

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода манипулятора

Студент(ка)	<u>Шацких А.В.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Руководитель	<u>Логинов Н.Ю.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Консультанты	<u>Горина Л.Н.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Зубкова Н.В.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Виткалов В.Г.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент

А.В. Бобровский
(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)**

**направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
профиль «Технология машиностроения»**

Студент _____ Шацких Андрей Вячеславович _____ гр. ТМбз-1132

1. Тема _____ Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода манипулятора

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» _____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _____ материалы преддипломной практики, чертеж детали программа выпуска $N_2=5000$ дет./год

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование станочного приспособления

4) Проектирование режущего инструмента

5) Безопасность и экологичность технического объекта

6) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа направлена на проектирование технологического процесса изготовления вала-шестерни привода манипулятора. Техпроцесс оснащен современными технологическими средствами. Оборудование отвечает современному состоянию науки и техники. На техпроцесс составлена технологическая документация.

В работе проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Так же выполнен анализ экономической эффективности.

Бакалаврская работа содержит страниц расчетно-пояснительной записки. Графическая часть работы состоит из 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	8
1.1 Назначение и условия работы детали	8
1.2 Классификация поверхностей детали	8
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	9
1.4 Формулировка задач работы	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	12
2.1 Определение типа производства	12
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	12
2.3 Выбор метода получения заготовки	13
2.4 Выбор методов обработки поверхностей	16
2.5 Определение припусков	17
2.6 Проектирование заготовки	22
2.7 Разработка технологического маршрута	25
2.8 Выбор средств технологического оснащения	27
2.9 Расчет режимов обработки	33
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	63
3.1 Анализ конструкции базового приспособления	63
3.2 Расчёт усилий резания	63
3.3 Расчёт усилия зажима	64
3.4 Расчёт зажимного механизма клинового патрона	65
3.5 Расчёт силового привода	66
3.7 Описание конструкции патрона	67
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	69
4.1 Алгоритм проектирования фрезы	69
4.2 Построение линии профилирования	69

4.3. Построение профиля зуба в нормальном сечении	71
4.4 Расчет параметров зуба фрезы	73
4.5 Конструктивные элементы червячной фрезы	74
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Технология обработки цилиндрических зубчатых колес зависит от большого количества факторов, основными из которых являются следующие. Форма цилиндрического колеса, влияющая на выбор оборудования и построение технологического процесса обработки заготовки, а также на выбор технологических баз. При отсутствии требований к точности и шероховатости поверхности выточек, особенно при крупносерийном производстве из штампованных заготовок, выточки не следует обрабатывать – их рекомендуется делать конусными. При мелкосерийном производстве по условиям эксплуатации передачи выточки обрабатываются – их рекомендуется делать цилиндрическими, сопряженными с диском галтелями одного радиуса R , а с торцами венца и ступицы – фасками.

Форма и расположение зубчатого венца влияют на выбор метода обработки и установление технологических баз на этих операциях. Вследствие значительного удельного веса зубообработки в общей трудоемкости изготовления колес форма зубчатого венца является одним из основных показателей технологичности детали.

Форма зубьев (прямые или косые) не влияет на построение технологии обработки детали, а определяет выбор зубообрабатывающего оборудования, а иногда и типа инструмента. Параметры исходного контура зубьев, включая размеры фланкирования (срез головки зубьев), влияют только на выбор режущего инструмента, они нормируются ГОСТ 3058-95.

Габаритные размеры зубчатых колес влияют на размеры оборудования, на выбор типа зубообрабатывающих станков и инструментов, на достижимую точность обработки венца и способы установки колес на станках.

Масштабы производства влияют на выбор типа оборудования и на содержание отдельных операций и их оснащение, что определяет построение технологии обработки детали, особенно на этапе изготовления заготовки.

Характер исходной заготовки (поковка, штамповки, прокат, отливка), зависящий от масштабов производства и размеров колеса, влияет на построение и трудоемкость первых операций изготовления заготовки.

Целью работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода манипулятора с минимальными затратами, при осуществлении заданного качества обработки.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Назначение и условия работы детали.

Вал-шестерня манипулятора предназначена для восприятия крутящего момента от электродвигателя через переходник боковыми поверхностями внутренних шлицов и передачи движения боковыми поверхностями зубьев наружного зубчатого венца. Деталь устанавливается в подшипники по двум шейкам.

1.2 Классификация поверхностей детали.

Цель систематизации поверхностей детали – выявить, какие из них имеют определяющие значения для качественного выполнения деталью своего служебного назначения.

Исходя из служебного назначения детали, все ее поверхности можно классифицировать на исполнительные, основные конструкторские, вспомогательные конструкторские базы и свободные поверхности.

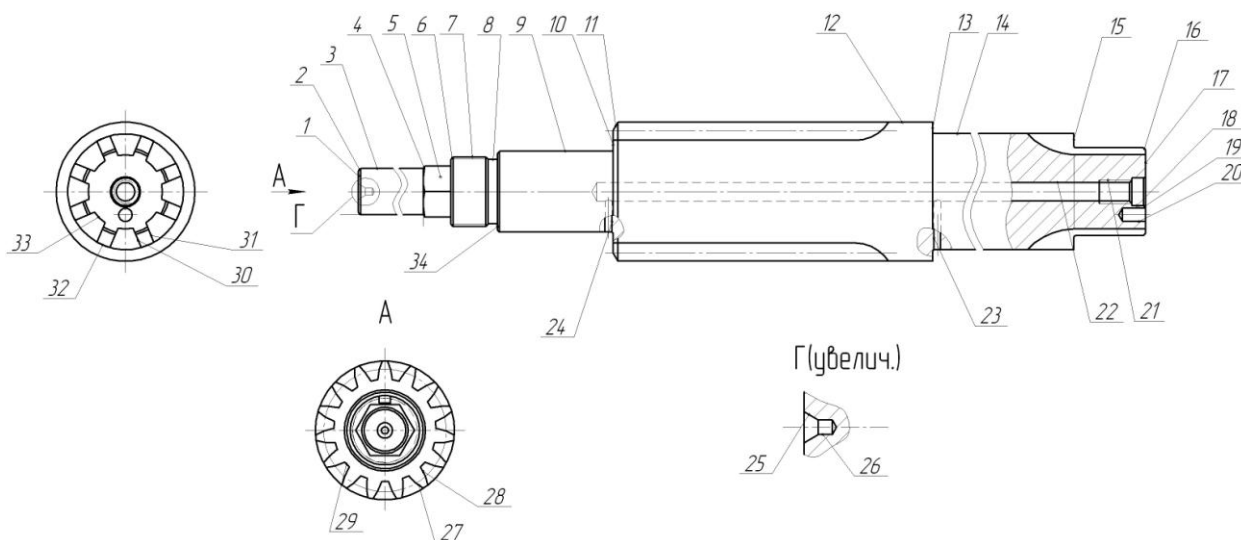


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей

В таблице 1 приведена классификация поверхностей детали по служебному назначению.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей детали

№	Вид поверхности	№ поверхности
1	Исполнительные поверхности	27, 28, 30, 31
2	Основные конструкторские базы	9, 10, 14
3	Вспомогательные конструкторские базы	3, 5, 7, 13, 15, 20, 21, 34
4	Свободные поверхности	остальные

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Опираясь на данные [1] составим табл. 1.2 и 1.3, занеся в них данные о материале детали.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 40X по ГОСТ 4543-71 (в %).

Сталь	C	Cr	не более			Mn	Ni	Si
			P	S	Cu			
40X	0,36-0,44	0,8-1,1	0,035		0,3	0,5-0,8	до 0,3	0,17-0,37

Сталь 40X – конструкционная, легированная, хромистая.

Легирующие элементы:

Cr (хром) - повышает твердость и коррозионную стойкость;

Mn (марганец) - увеличивает твердость и износоустойчивость;

Ni (никель) - повышает прочность и пластичность.

Таблица 1.3 - Механические свойства стали 40X по ГОСТ 4543-71.

Сталь	σ_T	σ_B	δ_5	Ψ
40X	780	980	10	45

Эти физико-химические и механические свойства материала обеспечивают нормальную работу вала-шестерни в узле. Материал не является дефицитным.

Заготовку можно получить как прокатом, так и штамповкой на КГШП. В обоих случаях форма заготовки достаточно проста.

Точность и шероховатость рабочих поверхностей определяются условиями работы детали. Уменьшение точности приведет к снижению точности установки вала-шестерни в узле и надежности его работы. Увеличение шероховатости этих поверхностей приведет к снижению надежности сопряжений и интенсивному изнашиванию поверхностей.

Конструкция детали обеспечивает в целом свободный доступ инструмента в любом виде механической обработки к обрабатываемым поверхностям. Это позволяет в основном стандартный, а реже унифицированный тип инструмента.

Также форма расположения поверхностей детали обеспечивает свободный доступ к обрабатываемым поверхностям измерительных инструментов.

Проанализировав требования к поверхностям детали можно сделать вывод о достаточно высокой степени технологичности детали.

1.4 Формулировка задач работы.

На базе анализа технических требований к детали можно сформулировать следующие задачи выпускной квалификационной работы, которые необходимо решить для достижения цели работы, сформулированной во введении – разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода манипулятора с минимальными затратами, при осуществлении заданного качества обработки.

Эти задачи, как правило, сводятся к следующим: [2]

- 1) Определить тип производства и выбрать стратегию разработки техпроцесса.
- 2) Выбрать оптимальный метод получения заготовки, рассчитать маршруты на обработку поверхностей.

3) Разработать технологический маршрут, выбрать схемы базирования заготовок и составить план обработки.

4) Выбрать средства технологического оснащения техпроцесса – оборудование, приспособления, режущие и мерительные инструменты.

5) Рассчитать припуски на обработку и спроектировать заготовку.

6) Разработать технологические операции – определить их содержание, рассчитать режимы резания и нормы времени.

Решению этих задач посвящены следующие разделы работы.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Определение типа производства.

Тип производства определяется в зависимости от годового объема выпуска и массы детали по таблице 2.1. [3]

Таблица 2.1 – Определение типа производства в зависимости от объема выпуска

Масса детали, кг	Производство				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	>200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
> 10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

Исходя из того, что годовой объем выпуска равен $N_r = 5000$ шт/год, а масса детали $m_d = 5$ кг, то тип производства определяется как среднесерийное.

2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

Характеристика среднесерийного производства и соответственно выбранная стратегия разработки технологического процесса приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Характеристика среднесерийного производства

Показатель ТП	Характеристика
1. Форма организации ТП	переменно-поточная
2. Повторяемость изделий	периодическое повторение партий
3. Унификация ТП	разработка специальных ТП на базе типовых
4. Заготовка	литье, штамповка
5. Припуск на обработку	незначительный
6. Оборудование	универсальное, отчасти специализированное
7. Загрузка оборудования	периодическая смена деталей на станках
8. Коэффициент закрепления операций	св.1 до 40
9. Расстановка оборудования	с учетом характерного направления грузопотоков
10. Квалификация рабочих	различная

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Метод получения заготовки определим в зависимости от свойств обрабатываемого материала, типа детали, сложности, типа производства. Согласно выбранной стратегии, определяем, что для данной детали целесообразно применить в качестве заготовки прокат или штамповку на ГКМ. Эти методы получения заготовок в одинаковой степени позволяют достичь заданной точности, однако себестоимости получения заготовок будут разными. Для окончательного выбора метода получения заготовки выполним сравнительный экономический анализ.

Таблица 2.3 - Исходные данные

Наименование показателей	Вариант 1	Вариант 2
Вид заготовки	Штамповка на ГКМ	Прокат Ø68x462
Класс точности/сложности	4/2	-

Продолжение табл. 2.3

Масса заготовки, кг	7,8	13,2
Стоимость 1 кг заготовок, принятых за базу $C_{заг}$, руб	0,315	0,115
Стоимость 1 кг стружки $C_{отх}$, руб	0,0144	0,0144
Масса детали, кг	5,0	5,0

Определим стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [4].

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

где E_n – нормальный коэффициент эффективности капитальных вложений;

C_c – текущие затраты на 1 кг стружки, руб/кг;

C_k – капитальные затраты на 1 кг стружки, руб/кг.

Принимаем

$C_c = 0,495$ руб/кг – для машиностроения в целом [4];

$E_n = 0,15$ [4];

$C_k = 1,085$ руб/кг – для машиностроения в целом [4].

Тогда по формуле (2.1) имеем:

$$C_{i\dot{a}\ddot{o}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ руб/кг.}$$

Определяем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой [4].

$$\tilde{N}_{\zeta\dot{a}\ddot{o}} = \tilde{N}_{\phi\dot{o}} \cdot k_{\phi} \cdot k_c \cdot k_{\dot{a}} \cdot k_i \cdot k_{\ddot{o}}, \quad (2.2)$$

где $C_{шт}$ – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, руб;

k_T – коэффициент, зависящий от класса точности;

k_c – коэффициент, зависящий от группы сложности;

k_B – коэффициент, зависящий от массы заготовки;

k_M – коэффициент, зависящий от марки материала;

k_P – коэффициент, зависящий от объема производства.

Принимаем

$C_{шт} = 0,315$ руб [4];

$k_T = 0,9$ – для четвертого класса точности [4];

$k_c = 0,84$ – для второй группы сложности [4];

$k_b = 1,14$ – для заготовки массой 2,5...5 кг [4];

$k_m = 1,0$ – для стали 40Х [4];

$k_n = 1,0$ [4].

Тогда по формуле (2.2) имеем:

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

Далее определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [4].

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

где $Q_{\text{шт}}$ – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг;

$C_{\text{отх}}$ – цена 1 кг отходов, руб/кг.

Принимаем

$Q_{\text{шт}} = 7,8$ кг – по расчету;

$q = 5$ кг – по условию;

$C_{\text{отх}} = 0,0144$ руб/кг – для стальной стружки [4].

Тогда по формуле (2.4) имеем:

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

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

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{пр}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{пр}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{пр}} - q), \quad (2.5)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – масса заготовки из проката, кг.

Принимаем

$Q_{\text{пр}} = 13,7$ кг – по расчету.

Тогда по формуле (2.5) имеем:

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

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

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\mathcal{E}_2 = C_{mn} - C_{mi} \bar{N}_2 = 4,27 - 3,92 \cdot 5000 = 16750 \text{ руб.}$$

Для учета ценовой инфляции введем коэффициент $K=10$.

Тогда годовая экономия будет составлять:

$$\mathcal{E}_2 = 16750 \cdot 10 = 167500 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В зависимости от шероховатости поверхности, а также от служебного назначения поверхности определяют последовательность обработки.

Последовательность обработки каждой поверхности детали представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Последовательность обработки поверхностей

№	№ пов-ти	Ra, мкм	IT	Маршрут обработки поверхности
1	1, 17	5	14	Центровально-подрезная
2	2,4,6,8,11,13,16	5	14	Токарная черновая, Токарная чистовая
3	3	1,25	6	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифование черновое, Шлифование чистовое
4	5	5	11	Фрезерная
5	7	5	10	Токарная черновая, Токарная чистовая, Резьбонарезание
6	18, 19, 20, 22, 23, 24	5	14	Сверлильная
7	21	5	10	Сверлильная, Резьбонарезная
8	25, 26	5	14	Центровально-подрезная

Продолжение табл. 2.4

9	27, 28	2,5	7	Зубофрезерная, Зубошлифовальная
10	29	5	14	Зубофрезерная
11	30, 31	1,25	7	Шлицефрезерная, Шлицешлифовальная
12	32, 34	2,5	11	Токарная черновая, Токарная чистовая
13	33	1,25	6	Шлицефрезерная, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая

2.5 Определение припусков.

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

При данном способе получения заготовки – штамповка, на базовый размер наружной поверхности $\varnothing 20g6$, который является основным, определяем припуск на цилиндрическую поверхность расчетно-экономическим способом, а остальные припуски назначаем по таблицам. [5, 6]

Исходные данные:

$$1. D = 20 \begin{pmatrix} -0,007 \\ -0,020 \end{pmatrix} \text{ мм}; L = 89; Ra = 1,25 \text{ мкм.}$$

На данную поверхность назначаем переходы:

- 1) токарная черновая обработка;
- 2) токарная чистовая обработка;

3) шлифование черновое;

4) шлифование чистовое.

Результаты расчетов занесем в таблицу 2.5, начиная с заготовительной операции.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o,$$

где R_z – максимальная высота неровностей профиля поверхности, мм;

h_o – глубина дефектного слоя, мм.

Значения заносим в графу 5 таблицы 2.5.

По формуле

$\Delta = 0,25 \cdot Td$ определяем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе:

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,4 = 0,350, \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

Определяем погрешность установки ε заготовки в приспособлении на каждом переходе. В нашем случае до термообработки заготовка устанавливается в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, так как присутствуют большие силы резания и обеспечивается достаточная точность.

Определяем предельные значения припусков на обработку для каждого перехода, кроме 0 и ТО.

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

Здесь i – параметр, который указывает на выполняющийся в настоящее время переход;

$(i-1)$ – относится к предыдущему переходу.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\sigma_{d_0}^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,35^2 + 0,025^2} = 0,751, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\sigma_{d_1}^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0} = 0,253, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\sigma_{d_2}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0} = 0,121, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\sigma_{d_3}^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,038, \text{ мм.}$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(\sigma_{d_0} + Td_0) = 0,751 + 0,5(0,4 + 0,21) = 1,556, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(\sigma_{d_1} + Td_1) = 0,253 + 0,5(0,21 + 0,052) = 0,384, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(\sigma_{d_2} + Td_2) = 0,121 + 0,5(0,052 + 0,032) = 0,163, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(\sigma_{d_3} + Td_3) = 0,038 + 0,5(0,032 + 0,013) = 0,061, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графы 8 и 9 таблицы, округляя их в сторону увеличения до того знака после запятой, с каким задан допуск на размер для данного качества точности.

$$d_{4\min} = 19,980 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = 19,993 \text{ мм.}$$

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

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 20,069 + 0,013 = 20,082, \text{ мм.}$$

$$d_{T0\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 20,082 + 2 \cdot 0,121 = 20,324, \text{ мм.}$$

$$d_{T0\max} = d_{T0\min} + Td_{T0} = 20,324 + 0,084 = 20,408, \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = d_{T0\min} - 0,999 = 20,408 - 0,999 = 20,388, \text{ мм.}$$

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

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

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

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

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 22,658 + 1,4 = 24,058, \text{ мм.}$$

Округляем значения d_{\min} и d_{\max} в сторону увеличения и заносим в графы 11 и 12 таблицы.

Определяем средние значения размера для каждого перехода по формуле

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(4,058 + 22,658) = 23,358, \text{ мм.}$$

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

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

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

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

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(9,980 + 19,993) = 19,987, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графу 13 таблицы.

Определяем общий припуск на обработку по формулам

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

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

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

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

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

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

Значения $2Z_{\min}$, $2Z_{\max}$ и $2Z_{cp}$ заносим в нижнюю строку в графы 8, 9 и 10 таблицы.

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.5 - Припуски и операционные размеры на пов. $\varnothing 20g6(-0,007_{-0,020})$ мм.

№ пов.	Наименов. перехода	Точность		Составляющие припуска			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		IT	Td, мм	a	Δ	ε	Z_{\min}	Z_{\max}	Z_{cp}	d_{\min}	d_{\max}	d_{cp}
0	Штамповка	16	1,4	0,4	0,350	-	-	-	-	22,658	24,058	23,358
1	Точение черновое	12	0,210	0,2	0,053	0,025	0,751	1,556	1,154	20,946	21,156	21,051
2	Точение чистовое	9	0,052	0,1	0,013	0	0,253	0,384	0,319	20,388	20,440	20,414
3	Термическая обработка	10	0,084	0,25	0,021	-	-	-	-	20,324	20,408	20,366
4	Шлифование черновое	8	0,032	0,03	0,008	0	0,121	0,163	0,142	20,069	20,082	20,076
5	Шлифование чистовое	6	0,013	0,02	0,003	0	0,038	0,061	0,050	19,980	19,993	19,987
Суммарный припуск $2Z$							$2Z_{\min}=2,665$	$2Z_{\max}=4,078$	$2Z_{\text{cp}}=3,372$			

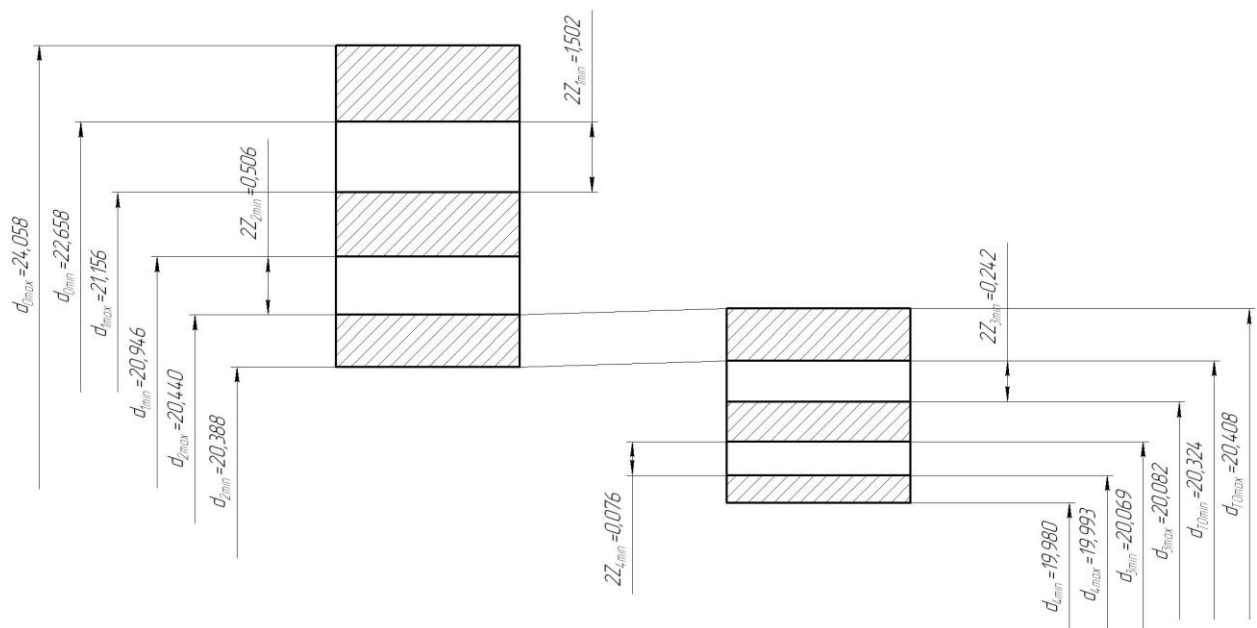


Рис. 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков
на пов. $\varnothing 20g6 \begin{matrix} -0.007 \\ -0.020 \end{matrix}$.

2.6 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки необходимо учитывать следующие пункты:

- 1) необходимые припуски под обработку;
- 2) наличие черновых баз (в данном случае на операции 005 «Токарная черновая» в качестве черновых баз берутся наружная цилиндрическая и торцовая поверхности);
- 3) технические требования, предъявляемые к точности штамповки (при проектировании заготовки необходимо учитывать штамповочные уклоны).

2.6.1 Назначение припусков.

Определим основные припуски на размеры, исходя из размеров и шероховатости [8]. Также определим дополнительные припуски, учитывающие отклонения смещения разъема штампа. Рассчитав припуски по методике [8], занесем их в табл. 2.6.

Таблица 2.6 - Припуски под обработку

Номинальный размер, мм	Допуск, мм	Размер заготовки, мм
Ø20	-0,007 -0,020	Ø67x463
Ø35	-0,025 -0,050	
Ø60	-0,019	
Ø50	-0,016	
455	+1,55	

2) Назначение допусков.

Определим допуски на номинальные размеры детали по данным [8].
Значения допусков сведем в табл. 2.7.

Таблица 2.7 - Допуски на размеры.

Номинальный размер детали, мм	Допуск на заготовку, мм	Размер заготовки, мм
Ø20	1,4	Ø25,4 ^{+0,9} _{-0,5}
Ø35	1,4	Ø37 ^{+0,9} _{-0,5}
Ø60	2,0	Ø67 ^{+1,3} _{-0,7}
Ø50	1,6	Ø57 ^{+1,1} _{-0,5}
455	2,8	463 ^{+1,8} _{-1,0}

3) Назначение штамповочных уклонов и радиусы закругления углов.

Определим штамповочные уклоны и радиусы закругления углов [8].

Штамповочные уклоны на наружные поверхности -3...7°.

Радиусы закруглений углов на глубину полости ручья штампа, мм:

до 50 – 3;

свыше 50 – 5.

Допускаемая величина заусенцев [8] – 4 мм.

Допускаемая величина остаточного облоя [8] – 0,8 мм.

Модель заготовки представлена на рис. 2.2.

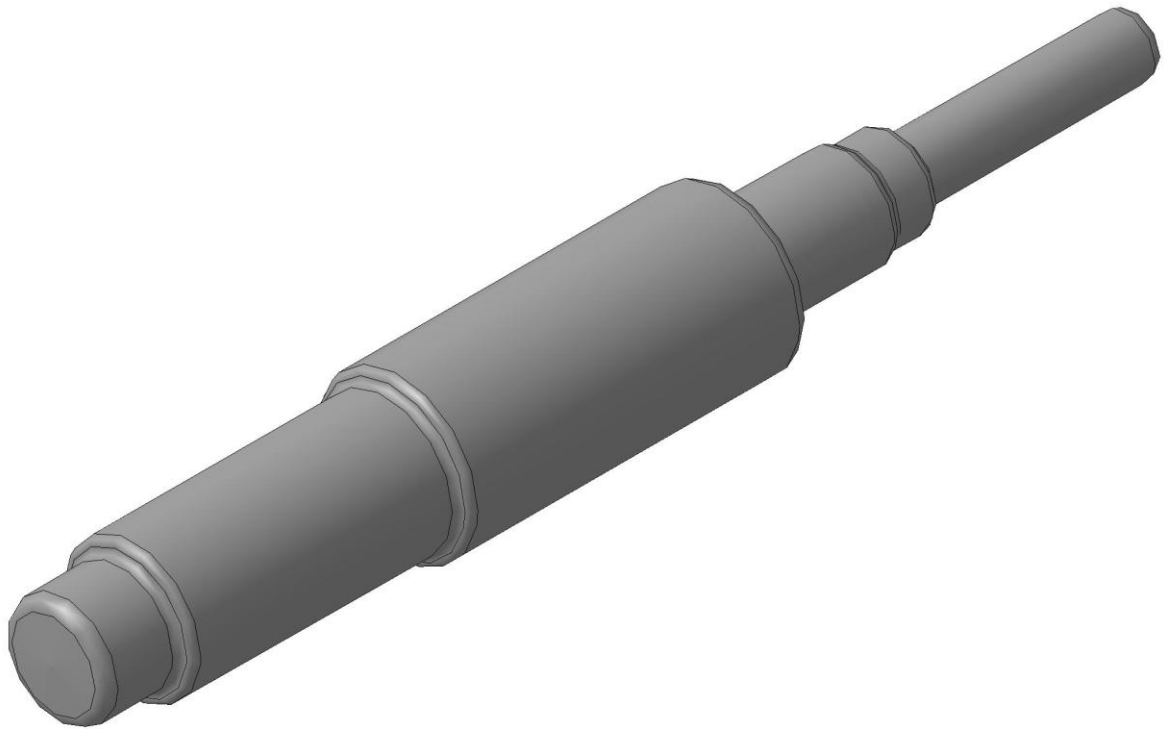


Рис. 2.2. Заготовка

Чертеж штамповки представляем на чертеже заготовки в графической части работы.

2.7 Разработка технологического маршрута.

Используя данные пунктов 4-5, разработаем технологический маршрут обработки вала-шестерни.

Таблица 2.8 - Технологический маршрут обработки

№ операции	Наименование и содержание операции	Точность IT	Шероховатость Ra
1	2	3	4
000	Заготовительная (штамповка на ГКМ)	15	40
005	Центровально-подрезная 1) Подрезать торцы 1, 18 2) Сверлить центровые отверстия с двух сторон	12	12,5
010	Токарная черновая с ЧПУ Точить наружные поверхности 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 32	12	12,5
015	Токарная черновая с ЧПУ Точить наружные поверхности 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	12	12,5
020	Токарная чистовая с ЧПУ 1) Точить окончательно наружные поверхности 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 32 2) Сверлить поверхность 21 3) Расточить окончательно внутренние поверхности 23, 24	9	6,3

Продолжение табл. 2.8

025	<p>Токарная чистовая с ЧПУ</p> <p>1) Точить окончательно наружные поверхности 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p> <p>2) Сверлить поверхность 28</p> <p>3) Расточить окончательно внутренние поверхности 25, 26</p> <p>4) Сверлить, зенкеровать и развертывать поверхность 30</p>	9	6,3
030	<p>Зубофрезерная</p> <p>Фрезеровать поверхности 10, 11</p>	9	3,2
033	<p>Сверлильная с ЧПУ</p> <p>Сверлить поверхности 22, 27</p>	14	5
035	<p>Протяжная</p> <p>Протягивать поверхности 29, 31</p>	10	1,6
040	<p>Термическая</p> <p>Цементировать поверхности</p>		
045	<p>Зубошлифовальная</p> <p>Шлифовать поверхности 10, 11</p>	7	1,6
050	<p>Шлифовальная черновая</p> <p>Шлифовать поверхности 17, 32</p>	8	1,6

Продолжение табл. 2.8

055	Шлифовальная черновая Шлифовать поверхности 2, 3	8	1,6
060	Шлифовальная чистовая Шлифовать поверхность 17	6	0,8
065	Шлифовальная чистовая Шлифовать поверхность 2	6	0,8
070	Полировальная Полировать поверхность 17	5	0,4
075	Полировальная Полировать поверхность 2	5	0,4
080	Моечная Мыть и сушить все поверхности		
085	Контрольная Контролировать окончательно 50% размеров, согласно чертежа		

2.8 Выбор средств технологического оснащения.

2.8.1 Выбор оборудования.

Данные по выбору оборудования заносим в табл. 2.9.

Таблица 2.9 - Выбор технологического оборудования.

Номер и наименование операции	Оборудование
005 Центровально-подрезная	Центровально-подрезной станок 2A911-1

Продолжение табл. 2.9

010 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный патронный станок с ЧПУ 16М20Ф3
015 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный патронный станок с ЧПУ 16М20Ф3
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный патронный станок с ЧПУ 16М20Ф3
025 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный патронный станок с ЧПУ 16М20Ф3
030 Сверлильная	Многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточный станок, горизонтальный с ЧПУ 2206ВМФ4
040 Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок 6Т13
045 Зубофрезерная	Зубофрезерный станок 5К32А
050 Зубофрезерная	Зубофрезерный станок 5К32А
060 Шлифовальная черновая	Торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ 3Т161ВФ2
065 Шлифовальная черновая	Круглошлифовальный станок 3М195
070 Шлифовальная чистовая	Торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ 3Т161ВФ2
075 Шлифовальная чистовая	Круглошлифовальный станок 3М195
080 Зубошлифовальная	Зубошлифовальный станок 5М841
085 Зубошлифовальная	Зубошлифовальный станок 5М841

2.8.2 Выбор приспособлений.

Данные по выбору приспособлений занесем в табл. 2.10.

Таблица 2.10 - Выбор приспособлений.

Номер и наименование операции	Оборудование
005 Центровально-подрезная	Призмы опорные ГОСТ 12194-66
010 Токарная черновая с ЧПУ	Самоцентрирующий трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-80
015 Токарная черновая с ЧПУ	Самоцентрирующий трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-80
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Самоцентрирующий трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-80
025 Токарная чистовая с ЧПУ	Самоцентрирующий трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-80
030 Сверлильная	Специальный наладиваемый кондуктор
035 Сверлильная	Призмы опорные ГОСТ 12194-66
040 Фрезерная	Универсальная делительная головка ГОСТ 8615-89
045 Зубофрезерная	Универсальная делительная головка ГОСТ 8615-89; Центр упорный ГОСТ 13214-79
050 Зубофрезерная	Универсальная делительная головка ГОСТ 8615-89; Центр упорный ГОСТ 13214-79
060 Шлифовальная	Поводковый патрон ГОСТ 2571-71; Центр упорный ГОСТ 13214-79
065 Шлифовальная	Поводковый патрон ГОСТ 2571-71; Центр упорный ГОСТ 13214-79
070 Шлифовальная	Поводковый патрон ГОСТ 2571-71; Центр упорный ГОСТ 13214-79

Продолжение табл. 2.10

075 Шлифовальная	Поводковый патрон ГОСТ 2571-71; Центр упорный ГОСТ 13214-79
080 Зубошлифовальная	Поводковый патрон ГОСТ 2571-71; Центр упорный ГОСТ 13214-79
085 Зубошлифовальная	Поводковый патрон ГОСТ 2571-71; Центр упорный ГОСТ 13214-79

2.8.3 Выбор режущего инструмента.

Данные по выбору режущего инструмента сведем в табл. 2.11.

Таблица 2.11 - Выбор режущего инструмента

Номер и наименование операции	Режущий инструмент
005 Центровально-подрезная	1) Сверло центровочное $\varnothing 3,15$ P6M5 ГОСТ 14952-75; 2) Четырехгранная пластина BK8 19051-73.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной отогнутый правый T15K6 ГОСТ 18868-73;
015 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной отогнутый правый T15K6 ГОСТ 18868-73;
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец расточной T15K6 ГОСТ 18062-72; 2) Резец сборный проходной отогнутый правый T15K6 ГОСТ 18868-73; 3) Сверло спиральное P6M5 ГОСТ 4010-77.

Продолжение табл. 2.11

025 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный канавочный правый Т15К6 ТУ2 035-558-77; 2) Резец сборный проходной отогнутый правый Т15К6 ГОСТ 18868-73.
030 Сверлильная	Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 ГОСТ 4010-77.
035 Сверлильная	Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 ГОСТ 4010-77.
040 Фрезерная	Фреза концевая ГОСТ 17026-71.
045 Зубофрезерная	Фреза червячная ГОСТ 9324-80.
050 Зубофрезерная	Фреза червячная ГОСТ 9324-80.
060 Шлифовальная	Шлиф круг 1 350х60х150 14AF80L7V 30м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
065 Шлифовальная	Шлиф круг 1 350х60х150 14AF80L7V 30м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
070 Шлифовальная	Шлиф круг 1 350х60х150 14AF80L7V 30м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
075 Шлифовальная	Шлиф круг 1 350х60х150 14AF80L7V 30м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
080 Зубошлифовальная	Червячный шлиф круг 1 350х60х150 14AF80L7V 30м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
085 Зубошлифовальная	Червячный шлиф круг 1 350х60х150 14AF80L7V 30м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.

2.8.4 Выбор средств контроля.

Данные по выбору средств контроля сведем в табл. 2.12.

Таблица 2.12 - Выбор средств контроля

Номер и наименование операции	Режущий инструмент
005 Центровально-подрезная	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; Калибр-пробка для контроля отверстий Ø3,15мм ГОСТ 3882-77.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80.
015 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; Калибр-пробка ГОСТ 3882-77; Микрометр ГОСТ 6507-90.
025 Токарная чистовая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; Микрометр ГОСТ 6507-90.
030 Сверлильная	Калибр-пробка ГОСТ 3882-77.
035 Сверлильная с ЧПУ	Калибр-пробка для контроля отверстий Ø3мм ГОСТ 3882-77
040 Фрезерная	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80
045 Зубофрезерная	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; Индикатор ГОСТ 5584-75.

Продолжение табл. 2.12

050 Зубофрезерная	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; Индикатор ГОСТ 5584-75.
060 Шлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80
065 Шлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80
070 Шлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80
075 Шлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80
080 Зубошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80; Шаблон специальный.
085 Зубошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80; Шаблон специальный.

2.9 Расчёт режимов обработки.

2.9.1 Выберем режимы резания на операцию 005 Центровально-подрезная.

Переход 1. Подрезать два торца.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [9]$$

где L_p – длина резания;

L_{Π} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_d – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{\Pi} = L_{\text{ПОДВ}} + L_{\text{ВРЕЗ}} + L_{\text{ПЕР}}.$$

$$L_{\text{ВРЕЗ}} = 3 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{ПОДВ}} = L_{\text{ПЕР}} = 1 \text{ мм.}$$

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

$$L_{\text{Д}} = 0.$$

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

Определим стойкость инструментов.

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_p инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{p.X}$.

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

$$T_M = 120 \text{ мин.}$$

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

Назначим подачу S_0 .

Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя S_0 :

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

где $S_{0.\text{ТАБЛ}}$ – подача по таблице., мм/об;

K – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_1 – коэффициент, зависящий от соотношения фактической и табличной величин глубины резания [9].

Глубина резания $t=2,5$ мм.

$$S_{0.\text{ТАБЛ}}=0,35 \text{ мм/об.}$$

Для сталей пониженной обрабатываемости вводится коэффициент $K=0,6$.

$$\frac{t_{\text{ФАКТ}}}{t_{\text{ТАБЛ}}} = \frac{3}{2,5} = 1,2. \text{ Принимаем } K_1=1.$$

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

Рассчитаем скорость резания v и частоту вращения шпинделя n .

$$v = v_{\text{ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{\text{ТАБЛ}}$ – скорость по таблице, м/мин;

K_1, K_2, K_3 – коэффициенты, зависящие соответственно от марки и твердости обрабатываемого материала, группы твердого сплава и стойкости инструмента T_r .

$$v_{\text{ТАБЛ}} = 205 \text{ м/мин.}$$

Для стали 40Х и твердости 229-269 НВ $K_1 = 0,8$.

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,8.$$

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

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

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

Уточним значение n по паспорту станка.

Принимаем $n = 800 \text{ мин}^{-1}$.

Рассчитаем фактическое значение скорости резания.

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

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

Рассчитаем основное время обработки T_0 .

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

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

Переход 2. Центровать два торца.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [9]$$

где L_p – длина резания;

L_{Π} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_D – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{II} = 2 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 7 + 2 + 0 = 9 \text{ мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_P инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{P.X}$.

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

$$T_M = 120 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Рассчитаем скорость резания v , частоту вращения инструментальных шпинделей n , а также минутную подачу S_M .

$$v = v_{ТАБ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{ТАБЛ}$ – скорость резания по таблице, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [9];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБЛ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 6,7} = 508,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

На операции «Центровальная» в качестве инструмента выберем сверла центровочные с покрытием TiN. При этом скорость резания можно увеличить до значения $v=20 \text{ м/мин}$.

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

Принимаем по паспорту станка $n = 800 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

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

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

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

2.9.2 Режимы резания на операцию 010 Токарная черновая с ЧПУ.

Точить поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 60,6_{-0,30}$, $248,5 \pm 0,23$, $\varnothing 50,6_{-0,30}$, $309,5 \pm 0,265$, $\varnothing 38,6_{-0,25}$.

Режимы резания выберем, пользуясь литературой [9].

По [9] определим подачу $S_0=0,9 \text{ мм/об}$.

По [9] определим скорость $V_0=135 \text{ м/мин}$.

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

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,35$ – для стали [9];

$K_2=0,88$ – для поверхности с коркой [9];

$K_3=0,65$ – для инструмента из твердого сплава [9];

$K_4=1,0$ – для резца с $\varphi=45^\circ$ [9].

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

Частота вращения

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

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

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

Минутная подача

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

Основное время

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

2.9.3 Режимы резания на операцию 015 Токарная черновая с ЧПУ.

Точить поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 20,6_{-0,21}$, $300,5 \pm 0,26$, $\varnothing 30,6_{-0,25}$, $280,5 \pm 0,26$, $\varnothing 35,6_{-0,25}$.

Режимы резания выберем, пользуясь литературой [9].

По [9] определим подачу $S_0=0,9$ мм/об.

По [9] определим скорость $V_0=135$ м/мин.

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

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,35$ – для стали [9];

$K_2=0,88$ – для поверхности с коркой [9];

$K_3=0,65$ – для инструмента из твердого сплава [9];

$K_4=1,0$ – для резца с $\varphi=45^\circ$ [9].

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

Частота вращения

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

$$n_{\phi} = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

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

Минутная подача

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

Основное время

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

2.9.4 Режимы резания на операцию 020 Токарная чистовая с ЧПУ.

Точить поверхности, выдерживая размеры $\phi 60,1_{-0,074}$, $248 \pm 0,23$, $\phi 50,1_{-0,074}$, $309 \pm 0,265$, $\phi 38,1_{-0,062}$, выполнить фаску $2 \times 60^\circ$.

Режимы резания выберем, пользуясь литературой [9].

По [9] определим подачу $S_0=0,9$ мм/об.

По [9] определим скорость $V_0=135$ м/мин.

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

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,35$ – для стали [9];

$K_2=0,88$ – для поверхности с коркой [9];

$K_3=0,65$ – для инструмента из твердого сплава [9];

$K_4=1,0$ – для резца с $\varphi=45^\circ$ [9].

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

Частота вращения

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

$$n_\phi = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

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

Минутная подача

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

Основное время

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

2.9.5 Режимы резания на операцию 025 Токарная чистовая с ЧПУ.

Переход 1. Точить поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 20,2_{-0,052}$, $300 \pm 0,26$, $\varnothing 30,1_{-0,062}$, $280 \pm 0,26$, $\varnothing 35,2_{-0,062}$, $\varnothing 25,4_{-0,25}$ $312 \pm 0,26$, выполнить 2 фаски $1 \times 45^\circ$ и одну- $2 \times 60^\circ$.

Режимы резания выберем, пользуясь литературой [9].

По [9] определим подачу $S_0=0,2$ мм/об.

По [9] определим скорость $V_0=135$ м/мин.

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

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,35$ – для стали [9];

$K_2=0,88$ – для поверхности с коркой [9];

$K_3=0,65$ – для инструмента из твердого сплава [9];

$K_4=1,0$ – для резца с $\varphi=45^0$ [9].

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

Частота вращения

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

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

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

Минутная подача

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

Основное время

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

Переход 2. Выполнить канавку, выдерживая размеры $\varnothing 27,8_{-0,52}$, $4 \pm 0,15$, выполнить фаску 1×45^0 .

Режимы резания выберем, пользуясь литературой [9].

По [9] определим подачу $S_0=0,2$ мм/об.

По [9] определим скорость $V_0=135$ м/мин.

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

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,35$ – для стали [9];

$K_2=0,88$ – для поверхности с коркой [9];

$K_3=0,65$ – для инструмента из P6M5 [9];

$K_4=1,0$ – для резца с $\phi=45^\circ$ [9].

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

Частота вращения

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

$$n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

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

Минутная подача

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

Основное время

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

Переход 3. Нарезать резьбу М30х1,5 на длину 16 мм.

Режимы резания выберем, пользуясь литературой [9].

По [9] определим подачу $S_0=1,5$ мм/об.

По [9] определим скорость $V_0=135$ м/мин.

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

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал реза;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,35$ – для стали [9];

$K_2=0,88$ – для поверхности с коркой [9];

$K_3=0,65$ – для инструмента из твердого сплава [9];

$K_4=1,0$ [9].

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

Частота вращения

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

$$n_{\phi} = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

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

Минутная подача

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

Основное время

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

2.9.6 Режимы резания на операцию 030 Сверлильная.

Переход 1. Сверлить отверстие $\varnothing 8^{+0,36}$ на длину $L=290 \pm 0,2$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [9]$$

где L_p – длина резания;

L_{Π} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_d – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{\Pi} = 5 \text{ мм}.$$

$$L_d = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 290 + 5 + 0 = 295 \text{ мм,}$$

Определим стойкость инструментов.

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_p инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{p.X}$.

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

$$T_M = 50 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,07 \text{ мм/об.}$$

Рассчитаем скорость резания v , частоту вращения инструментальных шпинделей n , а также минутную подачу S_M .

$$v = v_{ТАБ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{ТАБЛ}$ – скорость резания по таблице, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [9];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБЛ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,7.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

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

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

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

Принимаем по паспорту станка $n = 400 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

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

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

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

Переход 2. Сверлить отверстие $\varnothing 5,8^{+0,3}$ на длину $L=10 \pm 0,2$.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [9]$$

где L_P – длина резания;

L_{II} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_D – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{II} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 10 + 5 + 0 = 15 \text{ мм,}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_P инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{P.X}$.

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

$$T_M = 50 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,11 \text{ мм/об [9].}$$

Рассчитаем скорость резания v , частоту вращения инструментальных шпинделей n , а также минутную подачу S_M .

$$v = v_{\text{дв}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{\text{ТАБЛ}}$ – скорость резания по таблице, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [9];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{\text{ТАБЛ}} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,7.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

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

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

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

Принимаем по паспорту станка $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

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

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

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

2.9.7 Режимы резания на операцию 035 Сверлильная.

Сверлить 2 отверстия $\varnothing 3,0^{+0,25}$ на длину $L=21 \pm 0,2$ и $L=13,5 \pm 0,2$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [9]$$

где L_p – длина резания;

L_{Π} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_d – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{\Pi} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

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

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_P инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{P.X}$.

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

$$T_M = 50 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,11 \text{ мм/об [9].}$$

Рассчитаем скорость резания v , частоту вращения инструментальных шпинделей n , а также минутную подачу S_M .

$$v = v_{ТАБ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{ТАБЛ}$ – скорость резания по таблице, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [9];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБЛ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,7.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

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

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

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

Принимаем по паспорту станка $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

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

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

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

2.9.8 Режимы резания на операцию 040 Фрезерная.

Выполнить правильный шестигранник $\varnothing 25,4_{-0,52}$, $H=22_{-0,14}$ мм, $L = 12_{0,1}$.

Для концевой фрезы $D=B=12$ мм.

Прогиб оправки фрезы $y=0,1$ мм. [9]

В качестве материала режущего инструмента для непрерывной обработки с равномерным сечением среза выбираем твердый сплав Т15К6.

Период стойкости концевых фрез с диаметром до 20 мм при обработке сталей равен $T=120$ мин. [9]

Выберем табличное значение подачи на зуб фрезы:

$$S_Z = 0,07 \text{ мм.} \quad [9]$$

Скорректируем подачу в соответствии с заданными условиями фрезерования по формуле:

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

где K_{S1} - коэффициент, учитывающий материал режущей части инструмента;

K_{S2} — коэффициент, учитывающий вид обрабатываемой поверхности;

K_{S3} - коэффициент, учитывающий шероховатость обработанной поверхности.

$$K_{S1} = 0,85; \quad K_{S2} = 0,57; \quad K_{S3} = 0,25. \quad [9]$$

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

Скорость резания V_T назначают в зависимости от типа, диаметра фрезы, обрабатываемого материала, глубины резания и подачи на зуб. Расчетное значение скорости резания V_p находят по формуле:

$$V_p = V_T \cdot K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6} \quad [9]$$

где K_{Vt} - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние свойств обрабатываемого материала, инструментального материала, состояния обрабатываемой поверхности, главного угла в плане φ° , условий обработки, формы обрабатываемой поверхности, отклонения фактической ширины фрезерования от нормативной.

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

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

Частоту вращения фрезы определяют по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad [9]$$

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

По паспорту станка выбирают частоту вращения:

$$n_{\text{пасп}} = 2500 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическую скорость резания V определяют по формуле:

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

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

Мощность резания N_T назначают на каждый проход в зависимости от материала режущей части инструмента, обрабатываемого материала, глубины резания и подачи на зуб. Действительное значение мощности резания N находят по формуле:

$$N = N_T \cdot K_{N1} \cdot K_{N2} \cdot K_{N3} \cdot K_{N4} \cdot K_{N5} \cdot K_{N6} \cdot K_{N7}, \quad [9]$$

где K_{Nt} - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние свойств обрабатываемого материала, твердости, состояния обрабатываемой поверхности, главного угла в плане φ , параметров фрезы.

Для $t=1,7$ мм $N_T = 1,8$; $K_{N1} = 1,0$; $K_{N2} = 1,1$; $K_{N3} = 0,8$; $K_{N4} = 1,0$; $K_{N5} = 0,3$; $K_{N6} = 1,0$; $K_{N7} = 1,0$.

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

Определение основного времени обработки.

Основное время T_0 определим по формуле :

$$T_0 = T_{1.PX} + T_{1.П} + T_{2.PX} + T_{2.П} + T_{3.PX} + T_{3.П},$$

где $T_{1.PX}$, $T_{1.П}$ – соответственно время рабочего хода и подвода инструмента первого прохода;

$T_{2.PX}$, $T_{2.П}$ – соответственно время рабочего хода и подвода инструмента второго прохода;

$T_{3.PX}$, $T_{3.П}$ – соответственно время рабочего хода и подвода инструмента третьего прохода.

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

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

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

$$S_{\text{МИН}} = S_z \cdot Z \cdot n - \text{ минутная подача, мм/мин.}$$

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

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

2.9.9 Рассчитаем режимы резания на операцию 045 Зубофрезерная.

Фрезеровать прямые зубья $m = 3,5$ мм, $z = 15$.

Расчет длины рабочего хода

$$L_{P.X.} = L_P + L_{П} + L_D, \quad [9]$$

где L_P – длина резания;

$L_{П}$ – длина врезания и перебега;

L_D – дополнительная длина хода.

$$L_P = b \cdot q,$$

где b – ширина венца;

q – количество одновременно обрабатываемых деталей.

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

$$L_{\Pi} = 15 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{Д}} = 0.$$

$$L_{p.x.} = 105 + 15 + 0 = 120, \text{ мм.}$$

Назначим осевую подачу [9].

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

где $S_{0.\text{табл}} = 2,0$ мм/об – подача по таблице [9];

$K_1 = 1,0$ – коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом;

$K_2 = 1,0$ - коэффициент, определяемый углом наклона зуба.

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

Назначим скорость резания и определим частоту вращения фрезы.

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{\text{табл}} = 67$ м/мин – скорость резания по таблице [9];

$K_1 = 1,0$ – коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом;

$K_2 = 1,0$ – коэффициент, определяемый количеством проходов;

$K_3 = 1,0$ - коэффициент, определяемый материалом режущей части фрезы.

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

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

По паспорту станка принимаем $n=200$ мин⁻¹.

Уточним скорость резания

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

Определим величину осевой передвижки фрезы B и количество осевых передвижек фрезы W .

По таблице [9] $B = 12$.

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

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

l_n, l_k – величины начальной и конечной установки фрезы.

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

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

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

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

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

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

Принимаем $W = 10$.

Определим основное время T_0

$$T_0 = \frac{L_{p.x.} \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot z_1 \cdot q}, \quad [9]$$

где $z_1 = 3$ – количество заходов фрезы.

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

2.9.10 Рассчитаем режимы резания на операцию 050 Зубофрезерная.

Фрезеровать шлицы d-8x32js6x38a11x6k7.

Расчет длины рабочего хода

$$L_{p.x.} = L_p + L_f, \quad [9]$$

где L_p – длина резания;

L_f – длина врезания и перебега.

$$L_f = 22 \text{ мм.}$$

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

Назначим осевую подачу [9].

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

где $S_{0.\text{табл}} = 1,9$ мм/об – подача по таблице [9];

$K_1 = 1,0$ – коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом.

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

Назначим скорость резания и определим частоту вращения фрезы.

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{\text{табл}} = 65$ м/мин – скорость резания по таблице [9];

$K_2 = 1,0$ – коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом;

$K_3 = 1,0$ – коэффициент, определяемый материалом режущей части фрезы.

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

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

По паспорту станка принимаем $n=200$ мин⁻¹.

Уточним скорость резания

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

Определим величину осевой передвижки фрезы V и количество осевых передвижек фрезы W .

По таблице [9] $V = 12$.

$l_n = 6,5$ мм, $l_k = 10$ мм – соответственно величины начальной и конечной установки фрезы.

По таблице [9] $W = 5$.

Определим основное время T_0

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}} \cdot z \cdot i}{n \cdot S_0 \cdot z_1}, [9]$$

где $z_1 = 3$ – количество заходов фрезы.

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

2.9.11 Выберем режимы резания для операции 060 Шлифовальная.

Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 20,05_{-0,021}$, $300,5 \pm 0,26$, $\varnothing 30,05_{-0,025}$, $280,5 \pm 0,26$, $\varnothing 35,05_{-0,025}$.

Станок – торцекруглошлифовальный станок 3Т161ВФ2.

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр} = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Частота вращения детали $n_{дет} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$.

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор шлифовального круга.

Для шлифования выбираем круг с $D_k = 600$ и $V_k = 63$. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

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

Для стали 40Х и заданном параметре шероховатости выбираем круг формой 1 600x16x305 25А F25 k6 V, на керамической связке.

Для чистовой обработки по диаметру 30 мм назначаем скорость детали $v = 35 \text{ м/мин}$ и определяем частоту её вращения:

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

Найденная частота вращения укладывается в паспортные данные станка.

Определим величину поперечной подачи S_p .

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

где $S_{p,ТАБЛ}$ – поперечная подача по таблице;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

K_2 – коэффициент, зависящий от точности обработки, шероховатости поверхности и припуска на сторону;

K_3 – коэффициент, зависящий от диаметра шлифовального круга;

K_4 – коэффициент, учитывающий особенности торцекруглошлифовальной операции.

$$S_{P,ТАБЛ} = 1,75 \text{ мм/мин.}$$

[9]

$$K_1 = 0,8.$$

$K_2 = 0,7$ при припуске 0,1 на сторону.

$$K_3 = 0,9.$$

$$\text{Для } \frac{D_{\max 1}}{D_1} = \frac{30,1}{22,2} = 1,36 \quad K_4 = 1,2.$$

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

По паспорту станка примем $S_p = 1 \text{ мм/мин.}$

Назначим ускоренную подачу.

$$S_{УСК} = 3 \cdot S_p = 3 \cdot 1 = 3 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем путь шлифования.

$$L_p = p + \Delta L,$$

где $p = 0,15$ – максимальный припуск на сторону;

$\Delta L = 0,05$ – гарантированный зазор.

$$L_p = 0,15 + 0,05 = 0,2 \text{ мм.}$$

Время выхаживания $T_{ВЫХ} = 0,05 \text{ мин.}$

Рассчитаем основное время на операцию T_0 .

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

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

2.9.12 Выберем режимы резания для операции 065 Шлифовальная.

Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 50,05_{-0,030}$, $309 \pm 0,265$.

Станок – круглошлифовальный станок 3М195.

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр} = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Частота вращения детали $n_{дет} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$.

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор шлифовального круга.

Для шлифования выбираем круг с $D_k = 600$ и $V_k = 63$. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

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

Для стали 40Х и заданном параметре шероховатости выбираем круг формой 1 600x16x305 25А F25 k6 V, на керамической связке.

Для чистовой обработки по диаметру 30 мм назначаем скорость детали $v = 35$ м/мин и определяем частоту её вращения:

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

Найденная частота вращения укладывается в паспортные данные станка.

Определим величину поперечной подачи S_p .

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

где $S_{p, \text{ТАБЛ}}$ – поперечная подача по таблице;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

K_2 – коэффициент, зависящий от точности обработки, шероховатости поверхности и припуска на сторону;

K_3 – коэффициент, зависящий от диаметра шлифовального круга;

K_4 – коэффициент, учитывающий особенности торцекрышшлифовальной операции.

$$S_{p, \text{ТАБЛ}} = 1,75 \text{ мм/мин.} \quad [3]$$

$$K_1 = 0,8.$$

$$K_2 = 0,7 \text{ при припуске } 0,1 \text{ на сторону.}$$

$$K_3 = 0,9.$$

$$\text{Для } \frac{D_{\text{max1}}}{D_1} = \frac{50,05}{42,2} = 1,36 \quad K_4 = 1,2.$$

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

По паспорту станка примем $S_p = 1 \text{ мм/мин.}$

Назначим ускоренную подачу.

$$S_{уСК} = 3 \cdot S_p = 3 \cdot 1 = 3 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем путь шлифования.

$$L_p = p + \Delta L,$$

где $p = 0,15$ – максимальный припуск на сторону;

$\Delta L = 0,05$ – гарантированный зазор.

$$L_p = 0,15 + 0,05 = 0,2 \text{ мм.}$$

Время выхаживания $T_{вЫХ} = 0,05$ мин.

Рассчитаем основное время на операцию T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{уСК}}{S_{уСК}} + \sum \frac{L_{p,i}}{S_{p,i}} + T_{вЫХ}.$$

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

2.9.13 Выберем режимы резания для операции 070 Шлифовальная.

Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 20_{-0,020}^{-0,007}$, $300 \pm 0,26$, $\varnothing 35_{-0,050}^{-0,025}$, $280 \pm 0,26$, $\varnothing 60_{-0,019}$.

Станок – торцекруглошлифовальный станок 3Т161ВФ2.

Частота вращения шлифовального круга $n_{кр} = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Частота вращения детали $n_{дет} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$.

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор шлифовального круга.

Для шлифования выбираем круг с $D_k = 600$ и $V_k = 63$. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

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

Для стали 40Х и заданном параметре шероховатости выбираем круг формой 1 600х16х305 25А F25 k6 V, на керамической связке.

Для чистовой обработки по диаметру 30 мм назначаем скорость детали $v = 35$ м/мин и определяем частоту её вращения:

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot v_\phi}{\pi \cdot D_\phi} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 60} = 186, \text{ мин}^{-1}.$$

Найденная частота вращения укладывается в паспортные данные станка.

Определим величину поперечной подачи S_p .

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

где $S_{p.ТАБЛ}$ – поперечная подача по таблице;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

K_2 – коэффициент, зависящий от точности обработки, шероховатости поверхности и припуска на сторону;

K_3 – коэффициент, зависящий от диаметра шлифовального круга;

K_4 – коэффициент, учитывающий особенности торцекрышшлифовальной операции.

$$S_{p.ТАБЛ} = 1,75 \text{ мм/мин.} \quad [9]$$

$$K_1 = 0,8.$$

$$K_2 = 0,7 \text{ при припуске } 0,1 \text{ на сторону.}$$

$$K_3 = 0,9.$$

$$\text{Для } \frac{D_{\max 1}}{D_1} = \frac{60}{42,2} = 1,36 \quad K_4 = 1,2.$$

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

По паспорту станка примем $S_p = 1$ мм/мин.

Назначим ускоренную подачу.

$$S_{УСК} = 3 \cdot S_p = 3 \cdot 1 = 3 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем путь шлифования.

$$L_p = p + \Delta L,$$

где $p = 0,15$ – максимальный припуск на сторону;

$\Delta L = 0,05$ – гарантированный зазор.

$$L_p = 0,15 + 0,05 = 0,2 \text{ мм.}$$

Время выхаживания $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ мин.

Рассчитаем основное время на операцию T_0 .

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

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

2.9.14 Выберем режимы резания для операции 075 Шлифовальная.

Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 50_{-0,016}$, $309 \pm 0,265$.

Станок – круглошлифовальный станок 3М195.

Частота вращения шлифовального круга $n_{\text{кр}} = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Частота вращения детали $n_{\text{дет}} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$.

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор шлифовального круга.

Для шлифования выбираем круг с $D_k = 600$ и $V_k = 63$. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

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

Для стали 40Х и заданном параметре шероховатости выбираем круг формой 1 600x16x305 25А F25 k6 V, на керамической связке.

Для чистовой обработки по диаметру 30 мм назначаем скорость детали $v = 35$ м/мин и определяем частоту её вращения:

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot v_{\partial}}{\pi \cdot D_{\partial}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 223, \text{ мин}^{-1}.$$

Найденная частота вращения укладывается в паспортные данные станка.

Определим величину поперечной подачи S_p .

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

где $S_{p, \text{ТАБЛ}}$ – поперечная подача по таблице;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

K_2 – коэффициент, зависящий от точности обработки, шероховатости поверхности и припуска на сторону;

K_3 – коэффициент, зависящий от диаметра шлифовального круга;

K_4 – коэффициент, учитывающий особенности торцекрылошлифовальной операции.

$$S_{p, \text{ТАБЛ}} = 1,75 \text{ мм/мин.} \quad [9]$$

$$K_1 = 0,8.$$

$$K_2 = 0,7 \text{ при припуске } 0,1 \text{ на сторону.}$$

$$K_3 = 0,9.$$

$$\text{Для } \frac{D_{\text{max1}}}{D_1} = \frac{50}{42,2} = 1,36 \quad K_4 = 1,2.$$

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

По паспорту станка примем $S_p = 1 \text{ мм/мин.}$

Назначим ускоренную подачу.

$$S_{\text{УСК}} = 3 \cdot S_p = 3 \cdot 1 = 3 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем путь шлифования.

$$L_p = p + \Delta L,$$

где $p = 0,15$ – максимальный припуск на сторону;

$\Delta L = 0,05$ – гарантированный зазор.

$$L_p = 0,15 + 0,05 = 0,2 \text{ мм.}$$

Время выхаживания $T_{\text{ВЫХ}} = 0,05 \text{ мин.}$

Рассчитаем основное время на операцию T_0 .

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

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

2.9.15 Выберем режимы обработки на операцию 080
Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья $m=3,5$, $z=15$, класс точности 7-Ch плоским профильным кругом.

Тип шлифовального круга 3. 4, марка шлифовального материала 24А, размер зерна 12-25, твердость СМ1-СМ3, структура 7, 8.

Рассчитаем длину рабочего хода

$$L_{\text{РХ}} = b + (20..40) \cos \beta + \pi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad [9]$$

где b = - ширина зубчатого венца.

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

Определим припуск на толщину зуба

$$2r = 0,20 \text{ мм [9].}$$

Выберем радиальную подачу: $S_p = 0,02$ мм/дв.х.

Выберем продольную подачу: $S_{\text{пр}} = 9$ мм/мин.

Количество проходов – 3.

Выберем скорость шлифования $v=30$ м/с.

Определим частоту вращения круга

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

2.9.16 Выберем режимы обработки на операцию 085
Зубошлифовальная.

Шлифовать шлицы d-8x32js7x38a11x6k7 плоским профильным кругом.

Тип шлифовального круга 3. 4, марка шлифовального материала 24А, размер зерна 12-25, твердость СМ1-СМ3, структура 7, 8.

Рассчитаем длину рабочего хода

$$L_{рх} = b + (20..40)\cos\beta + \pi \cdot m \cdot \operatorname{tg}\beta, \quad [9]$$

где b = - ширина зубчатого венца.

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

Определим припуск на толщину зуба

$$2r = 0,20 \text{ мм [9].}$$

Выберем радиальную подачу: $S_p = 0,02 \text{ мм/дв.х.}$

Выберем продольную подачу: $S_{пр} = 9 \text{ мм/мин.}$

Количество проходов – 3.

Выберем скорость шлифования $v = 30 \text{ м/с.}$

Определим частоту вращения круга

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

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1 Анализ конструкции базового приспособления.

На токарной чистовой операции 025 для базирования и закрепления заготовки применяются самоцентрирующий трёхкулачковый патрон. Зажим изделия осуществляется наружным захватом трёх кулачков по цилиндрической поверхности $\varnothing 38,2$. Недостатком данного приспособления является его громоздкость и дороговизна.

Для устранения данного недостатка предлагаем применить патрон меньшего размера с клиновым зажимом.

3.2 Расчёт усилий резания.

Расчёт сил резания выполняем по методике, изложенной в [10, 11].

При точении заготовки составляющие P_z и P_y рассчитывают по формуле:

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

где C_p , x , y , n - постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки.

При обработки стали резцом, оснащённым пластиной из твёрдого сплава, равны: для P_z -300; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0,15$;

Для P_y - $C_p=243$; $x=0,9$; $y=0,6$; $n=-0,3$

K_p – поправочный коэффициент

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

где K_{mp} - коэффициент учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовую зависимость.

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

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

где K_{yp} ; K_{jp} ; K_{np} – коэффициенты учитывающие влияние геометрии режущей части инструмента на силы резания

При

$$\varphi = 60^0; K_{yp_z} = 0,94; K_{yp_y} = 0,8; \gamma = -3^0; K_{np_z} = 1,05; K_{np_z} = 1,5; \lambda = +0,5^0; K_{np_z} = 1,03; K_{np_y} = 1,15$$

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_z} = 0,898 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,9129$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{np_y} \cdot K_{np_y} = 0,898 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,279$$

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

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

3.3 Расчёт усилия зажима.

Выведем формулы для расчёта усилия зажима W. Суммарный крутящий момент от касательной составляющей силы резания стремится провернуть изделие на кулачках и равен для данной схемы установки.

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

Повороту заготовки препятствует момент силы зажима, который определяется по формуле:

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

где W – суммарное усилие зажима приходящее на три кулачка, H
f – коэффициент трения на рабочие поверхности сменного кулачка,

Из равенства моментов M_p и M_3 определим необходимое усилие зажима, препятствующее повороту изделие в кулачках:

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

Значение коэффициента запаса K в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции определяется по формуле:

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

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8 \quad K_{py} = 2,52.$$

f=0,3 отсюда

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

Сила P_y стремится вывернуть изделие из кулачков относительно OO_1 создавая момент от силы зажима

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

Этому моменту препятствует момент от силы, зажима

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

Необходимая сила зажима равна

Величина усилия W_1 , прикладываемая к кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием W и рассчитывается по формуле:

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

3.4 Расчёт зажимного механизма клинового патрона.

При расчёте зажимного механизма клинового патрона по определённому усилию W_1 определяется усилие Q , создаваемое силовым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передаётся каждому кулачку.

$Q = \frac{W_1}{i_c}$, где i - передаточное отношение по силе зажимного механизма.

Данное соотношение для клинового механизма находим по формуле:

$$i_{c.kл.} = \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg} \varphi^1}, \quad (3.11)$$

где α - угол наклона клина (рекомендуемый $\alpha=15 \dots 30^\circ$; [11]).

Принимаем $\alpha=20^\circ$; φ и φ^1 – углы трения на поверхностях кулачка и штока и изделия. Углы φ и φ^1 определим по формуле:

$$\varphi = \text{arctg} \cdot f_1 = \text{arctg} \cdot 0,1 = 5^\circ 43^1, \text{ отсюда:}$$

$$\text{принимаем } \varphi = \varphi^1 = 6^\circ$$

Следовательно, передаточное отношение:

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

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

3.5 Расчёт силового привода.

Для создания исходного усилия Q используется силовой привод устанавливаемый на задний конец шпинделя. В его конструкции можно выделить силовую часть, вращающуюся совместно со шпинделем и муфту для подвода рабочей среды (см. рис. 3.1). В качестве приводов наибольшее применение получили пневматический и гидравлический вращающиеся цилиндры.

В сравнительном расчёте попытаемся применить пневматический привод, так как в любом производстве имеются трубопроводы для подачи сжатого воздуха. Диаметр поршня пневмоцилиндра определим по формуле:

$$L = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} ; \quad (3.15)$$

где P – избыточное давление воздуха, принимаемое в расчётах равным 0,4 МПа.

В конструкцию токарного станка можно встроить силовой привод с диаметром поршня не более 120 мм. Если при расчёте по формуле (3.15) диаметр поршня получится более 120 мм, то следует применять гидравлический привод, где за счёт регулирования давления масла.

Можно получить большие исходные усилия. При заданном усилии Q подбираем давление масла ($P_r=1,0; 2,5; 5,0; 7,5$ МПа)

Чтобы диаметр поршня не превышал 120 мм, отсюда

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

$D=149,8 > 120$ мм, тогда:

Выбираем гидравлический привод с давлением масла $P=1$ МПа, отсюда:

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

Принимаем диаметр поршня $D= 100$ мм.

Ход поршня рассчитываем по формуле:

$$S_a = \frac{S_w}{i_n}; \quad (3.16)$$

где S_w – свободный ход кулачков $S_w = 0,4$ мм с точностью базирования 0,01 мм на диаметр, отсюда:

$i_n = \frac{1}{i_c}$ - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению;

$i_n = \frac{1}{1,9} = 0,52$, следовательно

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

Значение S_a следует принимать с запасом 10...15 мм, а значит $S_a = 20$ мм

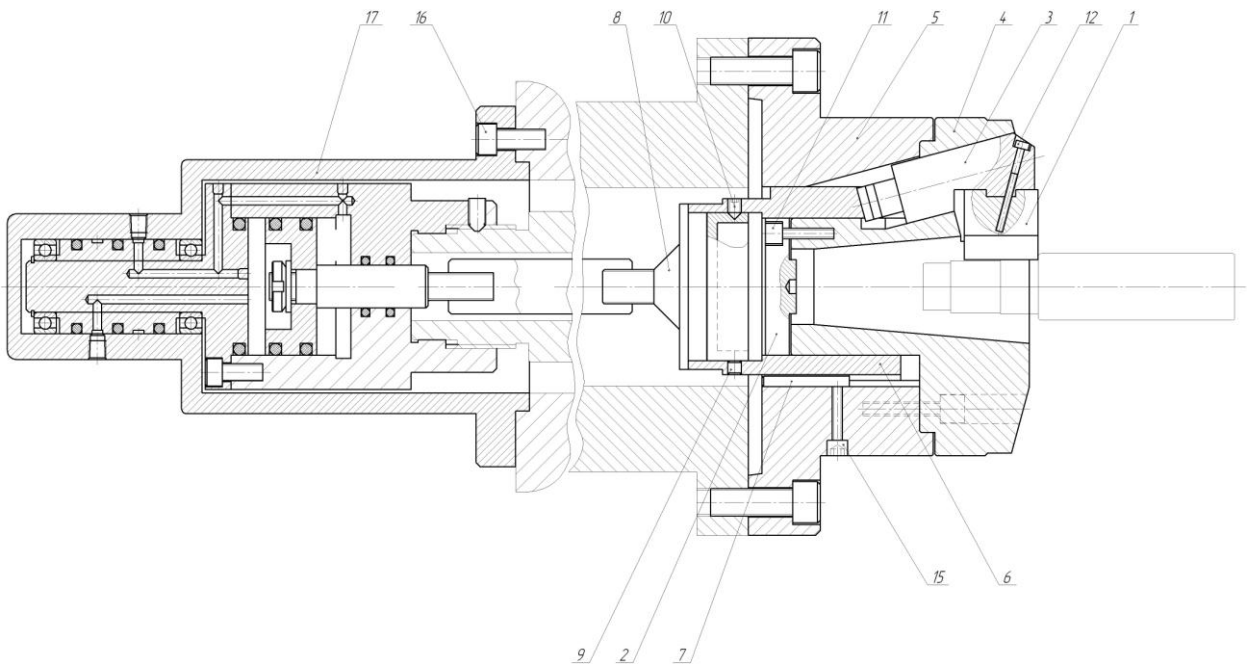


Рис. 3.1. Схема установки заготовки

3.7 Описание конструкции патрона.

Клиновой патрон предназначен для базирования и закрепления корпуса при черновом точении ряда поверхностей на токарном станке.

Клиновой патрон состоит из кулачков 1 в количестве 3 штук, штока 2, рычагов 3, скользящих по конической поверхности головки 4, корпуса 5,

втулки 6, тяги 8, при помощи которой пневмоцилиндр 17 осуществляет автоматический зажим заготовки.

Клиновой патрон работает следующим образом. В левую полость пневмоцилиндра 17 подается под давлением воздух, который толкает поршень со штоком вправо. Через тягу 8 и втулку 6 движение передается рычагу 3, который, скользя по наклонной поверхности головки 4 вверх, тянет за собой кулачки вверх и деталь разжимается.

При подачи воздуха в правую полость пневмоцилиндра поршень, шток и тяга патрона двигаются влево, втулка тянет за собой рычаг 3 вниз по наклонной поверхности и кулачки зажимают заготовку.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На операции 050 Зубофрезерная необходимо обработать наружные шлицы, в связи с этим нам необходимо спроектировать червячную фрезу для обработки d-8x32js6x38a11x6k7.

Воспользуемся методикой [14].

4.1 Алгоритм проектирования фрезы.

Таблица 4.1 - Исходные данные

Наименование параметра шлицевого вала		Обозначение	Единица измерения	Значение параметра
Диаметр	наружный	D	мм	$38a11(-0,310)$ $(-0,470)$
	внутренний	d		$32js6(+0,008)$ $(-0,008)$
	переходный	d_1		30,1
Ширина шлица		b		$6^{+0,013}$ $+0,001$
Минимальный размер фаски		c_{\min}		0,4
Длина контактной площадки		a		5,03
Число шлицев		z	-	8
Способ центрирования		по внутреннему диаметру		

4.2 Построение линии профилирования.

4.2.1 Определяют расчетные размеры шлицевого вала:

- наружный диаметр

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

- внутренний диаметр

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

- ширина шлица

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

4.2.2 Из условия

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

$$18,261 \leq r_{\psi} \leq 18,445$$

принимает $r_{\psi} = 18,4, мм$

4.2.3 Определяют координаты экстремальной точки линии профилирования с точностью до 0,0001 мм:

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

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

4.2.4 Рассчитывают угол поворота вала, соответствующий экстремальной точке

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

4.2.5 Рассчитывают угол, соответствующий началу переходной кривой:

$$\mu_n = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{d_{расч}^2 - b_{расч}^2}}{2r_u}\right) = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{31,996^2 - 6,004^2}}{2 \cdot 18,4}\right) = 31,3274^\circ$$

4.2.6 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. Рассчитывают координаты точек 1-5 по формулам:

$$x_i = r_u \sin \mu_i - 0,5b_{расч} \cos \mu_i;$$

$$x_0 = 8,4 \cdot \sin 4,7580^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 4,7580^\circ = -1,4872;$$

$$x_1 = 8,4 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 10^\circ = 0,1560;$$

$$x_2 = 8,4 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 15^\circ = 1,6503;$$

$$x_3 = 8,4 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 20^\circ = 3,0284;$$

$$x_4 = 8,4 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 25^\circ = 4,2503;$$

$$x_5 = 8,4 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \cos 31,3274^\circ = 5,5188;$$

$$y_i = r_u \sin \mu_i - 0,5b_{расч} \sin \mu_i;$$

$$y_0 = 8,4 \cdot \sin 4,7580^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 4,7580^\circ = -0,1229;$$

$$y_1 = 8,4 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 10^\circ = 0,0275;$$

$$y_2 = 8,4 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 6,004 \sin 15^\circ = 0,4422;$$

$$y_3 = (8,4 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 6,004) \sin 20^\circ = 1,1023;$$

$$y_4 = (8,4 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 6,004) \sin 25^\circ = 1,9819;$$

$$y_5 = (8,4 \cdot \sin 31,3274^\circ - 0,5 \cdot 6,004) \sin 31,3274^\circ = 3,3591.$$

Таблица 4.2 - 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.

4.3.1 Для углов μ_i внесенных в табл. 11.2, рассчитывают координаты X_i точек профиля зуба фрезы

$$X_i = r_y \left(\frac{\pi}{180} \mu_i - \arcsin \frac{b_{pacu}}{2r_y} \right) - \left(r_y \sin \mu_i - \frac{b_{pacu}}{2} \right) \cos \mu_i;$$

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

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

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

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

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

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

4.3.2 Смещают систему координат таким образом, чтобы ее начало находилось в точке 0. 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 4.3 - 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

4.3.3 Заменяем кривую, описывающую 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) в виде:

$$\begin{cases}
(x_c - x_0)^2 + (y_c - y_0)^2 = \rho^2 \\
(3,1375 - x_c)^2 + (0,5651 - y_c)^2 = \rho^2 \\
(5,7375 - x_c)^2 + (2,1048 - y_c)^2 = \rho^2
\end{cases}$$

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

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

$$\begin{aligned}
x_c &= 8,1742 \\
y_c &= -2,1924 \\
\rho &= 8,4862
\end{aligned}$$

4.3.4 Проверяем попадание точек 1 и 3 профиля зуба на эту же дугу окружности.

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

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

4.4 Расчет параметров зуба фрезы.

4.4.1 Рассчитываем высоту ножки зуба

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

4.4.3 При центрировании шлицевого соединения по внутреннему диаметру рассчитываем высоту головки зуба по формуле

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

и высоту усиков зуба фрезы

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

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

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

4.4.4 Рассчитываем полную высоту зуба фрезы

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

4.4.5 Рассчитываем толщину зуба по линии центроиды фрезы в нормальном сечении

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

Толщина зуба на некотором произвольном расстоянии h_x от линии центроиды

$$S_x = S_n - 2 \left(r_{\text{ц}} - \rho \cos \beta_x \right)$$

$$S_{x1} = 8,44 - 2 \left(18,4 - 8,4862 \cdot \cos 28,7507^\circ \right) = 6,9753, \text{ мм}$$

$$S_{x2} = 8,44 - 2 \left(18,4 - 8,4862 \cdot \cos 23,3908^\circ \right) = 7,6729, \text{ мм}$$

где

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

при $h_x = H_a$

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

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

4.4.6 Рассчитывают нормальный шаг профиля зубьев

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

4.5 Конструктивные элементы червячной фрезы.

4.5.1 За пределами рассчитываемого профиля зуб фрезы оформляем в соответствии с рис, назначая

$$f_1 = 2c_{\min} = 2 \cdot 0,5 = 1; \quad r_1 = 1 \text{ мм}; \quad l_1 = 2 \text{ мм.}$$

Таким образом, общая высота профиля фрезы

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

4.5.2 Наружный диаметр фрезы, размеры буртиков, диаметр и конфигурацию посадочного отверстия назначаем в соответствии с ГОСТ 8027-60.

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

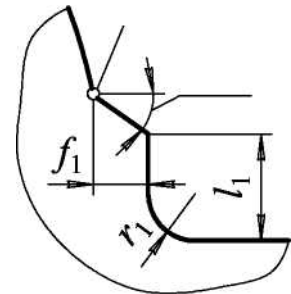
4.5.3 Длину фрезы определяют по формуле

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

Принимаем $L=80$ мм. Размер $l=20$.

11.5.4 Размеры шпоночного паза и их допускаемые отклонения выбирают по ГОСТ 23360-78 в зависимости от диаметра посадочного отверстия d_o .

11.5.5 Передний угол принимаем равным 0° , чтобы не корректировать профиль фрезы.



Задний угол на вершине зуба принимаем $a_{ro} = 10^\circ$, после чего рассчитываем наименьший задний угол в главной секущей плоскости на боковой стороне профиля:

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

Условие $a_{\min} \geq 1,5^\circ$ выполняется.

4.5.6 Число зубьев фрезы принимаем $Z=12$.

4.5.7 Поскольку профиль фрезы должен быть отшлифован, на ее зубьях выполняют двойное затылование. Величину падения первого затылка рассчитываем по формуле:

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

а второго принимаем $K_1 = 6,4 \text{ мм}$, $e = 0,5(K_1 - K) = 1,2$.

4.5.8 Глубину стружечных канавок фрезы рассчитывают с точностью до 0,1 мм по формуле

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

Угол канавки $\psi_k = 25^\circ$, а радиус ее закругления $r_k = 2 \text{ мм}$.

4.5.9 Средний расчетный диаметр фрезы определяют с точностью до 0,1 мм с помощью соотношения

$$D_t = D_e - 2H - 0,25(K_1 + K) = 85 - 2 \cdot 3,5582 - 0,25 \cdot 4 = 76,9 \text{ мм}.$$

4.5.10 Угол наклона винтовой линии стружечных канавок рассчитываем по формуле:

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

4.5.11 Шаг винтовой линии стружечных канавок

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

а осевой шаг профиля

$$t_{oc} = \frac{t_n}{\cos \omega} = \frac{14,444}{\cos 3,5^\circ} = 14,471, \text{ мм}.$$

Рабочий чертеж фрезы представлен в графической части работы.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода манипулятора».

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

В данном разделе приводится наименование технических устройств, которые были изменены и отличаются от базового техпроцесса. [19] Нами в работе модернизирована 025 Токарная чистовая операция, где произведена замена режущего инструмента и автоматизировано зажимное приспособление.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта.

№ п/п	Технологическое устройство	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Чистовое точение	Операция 025 Токарная чистовая	Оператор токарного станка с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ 16М20Ф3; токарный трехкулачковый патрон с пневмоприводом	Сталь 40Х; Т15К6, Р6М5; СОЖ: НГЛ-205

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.

В данном разделе приводится наименование модернизированных технологических операций технического объекта из таблицы 5.1, наименование опасных и вредных производственных факторов, согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ, наименование используемого производственно-

технологического и инженерно-технического оборудования, материалов, веществ, которые являются источником опасного и вредного производственного фактора, нормативная техническая документация.

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного или вредного производственного фактора
1	Операция 025 Токарная чистовая	1) Повышенный уровень вибрации на рабочем месте. 2) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 3) Опасность поражения электрическим током. 4) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Токарный станок с ЧПУ 16М20Ф3

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

В данном разделе подобраны используемые организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и вредного производственного фактора.

[19]

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках выпускной работы).

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенный уровень вибрации на рабочем месте	Станок установлен на демпфирующих опорах, которые значительно снижают уровень вибрации	Костюм хлопчатобумажный или вискозно-лавсановый
2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Станочник выполняет работу, одев при этом наушники защитные. Наличие вытяжки на рабочем месте снижает уровень шума.	Наушники защитные. Костюм хлопчатобумажный или вискозно-лавсановый
3	Опасность поражения электрическим током	Ограждение и электрическое заземление оборудования	Костюм и брюки хлопчатобумажные или вискозно-лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.
4	В связи с использованием СОЖ возникает повышенная загазованность на рабочем месте.	Оператор станка должен быть одет в респиратор.	Респиратор фильтрующий.

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов).

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и организационных методов по обеспечению и улучшению пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов с указанием реализуемые пожаробезопасных характеристик произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации. [19]

5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Цех механической обработки	Токарный станок с ЧПУ 16М20Ф3	Е	1) тепловой поток; 2) пламя и искры; 3) снижение видимости в дыму; 4) пониженная концентрация кислорода в задымленных пространственных зонах; 5) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; б) снижение	1) замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; 2) образующиеся в процессе пожара части разрушившихся производственного и инженерно-технического оборудования;

Продолжение табл. 5.4

				видимости дыму.	в	3) образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок; 4) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей; 5) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара.
--	--	--	--	-----------------	---	--

5.4.2. Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Технические средства обеспечения пожарной безопасности сведем в таблицу 5.5, где перечислим первичные, мобильные средства пожаротушения, стационарные установки системы пожаротушения средства пожарной автоматики пожарное оборудование, средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарный инструмент и пожарные сигнализация, связь и оповещение. [19]

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установкисистемы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Пожарные гидранты	Автоматизированные средства пожароповещения	Напорные пожарные рукава, гидранты	Респираторы, противогазы	Лопаты, ломы, ведра	Автоматические датчики и извещатели

5.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара.

Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Токарный станок с ЧПУ 16М20Ф3	Проведение инструктажа по пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе. Расклейка запрещающих знаков на участке.

Продолжение табл. 5.6

	Контроль правильной эксплуатации оборудования.	
--	--	--

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта.

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	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.)
Чистовое точение заготовки	Токарный станок с ЧПУ 16М20Ф3	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Попадание использованной СОЖ в почву. Попадание стружки в почву.

Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта.

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Точение чистовое
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Для уменьшения попадания газов смазочно-охлаждающей жидкости с атмосферу увеличена мощность работы вентиляции на рабочем месте
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение централизованного сбора и утилизации стружки.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение на предприятии хранения и регулярности утилизации отходов. Возможность использования стружки для производства новых заготовок.

5.6 Заключение.

В результате выполненной работы нами выявлены опасные и вредные производственные факторы разработанного технического объекта. Спроектирован перечень необходимых мероприятий и средств для осуществления бесперебойной безопасной работы на участке механической обработки. Разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта.

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 работе технических решений.

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет экономической обоснованности внедрения изменений в ТП изготовления детали. Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому считаем необходимым указать только отличия между вариантами процесса изготовления детали.

Базовый вариант.

На операции 025 производится чистовая токарная обработка поверхностей на токарном станке с ЧПУ, модель 16М20Ф3. В качестве оснастки используется трехкулачковый патрон. Обработка осуществляется тремя резцами, два из которых из твердого сплава Т15К6, а один – из быстрорежущей стали Р6М5.

Проектный вариант.

Отличительной особенностью выполнения операции 025 является то, что для обеспечения надежной фиксации заготовки для ее выполнения используется трехкулачковый самоцентрирующий патрон с пневмоприводом.

Рассмотренные совершенствования позволяют сократить вспомогательное время выполнения операции 025 с 0,56 мин. до 0,43 мин. Благодаря этим изменениям достигли снижения общей трудоемкости выполнения этой операции с 1,52 мин до 1,49 мин.

После краткого описания предлагаемых изменений, необходимо подтвердить их экономическую целесообразность. с учетом указанных изменений. Согласно методике определения капитальных вложений [20] мы рассчитали данную величину, которая составляет $K_{ВВ.ПР} = 19351,3$ руб.

Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем осуществлять без затрат на материал, т.к. эти значения существенного влияния на конечный результат не оказывают. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Вал-шестерня» по сравниваемым вариантам представлена на рисунке 6.1.

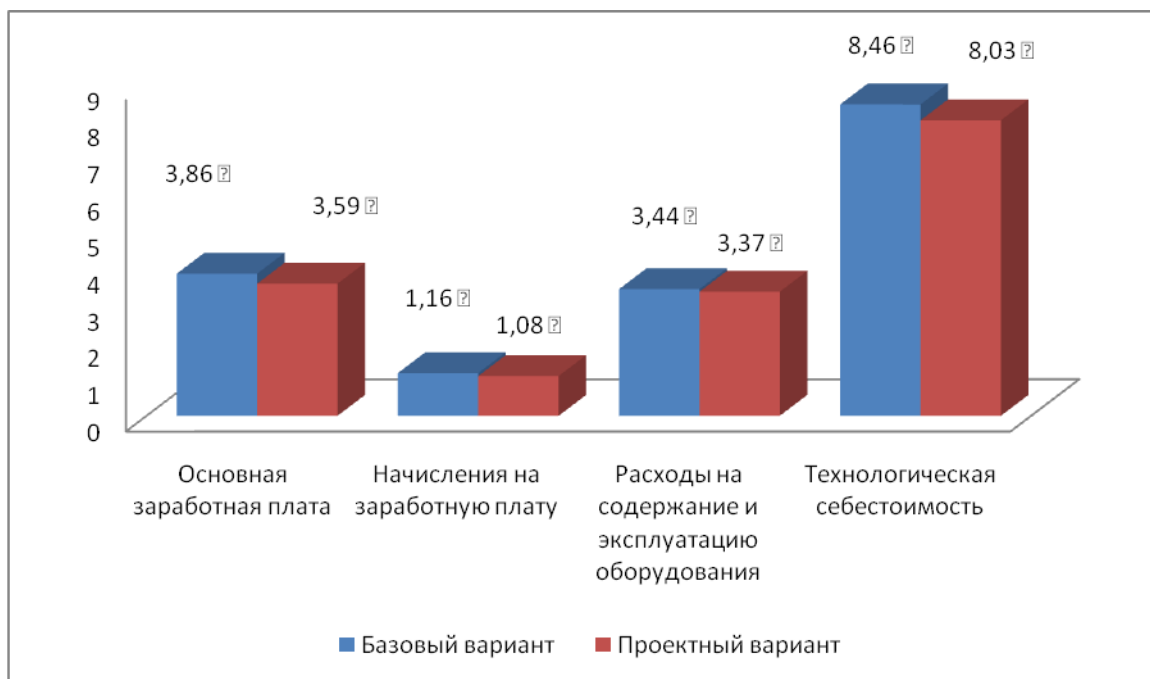


Рис. 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления вала-шестерни по сравниваемым вариантам

Используя методику составления калькуляции полной себестоимости [20] мы рассчитали ее значения, по базовому варианту – 24,82 руб.; а по проектному варианту – 23,27 руб.

Опираясь на полученные данные, проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности [20], согласно которой мы получаем следующие данные.

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{Пол(Баз)} - C_{Пол(Пр)}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (6.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (4,82 - 23,27) \cdot 5000 = 7750 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (6.2)$$

$$H_{\text{ПРИБ}} = 7750 \cdot 0,2 = 1550 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{Р.ЧИСТ}} = П_{\text{Р.ОЖ}} - H_{\text{ПРИБ}} \text{ руб.} \quad (6.3)$$

$$П_{\text{Р.ЧИСТ}} = 7750 - 1550 = 6200 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{K_{\text{ВВ.ПР}}}{П_{\text{Р.ЧИСТ}}} + 1, \text{ года} \quad (6.4)$$

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{19351,3}{6200} + 1 = 4,12 = 5 \text{ лет}$$

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = П_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = \sum_1^T П_{\text{Р.ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (6.5)$$

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = П_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 6200 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,1)^1} + \frac{1}{(1+0,1)^2} + \frac{1}{(1+0,1)^3} + \frac{1}{(1+0,1)^4} + \frac{1}{(1+0,1)^5} \right) = 23513,2 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = ЧДД = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \text{ руб.} \quad (6.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = ЧДД = 23513,2 - 19351,3 = 4161,9 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} \text{ руб.} / \text{руб.} \quad (6.7)$$

$$ИД = \frac{23513,2}{19351,3} = 1,22 \text{ руб.} / \text{руб.}$$

Рассматриваемые изменения технологического процесса, можно считать экономически обоснованными. Так как, во-первых, они привели к снижению себестоимости на 6,25%. А во вторых, интегральный экономический эффект от изменений составит 4161,9 руб., что также свидетельствует эффективности работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы нами был спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни привода манипулятора, согласно текущего состояния науки и техники. На техпроцесс выбрано современное оборудование и технологические средства. Разработан план обработки. Операции 025 Токарная чистовая и 050 Зубофрезерная вынесены на листы технологических наладок.

Для базирования заготовки на 025 Токарной операции разработана конструкция автоматизированного трехкулачкового патрона.

Для обработки заготовки на 050 операции спроектирована червячная фреза.

В работе представлен раздел по безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
3. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
4. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
7. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
8. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
9. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

10. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.
11. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.
12. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
13. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.
14. Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.
15. Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.
16. Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.
17. Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.
18. Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

19. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.
20. Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005. – 39 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции									Обозначение документа				
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт			
Т 19	392104.XXXX(2) Резец механич. Т5К10; 393111.XXXX ШЦ-II-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скоба.																	
20																		
А 21	XX XX XX 015 4112 Токарная черновая ИОТ И37.101.7001-93.																	
Б 22	381.111	XXXX	16М20Ф3	2	18225	422	1Р	1	1	1	100	1	8	0,86				
О 23	Точить поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 20,6_{0,24}$; $300,5 \pm 0,26$; $\varnothing 30,6_{0,25}$; $280,5 \pm 0,26$; $\varnothing 35,6_{0,25}$.																	
Т 24	396110 XXXX Патрон самоцентр.; 392841.XXXX Центр цпорный; XXXXXX.XXXX цпор откидной;																	
Т 25	392104.XXXX(2) Резец механич. Т5К10; 393111.XXXX ШЦ-II-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скоба.																	
26																		
А 27	XX XX XX 020 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.																	
Б 28	381.111	XXXX	16М20Ф3	2	18225	422	1Р	1	1	1	100	1	8	1,52				
О 29	Точить поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 60,1_{0,074}$; $248 \pm 0,23$; $\varnothing 50,1_{0,074}$; $309 \pm 0,265$; $\varnothing 38,1_{0,062}$;																	
О 30	выполнить фаску $2 \times 60^\circ$.																	
Т 31	396110 XXXX Патрон самоцентрир.; 392841.XXXX Центр цпорный; XXXXXX.XXXX цпор откидной;																	
Т 32	392104.XXXX(2) Резец механич. Т5К10; 393111.XXXX ШЦ-II-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скоба.																	
33																		
А 34	XX XX XX 025 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.7001-93.																	
Б 35	381.111	XXXX	16М20Ф3	2	18225	422	1Р	1	1	1	100	1	8	4,06				
О 36	Точить поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 20,2_{0,052}$; $300 \pm 0,26$; $\varnothing 30,1_{0,062}$; $280 \pm 0,26$; $\varnothing 35,2_{0,062}$.																	
О 37	$\varnothing 25,4_{0,25}$; $312 \pm 0,26$; выполнить 2 фаски $1 \times 45^\circ$ и одну фаску $2 \times 60^\circ$, выполнить канавку, выдерживая																	
О 38	размеры $\varnothing 27,8_{0,52}$; $4 \pm 0,15$; выполнить одну фаску $1 \times 45^\circ$, нарезать резьбу М30х1,5.																	
Т 39	396110 XXXX Патрон самоцентр.; 392841.XXXX Центр цпорный; XXXXXX.XXXX цпор откидной;																	
Т 40	392104.XXXX(2) Резец механич. Т5К10; 392104.XXXX Резец канавочный Р6М5; XX Резец резьбовой;																	
Т 41	393111.XXXX ШЦ-II-350-0,1; 393120.XXXX(2) Калибр-скоба.																	
МК																		

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа					
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт
А 42	XX XX XX	030	4121	Сверлильная ИОТ ИЗ7.101.7015-00.											
Б 43	381213	XXXX	2206ВМФ4	Гориз. сверл-фр.-расточ. 2		322	1Р	1	1	1	100	1	5	13,48	
О 44	Сверлить отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 8^{+0,30}$; $290 \pm 0,2$, сверлить отв., выдерживая $\varnothing 5,8^{+0,3}$; $10 \pm 0,2$.														
Т 45	396181.XXXX Приспособление самоцентр.; XXXXXX.XXXX(4) Сменные призмы; 391267.XXXX(2) Сверло														
Т 46	спиральное Р6М5; 393111(2) Калибр-пробка.														
47															
А 48	XX XX XX	035	4121	Сверлильная ИОТ ИЗ7.101.7015-00.											
Б 49	381213	XXXX	2Р135Ф2-1	Вертик.-сверл.		2	322	1Р	1	1	100	1	5	1,18	
О 50	Сверлить 2 отверстия, выдерживая размеры $\varnothing 3^{+0,25}$; $21 \pm 0,2$; $13,5 \pm 0,2$.														
Т 51	396181.XXXX Приспособление самоцентр.; XXXXXX.XXXX(4) Сменные призмы; 391267.XXXX Сверло														
Т 52	спиральное Р6М5; 393111 Калибр-пробка.														
53															
А 54	XX XX XX	040	4272	Фрезерная ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX											
Б 55	381.631	XXXX	6Т13	Вертикально-фрезерн.		2	18632	322	1Р	1	1	100	116	2,14	
О 56	Фрезеровать правильный шестигранник $\varnothing 25,4_{-0,52}$; $H=22_{-0,14}$; $L=12_{-0,1}$.														
Т 57	396181.XXXX приспособление самоцентр.; XXXXXX.XX(4) патрон цанговый; 391822.XXXX Фреза														
Т 58	концевая Р6М5; 393111.XXXX ШЦ-II-100-0,05; 393120.XXXX Калибр.														
59															
А 60	XX XX XX	045	4272	Зубофрезерная ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX											
Б 61	381.631	XXXX	5К32А	Зубофрезерн.		2	18632	322	1Р	1	1	100	116	3,14	
О 62	Фрезеровать прямые зубья $m=3,5$ мм, $z=15$.														
Т 63	396181.XXXX приспособление самоцентр.; XXXXXX.XX патрон цанговый; 391822.XXXX Фреза														
Т 64	червячная $m=3,5$ Р6М5; 393111.XXXX ШЦ-II-100-0,05; 393120.XXXX Калибр.														
МК															

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа					
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт
А 69	XX XX XX	050	4272	Зцдофрезерная	ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX										
Б 70	381631	XXXX	5K32A	Зцдофрезерн.	2	18632	322	1P	1	1	1	100	116	2,77	
О 71	Фрезеровать шлицы d-8x32js6x38a11x6k7.														
Т 72	396181.XXXX приспособление самоцентр.; XXXXXX.XX патрон цанговый; 391822.XXXX Фреза														
Т 73	червячная Р6М5; 393111.XXXX ШЦ-II-100-0,05; 393120.XXXX Калибр.														
74															
А 75	XX XX XX	055	Термическая (закалка) ИОТ ИЗ7.101.70715-07.												
Б 76	ТВЧ														
77															
А 78	XX XX XX	058	Центрошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.												
Б 79	381623	XXXX	ZSM 5100	Центрошлиф.	2	17001	422	1P	1	1	1	100	1	10	0,5
О 80	Шлифовать центр. отверстия, выдерживая размеры $60^{0 \pm 15}$; $6,97^{+0,27}$; $\phi 6,7^{+0,16}$; $\phi 3,15^{+0,12}$														
Т 81	393550 Специальный шаблон.														
82															
А 83	XX XX XX	060	Шлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.												
Б 84	38131X	XXXX	3Т161ВФ2	Торцекруглошлиф.	2	18873	322	1P	1	1	1	100	1	10	2,23
О 85	Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\phi 20,05_{-0,021}$; $300,5 \pm 0,26$; $\phi 30,05_{-0,025}$; $280,5 \pm 0,26$; $\phi 35,05_{-0,025}$.														
Т 86	39611X.XXXX Патрон поводковый; 392841.XXXX Центр вращающийся; XXXXXX.XXXX Упор откидной.														
Т 87	398110.XXXX Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L 7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007.														
Т 88	393120.XXXX(2) скода индикаторная; 393410.XXXX Микрометр.														
89															
А 90	XX XX XX	065	Шлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.												
Б 91	38131X	XXXX	3Т161ВФ2	Торцекруглошлиф.	2	18873	322	1P	1	1	1	100	1	10	2,23
МК															

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа					
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
О 94	Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\phi 50_{-0,030}^{0,05}$; $309 \pm 0,265$.														
Т 95	39611Х.ХХХХ Патрон поводковый; 39284.1.ХХХХ Центр вращающийся; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;														
Т 96	398110.ХХХХ Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007;														
Т 97	393120.ХХХХ скоба индикаторная; 3934 10.ХХХХ Микрометр.														
98															
А 99	ХХ ХХ ХХ 070 Шлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00.														
Б 100	38131Х ХХХХ ЗТ161ВФ2 Торцевкруглошлиф. 2 18873 322 1Р 1 1 1 100 1 10 1,75														
О 101	Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\phi 20_{-0,020}^{0,007}$; $300 \pm 0,26$; $\phi 30_{-0,050}^{0,025}$; $280,5 \pm 0,26$; $\phi 60_{-0,019}$.														
Т 102	39611Х.ХХХХ Патрон поводковый; 39284.1.ХХХХ Центр вращающийся; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;														
Т 103	398110.ХХХХ Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007;														
Т 104	393120.ХХХХ(З) скоба индикаторная; 3934 10.ХХХХ Микрометр.														
105															
А 106	ХХ ХХ ХХ 075 Шлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00.														
Б 107	38131Х ХХХХ ЗМ195 Круглошлиф. 2 18873 322 1Р 1 1 1 100 1 10 1,85														
О 108	Шлифовать поверхности, выдерживая размеры $\phi 50_{-0,016}$; $309 \pm 0,265$.														
Т 109	39611Х.ХХХХ Патрон поводковый; 39284.1.ХХХХ Центр вращающийся; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;														
Т 110	398110.ХХХХ Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с ГОСТ Р 52781-2007;														
Т 111	393120.ХХХХ скоба индикаторная; 3934 10.ХХХХ Микрометр.														
112															
А 113	ХХ ХХ ХХ 080 Зубошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00.														
Б 114	38131Х ХХХХ 5М841 Зубошлиф. 2 17003 422 1Р 1 1 1 100 1 120 2,79														
О 115	Шлифовать зудья вала-шестерни $m = 3,5$ мм, $z = 15$, класс точности 7-Сн.														
Т 116	39611Х.ХХХХ Патрон поводковый; 39284.1.ХХХХ Центр жесткий; ХХХХХХ.ХХХХ Упор откидной;														
МК															

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа					
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт
Т 117	<i>398110.XXXX Круг шлифовальный профильный 1 25AF16k5L 7 35 м/с ГОСТ Р 52781-2007.</i>														
Т 118	<i>3943XX.XXXX Шагомер резьбовой; 3944XX.XXXX Биениемер.</i>														
119															
А 120	<i>XX XX XX 085 Зубошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.7419.1-00.</i>														
Б 121	<i>38131X XXXX 5М841 Зубошлиф. 2 17003 422 1Р 1 1 1 100 1 120 2,21</i>														
О 122	<i>Шлифовать шлицы d-8x32js6x38a11x6k7.</i>														
Т 123	<i>39611X.XXXX Патрон поводковый; 392841.XXXX Центр жесткий; XXXXXX.XXXX Упор откидной.</i>														
Т 124	<i>398110.XXXX Круг шлифовальный профильный 1 25AF16k5L 7 35 м/с ГОСТ Р 52781-2007.</i>														
Т 125	<i>3943XX.XXXX Шагомер резьбовой; 3944XX.XXXX Биениемер.</i>														
126															
А 127	<i>XX XX XX 080 Моечная ИОТ ИЗ7.101.XXXX</i>														
128															
А 129	<i>XX XX XX 085 Контрольная ИОТ ИЗ7.101.XXXX</i>														
130															
131															
132															
134															
135															
136															
137															
138															
139															
140															
МК															

Дцбл.			
Взам.			
Подп.			

Лист 1

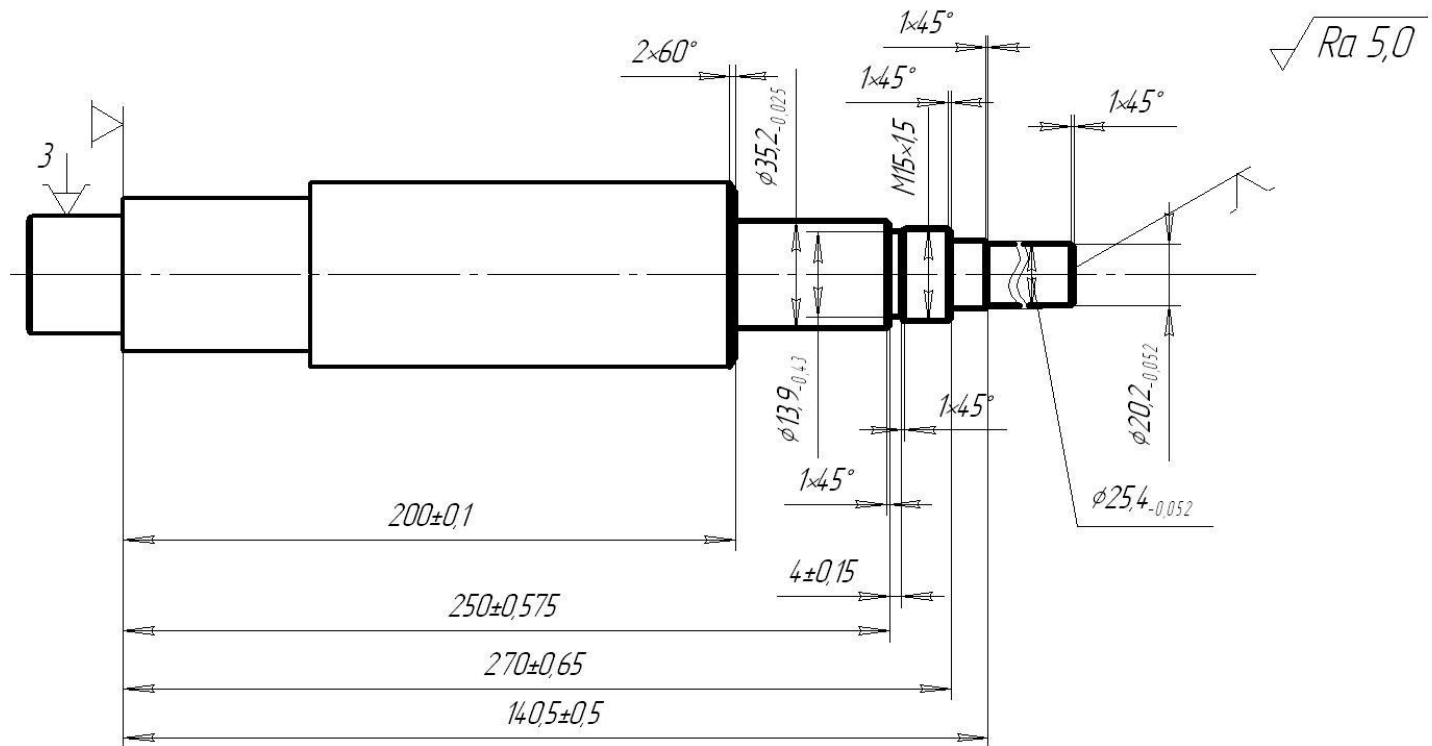
Разраб.	Щацких		
Проверил	Логинов		
Нконтр.			

ТГУ
Кафедра ОТМП

Вал-шестерня

ДП

25



КЭ

Дибл.			
Взам.			
Подп.			

Лист 1

Разраб	Щацких		
Проверил	Логинов		
Нконтр.			

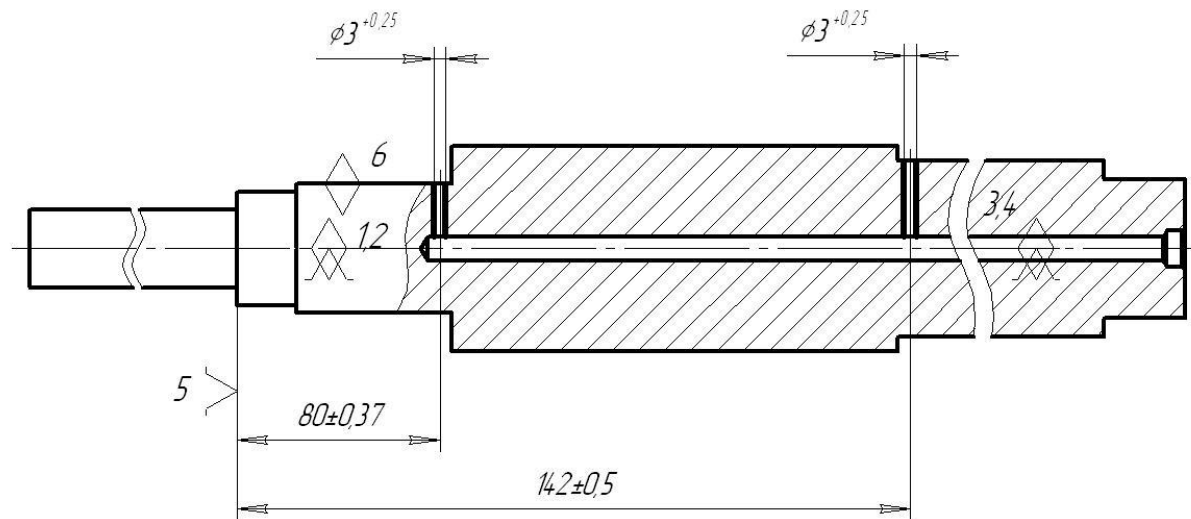
ТГУ
Кафедра ОТМП

Вал-шестерня

ДП

35

$\sqrt{Ra\ 5,0}$



КЭ

