]

2.7 Выбор средств технологического оснащения.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на фрезерно-центровальной операции 005 выберем фрезерно-центровальный станок EM535M, который предназначен для подрезки торцов заготовок с двух сторон одновременно и выполнения центровых отверстий в деталях из чугунов, сталей и цветных металлов и сплавов. Станок работает в полуавтоматическом режиме.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на токарных операциях 010, 015, 020, и 025 выберем токарный станок с ЧПУ 16К30Ф3, который предназначен для токарной обработки в полуавтоматическом цикле. На нем обрабатываются детали типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе для нарезаются различные типы резьб. [6]

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на шпоночно-фрезерной операции 030 выберем шпоночно-фрезерный станок ДФ-82, предназначенный для обработки мерными и немерными, шпоночными и концевыми фрезами шпоночных пазов в деталях из чугунов, сталей и цветных металлов и сплавов.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на расточной операции 035 выберем горизонтально-расточной станок с числовым программным управлением модели 2Б660Ф2, предназначенный из для обработки крупных деталей черных и цветных металлов, имеющих точные центровые отверстия, связанные между собой точными межосевыми расстояниями.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на зубодолбежной операции 040 выберем зубодолбежный станок 51А73, предназначенный для обработки зубьев цилиндрических шестерен с наружными и внутренними зубьями в условиях единичного и серийного производства.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на центро-шлифовальной операции 050 выберем центро-шлифовальный станок TOYODA GS12-130, предназначенный для шлифования центровых отверстий.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на торцекруглошлифовальных операциях 055 и 060 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 в качестве оборудования на шлифовальных операциях 065 и 070 выбираем круглошлифовальный станок модели 3М131, предназначенный для финишной обработки методом шлифования. На нем можно обрабатывать конические и цилиндрические поверхности. Станок используется в производствах массового и серийного типов.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на притирочной операции 070 примем шлифовально-притирочный станок EFCO SN-450N, который предназначен для шлифовально-притирочной финишной обработки зубьев зубчатых венцов.

2.8 Определение режимов резания.

2.8.1 Определение режимов резания на операцию 005 Фрезерно-центровальная.

Переход I.

Глубина резания $t = 5$ мм.

«Назначение подач суппортов на зуб фрезы S_Z , мм/зуб» [7].

$$S_Z = 0,2. [7]$$

Тогда подача на оборот шпинделя

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где $z = 8$ – число зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,2 \cdot 8 = 1,6, \text{ мм/об.}$$

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

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

где $D = 210$ мм – диаметр фрезы;

$C_V = 7,0$ – постоянный коэффициент;

$q = 0,4; m = 0,2; x = 0; y = 0,7$ – показатели степени; [7]

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

где $K_{MV} = 1,25$ – коэффициент на качество обрабатываемого материала;

$K_{UV} = 1,0$ – коэффициент на инструментальный материал;

$K_{LV} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий глубину отверстия. [7]

Отсюда $K_V = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25$.

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 210^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 1,6^{0,7}} \cdot 1,25 = 23,6, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 23,6}{3,14 \cdot 210} = 35,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 31,5 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 210 \cdot 31,5}{1000} = 20,8, \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 1,6 \cdot 31,5 = 50,4, \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{\text{овс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S},$$

Из условия операции примем $n_{\text{овс}} = 1; L_{\text{рх}} = 209 \text{ мм}$.

$$\text{Тогда } T_0 = \frac{1 \cdot 209 \cdot 1}{50,4} = 4,15, \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания $t = 26 \text{ мм}$.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 0,2. [7]$$

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

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

где $D = 52$ – диаметр сверла, мм.

$$C_V = 7,0; q = 0,4; m = 0,2; x = 0; y = 0,7. [7]$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 52^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 26^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 27,6, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 27,6}{3,14 \cdot 52} = 169, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 160 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 160}{1000} = 26,1 \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 160 = 32 \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{\text{обр}} \cdot L_{\text{рх}}}{S},$$

Из условия операции примем $n_{\text{обр}} = 1$; $L_{\text{рх}} = 71,4$ мм.

Тогда

$$T_0 = \frac{1 \cdot 71,4}{32} = 2,23, \text{ мин.}$$

Переход III.

Глубина резания $t = 1$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 1,0. [7]$$

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

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

где $D = 30$ – диаметр метчика, мм;

$$C_V = 7,0; q = 0,4; m = 0,2; x = 0; y = 0,7. [7]$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

где $K_{MV} = 1,25$; $K_{UV} = 1,0$; $K_{LV} = 1,0$. [7]

Отсюда $K_V = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,5$.

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 30^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 22,1, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 22,1}{3,14 \cdot 30} = 235, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 200 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 200}{1000} = 18,8 \text{ м/мин.}$$

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

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

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{\text{овс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S},$$

Из условия операции примем $n_{\text{овс}} = 1$; $L_{\text{рх}} = 57 \text{ мм}$.

Тогда

$$T_0 = \frac{1 \cdot 57}{200} = 0,29 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 4,15 + 2,23 + 0,29 = 6,67, \text{ мин.}$$

2.8.2 Определение режимов резания на операцию 010 Токарная черновая.

Глубина резания $t = 1 \text{ мм}$.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 0,3. [7]$$

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

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

где $K_1 = 1,0$ – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал; [7]

$K_2 = 1,0$ – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности; [7]

$$K_3 = 1,0 \text{ – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца; [7]}$$

$K_4 = 1,0$ – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане; [7]

$V = 190$ м/мин – скорость резания по таблице. [7]

Тогда $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190$ м/мин.

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 620} = 97,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 80 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 620 \cdot 80}{1000} = 155,7 \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 80 = 24, \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{740}{24} = 30,83, \text{ мин.}$$

2.8.3 Определение режимов резания на операцию 015 Токарная черновая.

Глубина резания $t = 1$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 0,3. [7]$$

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

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

где $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$; $V = 190$, м/мин. [7]

Тогда $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190$ м/мин.

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 618,8} = 97,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 80 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 618,8 \cdot 80}{1000} = 155,7 \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{584}{24} = 24,33 \text{ мин.}$$

2.8.4 Определение режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Глубина резания $t = 0,5$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 0,3. [7]$$

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

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

где $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$; $V = 190$, м/мин. [7]

Тогда $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190$, м/мин.

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 618,8} = 97,8 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 80 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 618,8 \cdot 80}{1000} = 155,4, \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 80 = 24, \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{740}{24} = 30,83, \text{ мин.}$$

2.8.5 Определение режимов резания на операцию 025 Токарная чистовая.

Переход I.

Глубина резания $t = 0,5$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 0,3. [7]$$

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

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

где $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$; $V = 190$, м/мин. [7]

Тогда $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190$, м/мин.

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 618,8} = 97,8 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 80 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 618,8 \cdot 80}{1000} = 155,4 \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{584}{24} = 24,33 \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания $t = 29,15$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 0,3. [7]$$

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

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

где $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$; $V = 190$, м/мин. [7]

Тогда $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 133$, м/мин.

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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 133}{3,14 \cdot 560} = 75,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 63 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 560 \cdot 63}{1000} = 110,8, \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 63 = 18,9, \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{30}{18,9} = 1,59, \text{ мин.}$$

Общее основное время операции

$$T_0 = 24,33 + 1,59 = 25,92, \text{ мин.}$$

2.8.6 Определение режимов резания на операцию 030 Шпоночно-фрезерная.

Переход I.

Глубина резания $t = 6$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,1 \cdot 5 = 0,5.$$

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

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

где $D = 38$ мм по условию операции;

$$C_v = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25 \text{ мин. [7]}$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV} .$$

Примем $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,5; K_{LV} = 1,0$. [7]

Отсюда $K_V = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625$.

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 38^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 6^0 \cdot 0,5^{0,7}} \cdot 0,625 = 15,4, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15,4}{3,14 \cdot 38} = 129,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 125 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 125}{1000} = 14,9, \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,50 \cdot 125 = 62,5, \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{oms} \cdot L_{px}}{S} .$$

Из условия операции примем $n_{oms} = 2; L_{px} = 267 \text{ мм}$.

Тогда

$$T_0 = \frac{2 \cdot 267 \cdot 4}{62,5} = 34,18, \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания $t = 4,5 \text{ мм}$.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,25 \cdot 2 = 0,05 .$$

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

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

где $D = 10 \text{ мм}$ по условию операции;

$$C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25 \text{ мин. [7]}$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV} .$$

$$\text{Примем } K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,5; K_{LV} = 1,0. [7]$$

$$\text{Отсюда } K_V = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625 .$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4,5^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 0,625 = 45,3 , \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 45,3}{3,14 \cdot 10} = 1442,7 , \text{ мин}^{-1} .$$

$$\text{Примем } n_{\phi} = 1250 \text{ мин}^{-1} .$$

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

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 1250 = 62,5 , \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{\text{омс}} \cdot L_{\text{рх}}}{S} .$$

$$\text{Из условия операции примем } n_{\text{омс}} = 1; L_{\text{рх}} = 86 \text{ мм.}$$

Тогда

$$T_0 = \frac{1 \cdot 86}{62,5} = 1,38 , \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = 34,18 + 1,38 = 35,56 , \text{ мин.}$$

2.8.7 Определение режимов резания на операцию 035 Расточная.

Переход I, III.

Глубина резания $t = 9$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 0,2 \cdot [7]$$

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

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

где $D = 18$ мм по условию операции;

$$C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25 \text{ мин.} [7]$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}.$$

Примем $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0$. [7]

$$\text{Отсюда } K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 18^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 9^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 18,0 \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 18,0}{3,14 \cdot 18,0} = 318,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 315}{1000} = 17,8 \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{px}}}{S}.$$

Из условия операции примем $n_{\text{отв}} = 4; L_{\text{px}} = 45$ мм.

Тогда

$$T_0 = \frac{4 \cdot 45}{63} = 2,86 \text{ мин.}$$

Переход II, IV.

Глубина резания $t = 1$ мм.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = 1,0. [7]$$

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

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

где $D = 20$ мм по условию операции;

$$C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25 \text{ мин.} [7]$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}.$$

Примем $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [7]$

$$\text{Отсюда } K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 20^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1^0 \cdot 1,0^{0,7}} \cdot 0,5 = 6,1 \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 6,1}{3,14 \cdot 20,0} = 97,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_\phi = 80 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 80}{1000} = 5,02, \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 1 \cdot 80 = 80, \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{\text{овс}} \cdot L_{\text{px}}}{S}.$$

Из условия операции примем $n_{\text{овс}} = 4; L_{\text{px}} = 35$ мм.

Тогда

$$T_0 = \frac{4 \cdot 35}{80} = 1,75 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = 2,86 \cdot 2 + 1,75 \cdot 2 = 9,22, \text{ мин.}$$

2.8.8 Определение режимов резания на операцию 040 Зубодолбежная.

Глубина резания $t = 5$ мм. Назначаем число проходов - 5.

«Определение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [7].

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,05 \cdot 4 = 0,2.$$

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

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

где $D = 38,5$ мм по условию операции;

$$C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 25 \text{ мин. [7]}$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}.$$

Примем $K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [7]

$$\text{Отсюда } K_V = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25.$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 38,5^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1,25 = 51,3, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 51,3}{3,14 \cdot 38,5} = 424,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_\phi = 400 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38,5 \cdot 400}{1000} = 48,4, \text{ м/мин.}$$

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

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80, \text{ мм/мин.}$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{n_{омс} \cdot L_{px}}{S}.$$

Из условия операции примем $n_{омс} = 41; L_{px} = 245$ мм.

Тогда

$$T_0 = \frac{41 \cdot 245 \cdot 5}{80} = 15,31, \text{ мин.}$$

2.8.9 Определение режимов резания на операцию 050
Центрошлифовальная.

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

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60},$$

где $D_k = 80$ – диаметр шлифовального круга;

$n_k = 1112 \text{ мин}^{-1}$ – частота вращения шлифовального круга.

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

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

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3},$$

где $V_3 = 35 \text{ м/мин}$ – скорость вращения заготовки; [8]

$D_3 = 52 \text{ мм}$ - наибольший диаметр обработки на операции.

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 52} = 214,4, \text{ мин}^{-1}.$$

«Определение основного времени обработки детали на станке $T_0, \text{ мин}$ ».

[7]

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

где $L_{\text{УСК}} = 8 \text{ мм}$ – общая длина ускоренных перемещений;

$S_{\text{УСК}} = 500 \text{ мм/мин}$ – подача при ускоренных перемещениях;

$L_p = 5 \text{ мм}$ – длина рабочих перемещений;

$S_p = 100 \text{ мм/мин}$ – подача при рабочих перемещениях;

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05 \text{ мин}$ – время выхаживания. [7]

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

2.8.10 Определение режимов резания на операцию 055

Торцевкруглошлифовальная.

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

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

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

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 241} = 46,3, \text{ мин}^{-1}.$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} = \frac{8}{500} + \frac{510}{50} + 0,05 = 10,27, \text{ мин.}$$

2.8.11 Определение режимов резания на операцию 060

Торцевкруглошлифовальная.

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

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

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

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 241} = 46,3, \text{ мин}^{-1}.$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} = \frac{8}{500} + \frac{130}{50} + 0,05 = 2,67, \text{ мин.}$$

2.8.12 Определение режимов резания на операцию 065

Круглошлифовальная.

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

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

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

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 200,025} = 55,73, \text{ мин}^{-1}.$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} = \frac{8}{500} + \frac{11}{50} + 0,05 = 2,13, \text{ мин}.$$

2.8.13 Определение режимов резания на операцию 070

Круглошлифовальная.

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

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с}.$$

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

$$n_\zeta = \frac{1000 V_\zeta}{\pi D_\zeta} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 200,025} = 55,73, \text{ мин}^{-1}.$$

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

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} = \frac{8}{500} + \frac{108}{50} + 0,05 = 2,23, \text{ мин}.$$

2.8.14 Определение режимов резания на операцию 075 Притирочная.

Скорость резания $V = 20$ м/мин; радиальная подача $S_p = 0,1$ мм/мин. [7]

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

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 618,3} = 10,3, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n = 10$ мин^{-1} .

Уточним скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 618,3 \cdot 10}{1000} = 19,4, \text{ м/мин}.$$

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

[7]

$$T_0 = 3,14 \cdot 595,086 \cdot 10 / 2 \cdot 1000 = 9,35, \text{ мин.}$$

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочной оснастки.

На фрезерной операции 030 проводится фрезерная обработка пазов детали. Необходимо спроектировать оснастку для этой операции. На рисунке 3.1 представлена схема базирования заготовки на операции 025.

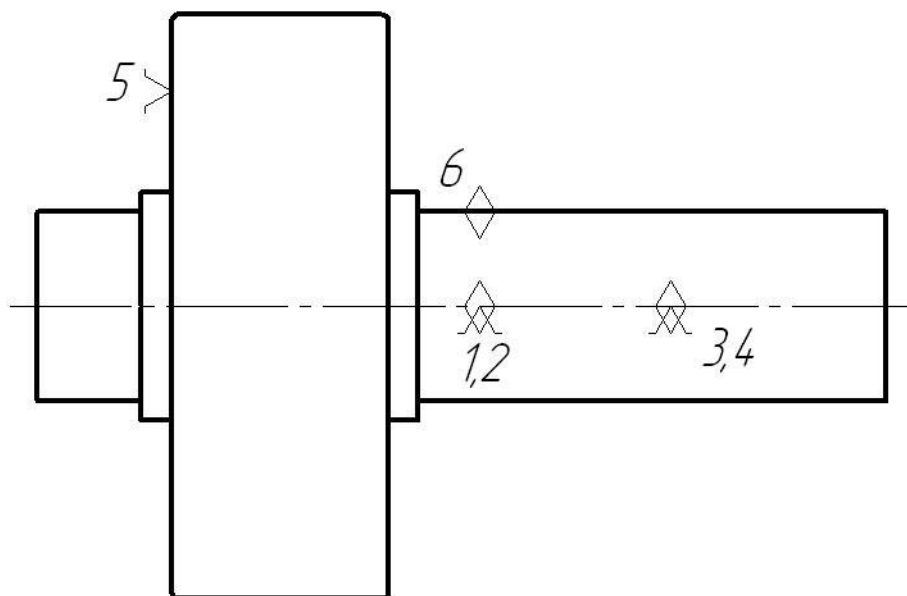


Рисунок 3.1 - Схема базирования заготовки на операции 030

3.1.1 Расчёт усилия зажима.

Определим усилие зажима, Н.

$$Q = \frac{M_k \cdot K \cdot \sin \alpha / 2}{D \cdot f}, \quad (3.1)$$

где D - диаметр заготовки; f - коэффициент трения; K - коэффициент запаса.

Коэффициент запаса высчитывается по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

где $K_0 = 1,5; K_1 = 1,0; K_2 = 1,7; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,5$ [10] –

коэффициенты, учитывающие условия обработки.

Таким образом $K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,59$.

Рассчитаем усилие зажима

$$Q = \frac{122 \cdot 4,59 \cdot \sin \frac{90}{2}}{0,546 \cdot 0,1} = 7252, \text{ Н.}$$

3.1.3 Расчёт силового привода.

Принимаем гидравлический привод со следующими параметрами: рабочий ход поршня цилиндра, исходя из техники безопасности, принимаем равным $S_w = 5$ мм.

Определим диаметр поршня формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_B \cdot \eta}}, \text{ мм,} \quad (3.3)$$

где $P_B = 5$ МПа - рабочее давления в цилиндре; $\eta = 0,9$ - КПД гидроцилиндра. [11]

$$\text{Тогда } D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7252}{3,14 \cdot 5,0 \cdot 0,9}} = 45,3, \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 50$ мм.

3.2 Проектирование фрезы.

На фрезерной операции 030 проводится обработка пазов детали. Режущим инструментом на этой операции является концевая фреза. Эскиз операции представлен на рисунке 3.2.

Материалом заготовки является сталь 40Х; глубина резания $t = 7$ мм.

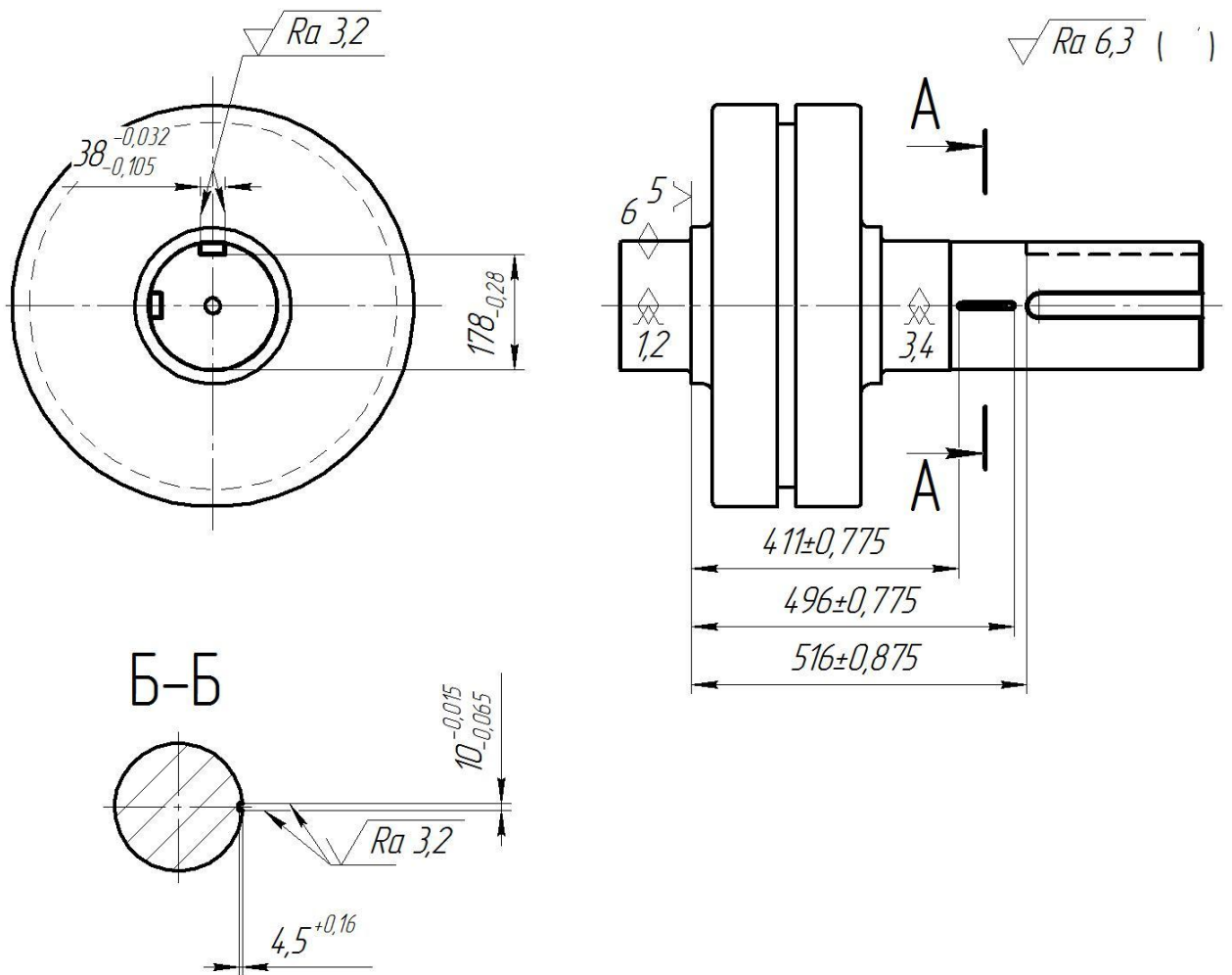


Рисунок 3.2 – Эскиз операции 030

3.2.1 Расчёт конструктивных элементов рабочей части фрезы.

Конструктивно принимаем диаметр концевой фрезы $d = 25$ мм.

Длину фрезы найдем по формуле:

$$L = l_1 + l + l_2, \quad [13] \quad (3.4)$$

где l_1 – длина режущей части фрезы; l – длина шейки фрезы; l_2 – длина хвостовика фрезы.

Для концевых фрез с диаметром 30...40 мм длина режущей части определяется из соотношения $l = 2d$. [14]

$$l = 2 \cdot 38 = 76, \text{ мм.}$$

Определим длину шейки

$$l = 4 \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right), \quad (3.5)$$

$$l = 4 \times \left(\sqrt[4]{38} + \frac{12}{38} \right) = 11,2, \text{ мм.}$$

Принимаем $l = 11 \text{ мм.}$

Диаметр шейки $d_{III} = d - (2...3) = 35 \text{ мм.}$

Найдем общую длину

$$L = 76 + 11 + 109 = 147, \text{ мм.}$$

Концевые фрезы из быстрорежущей стали диаметром 10-63 мм выполняются с коническим хвостовиком конуса Морзе по ГОСТ 17026-71.

Найдем число зубьев фрезы .

$$z = (0,1...1,3)d \geq 2...12. \quad [14] \quad (3.6)$$

Тогда $z = (0,1...1,3) \cdot 38 \geq 3,8...49,4.$

Примем $z = 5.$

На рисунке 3.3 приведены конструктивные элементы основные геометрические параметры концевых фрез.

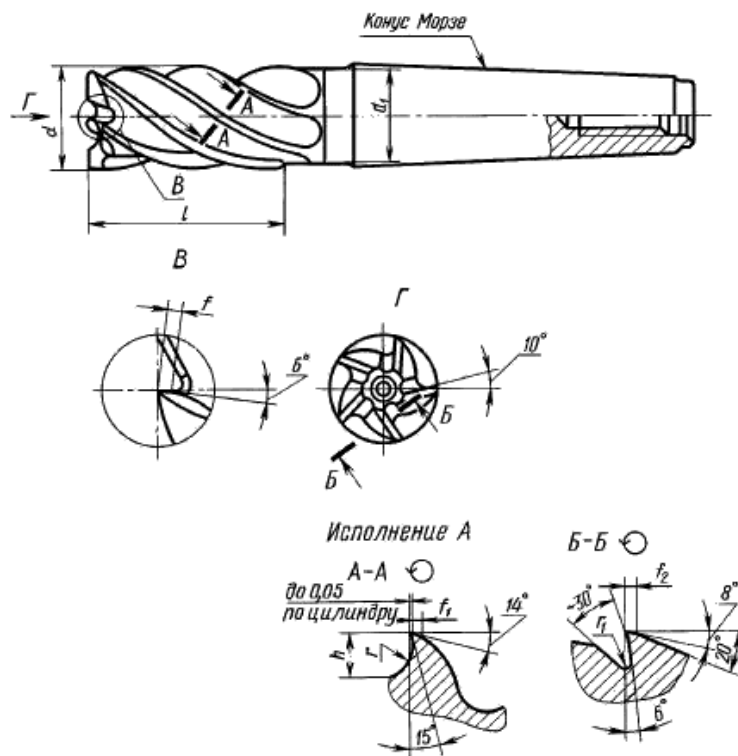


Рисунок 3.3 - Конструктивные элементы и геометрические параметры концевых фрез из быстрорежущих сталей

Угол наклона стружечной канавки у концевых фрез выбирают из диапазона $\omega = 30..45^\circ$. Примем $\omega = 40^\circ$.

Найдем радиус спинки зуба из соотношения

$$R = (0,3..0,45)d. \quad [14] \quad (3.7)$$

Тогда $R = (0,3..0,45) \cdot 38 = 9,4..17,1$, мм.

Примем $R = 10$ мм.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Техпроцесс изготовления вала-шестерни шевронного типа привода токарно-карусельного станка».

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

Таблица 4.1 – «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 шевронного типа привода токарно-карусельного станка	токарная чистовая операция 025	оператор токарного станка с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ модели 16К30Ф3, патрон токарный, центр упорный	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, СОЖ-Литол
2	Технологический процесс изготовления вала-шестерни шевронного типа привода токарно-карусельного станка	операция шпоночно-фрезерная 030	фрезеровщик	шпоночно-фрезерный станок ДФ-82, приспособление с призмами	сталь 65Г ГОСТ 14959-79, СОЖ-Литол

4.2 «Идентификация профессиональных рисков». [20]

Таблица 4.2 – «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	<p>«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [21]</p> <p>«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха» [21]</p> <p>«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий» [21]</p>	<p>стружка стальная</p> <p>пары смазочно-охлаждающей жидкости</p> <p>электрический ток</p>
2	операция шпоночно-фрезерная 030	<p>«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [21]</p> <p>«опасные и вредные производственные факторы, связанные</p>	<p>стружка стальная</p> <p>пары смазочно-охлаждающей жидкости</p>

Продолжение таблицы 4.2

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

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

Таблица 4.3 – «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» [21]	централизованная автоматизированная система удаления стружки цеха	специальная одежда рабочего, имеющая высокую плотность; защитный экран станка, защищающий оператора от стружки

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
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]

4.4 «Обеспечение пожарной безопасности технического объекта».

[20]

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

Таблица 4.4 – «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	Участок механической обработки	токарный станок с ЧПУ 16К30Ф3, патрон токарный, центр упорный	Е	«тепловой поток» [20]	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты производственного и инженерно-технического оборудования» [20]
2	Участок механической обработки	шпоночно-фрезерный станок ДФ-82, приспособление с призмами	Е	тепловой поток	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты производственного и инженерно-технического оборудования» [20]

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

Таблица 4.5 – «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

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

Таблица 4.6 – «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
токарный станок с ЧПУ 16К30Ф3, патрон токарный, центр упорный	Систематическое проведение инструктажей по пожарной безопасности. Применение автоматизированных систем оповещения. Контроль безопасной	Запрет на применение в цехе открытого огня. Применение систем автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
	эксплуатации технологического оборудования.	
шпоночно-фрезерный станок ДФ-82, приспособление с призмами	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.

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

4.5.1 «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 4.7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта». [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]
1	2	3	4

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4
токарный станок с ЧПУ 16Б16ТМ, 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	«разрывающие части твердых объектов» (стружка)
шпоночно-фрезерный станок ДФ-82, приспособление с призмами	«факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха» [21]	Отработанная смазочно-охлаждающая жидкость	«разрывающие части твердых объектов» (стружка)

4.5.2 «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 4.8 – «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 16К30Ф3, шпоночно-фрезерный станок ДФ-82
«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 Продолжение таблицы 4.8	Централизованная система сбора стружки в
антропогенного воздействия на литосферу» [20]	цехе. Стружка собирается в системе, передается на вспомогательное производство, где перерабатывается (переплавляется) и уже полученный материал идет на заготовительное производство

4.6 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.

5 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

- фрезерно-центровальной операции 005, где был применен автоматизированное станочное приспособление, что привело к сокращению вспомогательного времени операции на 38%;

- шпоночно-фрезерной операции 030, где заменили концевую фрезу из быстрорежущей стали Р6М5 на фрезу из быстрорежущей стали Р6М5 с износостойким покрытием TiN. Данное совершенствование привело к увеличению стойкости инструмента и уменьшению основного времени примерно на 31%.

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 операции 015.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 62601 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Вал-шестерня» в объеме 1000 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 5.1.

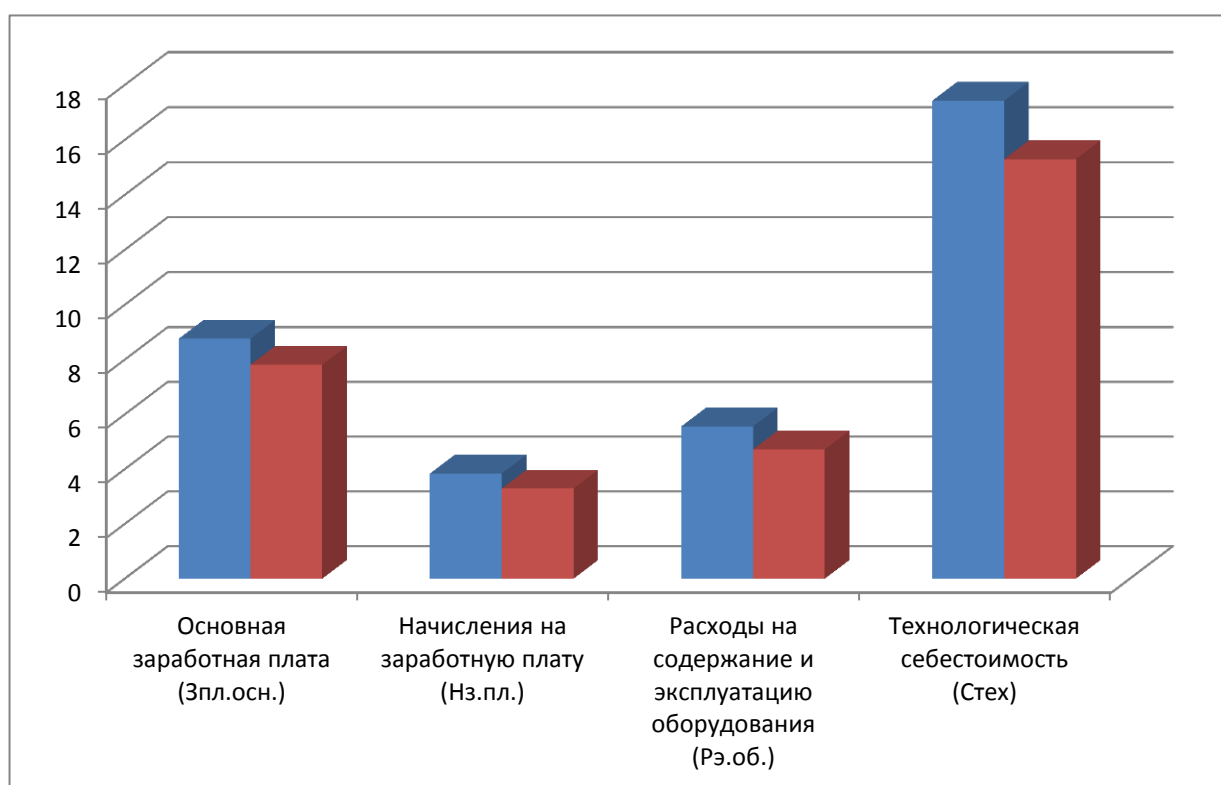


Рисунок 5.1 – Технологическая себестоимость детали «Вал-шестерня», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в

среднем примерно на 15,7%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 12,11 рублей, что составило 18,1%.

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 ($C_{полн}$) по базовому варианту составляет 108,98 рублей, а по проектируемому – 97,39 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 11,59 рублей с единицы изделия или 10,6%. 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 ($P_{чист}$), которая составит 43873 рублей;
- срок окупаемости ($T_{ок}$), который составит 2 года;
- чистый дисконтируемый доход ($ЧДД$), величина которого равна 8629 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 1,33 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выпускной квалификационной работы нами был спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни шевронного типа привода токарно-карусельного станка. Техпроцесс оснащен современным оборудованием и средствами технологического оснащения.

Спроектирована станочная оснастка - тиски с гидроприводом для закрепления заготовки на 005 операции фрезерно-центровальной. На шпоночно-фрезерную операцию 030 спроектирован режущий инструмент – фреза концевая.

На операции 025 Токарная чистовая и 030 Шпоночно-фрезерная разработаны технологические наладки.

В работе проведен анализ безопасности и экологичности. Оценена экономическая эффективность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьева, Г.А. Конструкционные стали и сплавы : учеб. пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 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. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. 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.
5. Вереина, Л.И. Металлообработка : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
6. 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.
7. Режимы резания металлов : справочник/ Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич [и др.] – М. : НИИТАвтопром, 1995. – 456 с.
8. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении : практикум : учеб. пособие / С. С. Клименков. - Минск : Новое знание, 2013 ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 269 с.
9. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – Введ. 2009-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2006. – 10 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. ГОСТ Р 52781-2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – Введ. 2009-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2009. – 30 с.
13. Солоненко, В.Г. Резание металлов и режущие инструменты : учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. - М. : ИНФРА-М, 2019. – 415 с.
14. Солоненко, В. Г. Резание металлов и режущие инструменты : учеб. пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.
15. Токмин, А. М. Выбор материалов и технологий в машиностроении : учеб. пособие / А. М. Токмин, В. И. Темных, Л. А. Свечникова. - Москва : ИНФРА-М ; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. - 235 с.
16. Кане, М.М. Технология машиностроения : курсовое проектирование : учебное пособие / М. М. Кане [и др.] ; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 311 с.
17. Дехтярь Г. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. пособие / Г. М. Дехтярь. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 154 с.
18. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – Введ. 1976-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 10 с.
19. Мещерякова, В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ : учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 336 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

		Код, наименование операции				Обозначение документа										
Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СИ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоп	Тшт	
0 17				Точить поверхность 10, выдерживая размеры 370,5±0,7; поверхность 11, выдерживая размеры $\phi 24,15_{\pm 0,15}$; 20±0,26;												
0 18				точить поверхность 12, выдерживая размеры 403±0,775; точить поверхность 13, выдерживая размеры $\phi 201,225 \pm 0,23$; 494±0,775.												
Т 19				396110 XXXX Патрон самоцентра.; XXXXXX.XXXX цпр откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпрорный;												
Т 20				392104.XXXX Резец механич. Т15К6; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX Калибр-скоба.												
21																
А 22				XX XX XX 015 4112 Токарная черновая ИОТ И37.101.XXXX-XX												
Б 23				38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 25,33												
0 24				Точить поверхность 6, выдерживая размеры $\phi 618,8_{\pm 0,00}$; 229±0,575; поверхность 5, выдерживая размер 755±1;												
0 25				поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 24,15_{\pm 0,15}$; 20±0,26; поверхность 3, выдерживая размеры 842,1±0,18;												
0 26				точить поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 201,225 \pm 0,23$; 108±0,435.												
Т 27				396110 XXXX Патрон самоцентра.; XXXXXX.XXXX цпр откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпрорный;												
Т 28				392104.XXXX Резец механич. Т15К6; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX Калибр-скоба.												
29																
А 30				XX XX XX 020 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX												
Б 31				38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 31,83												
0 32				Вполнить галтель R6; точить поверхность 10, выдерживая размеры 370,5±0,7; поверхность 11, выдерживая размеры $\phi 24,15_{\pm 0,15}$; 20±0,26;												
0 33				выполнить галтель R12; точить поверхность 12, выдерживая размеры 402,5±0,775; поверхность 13, выдерживая размеры $\phi 201,225 \pm 0,23$; 494±0,775.												
0 34				точить поверхность 13, выдерживая размеры $\phi 200,725 \pm 0,0575$; 100±0,435; выполнить фаску 15x45°;												
0 35				точить поверхность 14, выдерживая размеры $\phi 197,7 \pm 0,0575$; 383±0,7; выполнить фаску 3x45°.												
Т 36				396110 XXXX Патрон самоцентра.; XXXXXX.XXXX цпр откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпрорный;												
Т 37				392104.XXXX Резец механич. Т15К6; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0,1; 393120.XXXX Калибр-скоба.												
38																
39																
МК																

Лист 2

		Код, наименование операции				Обозначение документа												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код	наименование операции	СИ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт	
А 42	XX XX XX	025	4112	Токарная чистовая	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ												
Б 43	38.18.25	ХХХХ	16К30Ф3	2	18632	422	1Р	1	1	1	100	1	16	26.92				
0.44	Вплотнить галтель R6; точить поверхность 6, выдерживая размеры 618,3 _{0,8} ; поверхность 5, выдерживая размеры 754,5±1;																	
0.45	выполнить галтель R12; точить поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 24,1_{-0,15}$; выполнить галтель R5;																	
0.46	точить поверхность 3, выдерживая размеры 84,18±0,18; точить поверхность 2 в размеры $\phi 200,727 \pm 0,0575$, 108±0,435;																	
0.47	выполнить фаску 15x45°; выполнить канавку в размеры $\phi 560_{-0,175}$, 29±0,26.																	
Т 48	396110	ХХХХ	Патрон самоцентр.	ХХХХХХ.ХХХХ	цар	откидной; ХХХХХХ.ХХХХ	Центр	царный;										
Т 49	392104.ХХХХ	Резец	механич.	Т15К6; 393111.ХХХХ	ШЦ-И-350-0.1.	393120.ХХХХ	Калибр-скода.											
Т 50	392104.ХХХХ	Резец	канавочный	фасонный	Р6М5.													
51																		
А 52	XX XX XX	030	4128	Шпоночно-фрезерная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ												
Б 53	381.631	ХХХХ	ДФ-82	Шпоночно-фрезер.	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	36.56				
0.54	Фрезеровать два шпоночных паз (поверхности 16,17,18), выдерживая размеры 38 _{0,032} , 178 _{0,105} , 26,7±0,65; фрезеровать																	
0.55	шпоночный паз (поверхности 21,22,23) в размеры 10 _{0,015} , 4,5 _{0,065} , 4,5 _{0,065} , 86±0,435.																	
Т 56	396181.ХХХХ(2)	Прижимы;	ХХХХХХ.ХХХХ(2)	Сменные	призмы;	391267.ХХХХ(2)	Фреза	концевая	Р6М5;									
Т 57	393111	ШЦ-И-100-0.05;	393111(2)	Калибр-продка.														
58																		
А 59	XX XX XX	035	4121	Рассточная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ												
Б 60	381.631	ХХХХ	25660Ф2	Гориз.-расточн.	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	10.22				
0.61	Сверлить четыре отверстия (поверхности 20), выдерживая размеры $\phi 18_{+0,16}$, 40±0,31, 45 ⁰ ±30°; нарезать резьбу М20 в																	
0.62	в четырех отверстиях (поверхности 19) на длину 35±0,31; сверлить четыре отверстия (поверхности 20)																	
0.63	в размеры $\phi 18_{+0,16}$, 45 ⁰ ±30°; 40±0,31; нарезать резьбу М20 в четырех отверстиях (пов. 19) на длину 35±0,31.																	
Т 64	396181.ХХХХ(2)	Прижимы;	ХХХХХХ.ХХХХ(2)	Сменные	призмы;	391267.ХХХХ	Сверло	спиральное	Р6М5;									
МК																		

Лист 3

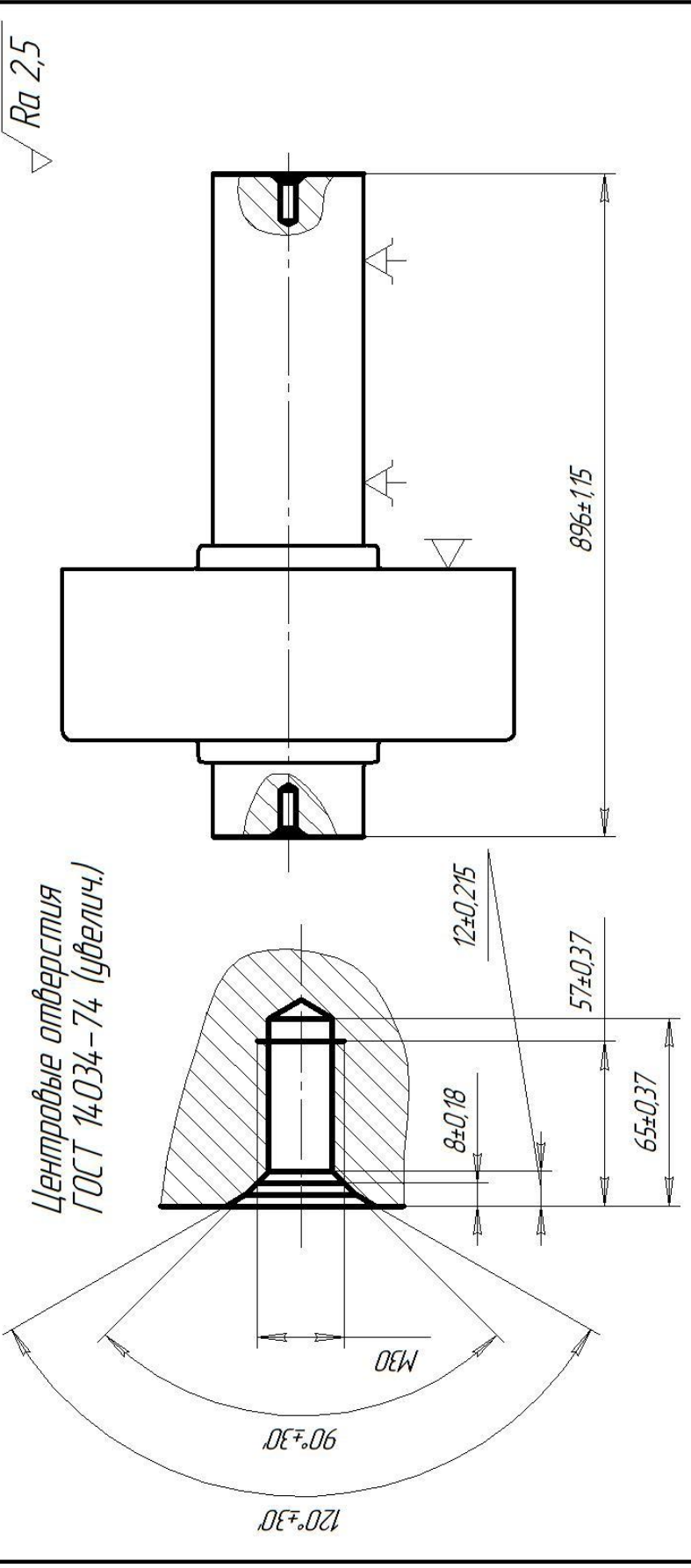
Лист 4																
A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кштм	Тпоз	Тштм
T 69	XXXXXX.XXXX Метчик машинный M20 P6M5.															
70																
A 71	XX XX XX 040 XXXX Зубодолбежная ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX															
B 72	381631 XXXX 51A73 Зубодолбежный 2 18632 322 1P 1 1 100 1 16 16,31															
O 73	Долбить зубчатые венцы (поверхности 26, 27, 28), выдерживая размеры 20 ^h ±30', φ595.186±0.2, φ566±0.875.															
O 74	M=12,57, Z=41.															
T 75	396181.XXXX Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX Долбяк зуборезный P6M5.															
76																
A 77	XX XX XX 045 Термическая (закалка) ИОТ ИЗ7.101.70715-07.															
B 78	ТВЧ															
79																
A 80	XX XX XX 050 Центрошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.															
B 81	381623 XXXX ТОУОДА GS12-130 Центрошлифов. 2 17001 422 1P 1 1 1 100 1 10 0,62															
O 82	Шлифовать центровые отверстия выдерживая размер 90 ^h ±30'.															
T 83	39611X.XXXX(2) Призмы опорные; XXXXXX.XXXX Упор откидной;															
T 84	398110.XXXX Шлифовальная головка ГОСТ Р 52781-2007; 393410.XXXX Калибр-продка.															
85																
A 86	XX XX XX 055 Торцекрцглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.															
B 87	381623 XXXX 3T161 Торцекрцглошлифовал. 2 17001 422 1P 1 1 1 100 1 10 11,27															
O 88	Шлифовать поверхность 13, выдерживая размеры φ200.125±0.036, 100±0.435; шлифовать поверхность 14, выдерживая размеры φ197.1±0.036, 383±0.7; шлифовать поверхность 12 в размер 489±0.315.															
T 89	39611X.XXXX Патрон поводковый; XXXXXX.XXXX Центр вращающийся; 393410.XXXX Микрометр;															
T 90	398110.XXXX Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24K5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007; XXXX Калибр-скода.															
T 91																
МК																

Лист 5																			
А	Цех	Ч4	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа										
					Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт			
А 94	XX XX XX	060	Торцевая шлифовальная ИОТ	ИЗ7.101.74.19.1-00.															
Б 95	381623 XXXX	3Т61	Торцевая шлифовальная	2 17001 422 1Р	1	1	100	1	10	367									
0 96	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 200.125 \pm 0.036$, 103 ± 0.435 ; шлифовать поверхность 3 в размер 84 ± 0.18 .																		
Т 97	39611X XXXX	Патрон	поводковы; XXXXXX XXXX	Центр вращающийся; 393410 XXXX	Микрометр;														
Т 98	398110 XXXX	Круг	шлифовальный 1	350x60x150 14AF24K5L7 30	М/с ГОСТ Р 52781-2007; XXXX	Калибр-скода.													
99																			
А 100	XX XX XX	065	Круговая шлифовальная ИОТ	ИЗ7.101.74.19.1-00.															
Б 101	381623 XXXX	3М31	Круговая шлифовальная	2 17001 422 1Р	1	1	100	1	10	10.87									
0 102	Шлифовать поверхность 13, выдерживая размеры $\phi 200.025^{+0.065}_{-0.038}$, 100 ± 0.435 ; поверхность 14 в размеры $\phi 197^{+0.022}_{-0.052}$, 383 ± 0.7 .																		
Т 103	39611X XXXX	Патрон	мембранный; XXXXXX XXXX	Центр цпорный;															
Т 104	398110 XXXX	Круг	шлифовальный 1	350x60x150 14AF24K5L7 30	М/с ГОСТ Р 52781-2007;														
Т 105	393410	Микрометр;	393120 XXXX	Калибр-скода.															
106																			
А 107	XX XX XX	070	Круговая шлифовальная ИОТ	ИЗ7.101.74.19.1-00.															
Б 108	381623 XXXX	3М31	Круговая шлифовальная	2 17001 422 1Р	1	1	100	1	10	3.23									
0 109	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 200.025^{+0.065}_{-0.038}$, 103 ± 0.435 .																		
Т 110	39611X XXXX	Патрон	мембранный; XXXXXX XXXX	Центр цпорный;															
Т 111	398110 XXXX	Круг	шлифовальный 1	350x60x150 14AF24K5L7 30	М/с ГОСТ Р 52781-2007;														
Т 112	393410	Микрометр;	393120 XXXX	Калибр-скода.															
113																			
А 114	XX XX XX	075	Притирочная ИОТ	ИЗ7.101.74.19.1-00.															
Б 115	381623 XXXX	EF50	Шлиф.- притир.	2 17001 422 1Р	1	1	100	1	10	3.23									
0 116	Обработать притирами поверхности 26 и 27, выдерживая размеры 20^{+1} , $\phi 595.086 \pm 0.055$, $m=12.57$, $z=4.1$.																		
МК																			

Лист 6												
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции		Обозначение документа					
					Код, наименование обработки	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН
Т 117	XXXXXX.XXXX	Приспособление специальное; XXXXXX.XXXX(3) Притир; XXXXXX.XXXX Шаблон.										
118												
А 119	XX XX XX	080 Термическая ИОТ ИЗ7.101.XXXX										
О 120		Поверхности зидьев обработать ТВЧ h 18...22 46...51 НРС.										
121												
А 122	XX XX XX	085 Моечная ИОТ ИЗ7.101.XXXX										
123												
А 124	XX XX XX	090 Контрольная ИОТ ИЗ7.101.XXXX										
125												
126												
127												
128												
129												
130												
131												
132												
133												
134												
135												
136												
137												
138												
139												
												МК

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

Дцбл.																
Взам.																
Подп.																
Разработчик		Шмоль	Лозинко	ТГУ,	Кафедра ОТМП	Вал-шестерня				ВКР	005	Лист 1				
Проверил																
Начин.																



КЭ

Дцбл.	Взам.	Подп.	Листов 1 / Лист	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	
Разработчик	Штоль	Кафедра ОТМП					005	
Проверил	Логинюк							
Нач. цех								
Вал-шестерня								
Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД	
Фрезерно-центральный	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		166	660	φ618,3x896	758	1	
Оборудование, устройство, ЧПУ	Обозначение программы	To	Tb	Tпз	Tшп	СОЖ		
Фрезерно-центральный ЕМБЗМ	-	207	100		3,07	5% Укринол		
P		0 или в	L	f	s	n	v	
01		мм			мм/об	об/мин	м/мин	
02	1. Установить и снять заготовку							
03	396110.XXXX(2) Призмы опорные.							
04	2) Фрезеровать торцы (поверхности 1, 15), выдерживая размер 896±1,15.							
05	1	205	100	5,0	1	315	20,8	
06	3) Сверлить центровые отверстия в размеры 90 ⁰ ±1 ⁰ , 120 ⁰ ±1 ⁰ ; φ28 ^{+0,02} , 8±0,18, 12±0,215.							
07	1	52	100	14,0	1	160	26,1	
08	4) Нарезать резьбу М30 в центровых отверстиях на длину 57±0,37.							
09	1	30	57	1,0	1	200	18,8	
10								
11								
12								
OK								