

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 Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода
пиноли сверлильного станка

Студент

М.А. Федоров

(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

Федоров Михаил Александрович

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода пиноли сверлильного станка».

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Тольятти, Тольяттинский государственный университет, 2019 г.

Работа посвящена разработке техпроцесса изготовления вала-шестерни привода пиноли сверлильного 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 спроектированы некоторые специальные средства технологического оснащения.

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

Пояснительная записка состоит из 74 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 Классификация 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 технологического процесса.....	8
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	8
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
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.....	36
3.1 Анализ исходных данных	36
3.2 Определение усилий резания.....	36
3.3 Определение зажимного усилия.....	37
3.4 Определение механизма зажима клинового механизма.....	37
3.5 Расчёт силового привода.....	38
3.6 Описание конструкции патрона.....	39
4 Проектирование режущего инструмента	41
4.1 Алгоритм проектирования фрезы	41
4.2 Построение линии профилирования	41
4.3 Построение профиля зуба в нормальном сечении.....	43
4.4 Расчет параметров зуба фрезы.....	45
4.5 Конструктивные элементы червячной фрезы.....	46

5	Безопасность и экологичность технического объекта	48
5.1	Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	48
5.2	Идентификация профессиональных рисков.....	48
5.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	50
5.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	52
5.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта..	54
5.6	Заключение.....	56
6	Экономическая эффективность работы	57
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	62
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	65
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей отраслью отечественного машиностроения является станкостроение, которому в последние десятилетия уделялось очень мало внимания.

Технологией повышения качества и эффективности производства является метод, который основан на вмешательстве в ход техпроцесса. Адаптивное управление является передовым направлением управления ходом техпроцесса, который получил достаточно большое распространение.

Широкое 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 привода пиноли сверлильного станка воспринимает вращение боковыми сторонами зубьев шлицевого венца и передает вращение эвольвентными поверхностями зубьев.

1.2 Классификация поверхностей детали.

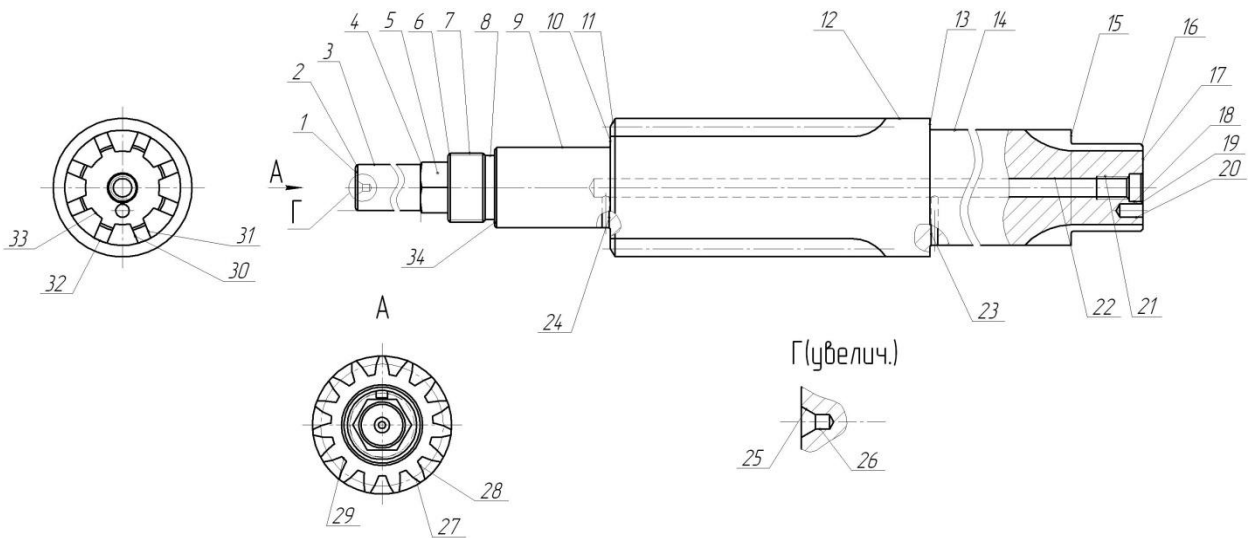


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей

Исполнительными поверхностями детали являются боковые стороны зубьев шлицевого венца (30 и 31), а также эвольвентные поверхности зубьев (27 и 28).

Основными конструкторскими базами являются цилиндрические поверхности (9, 14) и торцовая поверхность 10.

Вспомогательными конструкторскими базами являются цилиндрическая поверхность 3, шестигранник 5, наружная резьбовая поверхность 7, торцовые поверхности 13 и 15, поверхность для штифта 20 и внутренняя резьбовая поверхность 21.

Оставшиеся поверхности будут 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: $\sigma_{\text{в}}=980$ 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 $N_{г} = 5000$ штук в год, а масса детали $m_{д} = 5,0$ кг, то тип производства определяем как среднесерийное. [2]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

«В среднесерийном производстве техпроцесс преимущественно разделен на отдельные операции, каждая из которых закреплена за отдельными станками. Станки в таком производстве применяются различных типов». [2]

«В среднесерийном производстве применяются специальные и специализированные станочные приспособления, специальный и специализированный режущий инструмент. Контрольный инструмент применяется в виде стандартных и специальных калибров и шаблонов. Эта технологическое оснащение в среднесерийном производстве можно применять 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». [1]

Организация среднесерийного производства - переменного-поточная; припуск – незначительный. [2]

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Заготовку рационально получить штамповкой на ГКМ или из сортового проката. Сравним себестоимость этих двух вариантов.

Класс точности штамповки – 4 [3], масса штамповки – 7,8 кг, степень сложности – 2.

Размеры заготовки из проката - $\varnothing 68 \times 462$ мм, масса заготовки из проката – 13,2 кг.

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

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k,$$

$$\text{где } C_c = 0,495; E_n = 0,15; C_k = 1,085 . [3]$$

Отсюда

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

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

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_T,$$

$$\text{где } C_{\text{шт}} = 0,315; k_T = 0,9; k_c = 0,84; k_b = 1,14; k_M = 1,0; k_T = 1,0 . [3]$$

Отсюда

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

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

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

$$\text{где } Q_{\text{шт}} = 7,8; q = 5; C_{\text{отх}} = 0,0144 . [3]$$

Отсюда

$$C_{\text{шт}} = 0,2715 \cdot 7,8 + 0,6578 (7,8 - 5) + 0,0144 (7,8 - 5) = 3,92 \text{ , руб.}$$

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

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

$$\text{где } Q_{\text{пр}} = 13,7; q = 5; C_{\text{отх}} = 0,0144$$

Отсюда

$$C_{\text{пр}} = 0,1219 \cdot 13,7 + 0,6578 (13,7 - 5) + 0,0144 (13,7 - 5) = 7,27 \text{ руб.}$$

Расчет показал, что по себестоимости получения заготовки более выгодным заготовительным способом является штамповка.

Годовая экономия:

$$Э_2 = (C_{\text{пр}} - C_{\text{шт}}) N_2 = (7,27 - 3,92) 5000 = 16750 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

Для обработки поверхности 1 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная обработка.[4]

Для обработки поверхности 2 с показателями качества Ra5, IT 14 необходим следующий перечень механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 3 с показателями качества Ra1,25, IT 6 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная черновая, шлифовальная чистовая обработка.

Для обработки поверхности 4 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 5 с показателями качества Ra5, IT 11 принимаем следующие виды механической обработки: фрезерная обработка.

Для обработки поверхности 6 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 7 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 8 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 9 с показателями качества Ra1,25, IT 7 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная черновая, шлифовальная чистовая обработка.

Для обработки поверхности 10 с показателями качества Ra2,5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная обработка.

Для обработки поверхности 11 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 12 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 13 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 14 с показателями качества Ra0,63, IT 6 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная черновая, шлифовальная чистовая обработка.

Для обработки поверхности 15 с показателями качества Ra2,5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка, шлифовальная обработка.

Для обработки поверхности 16 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 17 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Для обработки поверхности 18 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: сверлильная обработка.

Для обработки поверхности 19 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: сверлильная обработка.

Для обработки поверхности 20 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: сверлильная обработка.

Для обработки поверхности 21 с показателями качества Ra5, IT 10 принимаем следующие виды механической обработки: сверлильная обработка.

Для обработки поверхности 22 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: сверлильная обработка.

Для обработки поверхности 23 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: сверлильная обработка.

Для обработки поверхности 24 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: сверлильная обработка.

Для обработки поверхности 25 с показателями качества Ra1,6, IT 9 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная, центрошлифовальная обработка.

Для обработки поверхности 26 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: центровально-подрезная обработка.

Для обработки поверхности 27 с показателями качества Ra2,5, IT 7 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерная, зубошлифовальная обработка.

Для обработки поверхности 28 с показателями качества Ra2,5, IT 7 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерная, зубошлифовальная обработка.

Для обработки поверхности 29 с показателями качества Ra5, IT 14 принимаем следующие виды механической обработки: зубофрезерная обработка.

Для обработки поверхности 30 с показателями качества Ra1,25, IT 7 принимаем следующие виды механической обработки: шлицефрезерная, зубошлифовальная обработка.

Для обработки поверхности 31 с показателями качества Ra1,25, IT 7 принимаем следующие виды механической обработки: шлицефрезерная, зубошлифовальная обработка.

Для обработки поверхности 32 с показателями качества Ra2,5, IT 11 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

Для обработки поверхности 33 с показателями качества Ra1,25, IT 6 принимаем следующие виды механической обработки: шлицефрезерная, шлифовальная черновая, шлифовальная чистовая обработка.

Для обработки поверхности 34 с показателями качества Ra2,5, IT 11 принимаем следующие виды механической обработки: токарная черновая и чистовая обработка.

2.5 Расчет припусков.

Выполним расчет припусков для поверхности $\varnothing 20g6\left(\begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,020 \end{smallmatrix}\right), L=90$ мм с параметром шероховатости Ra=1,25. [4]

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,4 = 0,350 . [4]$$

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

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

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

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

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

Рассчитаем минимальные припуски.

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,35^2 + 0,025^2} = 0,751 .$$

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

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{20}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121 .$$

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

Рассчитаем максимальные припуски.

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \Delta_0 + Td_1 = 0,751 + 0,5 \Delta_0 + Td_1 = 0,751 + 0,5 \Delta_0 + Td_1 = 1,556 .$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \Delta_1 + Td_2 = 0,253 + 0,5 \Delta_1 + Td_2 = 0,384 .$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \Delta_2 + Td_3 = 0,121 + 0,5 \Delta_2 + Td_3 = 0,163 .$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \Delta_3 + Td_4 = 0,038 + 0,5 \Delta_3 + Td_4 = 0,061 .$$

$$d_{4\min} = 19,980 .$$

$$d_{4\max} = 19,993 .$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 19,993 + 2 \cdot 0,038 = 20,069 .$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 20,069 + 0,013 = 20,082 .$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 20,082 + 2 \cdot 0,121 = 20,324 .$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 20,324 + 0,084 = 20,408 .$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 20,408 \cdot 0,999 = 20,388 .$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 20,388 + 0,052 = 20,440 .$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 20,440 + 2 \cdot 0,253 = 20,946 .$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 20,946 + 0,210 = 21,156 .$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 21,156 + 2 \cdot 0,751 = 22,658 .$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 22,658 + 1,400 = 24,058 .$$

Определим средние значения размеров.

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

$$d_{cp0} = 0,5 (d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5 (24,058 + 22,658) = 23,358 .$$

$$d_{cp1} = 0,5 (d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5 (21,156 + 20,946) = 21,051 .$$

$$d_{cp2} = 0,5 (d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5 (20,440 + 20,388) = 20,414 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5 (d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5 (20,408 + 20,324) = 20,366 .$$

$$d_{cp3} = 0,5 (d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5 (20,082 + 20,069) = 20,076 .$$

$$d_{cp4} = 0,5 (d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5 (19,980 + 19,993) = 19,987 .$$

Определим общий припуск на обработку

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} .$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 .$$

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

$$2Z_{\min} = 22,658 - 19,993 = 2,665 .$$

$$2Z_{\max} = 2,665 + 1,4 + 0,013 = 4,078 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5 (2,665 + 4,078) = 3,372 .$$

На рисунке 2.1 представлена схема полей допусков.

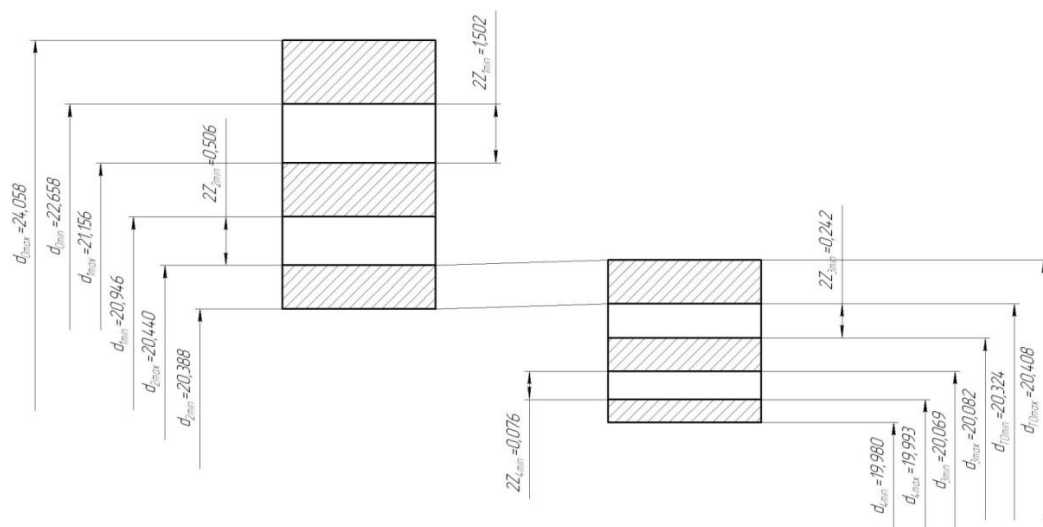


Рис.2.1. Схема припусков поверхности $\varnothing 20g6 \begin{matrix} (-0,007 \\ -0,020) \end{matrix}$.

2.6 Проектирование заготовки.

Для штамповки по ГОСТ 7505-89 [3] выбираем:

1) Группу стали принимаем М2. [3]

2) «Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования для ее изготовления, а также исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки». [3]

Штамповка на ГКМ относится к классу точности Т4.[3]

3) Определим степень сложности поковки.

«Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) G_{Π} поковки к массе (объему) G_{Φ} геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой».[3]

В нашем случае такой подходящей геометрической фигурой является цилиндр.

Массы штамповки и цилиндра найдем с помощью трехмерного проектирования в графическом редакторе КОМПАС-3D.

$$G_{\Pi} = 13,2 \text{ кг}; G_{\Phi} = 7,8 \text{ кг}.$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{7,8}{13,2} = 0,59.$$

Степень сложности поковки выберем по [3].

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

4) «Исходный индекс для назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки».[3]

Исходный индекс заготовки – 8.

2.7 Выбор средств технологического оснащения.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на 005 Центровально-подрезной операции выбираем центровально-подрезной станок модели 2A911-1, который предназначен для обработки центровых отверстий в деталях типа «вал» в металлообрабатывающей промышленности в условиях массового и серийного производства.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на токарных операциях 010, 015, 020, и 025 выберем токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XS, который предназначен для токарной обработки деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе для нарезания различных типов резьб в полуавтоматическом цикле.

Для обработки внутренних отверстий на операции 030 в качестве технологического оборудования примем горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточной станок с числовым программным управлением, с автоматическим устройством смены инструмента и с крестовым поворотным столом 2206BMФ4, предназначенный для комплексной обработки деталей средних размеров в условиях массового и серийного производства.

Для оснащения технологического процесса в качестве оборудования на операции 035 в качестве технологического оборудования выбираем вертикально-сверлильный станок с ЧПУ модели 2P135Ф2-1, который предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий, нарезания внутренних резьб в деталях из различных материалов. Станок используется в серийных типах производства. Станок снабжен револьверной головкой и крестовым столом.

Для обработки наружного шестигранника на операции 040 в качестве технологического оборудования примем вертикально-фрезерный станок с числовым программным управлением 6P13Ф3, который предназначен для фрезерной обработки деталей из сталей, чугунов и цветных металлов с условиях мелкосерийного и среднесерийного производства.

Для изготовления зубьев на зубофрезерной операции 045, а также для изготовления шлиц на шлицефрезерной операции 050, 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.

После термообработки для зачистки центровых отверстий на операции 055 в качестве технологического оборудования примем центрошлифовальный станок ZSM 5100.

Для чистовой обработки цилиндрических поверхностей, а также торца детали на шлифовальных операциях 060 и 070 в качестве технологического оборудования примем торцекруглошлифовальный станок модели 3Т161ВФ2, 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 шлифовальных операциях 065 и 075, где ведется обработка цилиндрических шеек, в качестве технологического оборудования выбираем круглошлифовальный станок модели 3М195, предназначенный для финишной обработки методом шлифования. На нем можно обрабатывать конические и цилиндрические поверхности. Станок используется в производствах массового и серийного типов.

Для финишной обработки шлицев и зубьев детали на операциях 080 и 085 в качестве технологического оборудования примем зубошлифовальный станок модели 5М841, предназначенный для шлифования прямобочного и эвольвентного профиля зубьев деталей, прошедших термическую обработку, с прямыми и косыми зубьями наружного зацепления.

2.8 Определение режимов резания.

2.8.1 Определение режимов на операцию 005.

Переход 1.

$$L = L_P + L_{II} + L_D,$$

$$L_{II} = L_{ПОДВ} + L_{ВРЕЗ} + L_{ПЕР}.$$

$$L_{подв} = L_{пер} = 1; L_{врез} = 3$$

$$L_{II} = 22,5 + 3 + 1 = 26,5 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0$$

$$L = \frac{28}{2} + 11 + 0 = 25 \text{ мм.}$$

Стойкость

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

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 120 \cdot [10]$$

$$T_P = 120 \cdot 1 = 120 \text{ мин.}$$

Подача

$$S_0 = S_{0.ТАБЛ} \cdot K \cdot K_1,$$

Глубина резания

$$t = 2,5 \text{ мм.}$$

$$S_{0.табл} = 0,35; K = 0,6.$$

Так как $\frac{t_{ФАКТ}}{t_{ТАБЛ}} = \frac{3}{2,5} = 1,2$, то принимаем $K_1 = 1$.

$$S_0 = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,21, \text{ мм/об.}$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

$$V_{табл} = 205; K_1 = 0,8; K_2 = 1,0; K_3 = 0,8. [10]$$

$$V = 205 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 = 131,2 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 131,2}{3,14 \cdot 45} = 928, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 800 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\text{ФАКТ}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 800}{1000} = 113, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [10]

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,21 \cdot 800 = 168 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L}{S_0 \cdot n}.$$

$$T_0 = \frac{26,5}{0,21 \cdot 800} = 0,15, \text{ мин.}$$

Переход 2. Центровать два торца.

$$L = L_P + L_{\bar{r}} + L_{\bar{a}}, \quad [10]$$

$$L_{\Pi} = 2, \quad L_{\text{д}} = 0.$$

$$L = 7 + 2 + 0 = 9 \text{ мм.}$$

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda, \quad \lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 120. \quad [10]$$

$$T_P = 120 \cdot 1 = 120 \text{ мин.}$$

$$S_0 = 0,2. \quad [10]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

$$V_{\text{табл}} = 15; K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 0,95. \quad [10]$$

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

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 6,7} = 950,7, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 800 \text{ мин}^{-1}$.

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,7 \cdot 800}{1000} = 16,8 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S , мм/мин». [10]

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{9}{160} = 0,06 \text{ мин.}$$

2.8.2 Расчёт режимов на операцию 010.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [10].

$$S_0 = 0,9; V_0 = 135. [10]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

$$V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 60,6} = 547 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 500, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60,6 \cdot 500}{1000} = 95 \text{ м/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{245}{450} = 0,54 \text{ мин.}$$

2.8.3 Расчёт режимов на операцию 015.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [10].

$$S_0 = 0,9; V_0 = 135 . [10]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

$$V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 35,6} = 930 \text{ мин}^{-1} .$$

$$n_\phi = 800 , \text{ мин}^{-1} .$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35,6 \cdot 800}{1000} = 89,4 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,9 \cdot 800 = 720 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{\partial\partial}}{S} = \frac{213}{720} = 0,30 \text{ мин.}$$

2.8.4 Расчёт режимов на операцию 020.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [10].

$$S_0 = 0,9; V_0 = 135 . [10]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

$$V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 60,1} = 551 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60,1 \cdot 500}{1000} = 94,4 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,9 \cdot 500 = 450 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{255}{450} = 0,57 \text{ мин.}$$

2.8.5 Расчёт режимов на операцию 025.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [10].

$$S_0 = 0,2; V_0 = 135 . [10]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

$$V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 60} = 552 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_{\phi} = 500$, мин^{-1} .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 500}{1000} = 94,2 \text{ м/мин.}$$

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

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{228}{100} = 2,28 \text{ мин.}$$

Переход 2.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [10].

$$S_0 = 0,2; V_0 = 135 . [10]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

$$V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 35,2} = 944 \text{ мин}^{-1} .$$

Примем $n_\phi = 800$, мин⁻¹.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35,2 \cdot 800}{1000} = 88,2 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{1,1}{160} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 3.

«Назначение подач суппортов на оборот шпинделя S_0 , мм/об» [10].

$$S_0 = 1,5; V_0 = 135 . [10]$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

где $K_1 = 1,35; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$.

$$V = 135 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 104 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 30} = 1104 \text{ мин}^{-1} .$$

Примем $n_\phi = 1000$, мин⁻¹.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1000}{1000} = 94,2 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 1,5 \cdot 1000 = 1500 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{20}{1500} = 0,01 \text{ мин.}$$

2.8.6 Расчёт режимов на операцию 030.

$$L = L_p + L_{II} + L_d ,$$

$$L_{II} = 5; L_d = 0; L = 290 + 5 + 0 = 295 \text{ мм.}$$

Стойкость

$$T_p = T_M \cdot \lambda .$$

$$\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1 .$$

$$T_M = 50 \text{ ,мин. [10]}$$

$$T_p = 50 \cdot 1 = 50 \text{ , мин.}$$

$$S_0 = 0,07 \text{ ,мм/об. [10]}$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

$$V_{табл} = 15; K_1 = 0,7; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0 . [10]$$

$$V = 15 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 10,5 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,5}{3,14 \cdot 8} = 418 \text{ мин}^{-1} .$$

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

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 400}{1000} = 10,05 \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,07 \cdot 400 = 28 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{295}{28} = 10,54 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$L = L_P + L_{II} + L_D ,$$

$$L_{II} = 5; L_D = 0; L = 10 + 5 + 0 = 15 \text{ мм,}$$

Стойкость

$$T_P = T_M \cdot \lambda .$$

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1 .$$

$$T_M = 50 \text{ ,мин. [10]}$$

$$T_P = 50 \cdot 1 = 50 \text{ , мин.}$$

$$S_0 = 0,11 \text{ , мм/об. [10]}$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

$$V_{табл} = 15; K_1 = 0,7; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. [10]$$

$$V = 15 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 10,5 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,5}{3,14 \cdot 5,8} = 576,5 \text{ мин}^{-1} .$$

Примем $n_\phi = 500 \text{ , мин}^{-1}$.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,8 \cdot 500}{1000} = 9,11 \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,11 \cdot 500 = 55 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{15}{55} = 0,27 \text{ мин.}$$

2.8.7 Расчёт режимов на операцию 035.

$$L = L_p + L_f + L_a,$$

$$L_{II} = 5; L_d = 0; L = 21 + 13,5 + 3 + 3 + 0 = 40,5 \text{ мм,}$$

Стойкость

$$T_p = T_M \cdot \lambda.$$

$$\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1.$$

$$T_M = 50 \text{ ,мин. [10]}$$

$$T_p = 50 \cdot 1 = 50 \text{ , мин.}$$

$$S_0 = 0,11 \text{ , мм/об. [10]}$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

$$V_{табл} = 15; K_1 = 0,7; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. [10]$$

$$V = 15 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 10,5 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,5}{3,14 \cdot 3} = 1114 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n_\phi = 1000 \text{ , мин}^{-1}$.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 1000}{1000} = 9,42 \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,11 \cdot 1000 = 110 \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{40,5}{110} = 0,37 \text{ мин.}$$

2.8.8 Расчёт режимов на операцию 040.

При обработке концевой фрезой $D = B = 12, \text{мм.}$

$$T = 120 \text{ мин. [10]}$$

$$S_Z = 0,07 \text{ [10]}$$

Откорректируем подачу

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3},$$

$$K_{S1} = 0,85; K_{S2} = 0,57; K_{S3} = 0,25 \text{ . [10]}$$

Тогда

$$S_Z = 0,07 \cdot 0,85 \cdot 0,57 \cdot 0,25 = 0,008 \text{ .}$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

$$V_P = V_T \cdot K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6}, \text{ [10]}$$

$$V_T = 48; K_{V1} = 0,8; K_{V2} = 3,4; K_{V3} = 1,0; K_{V4} = 0,57; K_{V5} = 1,2; K_{V6} = 1,12 \text{ . [10]}$$

$$V_P = 48 \cdot 0,8 \cdot 3,4 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1,2 \cdot 1,12 = 100 \text{ , м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

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

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 12} = 2654 \text{ , мин}^{-1} \text{ .}$$

Примем $n_{\phi} = 2500 \text{ , мин}^{-1}$.

$$V_{\text{ФАКТ}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{наст}}}{1000} \text{ .}$$

$$V_{\text{ФАКТ}} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 2500}{1000} = 94,2 \text{ , м/мин.}$$

Мощность резания

$$N = N_T \cdot K_{N1} \cdot K_{N2} \cdot K_{N3} \cdot K_{N4} \cdot K_{N5} \cdot K_{N6} \cdot K_{N7}, \text{ [10]}$$

$$t = 1,7; N_T = 1,8; K_{N1} = 1,0; K_{N2} = 1,1; K_{N3} = 0,8; K_{N4} = 1,0; K_{N5} = 0,3,$$

$$K_{N6} = 1,0; K_{N7} = 1,0 \text{ . [10]}$$

Тогда

$$N = 1,7 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 = 0,45, \text{ кВт.}$$

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

[10]

$$T_0 = T_{1.PX} + T_{1.i} + T_{2.PX} + T_{2.i} + T_{3.PX} + T_{3.i} \cdot [10]$$

$$L_{1.PX} = L_{2.PX} = L_{3.PX} = L_{4.PX} = L_{5.PX} = L_{6.PX} = 12,7, \text{ мм.}$$

$$L_{1.П} = L_{2.П} = L_{3.П} = L_{4.П} = L_{5.П} = L_{6.П} = 1, \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L_{1.PX} + L_{1.П} + L_{2.PX} + L_{2.П} + L_{3.PX} + L_{3.П} + L_{4.PX} + L_{4.П} + L_{5.PX} + L_{5.П} + L_{6.PX} + L_{6.П}}{S_{\text{МИН}}}$$

$$S_{\text{МИН}} = S_Z \cdot Z \cdot n.$$

$$S_{\text{МИН}} = 0,008 \cdot 4 \cdot 2500 = 80, \text{ мм/мин.}$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{12,7 + 1 + 12,7 + 1 + 12,7 + 1 + 12,7 + 1 + 12,7 + 1 + 12,7 + 1}{80} = 1,03, \text{ мин.}$$

2.8.9 Расчёт режимов на операцию 045.

$$L_{P.X.} = L_P + L_i + L_{\bar{A}}, [10]$$

$$L_P = b \cdot q,$$

$$L_P = 105 \cdot 1 = 105, \text{ мм.}$$

$$L_{П} = 15; L_{Д} = 0.$$

Тогда

$$L_{P.X.} = 105 + 15 + 0 = 120, \text{ мм.}$$

Осевая подача [10].

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

$$S_{0.\text{табл}} = 2,0; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0. [10]$$

Тогда

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

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

$$V_{\text{табл}} = 67; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. [10]$$

Тогда

$$V = 67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 67, \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 \nu}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 100} = 213,4, \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

Величина осевой передвижки $B = 12. [10]$

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

$$l_p = 100.$$

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

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

где $K = 0,5$.

$$l_n = -\frac{3 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 3,5}{4} = -13,738, \text{ мм.}$$

$$l_k = -\frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 0,5}{\cos 0} + \frac{3,14 \cdot 3,5}{4} = -3,297, \text{ мм.}$$

$$W = \frac{100 - (-13,738 - 3,297)}{12} = 9,753.$$

Примем $W = 10$.

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}} \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot z_1 \cdot q}, [10]$$

$$z_1 = 3.$$

$$T_0 = \frac{120 \cdot 15}{200 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1} = 1,5, \text{ мин.}$$

2.8.10 Расчёт режимов на операцию 050.

$$L_{p.x.} = L_p + L_f, [10]$$

$$L_{p.x.} = 31 + 22 + 0 = 53, \text{ мм.}$$

Осевая подача [10].

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

$$S_{0,табл} = 1,9; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0. [10]$$

$$S_0 = 1,9 \cdot 1 = 1,9, \text{ мм/об.}$$

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

$$V = 65 \cdot 1 \cdot 1 = 65, \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины n , соответствующей исходному значению V ». [10]

$$n = \frac{1000 V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 100} = 207, \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{факт} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

Величина осевой передвижки $B = 12$. [10]

$$l_H = 6,5; l_K = 10.$$

$$W = 5. [10]$$

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{p.x.} \cdot z \cdot i}{n \cdot S_0 \cdot z_1},$$

$$z_1 = 3.$$

$$T_0 = \frac{53 \cdot 8 \cdot 1}{200 \cdot 1,9 \cdot 3} = 1,37, \text{ мин.}$$

2.8.11 Выбор режимов на операцию 060.

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

«Расчет частоты вращения обрабатываемой детали n_d , мин^{-1} ». [10]

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 35,05} = 318, \text{ мин}^{-1}.$$

«Расчет поперечной подачи S_p , мм/мин». [10]

$$S_p = S_{p, \text{ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, [10]$$

$$S_{p, \text{табл}} = 1,75; K_1 = 0,8; K_2 = 0,7; K_3 = 0,9; K_4 = 1,2. [10]$$

$$S_p = 1,75 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 1,06 \text{ мм/мин.}$$

Принимаем $S_p = 1 \text{ мм/мин.}$

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

[10]

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

$$T_0 = \frac{2}{3} + \frac{0,2}{1} \cdot 3 + 0,05 = 1,32 \text{ мин.}$$

2.8.12 Выбор режимов на операцию 065.

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

«Расчет частоты вращения обрабатываемой детали n_d , мин^{-1} ». [10]

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50,05} = 223, \text{ мин}^{-1}.$$

«Расчет поперечной подачи S_p , мм/мин». [10]

$$S_p = S_{p, \text{ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$S_{p, \text{табл}} = 1,75; K_1 = 0,8; K_2 = 0,7; K_3 = 0,9; K_4 = 1,2. [10]$$

$$S_p = 1,75 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 1,06 \text{ мм/мин.}$$

Принимаем $S_p = 1$ мм/мин.

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

[10]

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

$$T_0 = \frac{2}{3} + \frac{0,2}{1} + 0,05 = 0,92 \text{ мин.}$$

2.8.13 Выбор режимов на операцию 070.

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

«Расчет частоты вращения обрабатываемой детали n_d , мин^{-1} ». [10]

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 60} = 186, \text{ мин}^{-1}.$$

«Расчет поперечной подачи S_p , мм/мин». [10]

$$S_p = S_{\text{Р.ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$S_{\text{Р.табл}} = 1,75; K_1 = 0,8; K_2 = 0,7; K_3 = 0,9; K_4 = 1,2. [10]$$

$$S_p = 1,75 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 1,06 \text{ мм/мин.}$$

Принимаем $S_p = 1$ мм/мин.

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

[10]

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

$$T_0 = \frac{2}{3} + \frac{0,2}{1} \cdot 3 + 0,05 = 1,32 \text{ мин.}$$

2.8.14 Выбор режимов на операцию 075.

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n ». [10]

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

«Расчет частоты вращения обрабатываемой детали n_d , мин⁻¹». [10]

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 223, \text{ мин}^{-1}.$$

«Расчет поперечной подачи S_p , мм/мин». [10]

$$S_p = S_{p,ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$S_{p,табл} = 1,75; K_1 = 0,8; K_2 = 0,7; K_3 = 0,9; K_4 = 1,2. [10]$$

$$S_p = 1,75 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 1,06 \text{ мм/мин.}$$

Принимаем $S_p = 1$ мм/мин.

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

[10]

$$T_0 = \frac{L_{УСК}}{S_{УСК}} + \sum \frac{L_{P,i}}{S_{P,i}} + T_{ВЫХ}.$$

$$T_0 = \frac{2}{3} + \frac{0,2}{1} + 0,05 = 0,92 \text{ мин.}$$

2.8.15 Выбор режимов на операцию 080.

Длина рабочего хода

$$L_{РХ} = b + (20 \dots 40) \cos \beta + \pi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad [10]$$

$$L_{РХ} = 105 + 30 \cdot 1 + 0 = 135, \text{ мм.}$$

Припуск

$$2p = 0,2 [10].$$

Радиальная подача

$$S_p = 0,02. [10]$$

Продольная подача

$$S_{\text{вд}} = 9. [10]$$

Принимаем скорость резания $V = 30$, м/с. [10]

Частота вращения круга

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

2.8.16 Выбор режимов на операцию 085.

Длина рабочего хода

$$L_{рх} = b + (20...40) \cos \beta + \pi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad [10]$$

$$L_{рх} = 31 + 30 \cdot 1 + 0 = 61, \text{ мм.}$$

Припуск

$$2p = 0,2 [10].$$

Радиальная подача

$$S_p = 0,02. [10]$$

Продольная подача

$$S_{\dot{\vartheta}} = 9. [10]$$

Скорость резания $V = 30, \text{ м/с. [10]}$

«Расчет частоты вращения обрабатываемой детали $n_d, \text{ мин}^{-1}$ ». [10]

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

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Анализ исходных данных.

На операции 025 Токарная чистовая для закрепления заготовки применяется трёхкулачковый самоцентрирующий патрон. Закрепление заготовки происходит наружным зажимом 3 кулачков по цилиндрической шейке заготовки $\varnothing 38,2$. Минусом этого приспособления является его дороговизна и громоздкость.

Спроектируем новый токарный патрон для устранения этих недостатков.

3.2 Определение усилий резания.

При токарной обработке

$$P_{z,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, [11] \quad (3.1)$$

Для P_y : $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$. [11]

Для P_z : $C_p = 2430$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$. [11]

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

$$\text{Для стали } K_{MP} = \left(\frac{\delta_a}{750} \right)^{0,75}, \quad (3.3)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,898,$$

При $\varphi = 60^0$; $K_{ypz} = 0,94$; $K_{ypy} = 0,8$; $\gamma = -3^0$; $K_{pz} = 1,05$;

$$K_{pz} = 1,5$$
; $\lambda = +0,5^0$; $K_{npz} = 1,03$; $K_{npy} = 1,15$.

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{ypz} \cdot K_{pz} \cdot K_{npz} = 0,898 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,9129$$

$$K_{py} = K_{mp} \cdot K_{ypy} \cdot K_{py} \cdot K_{npy} = 0,898 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,279$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 88,2^{-0,15} \cdot 0,9129 = 104,58H$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 88,2^{-0,3} \cdot 1,279 = 88,63H$$

3.3 Определение зажимного усилия.

Крутящий момент, стремящийся повернуть заготовку

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{104,58 \cdot 38,2}{2} = 1997H \quad (3.4)$$

Момент зажима, препятствующий повороту заготовки

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}. \quad (3.5)$$

Приравняем их

$$W^1 = \frac{KM_p}{f d_2} = \frac{K p_z \cdot d_1}{f d_2}, \quad (3.6)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (3.7)$$

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

$$K_{py} = 2,52; f = 0,3. [11]$$

Тогда

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 104,58 \cdot 38,2}{0,3 \cdot 38,2} = 627,5H.$$

Крутящий момент от силы P_y

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad (3.8)$$

Момент, препятствующий этому

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (3.9)$$

Зажимная сила

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{627,5}{1 - \left(\frac{3 \cdot 12,5}{25} \cdot 0,1 \right)} = 738,2 H. \quad (3.10)$$

3.4 Определение механизма зажима клинового механизма.

$$Q = \frac{W_1}{i_c},$$

где i - передаточное отношение по силе зажимного механизма.

$$i_{c.кл.} = \frac{1}{tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1}, \quad (3.11)$$

где $\alpha = 15..30^\circ$ [12].

Примем $\alpha = 20^\circ$.

Определим углы φ, φ^1 .

$$\varphi = arctg \cdot f_1 = arctg \cdot 0,1 = 5^\circ 43'.$$

Примем $\varphi = \varphi^1 = 6^\circ$.

Таким образом

$$i_{c.кл.} = \frac{1}{tg(20^\circ + 6^\circ) + tg6^\circ} = 1,9,$$

$$\text{тогда } Q = \frac{W}{i_{c.p.}} = \frac{738,2}{1,9} = 388,5H.$$

3.5 Расчёт силового привода.

Определим диаметр поршня.

$$L = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}; \quad (3.12)$$

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

Тогда

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{7032,7}{0,4}} = 149,8.$$

Условием является не превышение этого диаметра более чем 120 мм по технической возможности токарного станка.

$D = 149,8 > 120$, поэтому принимаем гидравлический привод.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{7032,7}{1,0}} = 94,7.$$

Примем поршневой диаметр $D = 100$, мм.

Ход поршня

$$S_a = \frac{S_w}{i_n}; \quad (3.13)$$

где $S_w = 0,4$. [12]

$$i_n = \frac{1}{i_c} i_n = \frac{1}{1,9} = 0,52, \text{ отсюда}$$

$$S_a = \frac{0,4}{0,52} = 7,6 \text{ мм}.$$

С учетом запаса примем $S_a = 20 \text{ мм}$.

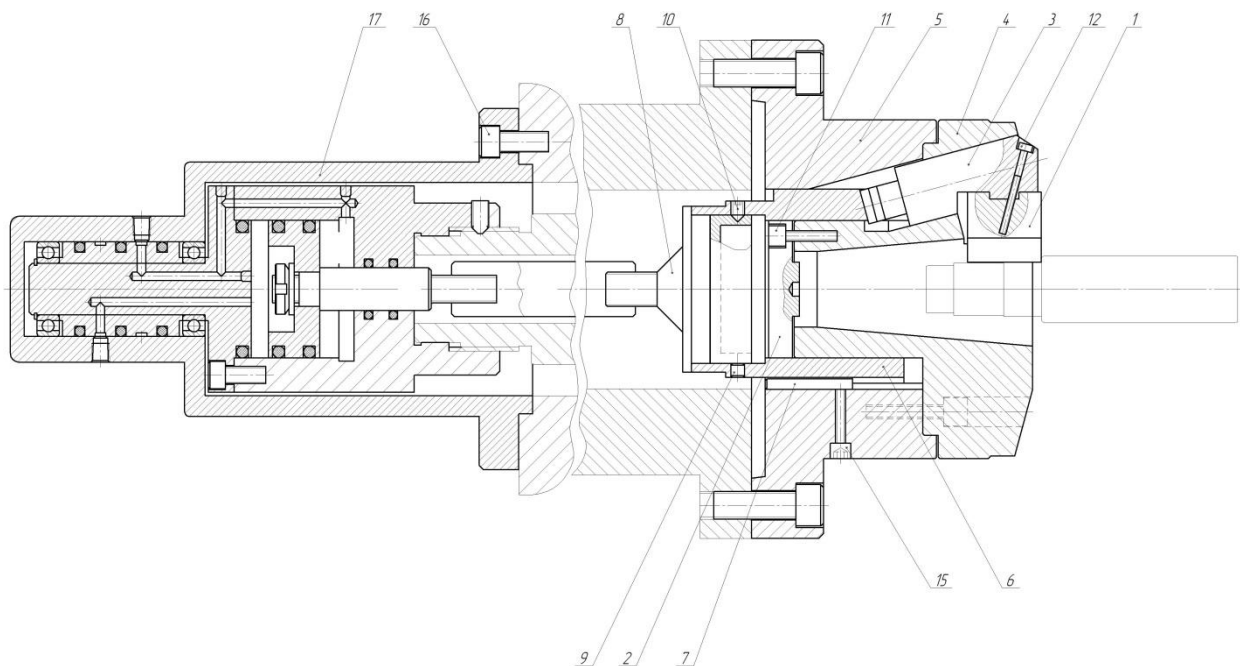


Рис. 3.1. Схема установки заготовки

3.6 Описание конструкции патрона.

Патрон состоит из кулачков (позиция 1), штока (позиция 2), рычагов (позиция 3), головки (позиция 4), корпуса (позиция 5), втулки (позиция 6), тяги (позиция 8), с помощью которой пневматический цилиндр (позиция 17) совершает зажим заготовки в автоматическом цикле.

Работа патрона: в рабочую полость гидроцилиндра (позиция 17) под давлением подается рабочая жидкость, которая двигает поршень со штоком в правую сторону. С помощью тяги (позиция 8) и втулки (позиция 6) движение передается рычагу 3, который скользит по наклонной поверхности головки (позиция 4) вверх и тянет зажимные кулачки вверх. Таким образом, деталь раскрепляется.

При осуществлении подачи рабочей жидкости в штоковую полость цилиндра поршень, шток и тяга патрона перемещаются в левую сторону, втулка тянет за собой рычаг (позиция 3) по наклонной поверхности вниз и происходит зажим заготовки.

4 Проектирование режущего инструмента

Спроектируем режущий инструмент (червячную фрезу), с помощью которой будем обрабатывать шлицы $d - 8 \times 32js6 \times 38a11 \times 6k7$ на зубофрезерной операции 050.

4.1 «Алгоритм проектирования фрезы». [14]

Наружный диаметр шлицев $D = 38a11(-0,310_{-0,470})$ (по условию).

Внутренний диаметр шлицев $d = 32js6(+0,008_{-0,008})$ (по условию).

Переходный диаметр $d_1 = 30,1$ (по условию).

Ширина шлица $b = 6k7(+0,013_{+0,001})$ (по условию).

Количество шлицев $z = 8$ (по условию).

Центрирование по внутреннему диаметру (по условию).

Минимальный размер фаски $c_{\min} = 0,4$. [14]

Длина площадки контакта $a = 5,03$. [14]

4.2 «Построение линии профилирования». [14]

«Определение расчетных размеров шлицевого вала». [14]

$$D_{\text{расч}} = D_{\text{max}} - 2c_{\text{min}} = 37,690 - 2 \cdot 0,4 = 36,890, \text{ мм};$$

$$d_{\text{расч}} = d_{\text{min}} + 0,25Td = 31,992 + 0,25 \cdot 0,016 = 31,996, \text{ мм};$$

$$b_{\text{расч}} = b_{\text{min}} + 0,25Tb = 6,001 + 0,25 \cdot 0,012 = 6,004, \text{ мм}.$$

$$0,25\sqrt{4D_{\text{расч}}^2 - 3b_{\text{расч}}^2} \leq r_y \leq 0,5D_{\text{расч}}$$

$$18,261 \leq r_y \leq 18,445$$

принимаем $r_y = 18,4, \text{ мм}$

«Определение координат экстремальной точки линии профилирования». [14]

$$x_o = -\frac{b_{\text{расч}}}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{b_{\text{расч}}}{4r_y}\right)^2} = -\frac{6,004}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{6,004}{4 \cdot 18,4}\right)^2} = -1,4960, \text{ мм};$$

$$y_o = -\frac{b_{\text{расч}}^3}{16r_y} = -\frac{6,004^3}{16 \cdot 18,4} = -0,7352, \text{ мм}.$$

«Расчет угла поворота вала, соответствующего экстремальной точке».

[14]

$$\mu_o = \arcsin\left(\frac{b_{расч}}{4r_u}\right) = \arcsin\left(\frac{6,004}{4 \cdot 18}\right) = 0,083 \text{ рад} = 4,7580^\circ.$$

«Расчет угла, соответствующего началу переходной кривой». [14]

$$\mu_i = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{d_{\partial\partial\ddot{a}\ddot{n}}^2 - b_{\partial\partial\ddot{a}\ddot{n}}^2}}{2r_{\delta}}\right) = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{31,996^2 - 6,004^2}}{2 \cdot 18,4}\right) = 31,3274^\circ$$

«Принимают, что углу μ_o соответствует точка 0 линии профилирования, а углу μ_n - точка 5, и задаются углами μ_i с точностью до 1° три промежуточные точки». [14]

«Расчет координат точек 1-5». [14]

$$x_i = r_{\delta} \sin \mu_i - 0,5b_{\partial\partial\ddot{a}\ddot{n}} \cos \mu_i;$$

$$x_0 = 18,4 \cdot \sin 4,7580^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 4,7580^\circ = -1,4872;$$

$$x_1 = 18,4 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 10^\circ = 0,1560;$$

$$x_2 = 18,4 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 15^\circ = 1,6503;$$

$$x_3 = 18,4 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 20^\circ = 3,0284;$$

$$x_4 = 18,4 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 25^\circ = 4,2503;$$

$$x_5 = 18,4 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 31,3274^\circ = 5,5188;$$

$$y_i = r_{\delta} \sin \mu_i - 0,5b_{\partial\partial\ddot{a}\ddot{n}} \sin \mu_i;$$

$$y_0 = 18,4 \cdot \sin 4,7580^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 4,7580^\circ = -0,1229;$$

$$y_1 = 18,4 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 10^\circ = 0,0275;$$

$$y_2 = 18,4 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 15^\circ = 0,4422;$$

$$y_3 = (18,4 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 6,004) \sin 20^\circ = 1,1023;$$

$$y_4 = 18,4 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 25^\circ = 1,9819;$$

$$y_5 = 18,4 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 31,3274^\circ = 3,3591.$$

Полученные данные занесем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Координаты точек линии профилирования и профиля
зуба фрезы

Номер точки i	0	1	2	3	4	5
μ_i	4,7580	10	15	20	25	31,3274
x_i	-1,4872	0,1560	1,6503	3,0284	4,2503	5,5188
y_i, Y_i	-0,1229	0,0275	0,4422	1,1023	1,9819	3,3591
X_i	-0,0558	-0,0333	0,0600	0,2806	0,4838	1,3936

4.3 «Построение профиля зуба в нормальном сечении». [14]

«Для углов μ_i , рассчитывают координаты X_i точек профиля зуба фрезы». [14]

$$X_i = r_{\delta} \left(\frac{\pi}{180} \mu_i - \arcsin \frac{b_{\delta a \bar{n} z}}{2r_{\delta}} \right) - \left(r_{\delta} \sin \mu_i - \frac{b_{\delta a \bar{n} z}}{2} \right) \cos \mu_i;$$

$$X_0 = 18,4 \left(\frac{\pi}{180} 4,7580^{\circ} - \arcsin \frac{6,004}{2 \cdot 18,4} \right) - \left(18,4 \cdot \sin 4,7580^{\circ} - \frac{6,004}{2} \right) \cos 4,7580^{\circ} = -0,0558;$$

$$X_1 = 18,4 \left(\frac{\pi}{180} 10^{\circ} - \arcsin \frac{6,004}{2 \cdot 18,4} \right) - \left(18,4 \cdot \sin 10^{\circ} - \frac{6,004}{2} \right) \cos 10^{\circ} = -0,0333;$$

$$X_2 = 18,4 \left(\frac{\pi}{180} 15^{\circ} - \arcsin \frac{6,004}{2 \cdot 18,4} \right) - \left(18,4 \cdot \sin 15^{\circ} - \frac{6,004}{2} \right) \cos 15^{\circ} = 0,0600;$$

$$X_3 = 18,4 \left(\frac{\pi}{180} 20^{\circ} - \arcsin \frac{6,004}{2 \cdot 18,4} \right) - \left(18,4 \cdot \sin 20^{\circ} - \frac{6,004}{2} \right) \cos 20^{\circ} = 0,2806;$$

$$X_4 = 18,4 \left(\frac{\pi}{180} 25^{\circ} - \arcsin \frac{6,004}{2 \cdot 18,4} \right) - \left(18,4 \cdot \sin 25^{\circ} - \frac{6,004}{2} \right) \cos 25^{\circ} = 0,4838;$$

$$X_5 = 18,4 \left(\frac{\pi}{180} 31,3274^{\circ} - \arcsin \frac{6,004}{2 \cdot 18,4} \right) - \left(18,4 \cdot \sin 31,3274^{\circ} - \frac{6,004}{2} \right) \cos 31,3274^{\circ} = 1,3936.$$

«После этого смещают систему координат таким образом, чтобы ее начало находилось в точке 0». [14]

Тогда для всех других точек профиля:

$$\begin{aligned}
\bar{X}_i &= X_i - X_0; \\
\bar{X}_1 &= 0,1560 - (-1,4872) = 1,6432; \\
\bar{X}_2 &= 1,6503 + 1,4872 = 3,1375; \\
\bar{X}_3 &= 3,0284 + 1,4872 = 4,5156; \\
\bar{X}_4 &= 4,2503 + 1,4872 = 5,7375; \\
\bar{X}_5 &= 5,5188 + 1,4872 = 7,0006; \\
\bar{Y}_i &= Y_i - Y_0; \\
\bar{Y}_1 &= 0,0275 - (-0,1229) = 0,1504 \\
\bar{Y}_2 &= 0,4422 + 0,1229 = 0,5651 \\
\bar{Y}_3 &= 1,1023 + 0,1229 = 1,2252 \\
\bar{Y}_4 &= 1,9819 + 0,1229 = 2,1048 \\
\bar{Y}_5 &= 3,3591 + 0,1229 = 3,4820.
\end{aligned}$$

Таблица 4.2 - Скорректированные координаты точек профиля, мм

i	0	1	2	3	4	5
\bar{X}_i	0	1,6432	3,1375	4,5156	5,7375	7,0006
\bar{Y}_i	0	0,1504	0,5651	1,2252	2,1048	3,4820

«Производят замену кривой, описывающей профиль зуба, дугой окружности радиуса ρ , центр которой находится в точке с координатами (x_c, y_c) . Для этого записывают условия принадлежности к этой окружности каких-либо трех точек профиля зуба (обычно точек 0, 2 и 4)». [14]

$$\begin{cases} x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\ 0,1375 - x_c + 0,5651 - y_c = \rho^2 \\ 0,7375 - x_c + 0,1048 - y_c = \rho^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\ 0,262^2 - 2 \cdot 0,262 \cdot x_c + 1,1212^2 - 2 \cdot 1,1212 \cdot y_c = 0 \\ 1,6638^2 - 2 \cdot 1,6638 \cdot x_c + 4,6335^2 - 2 \cdot 4,6335 \cdot y_c = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\ 0,2836 - 2,1678 \cdot x_c + 5,1951 - 9,267 \cdot y_c = 0 \\ -9,7588 + 1,1598 \cdot x_c = 0 \end{cases}$$

$$x_c = 8,1742$$

$$y_c = -2,1924$$

$$\rho = 8,4862$$

Проведем проверку попадания точек профиля зуба 1 и 3 на эту дугу окружности.

$$\left| \sqrt{(0,0523 - 16,1742)^2 + (0,3291 + 3,1924)^2} - 16,4862 \right| = 0,0141$$

$$\left| \sqrt{(0,7238 - 16,1742)^2 + (0,4943 + 3,1924)^2} - 16,4862 \right| = 0,0242$$

4.4 «Расчет параметров зуба фрезы».[14]

«Расчет высоты ножки зуба». [14]

$$H_f = 0,5D_{расч} - r_u + q = 0,5 \cdot 36,89 - 18,4 + 0,1 = 0,145, \text{ мм};$$

«При центрировании шлицевого соединения по внутреннему диаметру рассчитывают высоту головки зуба». [14]

$$H_a = (\sin \mu_n - 0,5b_{расч}) \sin \mu_n = (8,4 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 6,004) \cdot \sin 31,3274^\circ = 3,4132, \text{ мм};$$

и высоту усиков зуба фрезы

$$h_y = H_a - r_u + 0,5d_{расч} = 3,4132 - 18,4 + 0,5 \cdot 31,996 = 1,0112, \text{ мм};$$

ширину усиков выбираем в диапазоне $b_y = (0,3 \dots 0,8) \Delta$, где

$$\Delta \approx 0,5 \left(\frac{\pi d}{z} - b - a \right) = 0,5 \left(\frac{\pi \cdot 32}{8} - 6 - 5,03 \right) = 0,765, \text{ мм};$$

- ширина канавки в основании профиля вала

$$b_y = 1,6142 \dots 4,3044 \text{ мм}.$$

«Расчет полной высоты зуба фрезы». [14]

$$H = H_a + H_f = 3,4132 + 0,145 = 3,5582, \text{ мм}.$$

«Расчет толщины зуба по линии центроиды фрезы в нормальном сечении». [14]

$$S_n = \frac{2\pi}{z} r_{\psi} - b_{\text{расч}} = \frac{2\pi}{8} 18,4 - 6,004 = 8,44, \text{ мм}.$$

$$S_x = S_n - 2 \left(r_c - \rho \cos \beta_x \right)$$

$$S_{x1} = 8,44 - 2 \left(1,1724 - 8,4862 \cdot \cos 28,7507^\circ \right) = 6,9753, \text{ мм}$$

$$S_{x2} = 8,44 - 2 \left(1,1724 - 8,4862 \cdot \cos 23,3908^\circ \right) = 7,6729, \text{ мм}$$

$$\beta_x = \arcsin \frac{|y_c| + h_x}{\rho} = \arcsin \frac{3,1924 + 4,7379}{16,4862} = 28,7507^\circ$$

$$\text{при } h_x = H_a$$

$$\beta_x = \arcsin \frac{|y_c| + h_x}{\rho} = \arcsin \frac{3,1924 + 3,3527}{16,4862} = 23,3908^\circ$$

$$\text{при } h_x = \left(D_{\text{расч}} - d_{\text{расч}} \right) / 2 = \left(8 - 71,2946 \right) / 2 = 3,3527 \text{ мм}$$

«Расчет нормального шага профиля зубьев». [14]

$$t_n = \frac{2\pi \cdot r_{\psi}}{z} = \frac{2\pi \cdot 18,4}{8} = 14,444, \text{ мм}.$$

4.5 «Конструктивные элементы червячной фрезы». [14]

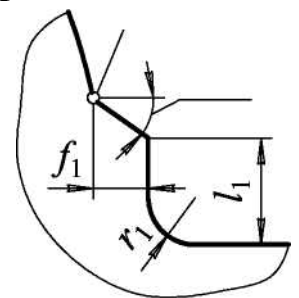
«Общая высота профиля фрезы». [14]

$$H_o = H + f_1 \operatorname{tg} 35^\circ + l_1 = 3,5582 + 1 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ + 2 = 8,5391 \approx 6,2584, \text{ мм}.$$

«Наружный диаметр фрезы, размеры буртиков, диаметр и конфигурацию посадочного отверстия назначаем в соответствии с ГОСТ 8027-60». [14]

$$D_e = 85, D_1 = 48, d_o = 32, d_2 = 34, f_{2\min} = 3, c_2 = 2,0, c_3 = 1,0.$$

«Длина фрезы». [14]



$$L = 2\sqrt{D_e - H} + \left(4 \dots 0,5 \right) t_n + 2f_2 = 2\sqrt{85 - 3,5582} + 3 \cdot 14,444 + 2 \cdot 3 = 66,5 \text{ мм}$$

Принимаем $L = 80 \text{ мм}$; $l = 20 \text{ мм}$.

«Размеры шпоночного паза и их допускаемые отклонения выбирают по ГОСТ 23360-78 в зависимости от диаметра посадочного отверстия d_o ». [14]

«Передний угол принимают равным 0° , чтобы не корректировать профиль фрезы». [14]

«Задний угол на вершине зуба принимают $a_{ro} = 10^\circ$, после чего рассчитывают наименьший задний угол в главной секущей плоскости на боковой стороне профиля». [14]

$$a_{\min} = \arctg\left(\frac{|y_c|}{\rho} \operatorname{tg} a_{ro}\right) = \arctg\left(\frac{3,1924}{8,4862} \operatorname{tg} 10^\circ\right) = 1,753^\circ$$

В нашем случае условие $a_{\min} \geq 1,5^\circ$ выполняется, поэтому ведем расчет далее.

Принимаем число зубьев фрезы $Z = 12$.

Рассчитаем величину падения первого затылка

$$K = \frac{\pi D_e}{Z} \operatorname{tg} a_{ro} = \frac{85\pi}{12} \operatorname{tg} 10^\circ = 3,9218 \approx 4,0 \text{ мм},$$

величину падения второго затылка принимаем $K_1 = 6,4 \text{ мм}$,

$$e = 0,5 \left(K_1 - K \right) = 1,2 \text{ мм}.$$

«Расчет глубины стружечных канавок фрезы». [14]

$$h_k = H_o + 0,5 \left(K_1 + K \right) = 6,2584 + 0,5(4,0 + 6,4) = 11,5 \text{ мм}$$

Угол канавки $\psi_k = 25^\circ$, радиус закругления канавки $r_k = 2 \text{ мм}$. [14]

«Расчет среднего расчетного диаметра фрезы». [14]

$$D_t = D_e - 2H - \left(2 \dots 0,3 \right) K = 85 - 2 \cdot 3,5582 - 0,25 \cdot 4 = 76,9 \text{ мм}.$$

«Расчет угла наклона винтовой линии стружечных канавок». [14]

$$\omega = \arcsin \frac{t_n}{\pi D_t} = \arcsin \frac{14,444}{76,9\pi} = 0,06 \text{ рад} = 3,5^\circ.$$

«Расчет шага винтовой линии стружечных канавок». [14]

$$T = \pi D_t \operatorname{ctg} \omega = 76,9 \cdot \pi \cdot \operatorname{ctg} 3,5^\circ = 3948 \text{ мм},$$

«Расчет осевого шага профиля». [14] $t_{oc} = \frac{t_n}{\cos \omega} = \frac{14,444}{\cos 3,5^\circ} = 14,471 \text{ мм}.$

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода пиноли сверлильного 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 привода пиноли сверлильного станка	токарная чистовая операция 025	оператор токарного станка с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ модели SAMAT-400XC, патрон токарный, центр упорный	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, СОЖ-Литол
2	Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода пиноли сверлильного станка	операция зубофрезерная 050	фрезеровщик	зубофрезерный станок 5К32А, поводковое устройство, центр упорный	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, СОЖ-Литол

5.2 Идентификация профессиональных рисков.

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	<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>«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [21]</p>	<p>стружка стальная</p> <p>пары смазочно-охлаждающей жидкости</p> <p>электрический ток</p> <p>вибрация при обработке</p>

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
2	операция зубофрезерная 050	«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

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» [21]	централизованная автоматизированная система удаления стружки цеха	специальная одежда рабочего, имеющая высокую плотность; защитный экран станка, защищающий оператора от вылета 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]
4	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими	Система поглощения вибрации станка (демпферы)	«специальная одежда рабочего» [21]

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
	колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [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	Участок механической обработки	токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC, патрон токарный, центр упорный	Е	«тепловой поток» [20]	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты производственного и инженерно-технического оборудования» [20]
2	Участок механической обработки	зубофрезерный станок 5K32A, поводковое устройство, центр упорный	Е	тепловой поток	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты производственного и инженерно-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 установочные 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]
токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XS, 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.
зубофрезерный станок 5K32A, поводковое устройство, центр упорный	Систематическое проведение инструктажей по пожарной безопасности. Применение	Запрет на применение в цехе открытого огня. Применение систем автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

Продолжение таблицы 5.6

	автоматизированных систем оповещения. Контроль безопасной эксплуатации технологического оборудования.	
--	---	--

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]
1	2	3	4	5
токарная чистовая операция 025	токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC, патрон токарный, центр	«факторы, связанные с чрезмерным загрязнением	Отработанная смазочно-охлаждающая жидкость	«разрывающие части твердых объектов»

Продолжение таблицы 5.7

1	2	3	4	5
	упорный	воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха»[21]		(стружка)
операция зубофрезерная 050	зубофрезерный станок 5К32А, поводковое устройство, 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)

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, зубофрезерный станок 5К32А
«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

Продолжение таблицы 5.8

«Мероприятия по снижению негативного	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
---	--

5.6 Заключение.

В результате разработки мер по экологичности и безопасности технологического объекта были спроектированы технические меры по предупреждению производственного травматизма в цехе. Это дает возможность минимизировать травмы, полученные работниками производства.

Также были разработаны меры по пожарной безопасности, что минимизирует риски возникновения очагов пожаров в производственных условиях.

В разделе выполнен анализ и предложены мероприятия по исключению негативного воздействия действующего производства на атмосферу, гидросферу и литосферу. Это даст возможность создать экологически чистое производство, согласно действующим экологическим стандартам.

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%;

- 050 зубофрезерной, здесь заменили червячную 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 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 55528 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Вал-шестерня» в объеме 5000 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.

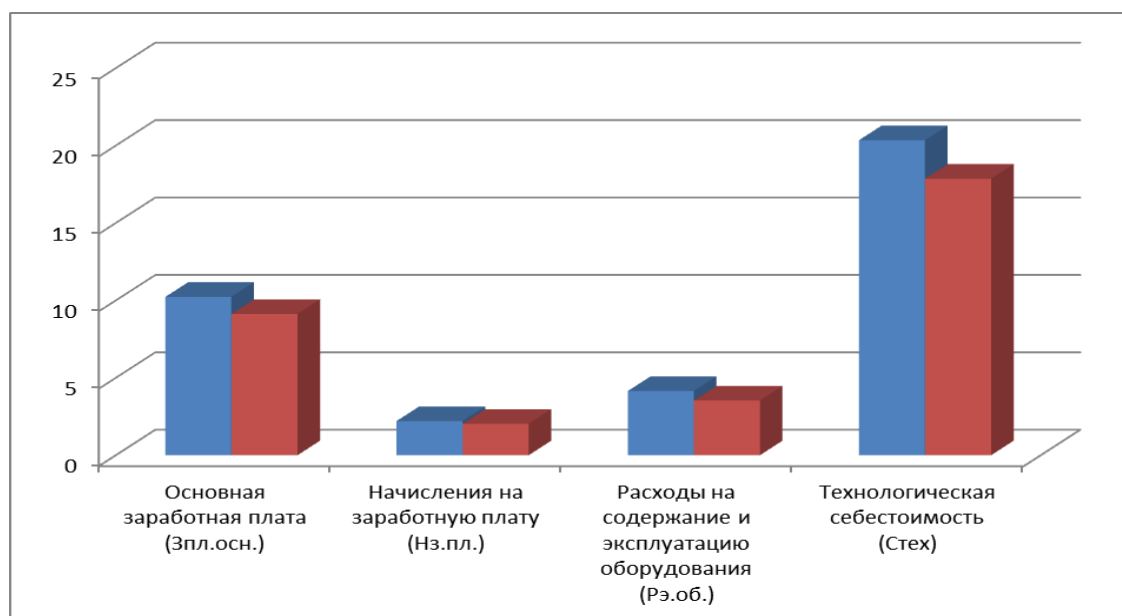


Рисунок 6.1 – Технологическая себестоимость детали «Вал-шестерня», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

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 0,17 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы нами был разработан технологический процесс изготовления вала-шестерни привода пиноли сверлильного станка, проведен технико-экономический анализ метода получения и спроектирована конструкция заготовки. Спроектированы технологические наладки на токарную чистовую операцию 025 и на зубофрезерную операцию 050.

Для крепления заготовки на 025 токарной чистовой операции разработан автоматизированный патрон.

Для обработки шлиц на операции 050 зубофрезерной разработана червячная фреза.

Технологический оснащен современным оборудованием и средствами технологического оснащения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безъязычный, В. Ф. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. – 412 с.
2. Конструкционные стали и сплавы: учеб.пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 440 с.
3. 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.
4. Иванов, И. С. Технология машиностроения: учеб.пособие / И. С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 240 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. ГОСТ 7505-89. Поковки штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
- 7 Султан-заде, Н. М.Технология машиностроения: выпускная квалификационная работа для бакалавров: учеб.пособие / Н. М. Султан-заде [и др.]. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2016. - 288 с.
8. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – Введ. 2009-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 10 с.
9. Краткий справочник металлиста/ под ред. П.Н. Орлова – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2011. – 960 с.
10. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич[и др]. – М.:НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
11. Иванов, И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб.пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с.

12. Зубарев, Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с.
13. 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.
14. Резников, Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента: электрон.учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
15. Солоненко, В. Г. Резание металлов и режущие инструменты : учеб.пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.
16. 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. Мещерякова, В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ : учеб.пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 336 с.
19. ГОСТ Р 52781-2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – Введ. 2009-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 30 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).

24. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова. – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутные карты

Лист 2													
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа		
											КОИД	ЕН	ОП
Б	Код наименования сборки												
Т 19	392104.ХХХХ(2) Резец механич. Т5К10; 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0.1; 393120.ХХХХ(2) Калибр-скоба.												
20													
А 21	ХХ ХХ ХХ 015 4112 Токарная черновая ИОТ И37.101.7001-93.												
Б 22	381111 ХХХХ 16М20Ф3					2 18225 422 Р 1		1 1		100 1 8		0,86	
0 23	Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 20,6_{\pm 0,24}$; $300,5 \pm 0,26$; $\varnothing 30,6_{\pm 0,25}$; $280,5 \pm 0,26$; $\varnothing 35,6_{\pm 0,25}$.												
Т 24	396110 ХХХХ Патрон самоцентра. 392841.ХХХХ Центра цпорный; ХХХХХХ.ХХХХ цпор откидной;												
Т 25	392104.ХХХХ(2) Резец механич. Т5К10; 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0.1; 393120.ХХХХ(2) Калибр-скоба.												
26													
А 27	ХХ ХХ ХХ 020 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.												
Б 28	381111 ХХХХ 16М20Ф3					2 18225 422 Р 1		1 1		100 1 8		1,52	
0 29	Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 60,1_{\pm 0,074}$; $248 \pm 0,23$; $\varnothing 50,1_{\pm 0,074}$; $309 \pm 0,265$; $\varnothing 38,1_{\pm 0,062}$;												
0 30	выполнить фаску $2 \times 60^\circ$.												
Т 31	396110 ХХХХ Патрон самоцентрир.; 392841.ХХХХ Центра цпорный; ХХХХХХ.ХХХХ цпор откидной;												
Т 32	392104.ХХХХ(2) Резец механич. Т5К10; 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0.1; 393120.ХХХХ(2) Калибр-скоба.												
33													
А 34	ХХ ХХ ХХ 025 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.												
Б 35	381111 ХХХХ 16М20Ф3					2 18225 422 Р 1		1 1		100 1 8		4,06	
0 36	Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 20,2_{\pm 0,052}$; $300 \pm 0,26$; $\varnothing 30,1_{\pm 0,062}$; $280 \pm 0,26$; $\varnothing 35,2_{\pm 0,062}$.												
0 37	$\varnothing 25,4_{\pm 0,25}$; $312 \pm 0,26$; выполнить 2 фаски $1 \times 45^\circ$ и одну фаску $2 \times 60^\circ$, выполнить канавку, выдерживая												
0 38	размеры $\varnothing 27,8_{\pm 0,52}$; $4 \pm 0,15$; выполнить одну фаску $1 \times 45^\circ$, нарезать резьбу М30х1,5.												
Т 39	396110 ХХХХ Патрон самоцентра.; 392841.ХХХХ Центра цпорный; ХХХХХХ.ХХХХ цпор откидной;												
Т 40	392104.ХХХХ(2) Резец механич. Т5К10; 392104.ХХХХ Резец канавочный Р6М5; ХХ Резец резьбовой;												
Т 41	393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0.1; 393120.ХХХХ(2) Калибр-скоба.												
МК													

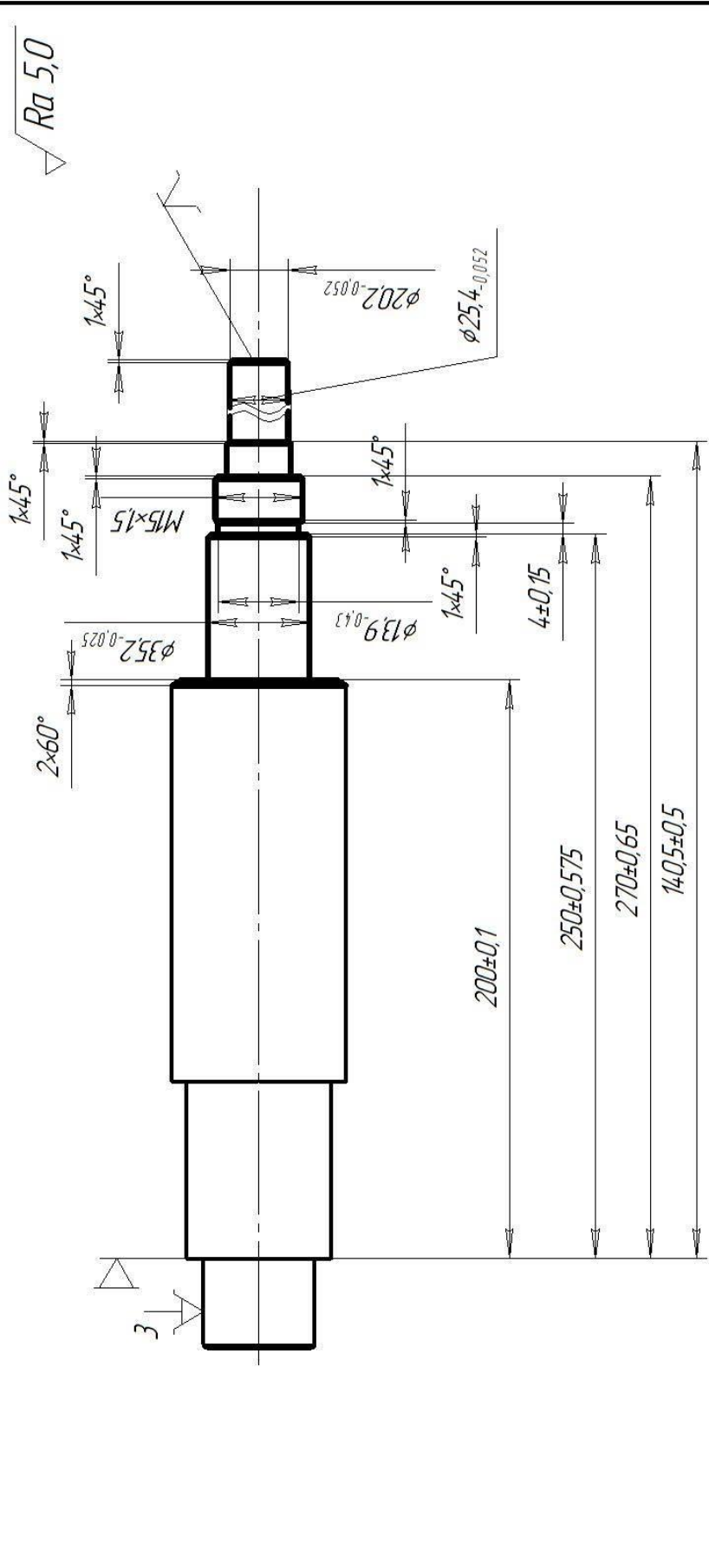
Лист 5																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СИ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Гвоз	Тшт
Б	Код наименования оборудования										Обозначение документа					
0.94	Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\phi 50,05_{-0,030}$; 309±0,265.															
T.95	39611X.XXXX Патрон поводковый; 39284.1.XXXX Центр брашующийся; XXXXX.XXXX Упор откидной.;															
T.96	398110.XXXX Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.;															
T.97	393120.XXXX скода индикаторная; 393410.XXXX Микрометр.															
98																
A.99	XX XX XX 070 Шлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.															
Б.100	38131X XXXX 31161ВФ2 Торцевкруглошлиф. 2 18873 322 1P 1 $0,025_{-0,007}$ 1 1 100 1 10 175															
0.101	Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\phi 20_{-0,007}$; 300±0,26; $\phi 30_{-0,050}$; 280,5±0,26; $\phi 60_{-0,019}$.															
T.102	39611X.XXXX Патрон поводковый; 39284.1.XXXX Центр брашующийся; XXXXX.XXXX Упор откидной.;															
T.103	398110.XXXX Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.;															
T.104	393120.XXXX(3) скода индикаторная; 393410.XXXX Микрометр.															
105																
A.106	XX XX XX 075 Шлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.															
Б.107	38131X XXXX 3M195 Круглошлиф. 2 18873 322 1P 1 1 1 100 1 10 185															
0.108	Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\phi 50_{-0,06}$; 309±0,265.															
T.109	39611X.XXXX Патрон поводковый; 39284.1.XXXX Центр брашующийся; XXXXX.XXXX Упор откидной.;															
T.110	398110.XXXX Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.;															
T.111	393120.XXXX скода индикаторная; 393410.XXXX Микрометр.															
112																
A.113	XX XX XX 080 Зубошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.															
Б.114	38131X XXXX 5M841 Зубошлиф. 2 17003 422 1P 1 1 1 100 1 120 2,79															
0.115	Шлифовать зuby вала-шестерни $m = 3,5$ мм, $z = 15$, класс точности 7-Сн.															
T.116	39611X.XXXX Патрон поводковый; 39284.1.XXXX Центр жесткий; XXXXX.XXXX Упор откидной.;															
МК																

										Лист 6			
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа							
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП
Б	Код, наименование оборудования												
Т 117	398110.XXXX Круг шлифовальный профильный 125AF16k5L7 35 м/с ГОСТ Р 52781-2007.												
Т 118	3943XX.XXXX Шагомер резьбовой; 3944XX.XXXX биенцимер.												
119													
А 120	XX XX XX 085 Зубошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00.												
Б 121	38131X XXXX 5М841 Зубошлиф. 2 17003 422 1Р 1 1 1 100 1 120 221												
0 122	Шлифовать шлицы d=8x32js6x38a11x6k7.												
Т 123	39611X.XXXX Патрон лободковый; 39284.1.XXXX Центр жесткий; XXXXX.XXXX Упор откидной.												
Т 124	398110.XXXX Круг шлифовальный профильный 125AF16k5L7 35 м/с ГОСТ Р 52781-2007.												
Т 125	3943XX.XXXX Шагомер резьбовой; 3944XX.XXXX биенцимер.												
126													
А 127	XX XX XX 080 Маячная ИОТ ИЗ7.101.XXXX												
128													
А 129	XX XX XX 085 Контрольная ИОТ ИЗ7.101.XXXX												
130													
131													
132													
134													
135													
136													
137													
138													
139													
140													
МК													

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

Діля.											
Взам.											
Полп.											
Розроб	Федороб										Лист 1
Проверил	Лозиноб										
Н.контр.											

ТТУ	Кафедра ОТМТ	ДП	25
Вал-шестерня			



КЭ

Дюбл.		Взам.		Подп.		Листов 1 / Лист 1	
Разработ		Федоров		Кафедра ОТМП			
Проверил		Лозинко					
Н.контр.				Вал-шестерня			
Наименование операции		Твердость		МД		Профиль и размеры	
Токарная чистовая с ЧПУ		166		5,0		Ø67x463	
Оборудование, цастройство ЧПУ		То		Тпз		Тшм	
Токарный с ЧПУ 16У20ФЗ		2,3		10		5,52	
Р		D или B		L		S	
01		мм		мм		мм/об	
02		мм/об		об/мин		м/мин	
Т 03							
04		1. Установить и снять заготовку		396110.ХХХХ Патрон самоцентрир.; 392841.ХХХХ Поллцентр цпорный; ХХХХХ.ХХХХ Упор откидной.			
05		2. Точить поверхность выдерживая размеры $\phi 20,2_{-0,052}^0$; $\phi 30,1_{-0,062}^0$; $\phi 35,2_{-0,062}^0$; $\phi 25,4_{-0,25}^0$; $250 \pm 0,575$; точить 2 фаски 1×45^0 , и одну фаску 2×60^0 .					
Т 06		392104.ХХХХ Резец контрцрый правый с пластиной Т15К6; 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0,1;					
Т 07		393120.ХХХХ(4) Калибр-скода.		1 30 100 0,28 1 0,2 500 94,2			
08		3. Точить канавку, выдерживая размеры $4,0 \pm 0,15$; выполнить фаску 1×45^0 .					
09		392104.ХХХХ Резец канавочный Р6М5; 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0,1; Калибр-скода.					
10		4. Нарезать резьбу М30x1,5 на длину 16 мм.					
11		ХХХХ Резец резьбовой с пластиной Т15К6; 393111.ХХХХ ШЦ-И-350-0,1; Калибр резьбовой.					
12							
OK							