

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 Разработка технологического процесса изготовления вала-
шестерни редуктора насоса

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

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 _____ Пестов Дмитрий Николаевич _____ гр. _____ ТМбз-
1132 _____

1. Тема _____ Разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора
насоса _____

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _____ материалы _____
преддипломной практики, чертеж детали программа выпуска $N_z=5000$ _____
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 разработку технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора насоса. Выполнено оснащение техпроцесса современными технологическими средствами.

В работе спроектировано усовершенствованное приспособление для шпоночно-фрезерной операции. Разработана конструкция зуборезной головки. Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

Работа состоит из страниц расчетно-пояснительной записки. Графическая часть работы составляет 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
1.1 Назначение и условия работы детали	7
1.2 Систематизация поверхностей детали	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	8
1.4 Формулировка задач работы	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	11
2.1 Определение типа производства	11
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	11
2.3 Выбор метода получения заготовки	12
2.4 Расчет припусков	19
2.5 Выбор методов обработки поверхностей	23
2.6 Разработка технологического маршрута и плана обработки детали	24
2.8 Расчет режимов резания	27
2.9 Нормирование технологического процесса	52
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	65
3.1 Описание устройства приспособления для шпоночно- фрезерной операции	65
3.2 Расчет силы вдавливания рифленого центра в деталь	65
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	68
4.1 Расчет режущей части	69
4.2 Выбор хвостовой части	70
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	71
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Сводность методов и приемов изготовления машин, выработанных в течение длительного времени и используемых в определенной области производства, составляет технологию этой области. В связи с этим возникли понятия: технология литья, технология обработки давлением, технология сварки, технология механической обработки, технология сборки машин. Все эти области производства относятся к технологии машиностроения, охватывающие все этапы процесса изготовления машиностроительной продукции.

Однако под «технологией машиностроения» принято понимать научную дисциплину, изучающую преимущественно процессы механической обработки деталей и сборки машин и попутно затрагивающую вопросы выбора заготовок и методы их изготовления. Это объясняется тем, что в машиностроении заданные формы деталей с требуемой точностью и качеством их поверхностей достигаются в основном путем механической обработки, т.к. другие способы обработки не всегда могут обеспечить выполнение этих технических требований. В процессе механической обработки деталей машин возникает наибольшее число проблемных вопросов, связанных с выполнением технических требований, поставленных конструкторами перед производством. Процесс механической обработки связан с эксплуатацией сложного оборудования – металлорежущих станков; трудоемкость и себестоимость механической обработки больше, чем на других этапах процесса изготовления машин.

Целью данной работы является создание рационального техпроцесса, который обеспечивал бы при достижении заданного качества минимальную себестоимость изготовления вала-шестерни редуктора насоса.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Служебное назначение детали.

Вал-шестерню используют для передачи крутящего момента. Вал установлен в корпусе редуктора, в качестве опор используются шейки валов, на которые устанавливаются подшипники. Шейки валов имеют высокую точность. Крутящий момент передается посредством зубчатого колеса, закрепленного на валу с помощью шпоночных пазов и шпонок.

1.2 Систематизация поверхностей детали.

Систематизируем поверхности детали, согласно её назначения, и выделим из них исполнительные поверхности, основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, а оставшиеся поверхности будут свободными.

Итоги систематизации сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Систематизация поверхностей детали

Наименование поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база (ОКБ)	7, 9, 6
Вспомогательная конструкторская база (ВКБ)	11, 12, 14, 16
Исполнительная поверхность (ИП)	3, 14, 18
Свободная поверхность	1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 13, 15, 17, 19, 20

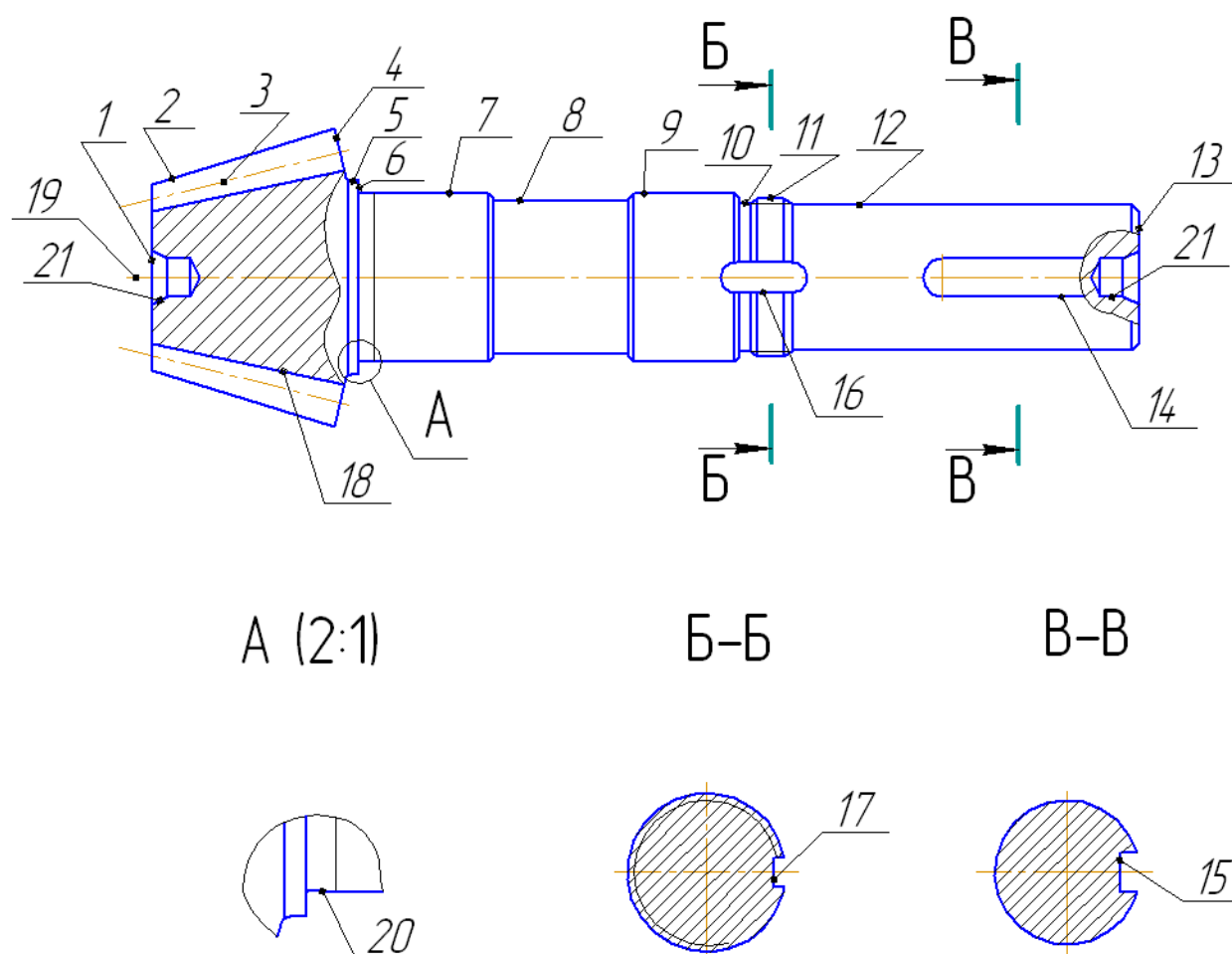


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей детали

Функциональным назначением данной детали является передача крутящего момента от шпоночного паза зубчатому венцу. Таким образом, исполнительными (рабочими) поверхностями данной детали являются шпоночный паз (поз. 14) и боковые поверхности зубчатого венца (поз. 3, 18). Основными конструкторскими базами, определяющими положение вала-шестерни в редукторе, являются шейки $\varnothing 35m6$ (поз. 6, 7 и 9). Вспомогательными конструкторскими базами, определяющими положение присоединяемых деталей, являются поверхности 11, 12, 14, 16.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Одними из причин отказов работы деталей является износ, коррозия, изменение остаточных напряжений, приводящие к потере геометрической формы детали, а также усталостные разрушения в материале, и, как следствие,

поломка механизма в целом. Поэтому при изготовлении детали необходимо учитывать механические, физические, химические свойства материала детали.

В качестве материала для изготовления вала принимаем сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Она является конструкционной легированной. Содержание хрома в ней составляет 0,8-1,1%, поэтому сталь хромистая. [1]

Таблица 1.2 - Химический состав в % материала 40Х

Углерод	Кремний	Марганец	Хром
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства

Термообработка				Предел текучести σ_t , Н/мм ²	Временное сопротивление σ_b , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_y , %	Относительное сужение Ψ , %	Ударная вязкость КСЧ, Дж/см ²	Число твердости, НВ, не более
Закалка		Отпуск							
Температура закалки или нормализации, °С	Среда охлаждения	Температура, °С	Среда охлаждения						
860	масло	500	Вода или масло	785	980	10	45	59	217

Согласно данным таблиц 1.2 и 1.3 свойства стали 40Х ГОСТ 4543-71 по характеристикам соответствуют необходимым требованиям нашей детали.

Заготовку для детали можно получить прокатом или штамповкой на горизонтальном кривошипном прессе. И в том, и в другом случае форма заготовки получится достаточно простая.

Условиями работы детали продиктованы требования по шероховатости и точности поверхностей. Снижение точности поверхностей приведет к снижению позиционирования детали в узле и снижению надежности узла в целом.

Конструкцией детали предусмотрены технологические канавки для выхода резца и шлифовального круга.

Конструкция детали позволяет свободно обрабатывать механическим способом и измерять любую поверхность. Это позволяет применять в основном универсальный, а реже специализированный инструмент.

Таким образом, проанализировав требования, предъявляемые к поверхностям детали, можно сделать вывод о достаточной ее технологичности.

1.4 Формулировка задач работы.

Формулируем задачи, которые необходимо решить для достижения цели:

1. Определить тип производства и выбрать стратегию разработки ТП.
2. Выбрать оптимальный метод получения заготовки и маршруты обработки поверхностей.
3. Разработать технологический маршрут и схемы базирования заготовки.
4. Выбрать оборудование, приспособления, режущий инструмент, средства контроля.
5. Рассчитать припуски на обработку и спроектировать заготовку.
6. Определить содержание операций, рассчитать режимы резания и время на обработку.
7. Разработать технологическую документацию и графические материалы.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Определение типа производства.

Для предварительного определения типа производства воспользуемся таблицей. [2]

Таблица 2.1 – Определение типа производства

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
до 10	до 100	100-500	500-5000	5000-50000	св. 50000
10-100	до 10	10-200	200-500	500-5000	св. 5000
более 100	до 5	5-100	100-300	300-1000	св. 1000

Масса детали – 1,2 кг. Годовая программа выпуска изделия – 5000 шт.
Тип производства – среднесерийное.

В зависимости от типа производства определяем его характеристики, т.е. принципиальный подход к определению его составляющих.

2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

Серийное производство специализируется на изготовлении ограниченной номенклатуры изделий сравнительно небольшими объёмами и повторяющимися через определенное время партиями (сериями). [3]

Для среднесерийного производства характерно, что выпуск изделий производится довольно крупными сериями ограниченной номенклатуры; серии повторяются с известной регулярностью по периоду запуска и числу изделий в партии; годовая номенклатура все же шире, чем номенклатура выпуска в каждом месяце. За рабочими местами закреплена более узкая номенклатура операций: $K_{\text{сп}} = 10 - 20$ операций ($K_{\text{сер}} = 20$; $K_{\text{м}} < 1$). Заводы имеют развитую производственную структуру, заготовительные цеха

специализируются по технологическому принципу, а в механосборочных цехах создаются предметно-замкнутые участки.

Таблица 2.2 – Характеристики серийного производства

Характеристики оборудования	Универсальное и специализированное (модернизированное)
Характеристики приспособлений	Универсальные, нормализованные, специальные
Тип режущих инструментов	Стандартные, нормализованные, специальные
Средства контроля	Универсальные, модернизированные

Для серийного производства характерна групповая форма организации техпроцессов. Рассчитаем размер партии для выпуска:

$$n = \frac{N \times a}{254}, \quad (2.1)$$

где $a=24$ – периодичность;

$N = 5000$ – годовая программа.

$$n = \frac{5000 \times 24}{254} = 473 \text{ шт.}$$

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Штамповочное оборудование – горизонтально-ковочная машина.

Материал заготовки – Сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Масса детали – 1,2 кг.

По ГОСТ 7505-89 определяем:

- класс точности – Т4;
- группа стали – М2;
- степень сложности – С2;
- поверхность разъема штампа – П (плоская);
- исходный индекс – 11;
- радиус закругления наружных углов не более 2,5 мм;

- штамповочный уклон - 5°;
- наклон среза - 5°.

Определяем основные припуски по ГОСТ 7505 – 89 [4] и заносим в табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Основные припуски

Размер, мм	Шероховатость	Припуск, мм
Ø61,66	Ra 5	1,6
Ø40	Ra 10	1,6
Ø35	Ra 0,63	1,6
43	Ra 10	1,7
43	Ra 1,25	1,9
205	Ra 10	1,8
5,21	Ra 10	1,5
2,3	Ra 10	1,5

Определяем размеры поковки.

$$\text{Ø } 61,66 + 1,6 \times 2 = \text{Ø } 64,86 \text{ мм.}$$

$$\text{Ø } 40 + 1,6 \times 2 = \text{Ø } 43,2 \text{ мм.}$$

$$\text{Ø } 35 + 1,6 \times 2 = \text{Ø } 38,2 \text{ мм.}$$

$$43 + 1,7 + 1,9 = 46,6 \text{ мм.}$$

$$205 + 1,8 + 1,7 = 208,5 \text{ мм.}$$

$$5,21 + 1,5 = 6,71 \text{ мм.}$$

$$2,3 + 1,5 = 3,8 \text{ мм.}$$

Определяем допускаемые отклонения размеров:

$$\text{Ø } 64,86 \begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix};$$

$$\text{Ø } 43,2 \begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix};$$

$$\text{Ø } 38,2 \begin{smallmatrix} +1,1 \\ -0,5 \end{smallmatrix};$$

$$46,6 \begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix};$$

$$208,5 \begin{smallmatrix} +1,6 \\ -0,9 \end{smallmatrix};$$

$$6,71 \begin{smallmatrix} +1,1 \\ -0,5 \end{smallmatrix};$$

$$3,8 \begin{smallmatrix} +1,1 \\ -0,5 \end{smallmatrix};$$

Для определения объема заготовки условно разбиваем фигуру на отдельные простые элементы. Определяем их объем по отдельности.

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4,$$

где $V_{1,2,3,4}$ – объемы отдельных простых элементов, см^3 ;

$$V_{1,2} = 1/3 \pi H (R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2),$$

где R_1 и R_2 – радиусы усеченного конуса, мм;

H – высота усеченного конуса, мм.

$$V_1 = 1/3 \times 3,14 \times 40,09 \times (20,05^2 + 2 \times 20,05 \times 33,08 + 33,08^2) = 83262,53 \text{ мм}^3 = 83,26 \text{ см}^3$$

$$V_2 = 1/3 \times 3,14 \times 2,91 \times (22,25^2 + 2 \times 22,25 \times 33,08 + 33,08^2) = 7131,19 \text{ мм}^3 = 7,13 \text{ см}^3$$

$$V_{3,4} = \pi R^2 H,$$

где R – радиус цилиндра, мм;

H – высота цилиндра, мм.

$$V_3 = 3,14 \times 22,25^2 \times 4,9 = 6023,03 \text{ мм}^3 = 6,02 \text{ см}^3$$

$$V_4 = 3,14 \times 19,65^2 \times 162,2 = 136655,28 \text{ мм}^3 = 136,66 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{заг}} = 83,26 + 7,13 + 6,02 + 136,66 = 233,07 \text{ см}^3$$

Масса штампованной заготовки

$$G_{3, \text{ш}} = \gamma \times V_{\text{заг}},$$

где γ – плотность стали, кг; $\gamma \approx 0,00785$ кг.

$$G_{3, \text{ш}} = 0,00785 \times 233,07 = 1,73 \text{ кг}$$

Принимая неизбежные технологические потери при горячей объемной штамповке равными 10%, определим расход материала на одну деталь:

$$G_{3, \text{п}} = G_{3, \text{ш}} \cdot (100 + 10) / 100.$$

$$G_{3, \text{п}} = 1,73 \times 1,1 = 1,9 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала

$$K_{\text{и.м}} = G_{\text{д}} / G_{3, \text{п}},$$

где $G_{\text{д}}$ – масса детали.

$$K_{\text{и.м}} = 1,2 / 1,9 = 0,63$$

Определяем технологическую себестоимость изготовления детали

$$C_T = C_{\text{заг}} \cdot Q + C_{\text{мех}} (Q - q) - C_{\text{отх}} (Q - q), [5]$$

где $C_{ЗАГ}$ - стоимость одного кг заготовки, руб./кг;

$C_{МЕХ}$ - стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки, руб./кг;

$C_{ОТХ}$ - цена одного кг отходов, руб./кг; $C_{ОТХ} = 1,4$ руб./кг;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг.

Затраты на механическую обработку, отнесенные на один кг стружки, определяем по формуле:

$$C_{МЕХ} = C_c + E_H \cdot C_k,$$

где C_c - текущие затраты на один кг стружки, руб./кг; $C_c = 4,95$ руб./кг;

C_k - капитальные затраты на один кг. стружки, руб./кг; $C_k = 10,85$ руб./кг;

E_H - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;
 $E_H=0,1$.

$$C_{МЕХ} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,035 \text{ руб} / \text{кг}.$$

Стоимость горячештампованных заготовок, полученных на ГКМ, можно определить по формуле:

$$C_{ЗАГ} = C_{ШТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, [6]$$

где $C_{ШТ}$ - базовая стоимость одного кг штампованных заготовок, руб.; $C_{ШТ} = 29,96$ руб.

$h_T, h_C, h_B, h_M, h_{П}$ - коэффициенты, зависящие от класса точности, массы, группы сложности, марки материала и объема производства заготовок; $h_T = 0,9$; $h_M = 1$; $h_C = 0,77$; $h_B = 1$; $h_{П} = 1$.

$$C_{ЗАГ} = 29,96 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 1 = 20,76 \text{ руб}.$$

$$C_T = 20,76 \cdot 1,73 + 6,035(1,73 - 1,2) - 1,4(1,73 - 1,2) = 38,23 \text{ руб}.$$

Рассчитаем получение заготовки методом проката.

Согласно точности и шероховатости поверхностей обрабатываемой детали определяем промежуточные припуски. За основу расчета промежуточных припусков принимаем диаметр детали $\varnothing 61,66^{(-0,06)}$ мм.

Устанавливаем предварительный маршрутный технологический процесс обработки поверхности детали $\varnothing 61,66^{(-0,06)}$ мм.

010. Токарная черновая.

015. Токарная чистовая.

030. ТО.

Припуск на подрезание торцовых поверхностей – 2мм.

При черновом точении припуск на обработку составляет 4,5 мм, а при чистовом – 1,5мм.

Определяем промежуточные размеры обрабатываемой поверхности согласно маршрутному технологическому процессу:

на токарную операцию 015

$$D^{P.015} = D^H + 2z^{010}$$

$$D^{P.015} = 61,66 + 1,5 = 63,16 \text{ мм};$$

на токарную операцию 010

$$D^{P.010} = D^{P.015} + 2z^{005}$$

$$D^{P.010} = 63,16 + 4,5 = 67,66 \text{ мм.}$$

Получаем расчетный размер заготовки 67,66 мм.

По расчетным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатанного проката обычной точности по ГОСТ 2590-2006 [7]:

$$\varnothing 68^{+0,5}_{-1,1} \text{ мм.}$$

Общая длина заготовки

$$L^3 = L^Д + 2z^{\text{подр}},$$

где $L^Д$ – номинальная длина заготовки по рабочему чертежу, мм.

$$L^3 = 205 + 2 = 207 \text{ мм.}$$

Объем заготовки определяем по плюсовым допускам.

$$V_3 = \frac{\pi D_{3.П}^2}{4} L_3,$$

где $D^{3.П.}$ – диаметр заготовки по плюсовым допускам, см;

L^3 – длина стержня (заготовки) по плюсовым допускам, см.

$$V_3 = \frac{3,14 \times 6,85^2}{4} \times 20,7 = 762,47 \text{ см}^3$$

Массу заготовки определяем по формуле

$$G_3 = \gamma \times V_{3.дг},$$

где γ – плотность стали, кг; $\gamma \approx 0,00785$ кг.

$$G_{3,ш} = 0,00785 \times 762,47 = 5,99 \text{ кг}$$

Выбираем оптимальную длину проката для изготовления заготовки.

Потери на зажим заготовки $l^{\text{зж}}$ принимаем 80 мм.

Длину торцового обрезка проката определяем из соотношения

$$l^{\text{об}} = (0,3 \div 0,5)d,$$

где d – диаметр сечения заготовки, мм; $d = 68$ мм.

$$l^{об}=0,3 \times 68 = 20,4 \text{ мм.}$$

Число заготовок, исходя из принятой длины проката по стандартам, определяем по формуле:

$$x = \frac{L_{пр} - l_{зак} - l_{об}}{L_3 + l_p},$$

где $L^{пр}$ – длина выбранного проката, мм;

l^p – ширина реза, мм; $l^p = 5 \text{ мм.}$

Из проката длиной 4 м:

$$x_4 = \frac{4000 - 80 - 20,4}{207 + 5} = 18,39 \text{ шт.}$$

Получаем 18 заготовок из данной длины проката.

Из проката длиной 6 м:

$$x_6 = \frac{6000 - 80 - 20,4}{207 + 5} = 27,83 \text{ шт.}$$

Получаем 27 заготовок из данной длины проката.

Остаток длины (некратность) определяется в зависимости от принятой длины проката.

$$L^{нк} = L^{пр} - l^{об} - l^{зак} - (L^3 \cdot x).$$

Из проката длиной 4м:

$$L^{нк4} = 4000 - 20,4 - 80 - (207 \times 18) = 173,6 \text{ мм.}$$

Определяем потери материала на некратность.

$$\Pi^{нк} = (L^{нк} \times 100) / L^{пр}.$$

$$\Pi^{нк4} = (173,6 \times 100) / 4000 = 4,34\%$$

Из проката длиной 6 м:

$$L_{\text{нк}4} = 6000 - 20,4 - 80 - (207 \times 27) = 310,6 \text{ мм.}$$

Определяем потери материала на некрatность.

$$\Pi^{\text{нк}6} = (310,6 \times 100) / 6000 = 5,18\%$$

Из расчетов на некрatность следует, что прокат длиной 4 м для изготовления заготовок более экономичен, чем прокат длиной 6 м.

Потери на зажим при отрезке по отношению к длине проката составят

$$\Pi^{\text{зж}} = (l^{\text{зж}} \times 100) / L^{\text{пр.}}$$

$$\Pi^{\text{зж}} = (80 \times 100) / 4000 = 2\%.$$

Потери материала на длину торцевого обреза проката в процентном отношении к длине проката составят

$$\Pi^{\text{об}} = (l^{\text{об}} \times 100) / L^{\text{пр.}}$$

$$\Pi^{\text{зж}} = (20,4 \times 100) / 4000 = 0,51\%.$$

Общие потери к длине выбранного проката

$$\Pi^{\text{п.о.}} = \Pi^{\text{нк}} + \Pi^{\text{об}} + \Pi^{\text{зж}}. \quad (3.2.12)$$

$$\Pi^{\text{п.о.}} = 4,34 + 0,51 + 2 = 6,85\%.$$

Расход материала на одну деталь с учетом всех технологических неизбежных потерь определяем по формуле

$$G^{\text{з.п.}} = Q(100 + \Pi^{\text{п.о.}}) / 100$$

$$G^{\text{з.п.}} = 1,73(100 + 6,85) / 100 = 1,85 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала

$$K^{и.м} = q / G^{з.п.}.$$

$$K^{и.м} = 1,2 / 1,85 = 0,61.$$

Определяем технологическую себестоимость изготовления детали.

Если деталь изготавливается из проката, то затраты на заготовку определяются исходя из стоимости проката, требующего на изготовление детали:

$$C_{заг} = C_{пр} \cdot h_{\phi},$$

где $C_{пр}$ - цена одного кг материала заготовки, руб.; $C_{пр} = 24,74$ руб.

h_{ϕ} - коэффициент, учитывающий форму заказа металлопроката; $h_{\phi} = 1$.

$$C_{заг} = 24,74 \cdot 1 = 24,74 \text{ руб.}$$

$$C_T = 24,74 \cdot 1,73 + 6,035(1,73 - 1,2) - 1,4(1,73 - 1,2) = 45,12 \text{ руб.}$$

Экономический эффект рассчитываем по формуле

$$\mathcal{E} = (C^{т2} - C^{т1}) \times N,$$

где N – годовая программа выпуска, шт.

$$\mathcal{E} = (45,12 - 38,23) \times 5000 = 34450 \text{ руб.}$$

Таким образом, для получения заготовки выбираем метод штамповки на горизонтально-ковочных машинах, так как он обеспечивает меньшую себестоимость и имеет больший коэффициент использования материала.

2.4 Расчет припусков.

Определяем припуски на обработку самой точной поверхности расчетно-аналитическим методом. Расчет припусков будем вести по диаметру под подшипники $35k6^{+0,025}_{+0,009}$ мм. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из: точения чернового, точения чистового, шлифования чернового, термообработки и шлифования чистового.

Основные формулы:

$$Z_i \min = a_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad [8]$$

$$Z_i \max = Z_i \min + 0.5(Td_{i-1} - Td_i)$$

где $Z_i \min$ и $Z_i \max$ – наименьший и наибольший припуск на i -ом переходе;

Td – допуск на размер;

$$a = Rz + h_g,$$

где Rz – шероховатость;

h_g – глубина дефектного слоя;

ρ – суммарное значение пространственных отклонений для элементарной поверхности;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении.

Предельные размеры:

$$d_{(i-1)} \min = d_i \min + 2Z_i \min$$

$$d_{(i-1)} \max = d_{(i-1)} \min + Td_{i-1}$$

Определим суммарное значение пространственных отклонений для рассчитываемой поверхности для каждого перехода:

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}$$

где $\rho_{см}$ - отклонение смещения; $\rho_{см}=0,5$ мм;

$\rho_{кор}$ - отклонение коробления;

$\rho_{ц}$ - величина отклонения расположения заготовки центровки.

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot L,$$

где L - длина заготовки

$$\rho_{кор} = 1,20 \cdot 208,5 = 250,2 \text{ мм}$$

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{\delta_z^2 + 1},$$

где δ_z – допуск на поверхности, используемые в качестве базовых на фрезерно-центровальных операциях; $\delta_z=2.4$ мм.

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{2,4^2 + 1} = 0,650 \text{ мм}$$

Суммарное отклонение расположения

$$\rho_0 = \sqrt{0,5^2 + 0,25^2 + 0,65^2} = 0,857 \text{ мм}$$

Суммарное отклонение пространственных отклонений после чернового точения

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot k_y,$$

где k_y – коэффициент уточнения; $k_y = 0,06$.

$$\rho_1 = 0,857 \cdot 0,06 = 0,051 \text{ мм.}$$

Суммарное отклонение пространственных отклонений после чистового точения

$$\rho_2 = \rho_0 \cdot k_y,$$

где k_y – коэффициент уточнения; $k_y = 0,04$.

$$\rho_2 = 0,857 \cdot 0,04 = 0,034 \text{ мм.}$$

Суммарное отклонение пространственных отклонений после чернового шлифования

$$\rho_3 = \rho_0 \cdot k_y,$$

где k_y – коэффициент уточнения; $k_y = 0,02$.

$$\rho_3 = 0,857 \cdot 0,02 = 0,017 \text{ мм.}$$

Расчет четвертого перехода (шлифование чистовое).

$$D_4 \text{ max} = 35,025 \text{ мм}, D_4 \text{ min} = 35,009 \text{ мм}, Td_4 = 0,016 \text{ мм.}$$

$$\rho_3 = 0,017 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_4 = 0,03 \text{ мм.}$$

$$a_3 = 0,03 \text{ мм.}$$

$$(Td_3 = 0,04)$$

$$Z_3 \text{ min} = 0,03 + \sqrt{0,017^2 + 0,03^2} = 0,055 \text{ мм}$$

$$Z_3 \text{ max} = 0,055 + 0,5(0,04 - 0,016) = 0,067 \text{ мм.}$$

Определим предельные размеры до шлифования:

$$D_3 \text{ min} = 35,009 + 2 \cdot 0,055 = 35,119 \text{ мм}$$

$$D_3 \text{ max} = 35,119 + 0,04 = 35,159 \text{ мм}$$

Расчет третьего перехода (шлифование черновое).

$$D_3 \max = 35,159 \text{ мм}, D_3 \min = 35,119 \text{ мм}, Td_3 = 0,04 \text{ мм.}$$

$$\rho_2 = 0.034 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_3 = 0.03 \text{ мм.}$$

$$a_2 = 0,045 \text{ мм.}$$

$$(Td_2 = 0,22)$$

$$Z_3 \min = 0.0045 + \sqrt{0,034^2 + 0.03^2} = 0,085 \text{ мм}$$

$$Z_3 \max = 0,085 + 0.5(0,22 - 0,04) = 0,175 \text{ мм}$$

Определим предельные размеры до шлифования:

$$D_2 \min = 35,159 + 2 \cdot 0,085 = 35,329 \text{ мм}$$

$$D_2 \max = 35,329 + 0,22 = 35,549 \text{ мм}$$

Расчет второго перехода (точение чистовое).

$$D_2 \max = 35,549 \text{ мм}, D_2 \min = 35,329 \text{ мм}, Td_2 = 0,22 \text{ мм.}$$

$$\rho_1 = 0.051 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_2 = 0.03 \text{ мм.}$$

$$a_1 = 0,08 \text{ мм.}$$

$$(Td_1 = 0,23)$$

$$Z_2 \min = 0,08 + \sqrt{0,051^2 + 0,03^2} = 0,139 \text{ мм.}$$

$$Z_2 \max = 0,139 + 0.5(0,23 - 0,22) = 0,144 \text{ мм.}$$

Определим предельные размеры до чистового точения:

$$D_1 \min = 35,329 + 2 \cdot 0,139 = 35,607 \text{ мм}$$

$$D_1 \max = 35,607 + 0,23 = 35,837 \text{ мм}$$

Расчет первого перехода (точение черновое).

$$D_1 \max = 35,837 \text{ мм}, D_1 \min = 35,607 \text{ мм}, Td_1 = 0,23 \text{ мм.}$$

$$\rho_0 = 0.857 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_1 = 0.06 \text{ мм.}$$

$$a_0 = 0,360 \text{ мм.}$$

$$(Td_0 = 0,25)$$

$$Z_1 \min = 0,36 + \sqrt{0,857^2 + 0,06^2} = 1,22 \text{ мм}$$

$$Z_1 \max = 1,22 + 0,5(0,25 - 0,23) = 1,32 \text{ мм}$$

Определим предельные размеры до чернового точения:

$$D_0 \min = 35,607 + 2 \cdot 1,22 = 38,047 \text{ мм}$$

$$D_0 \max = 38,047 + 0,25 = 38,297 \text{ мм}$$

Таблица 2.4 - Припуски и операционные переходы

№ опера ции	Наименова ние перехода	Точность		Составляющие припуска, мм			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		Ква литет	Td, мм	<i>a</i>	Δ	ε	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\text{ср.}}$	$d_{\min}$	$d_{\max}$	$d_{\text{ср.}}$
000	Заготовите льная		0,25	0,360	-	-	-	-	-	38,047	38,297	38,172
010	точение черновое	14	0,23	0,09	0,857	0,06	1,22	1,32	1,27	35,607	35,837	35,722
015	точение чистовое	11	0,22	0,045	0,051	0,03	0,139	0,144	0,142	35,329	35,549	35,439
040	шлифовани е черновое	8	0,04	0,03	0,034	0,03	0,085	0,175	0,13	35,119	35,159	35,139
050	шлифовани е чистовое	6	0,04	0,02	0,017	0,03	0,055	0,067	0,061	35,009	35,025	35,017
Общий припуск 2Z							1,499	1,706	1,603			

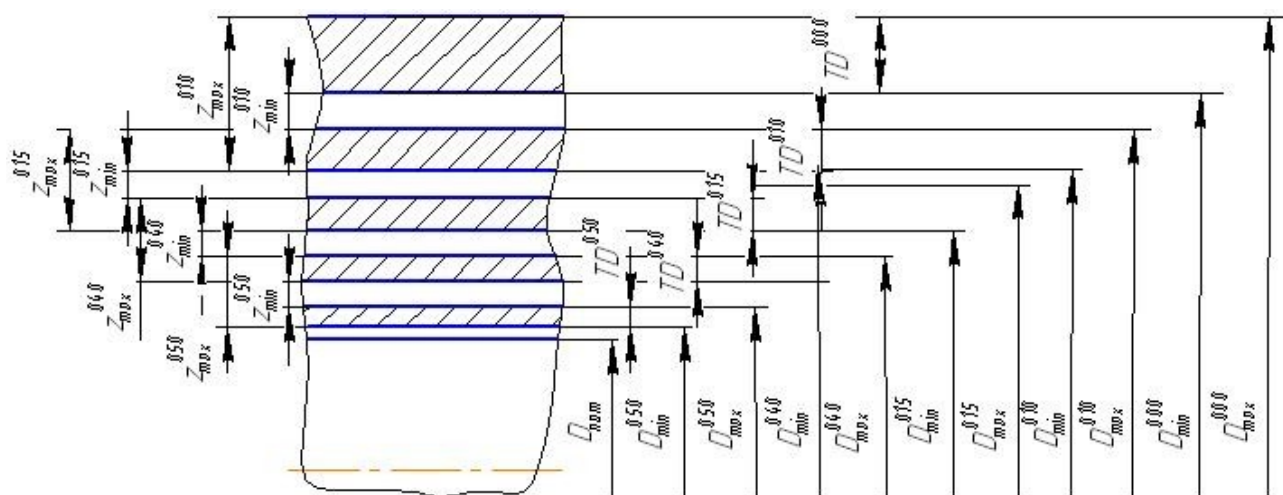


Рис. 2.1 – Схема припусков и допусков поверхности $\varnothing 35$ мм.

2.5 Выбор методов обработки поверхностей

Каждому методу обработки соответствует определенное качество получаемой поверхности (IT, Ra). Метод окончательной обработки, т. е. содержание последнего перехода, подсказывается рабочим чертежом. Зная содержание первого и последнего переходов, устанавливаем промежуточные. При определении маршрутов обработки стремимся к

снижению номенклатуры применяемого оборудования, инструментов и приспособлений.

Маршрут обработки поверхностей выполняем в виде таблицы 2.5.

Таблица 2.5 – Маршрут обработки поверхностей

№ поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1, 13	14	Ra10	Фрезерование ТО
4, 5, 8, 10, 20	14	Ra10	Точение черновое ТО
2	10	Ra5	Точение черновое Точение чистовое Зубофрезерование ТО
6, 12	7	Ra1,25	Точение черновое Точение чистовое ТО Шлифование черновое
7, 9	6	Ra0,63	Точение черновое Точение чистовое, ТО Шлифование черновое Шлифование чистовое
11	14	Ra10	Точение черновое ТО Резьбошлифование
14	8	Ra2,5	Фрезерование ТО
15, 16	9	Ra5	Фрезерование ТО
17	14	Ra10	Фрезерование ТО
3, 18	8	Ra2,5	Зубофрезерование ТО
21	7	Ra1,25	Точение черновое ТО Шлифование черновое

2.6 Разработка технологического маршрута и плана обработки детали.

Основой для построения этого маршрута являются ранее установленные в п. 2.5 маршруты обработки отдельных поверхностей детали. Оформление производим путем последовательной записи всех технологических операций в виде таблицы 2.6.

Таблица 2.6 – Технологический маршрут обработки

Номер операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	Номер обрабатываемых поверхностей
000	Горизонтально-ковочная машина	Заготовительная (штамповка)	
005	2A932	Центровально-подрезная	1, 13
010	16Б16ТМ	Токарная черновая	Установ А: 2 Установ Б: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
015	16Б16ТМ	Токарная чистовая	2, 6, 7, 9, 12
020	692Д	Шпоночно-фрезерная	14, 15, 16, 17
025	5K25	Зубофрезерная	18, 19
030		ТО	
035	3922	Центрошлифовальная	21
040	3М151	Круглошлифовальная черновая	7, 9, 12
045	5822М	Резьбошлифовальная	11
050	3Б153Т	Шлифовальная чистовая	6, 7, 9
055		Моечная	
060		Контрольная	

2.7 Выбор оборудования и средств технологического оснащения.

Для каждой операции выбираем такие оборудование, приспособления, инструмент и средства контроля, которые бы обеспечили минимальные затраты на обработку при безусловном выполнении требований к качеству обработки, заданных чертежом детали. Оформляем выбранные СТО в виде таблицы 2.7.

Таблица 2.7 – Выбор оборудования и средств технологического оснащения

№ наименования операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
000 Заготовительная	ГКМ			
005 Центровально-подрезная	2A932 Центровально-подрезной станок	Призмы опорные ГОСТ 12195-66	Сверло центровочное ø8 Тип А ГОСТ 14952-75 Р6М5 Пластина 03124.7.2.4.15.04.5.1 ГОСТ 19052-80 Т5К10 Пластина 05123.7.2.15.04.5.1 ГОСТ 19057-80 Т5К10	Штанген-циркуль ГОСТ 166-80
010 Токарная черновая	16Б16ТМ Токарный станок	Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий 7100-0001 ГОСТ 2675-80. Центр вращающийся ГОСТ 13214-67.	Резец токарный проходной отогнутый ГОСТ 18868-73 Резец токарный проходной упорный отогнутый ГОСТ 18879-73 Резец канавочный В=2,5 Т5К10 ГОСТ 18884-73	Штанген-циркуль ГОСТ 166-80
015 Токарная чистовая	16Б16ТМ Токарный станок	Центр вращающийся ГОСТ 13214-67.	Резец токарный проходной отогнутый ГОСТ 18868-73	Штанген-циркуль ГОСТ 166-80

Продолжение таблицы 2.7

020 Шпоночно- фрезерная	692Д Шпоночно- фрезерный станок	Призмы опорные ГОСТ 12195-66 Упор технологический регулируемый	Фреза шпоночная ГОСТ 9140-78 Фреза шпоночная ГОСТ 9140-78	Калибр-призма ГОСТ 24114-80 Штанген- циркуль ГОСТ 166-80
025 Зубофрезерная	5К25 Зуборезный полуавтомат	Цанговый зажимной патрон	Головка зуборезная ГОСТ 11902-77	Штанген- зубомер ШЗ-18 ГОСТ 1643-72 Индикатор 2МИГ ГОСТ 9696-75
035 Центро- шлифовальная	3922 Центрошлифоваль- ный станок	Приспособление специальное	Круг шлифовальный ГОСТ 2424-83	Калибр-скоба ГОСТ 18360-93
035 Круглошлифова- льная черновая	3М151 Круглошлифоваль- ный станок	Центр поводковый ГОСТ 2571-71	Круг шлифовальный ГОСТ 2424-83	Калибр-скоба ГОСТ 18360-93 Калибр-скоба ГОСТ 18360-93
040 Резьбошлифова- льная	5822М Резьбошлифоваль- ный станок	Центр вращающийся ГОСТ 2571-71	Многониточный шлифовальный круг	Кольцо ГОСТ 17764-73
045 Шлифовальная чистовая	3Б153Т Торцекруглошлиф- овальный станок	Центр вращающийся ГОСТ 2571-71	Круг шлифовальный ГОСТ 2424-83	Измерительная головка ОКБ- 1456

2.8 Расчет режимов резания.

Операция 005 Центровально-подрезная.

Центровать и подрезать торцы, выдерживая размер 205 мм.

1. Глубина резания t :

Подрезка пластины 2 – 1,7мм.

Подрезка пластины 3 – 1,7 мм.

Центрование:

$$t = d/2$$

$$t = 8/2 = 4 \text{ мм.}$$

2. Подача S :

Подрезка пластины 2 – 0,35 мм/об.

Подрезка пластины 3 – 0,35 мм/об.

Центрование – 0,15 мм/об.

Принимаем лимитирующую подачу $S_o=0,15$ мм/об

3. Скорость резания.

При подрезании:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v$$

где T - стойкость инструмента; $T = 45$ мин.

$C_v = 350$, [10]; $y = 0,35$, [10]; $m = 0,2$, [10]; $x = 0,15$ [10];

K_v – общий поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{EV}$$

где $K_{PV} = 0,8$ [10];

$K_{IV} = 1$ [10].

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_A} \right)^{nv} = 1 \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,77$$

$$K_v = 0,77 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,616.$$

Подрезка пластины 2

$$V = (350 / 45^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,15^{0,35}) \cdot 0,616 = 134,28 \text{ м/мин.}$$

Подрезка пластины 3

$$V = (350 / 45^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,15^{0,35}) \cdot 0,616 = 134,28 \text{ м/мин.}$$

При центровании:

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

где $T = 45$ мин. [10].

$C_v = 7$, [10];

$q = 0,40$, [10];

$y = 0,70$, [10];

$m = 0,20$ [10].

$$V = \frac{7 \times 8^{0,4}}{45^{0,2} 0,15^{0,7}} \times 0,616 = 17,46 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя.

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

Подрезка пластины 2

$$n = 1000 \cdot 134,28 / 3,14 \cdot 37 = 1155,79 \text{ об/мин.}$$

Подрезка пластины 3

$$n = 1000 \cdot 134,28 / 3,14 \cdot 38,2 = 1119,49 \text{ об/мин.}$$

Центрование

$$n = 1000 \cdot 17,46 / 3,14 \cdot 8 = 695,06 \text{ об/мин.}$$

Принимаем лимитирующую частоту $n = 695,06 \text{ об/мин.}$

По паспорту станка выбираем $N = 630 \text{ об/мин.}$

5. Фактическая скорость резания

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

Подрезка пластины 2

$$V = 3,14 \cdot 37 \cdot 630 / 1000 = 73,19 \text{ м/мин.}$$

Подрезка пластины 3

$$V = 3,14 \cdot 38,2 \cdot 630 / 1000 = 75,57 \text{ м/мин.}$$

Центрование

$$V = 3,14 \cdot 8 \cdot 630 / 1000 = 15,83 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где $C_p = 300$, [10]; $x = 1$, [10]; $y = 0,75$, [10]; $n = -0,15$ [10];

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

$$K_{\varphi p} = 0,94; K_{\gamma p} = 0,98; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 1,0 \text{ [10].}$$

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_{\hat{A}}} \right)^{nv} = 1 \left(\frac{750}{980} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_p = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,12.$$

Подрезка пластины 2

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 73,19^{-0,15} \cdot 1,12 = 716,57 \text{ Н.}$$

Подрезка пластины 3

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,8^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 75,57^{-0,15} \cdot 1,12 = 761,95 \text{ Н.}$$

Мощность резания N рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

Подрезка пластины 2

$$N = 716,57 \cdot 73,19 / 1020 \cdot 60 = 0,91 \text{ кВт.}$$

Подрезка инструментальной головки В

$$N = 761,95 \cdot 75,57 / 1020 \cdot 60 = 0,94 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 5,5 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

6. Крутящий момент $M_{\text{кр.}}$

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M D^q s^y K_p,$$

где $C_M = 0.0345$, [10];

$$q = 2, [10];$$

$$y = 0,8 [10];$$

$$K_p = 1,22. [10]$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \times 0,0345 \times 8^2 \times 0,15^{0,8} \times 1,22 = 4,84 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания N_e

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} n}{9750}$$

$$N_e = \frac{4,84 \times 630}{9750} = 0,31 \text{ кВт}$$

Мощность станка по паспорту – 5,5 кВт.

$$N_e < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Операция 025. Зубофрезерная.

Нарезать зубья $m_n = 2,8178$, $z=13$.

Глубина резания.

$t = 0,5$ мм.

Подача.

$s = 0,01$ мм/зуб.

Скорость резания V .

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

$v_{\text{табл}} = 40$ м/мин [11]; $K_1 = 1$ [11]; $K_2 = 0,9$ [11].

$V = 40 \times 1 \times 0,9 = 36$ м/мин.

Частота вращения шпинделя.

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

$n = 1000 \cdot 36 / 3,14 \cdot 160 = 71,66$ об/мин.

Принимаем $n = 60$ об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$$

$V = 3,14 \cdot 160 \cdot 60 / 1000 = 41,2$ м/мин.

Назначаем скорость $V = 80$ м/мин, т. к. используем инструмент с модифицированными рабочими поверхностями (электроакустическое напыление-легирование ЭЛАН).

Уточняем частоту вращения шпинделя

$n = 1000 \cdot 80 / 3,14 \cdot 160 = 161,2$ об/мин.

Принимаем $n = 160$ об/мин.

Уточняем скорость резания

$V = 3,14 \cdot 160 \cdot 80 / 1000 = 80,38$ м/мин.

Операция 050 Шлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность $\phi 35k6^{+0,025}_{+0,009}$ мм, выдерживая р-р $L = 28$ мм и $L = 23$ мм, и торец, выдерживая размер 43 мм.

1. Глубина шлифования – 0,1 мм.

2. Радиальная подача $S=0,009$ мм/об.

3. Скорость вращения круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{СТ}}{1000 \cdot 60}$$

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 2,5 м / с$$

$n_{СТ} = 1590$ об/мин (по паспорту станка 3М151).

Принимаем $v = 50$ м/с (по паспорту станка 3М151).

4. Скорость вращения детали:

$$v_{\partial} = \frac{\pi \cdot D_{\partial} \cdot n_{\partial}}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 320}{1000} = 35,17 м / мин$$

$n_{\partial} = 320$ об/мин. (по паспорту станка 3М151).

5. Минутная подача:

$$S_m = n_{\partial} \cdot S_p$$

$$S_m = 320 \cdot 0,009 = 2,88 \text{ мм} / \text{мин}$$

6. Мощность шлифования:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot S^y \cdot d^q \cdot t^x$$

$$N = 2,2 \cdot 35,17^{0,5} \cdot 0,009^{0,55} \cdot 0,03^{0,2} \cdot 0,0001^{0,5} = 0,01 \text{ кВт}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{рез} < N_{пасп.}$$

Шлифование возможно.

На остальные операции назначаем оптимальные режимы резания по справочным нормативам.

Операция 010. Токарная черновая.

Установ А.

Точить наружную коническую поверхность, выдерживая угол 17°04'10".

1. Глубина резания t .

$$t = 1,6 \text{ мм.}$$

2. Подача S .

$$S = 0,3 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 175 \text{ м/мин; [10]}$$

$$K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 175 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 = 112 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n .

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

$$n = 1000 \cdot 112 / (3,14 \cdot 61,66) = 578,48 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 450 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 61,66 \cdot 450 / 1000 = 87,13 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{Z\text{табл}} \cdot t,$$

$$P_{Z\text{табл.}} = 0,74 \text{ кН. [10]}$$

$$P_Z = 0,74 \times 1,6 = 1,18 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N .

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 1,18 \cdot 87,13 / 1020 \cdot 60 = 1,02 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Установ Б.

Переход 1. Точить наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 35k6 \left(\begin{smallmatrix} +0,025 \\ +0,009 \end{smallmatrix} \right)$ мм, выдерживая размер 162 мм.

1. Глубина резания t .

$$t = 1,2 \text{ мм.}$$

2. Подача S .

$$S = 0,3 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 175 \text{ м/мин; [10]}$$

$$K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 175 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 = 112 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n .

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d}.$$

$$n = \frac{1000 \times 112}{3,14 \times 35} = 1019,11 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 1000 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 35 \cdot 1000 / 1000 = 109,96 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{Z\text{табл}} \cdot t,$$

$$P_{Z\text{табл.}} = 0,74 \text{ кН. [10]}$$

$$P_z = 0,74 \cdot 1,2 = 0,89 \text{ кН},$$

6. Мощность резания N.

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 0,89 \cdot 109,96 / 1020 \cdot 60 = 0,98 \text{ кВт}.$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 2. Подрезать торец $\varnothing 40$ мм, выдерживая размер 43 мм.

1. Глубина резания t.

$$t = 1,6 \text{ мм}.$$

2. Подача S.

$$S = 0,5 \text{ мм/об [10]}.$$

3. Скорость резания V.

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 150 \text{ м/мин; [10]}$$

$$K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10]}.$$

$$V = 150 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 96 \text{ м/мин}.$$

4. Частота вращения шпинделя n.

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

$$n = \frac{1000 \cdot 96}{3,14 \cdot 40} = 764,33 \text{ об/мин}.$$

По паспорту станка берем $n = 850 \text{ об/мин}$.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 40 \cdot 850 / 1000 = 106,76 \text{ м/мин}.$$

5. Сила резания P_z .

$$P_z = P_{\text{Зтабл}} \cdot t,$$

$$P_{z \text{ табл.}} = 1,1 \text{ кН.}$$

$$P_z = 1,1 \times 1,6 = 1,76 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N.

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 1,76 \cdot 106,76 / 1020 \cdot 60 = 1,87 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 3. Точить наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 40$ мм.

1. Глубина резания t.

$$t = 1,6 \text{ мм.}$$

2. Подача S.

$$S = 0,3 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V.

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

$$V_{\text{табл.}} = 175 \text{ м/мин; [10]}$$

$$K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 175 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 = 112 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n.

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{1000 \times 112}{3,14 \times 40} = 891,72 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 850$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 40 \cdot 850 / 1000 = 106,76 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_z .

$$P_z = P_{\text{зад}} \cdot t,$$

$$P_{z \text{ табл.}} = 0,74 \text{ кН. [10]}$$

$$P_z = 0,74 \cdot 1,6 = 1,18 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N.

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 1,18 \cdot 106,76 / 1020 \cdot 60 = 1,26 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 4. Точить наружную коническую поверхность $\varnothing 61,66$ мм, выдерживая размер 5,21 мм и угол $75^\circ 57' 50''$.

1. Глубина резания t.

$$t = 1,5 \text{ мм.}$$

2. Подача S.

$$S = 0,3 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V.

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

$$v_{\text{табл.}} = 175 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 175 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 112 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n.

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

$$n = 1000 \cdot 112 / (3,14 \cdot 61,66) = 578,48 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 450$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 61,66 \cdot 450 / 1000 = 87,13 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_z .

$$P_z = P_{\text{зад}} \cdot t,$$

$$P_{z \text{ табл.}} = 0,74 \text{ кН.}$$

$$P_z = 0,74 \cdot 1,5 = 1,11 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N.

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 1,11 \cdot 87,13 / 1020 \cdot 60 = 0,96 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 5. Точить наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 32$ мм, выдерживая размер 28 мм.

1. Глубина резания t.

$$t = 1,5 \text{ мм.}$$

2. Подача S.

$$S = 0,3 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V.

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

$$v_{\text{табл.}} = 175 \text{ м/мин; } K_1=1; K_2=0,8; K_3=0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 160 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 112 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n.

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

$$n = 1000 \cdot 112 / (3,14 \cdot 32) = 1114,65 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 1000 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 32 \cdot 1000 / 1000 = 100,48 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_z .

$$P_z = P_{\text{зад}} \cdot t,$$

$$P_{z \text{ табл.}} = 0,74 \text{ кН.}$$

$$P_z = 0,74 \cdot 1,5 = 1,11 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N.

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 1,11 \cdot 100,48 / 1020 \cdot 60 = 1,12 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 6. Точить наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 30 \text{ h} 8_{(-0.033)}$ мм, выдерживая размер 72 мм.

1. Глубина резания t.

$$t = 2,5 \text{ мм.}$$

2. Подача S.

$$S = 0,4 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V.

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 165 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 [10].$$

$$V = 165 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 105,6 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n.

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

$$n = \frac{1000 \cdot 105,6}{3,14 \cdot 30} = 1121,02 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 1000 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 30 \cdot 1000 / 1000 = 94,2 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{\text{табл}} \cdot t,$$

$$P_{\text{табл.}} = 0,92 \text{ кН.}$$

$$P_Z = 0,92 \cdot 2,5 = 2,3 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N .

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 2,3 \cdot 94,2 / 1020 \cdot 60 = 2,17 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 7. Точить наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 33$ мм, выдерживая размер 8,5 мм.

1. Глубина резания t .

$$t = 1 \text{ мм.}$$

2. Подача S .

$$S = 0,3 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 175 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 175 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 112 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n .

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

$$n = \frac{1000 \cdot 112}{3,14 \cdot 33} = 1080,87 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 1000$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 33 \cdot 1000 / 1000 = 103,62 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{\text{табл}} \cdot t,$$

$$P_{\text{табл.}} = 0,74 \text{ кН.}$$

$$P_Z = 0,74 \cdot 1 = 0,74 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N .

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 0,74 \cdot 103,62 / 1020 \cdot 60 = 0,77 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 8. Точить наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 30,8$ мм, выдерживая размер 2,5 мм.

1. Глубина резания t .

$$t = 2,1 \text{ мм.}$$

2. Подача S .

$$S = 0,15 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 110 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 [10].$$

$$V = 110 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 70,4 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n .

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

$$n = \frac{1000 \cdot 70,4}{3,14 \cdot 30,8} = 727,93 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 650$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 30,8 \cdot 650 / 1000 = 62,86 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{Z\text{табл.}} \cdot t,$$

$$P_{Z\text{табл.}} = 0,46 \text{ кН.}$$

$$P_Z = 0,46 \cdot 2,1 = 0,97 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N .

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 0,97 \cdot 62,86 / 1020 \cdot 60 = 0,61 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Операция 015. Токарная чистовая.

Переход 1. Точить наружные цилиндрические поверхности

$\varnothing 35 \text{ к } 6 \begin{pmatrix} +0,025 \\ +0,009 \end{pmatrix} \text{ мм, выдерживая размер } 28 \text{ и } 23 \text{ мм.}$

1. Глубина резания t .

$$t = 0,15 \text{ мм.}$$

2. Подача S .

$$S = 0,15 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 220 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 220 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 140,8 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n .

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

$$n = \frac{1000 \cdot 140,8}{3,14 \cdot 35} = 1281,16 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 1000$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 35 \cdot 1000 / 1000 = 109,9 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{Z\text{табл.}} \cdot t,$$

$$P_{Z\text{табл.}} = 0,46 \text{ кН.}$$

$$P_Z = 0,46 \cdot 0,15 = 0,069 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N .

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 0,069 \cdot 109,9 / 1020 \cdot 60 = 0,08 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 2. Подрезать торец $\varnothing 40$ мм, выдерживая размер 43 мм.

1. Глубина резания t .

$$t = 1,5 \text{ мм.}$$

2. Подача S .

$$S = 0,15 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 205 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 [10].$$

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

4. Частота вращения шпинделя n .

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

$$n = \frac{1000 \cdot 131,2}{3,14 \cdot 40} = 1044,59 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 1000$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 40 \cdot 1000 / 1000 = 125,6 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{Z\text{табл.}} \cdot t,$$

$$P_{Z\text{табл.}} = 0,46 \text{ кН.}$$

$$P_Z = 0,46 \cdot 1,5 = 0,69 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N .

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 0,69 \cdot 125,6 / 1020 \cdot 60 = 0,87 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 3. Точить наружную цилиндрическую поверхность

$\varnothing 30h8_{-0,033}$ мм, выдерживая размер 72 мм.

1. Глубина резания t .

$$t = 0,5 \text{ мм.}$$

2. Подача S .

$$S = 0,15 \text{ мм/об [10].}$$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 220 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 0,8; K_3 = 0,8 \text{ [10].}$$

$$V = 220 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 140,8 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя n .

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

$$n = \frac{1000 \times 140,8}{3,14 \times 30} = 1494,7 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка берем $n = 1250$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 30 \cdot 1250 / 1000 = 117,75 \text{ м/мин.}$$

5. Сила резания P_Z .

$$P_Z = P_{Z\text{табл.}} \cdot t,$$

$$P_{Z\text{табл.}} = 0,46 \text{ кН.}$$

$$P_Z = 0,46 \cdot 0,15 = 0,069 \text{ кН,}$$

6. Мощность резания N .

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N = 0,069 \cdot 117,75 / 1020 \cdot 60 = 0,08 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$ Резание возможно.

Операция 020. Шпоночно-фрезерная.

Переход 1. Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры $B=6,3$ мм, 18 мм.

1. Глубина резания t .

$$t = 2,5 \text{ мм.}$$

2. Подача $S_z = 0,04$ мм/зуб. [10].

3. Скорость резания V .

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

где $v_{\text{табл.}} = 43$ м/мин; $K_1=1$; $K_2=1$; $K_3=0,9$ [10].

$$V = 43 \times 1 \times 1 \cdot 0,9 = 38,7 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя.

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

$$n = 1000 \cdot 38,7 / 3,14 \cdot 33 = 373,48 \text{ об/мин.}$$

По станку берем $n = 315 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 33 \cdot 315 / 1000 = 32,64 \text{ м/мин.}$$

5. Минутная подача S_M , мм/мин:

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n,$$

$$S_M = 0,04 \times 2 \times 315 = 25,2 \text{ мм/мин}$$

6. Мощность резания N

$$N = N_A \cdot K_1,$$

$$N_r = 0,9 \text{ кВт; } K_1 = 1 [10].$$

$$N = 0,9 \times 1 = 0,9 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 1,5 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Переход 2. Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры

$$B = 8P9 \begin{pmatrix} -0,015 \\ -0,051 \end{pmatrix} \text{ мм, } 40 \text{ мм.}$$

1. Глубина резания t .

$$t = 4 \text{ мм.}$$

2. Подача $S_z = 0,05 \text{ мм/зуб. } [10].$

3. Скорость резания V .

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

$$\text{где } v_{\text{табл.}} = 38 \text{ м/мин; } K_1 = 1; K_2 = 1; K_3 = 0,9 [10].$$

$$V = 38 \times 1 \times 1 \times 0,9 = 34,2 \text{ м/мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя.

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

$$n = 1000 \cdot 34,2 / 3,14 \cdot 30 = 363,06 \text{ об/мин.}$$

По станку берем $n = 315$ об/мин.

Фактическая скорость

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

$$V = 3,14 \cdot 30 \cdot 315 / 1000 = 29,67 \text{ м/мин.}$$

5. Минутная подача S_M , мм/мин:

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n,$$

$$S_M = 0,05 \times 2 \times 315 = 31,5 \text{ мм/мин}$$

6. Мощность резания N

$$N = N_A \cdot K_1,$$

$$N_r = 1,1 \text{ кВт}; K_1 = 1 [10].$$

$$N = 1,1 \times 1 = 1,1 \text{ кВт.}$$

Мощность станка по паспорту – 1,5 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Резание возможно.

Операция 035. Центрошлифовальная.

Шлифовать центровые отверстия $\varnothing 8$ мм, выдерживая угол 60° .

1. Глубина шлифования t .

$$t = 0,1 \text{ мм.}$$

2. Скорость вращения круга v

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ст}}}{1000 \cdot 60},$$

где $d^{\text{кр}}$ – диаметр шлифовального круга, мм; $d^{\text{кр}} = 8$ мм;

$n^{\text{ст}}$ – частота вращения шлифовального круга по паспорту станка; $n^{\text{ст}} = 3000$

об/мин.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 3000}{1000 \cdot 60} = 1,1 \text{ м / с}$$

По станку выбираем $v = 50 \text{ м/с}$.

3. Скорость вращения детали:

$$v_{\partial} = \frac{\pi \cdot d_{\partial} \cdot n_{\partial}}{1000},$$

где d^{∂} – диаметр обрабатываемого отверстия, мм; $d^{\partial} = 8 \text{ мм}$;

n^{∂} – частота вращения детали по паспорту станка; $n^{\partial} = 400 \text{ об/мин}$.

$$v_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 400}{1000} = 10,48 \text{ м / мин}$$

4. Поперечная подача на S_p .

$$S_p = S_{p, табл} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где $S_{p, табл} = 2,2 \text{ мм/мин}$; $K_1 = 0,85 [10]$; $K_2 = 0,7 [10]$.

$$S_p = 2,2 \times 0,85 \times 0,7 = 1,31 \text{ мм/мин}$$

5. Мощность шлифования N .

$$N = C_N \cdot v_{\partial}^r \cdot t^x \cdot d_{\partial}^q \cdot s^y,$$

где $C^N = 0,36 [10]$; $r = 0,35 [10]$; $x = 0,4 [10]$; $y = 0,4 [10]$; $q = 0,3 [10]$.

$$N = 0,36 \cdot 10,48^{0,35} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 8^{0,3} \cdot 1,31^{0,4} = 0,47 \text{ кВт}$$

Мощность станка по паспорту – 0,6 кВт.

$$N_{рез} < N_{пасп}.$$

Шлифование возможно.

Операция 040. Круглошлифовальная.

Переход 1. Шлифовать наружные цилиндрические поверхности $\varnothing 35_{k6}^{+0,025}_{+0,009}$ мм, выдерживая размер 28 и 23 мм.

1. Глубина шлифования t .

$$t=0,15 \text{ мм.}$$

2. Скорость вращения круга v

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot d_{кр} \cdot n_{ст}}{1000 \cdot 60},$$

где $d_{кр}$ – диаметр шлифовального круга, мм; $d_{кр} = 350 \text{ мм}$;

$n_{ст}$ – частота вращения шлифовального круга по паспорту станка; $n_{ст} = 1590$
об/мин.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 29,12 \text{ м / с}$$

По станку выбираем $v = 25 \text{ м/с}$.

3. Скорость вращения детали:

$$v_{д} = \frac{\pi \cdot d_{д} \cdot n_{д}}{1000},$$

где $d_{д}$ – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; $d_{д} = 35 \text{ мм}$;

$n_{д}$ – частота вращения детали по паспорту станка; $n_{д} = 315 \text{ об/мин}$.

$$v_{д} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 315}{1000} = 34,62 \text{ м / мин}$$

4. Продольная подача на S_p .

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

где $S_{p, табл} = 2 \text{ мм/мин}$; $K_1=1 [10]$; $K_2=0,7 [10]$; $K_3=0,7 [10]$.

$$S_p = 2 \times 1 \times 0,7 \times 0,7 = 0,98 \text{ мм/мин}$$

5. Мощность шлифования N .

$$N = C_N \cdot v_{\partial}^r \cdot b^z \cdot d_{\partial}^q \cdot s_p^y,$$

где $C^N=0,14$ [10]; $r=0,8$; $z=1$; $y=0,8$; $q=0,2$ [10]; $b = 28$ мм.

$$N = 0,14 \cdot 34,62^{0,8} \cdot 28^1 \cdot 35^{0,2} \cdot 0,98^{0,8} = 0,53 \text{ кВт}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Шлифование возможно.

Переход 2. Шлифовать наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 30h8$ ($-0,033$) мм, выдерживая размер 47 мм.

1. Глубина шлифования t .

$$t=0,25 \text{ мм.}$$

2. Скорость вращения круга v

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{кр}} \cdot n_{\text{СТ}}}{1000 \cdot 60},$$

где $d^{\text{кр}}$ – диаметр шлифовального круга, мм; $d^{\text{кр}} = 350$ мм;

$n^{\text{СТ}}$ – частота вращения шлифовального круга по паспорту станка; $n^{\text{СТ}} = 1590$

об/мин.

$$v_{\text{кр}} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 29,12 \text{ м/с}$$

По станку выбираем $v = 25$ м/с.

3. Скорость вращения детали:

$$v_{\partial} = \frac{\pi \cdot d_{\partial} \cdot n_{\partial}}{1000},$$

где d^d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; $d^d = 30$ мм;

n^d – частота вращения детали по паспорту станка; $n^d = 315$ об/мин.

$$v_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 315}{1000} = 29,67 \text{ м / мин}$$

4. Продольная подача на S_p .

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

где $S_{p, \text{табл}} = 1,75$ мм/мин; $K_1=0,8$ [10]; $K_2=1$ [10]; $K_3=0,7$ [10].

$$S_p = 1,75 \times 0,8 \times 1 \times 0,7 = 0,98 \text{ мм/мин}$$

5. Мощность шлифования N .

$$N = C_N \cdot v_{\partial}^r \cdot b^z \cdot d_{\partial}^q \cdot s_p^y,$$

где $C^N=0,14$ [10]; $r=0,8$; $z=$; $y=0$; $q=0,2$ [10]; $b = 28$ мм.

$$N = 0,14 \cdot 29,67^{0,8} \cdot 47^1 \cdot 30^{0,2} \cdot 0,98^{0,8} = 0,78 \text{ кВт}$$

Мощность станка по паспорту – 10 кВт.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{пасп.}}$$

Шлифование возможно.

Операция 045. Резьбошлифовальная.

Нарезать резьбу М33×1,5-8g, выдерживая размер 8,5 мм.

1. Скорость вращения круга v

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ст}}}{1000 \cdot 60},$$

где $d^{\text{кр}} = 300$ мм; $n^{\text{ст}} = 1250$ об/мин.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1250}{1000 \cdot 60} = 19,63 \text{ м / с}$$

По станку выбираем $v = 15 \text{ м/с}$.

3. Скорость вращения детали:

$$v_{\partial} = \frac{\pi \cdot d_{\partial} \cdot n_{\partial}}{1000},$$

где $d^{\partial} = 33 \text{ мм}$; $n^{\partial} = 315 \text{ об/мин}$.

$$v_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 315}{1000} = 32,64 \text{ м / мин}$$

4. Поперечная подача на S_p .

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

где $S_{p, табл} = 2,2 \text{ мм/мин}$; $K_1=0,8 [10]$; $K_2=0,8 [10]$; $K_3=0,7 [10]$.

$$S_p = 2,2 \times 0,8 \times 1 \times 0,7 = 1,23 \text{ мм/мин}$$

5. Мощность шлифования N .

$$N = C_N \cdot v_{\partial}^r \cdot b^z \cdot d_{\partial}^q \cdot s_p^y,$$

где $C^N=0,14 [10]$; $r=0,8$; $z=1$; $y=0,8$; $q=0,2 [10]$; $b = 28 \text{ мм}$.

$$N = 0,14 \cdot 32,64^{0,8} \cdot 8,5^1 \cdot 33^{0,2} \cdot 1,23^{0,8} = 0,45 \text{ кВт}$$

Мощность станка по паспорту – 5,5 кВт.

$$N_{рез} < N_{пасп}.$$

Шлифование возможно.

2.9 Нормирование технологического процесса.

В среднесерийном производстве за норму времени принимают штучно-калькуляционное время $T_{шк}$:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время;

$T_{шт}$ – норма штучного времени для производства одной детали;

n - объем партии запуска заготовок.

$$T_{шт} = T_o + T_{\epsilon} + T_{об} + T_{пер},$$

где T_o - основное время - время непосредственно на обработку, определяется исходя из схемы обработки;

T_{ϵ} - вспомогательное время на установку и снятие заготовки, управление станком, подвод и отвод режущего инструмента, контроль размеров, определяется по справочным нормативам или экспериментально;

$T_{об}$ - время обслуживания;

$T_{пер}$ - время перерывов в работе.

Операция 005. Центровально-подрезная.

Подрезка пластины 2

$$T_{об} = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 12\text{мм}$; $S_o = 0,15\text{мм/об}$; $n = 630\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{12}{630 \times 0,15} = 0,15\text{мин}$$

$$T_B = T_{\acute{o}\grave{n}} + \acute{O}_{\grave{\zeta}\acute{i}} + \acute{O}_{\acute{o}\acute{i}} + \acute{O}_{\acute{e}\acute{\zeta}},$$

где $T_{yc} = 0,08\text{ мин}$ [12]; $T_{zo} = 0,24\text{ мин}$ [10]; $T_{yn} = 0,055\text{мин}$ [12]; $T_{из} = 0,22\text{ мин}$ [12].

$$T_{\epsilon} = 0,08 + 0,24 + 0,055 + 0,22 = 0,595\text{ мин.}$$

$$T_{об} = T_{tex} + T_{opz},$$

где $T_{tex} = 1,5$ [12]; $T_{opz} = 0,006\text{ мин}$ [12].

$$T_{об} = 1,5 + 0,006 = 1,506\text{мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,02\text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,15 + 0,595 + 1,506 + 0,02 = 2,27\text{мин.}$$

Подрезка пластины 3

$$T_{oB} = \frac{L}{nS_o},$$

где L – длина рабочего хода, мм; L = 18 мм; S₀ = 0,15 мм/об; n = 630 об/мин.

$$T_o = \frac{18}{630 \times 0,15} = 0,19 \text{ мин}$$

$$T_B = T_{\dot{o}\dot{n}} + \dot{O}_{\dot{\zeta}\dot{i}} + \dot{O}_{\dot{o}\dot{i}} + \dot{O}_{\dot{e}\dot{\zeta}},$$

где T_{yc} = 0,08 мин [12]; T_{зо} = 0,24 мин [12]; T_{уп} = 0,055 мин [12]; T_{из} = 0,22 мин [12].

$$T_{\epsilon} = 0,08 + 0,24 + 0,055 + 0,22 = 0,595 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = T_{tex} + T_{орг},$$

где T_{tex} = 1,5 [12]; T_{орг} = 0,006 мин [12].

$$T_{об} = 1,5 + 0,006 = 1,506 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,02 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,19 + 0,595 + 1,506 + 0,02 = 2,31 \text{ мин.}$$

Центрование

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где L – длина рабочего хода, мм; L = 11 мм; S₀ = 0,15 мм/об; n = 630 об/мин.

$$T_o = \frac{11}{630 \times 0,15} = 0,12 \text{ мин}$$

$$T_B = T_{\dot{o}\dot{n}} + \dot{O}_{\dot{\zeta}\dot{i}} + \dot{O}_{\dot{o}\dot{i}} + \dot{O}_{\dot{e}\dot{\zeta}},$$

где T_{yc} = 0,08 мин [12]; T_{зо} = 0,24 мин [12]; T_{уп} = 0,055 мин [12];

T_{из} = 0,22 мин [12].

$$T_{\epsilon} = 0,08 + 0,24 + 0,055 + 0,22 = 0,595 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = T_{tex} + T_{орг},$$

где T_{tex} = 1,5 [12]; T_{орг} = 0,006 мин [12].

$$T_{об} = 1,5 + 0,006 = 1,506 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,02 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,12 + 0,595 + 1,506 + 0,02 = 2,24 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

$$\text{где } T_{пз} = 8 \text{ мин [12]; } n = 473 \text{ шт; } T_{шт} = 2,31 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = 2,31 + \frac{8}{473} = 2,33 \text{ мин}$$

Операция 010. Токарная черновая.

Установ А.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

$$\text{где } L = 44 \text{ мм; } S_o = 0,3 \text{ мм/об; } n = 450 \text{ об/мин.}$$

$$T_o = \frac{44}{450 \times 0,3} = 0,33 \text{ мин}$$

$$T_B = T_{\text{об}} + \dot{O}_{\text{сг}} + \dot{O}_{\text{ог}} + \dot{O}_{\text{еф}},$$

$$\text{где } T_{\text{ус}} = 0,1 \text{ мин [12]; } T_{\text{зо}} = 0,024 \text{ мин [12]; } T_{\text{уп}} = 0,116 \text{ мин [12];}$$

$$T_{\text{из}} = 0,07 \text{ мин [12].}$$

$$T_{\text{с}} = 0,1 + 0,024 + 0,116 + 0,07 = 0,31 \text{ мин.}$$

Установ Б. Переход 1.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

$$\text{где } L = 164 \text{ мм; } S_o = 0,3 \text{ мм/об; } n = 1000 \text{ об/мин.}$$

$$T_o = \frac{164}{1000 \times 0,3} = 0,55 \text{ мин}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

$$\text{где } L = 3,6 \text{ мм; } S_o = 0,5 \text{ мм/об; } n = 850 \text{ об/мин.}$$

$$T_o = \frac{3,6}{850 \times 0,3} = 0,014 \text{ мин}$$

Переход 3.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 3,5\text{мм}$; $S_o = 0,3\text{мм/об}$; $n = 850\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{3,5}{850 \times 0,3} = 0,014\text{мин}$$

Переход 4.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 12\text{мм}$; $S_o = 0,3\text{мм/об}$; $n = 450\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{12}{450 \times 0,3} = 0,09\text{мин}$$

Переход 5.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 32\text{мм}$; $S_o = 0,3\text{мм/об}$; $n = 1000\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{32}{1000 \times 0,3} = 0,11\text{мин}$$

Переход 6.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 74\text{мм}$; $S_o = 0,4\text{мм/об}$; $n = 1000\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{74}{1000 \times 0,4} = 0,19\text{мин}$$

Переход 7.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 12,5\text{мм}$; $S_o = 0,3\text{мм/об}$; $n = 1000\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{12,5}{1000 \times 0,3} = 0,004\text{мин}$$

Переход 8.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 4,1 \text{ мм}$; $S_o = 0,15 \text{ мм/об}$; $n = 650 \text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{4,1}{650 \times 0,15} = 0,04 \text{ мин}$$

Вспомогательное время для установа А:

$$T_B = T_{\text{об}} + \dot{O}_{\text{сi}} + \dot{O}_{\text{oi}} + \dot{O}_{\text{ес}},$$

где $T_{\text{yc}} = 0,1 \text{ мин}$ [12]; $T_{\text{зо}} = 0,024 \text{ мин}$ [12]; $T_{\text{уп}} = 0,3 \text{ мин}$ [12];

$T_{\text{из}} = 0,56 \text{ мин}$ [12].

$$T_{\text{с}} = 0,1 + 0,024 + 0,3 + 0,56 = 0,98 \text{ мин.}$$

Основное время на всю операцию:

$$T_0 = 0,33 + 0,55 + 0,014 + 0,014 + 0,09 + 0,11 + 0,19 + 0,004 + 0,04 = 1,342 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_{\text{с}} = 0,31 + 0,98 = 1,29 \text{ мин.}$$

Время обслуживания на всю операцию:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}},$$

где $T_{\text{тех}} = 3,9 \text{ мин}$ [12]; $T_{\text{орг}} = 0,06 \text{ мин}$ [12].

$$T_{\text{об}} = 3,9 + 0,06 = 3,96 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{\text{пер}} = 0,07 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 1,342 + 1,29 + 3,96 + 0,07 = 6,67 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

где $T_{\text{пз}} = 8 \text{ мин}$ [12]; $n = 473 \text{ шт.}$

$$T_{\text{шк}} = 6,67 + \frac{8}{473} = 6,69 \text{ мин}$$

Операция 015. Токарная чистовая.

Переход 1.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 81\text{мм}$; $S_o = 0,15\text{мм/об}$; $n = 1000\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{81}{1000 \times 0,15} = 0,54\text{мин}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

$L = 4,5\text{мм}$; $S_o = 0,15\text{мм/об}$; $n = 1000\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{4,5}{1000 \times 0,15} = 0,03\text{мин}$$

Переход 3.

$$T_o = \frac{L}{nS_o},$$

где $L = 74\text{мм}$; $S_o = 0,15\text{мм/об}$; $n = 1250\text{ об/мин}$.

$$T_o = \frac{74}{1250 \times 0,15} = 0,39\text{мин}$$

Основное время на всю операцию:

$$T^o = 0,54 + 0,03 + 0,39 = 0,96\text{ мин.}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = T_{\text{ош}} + \dot{O}_{\text{сг}} + \dot{O}_{\text{ош}} + \dot{O}_{\text{еф}},$$

где $T_{\text{ус}} = 0,1\text{ мин}$ [12]; $T_{\text{зо}} = 0,024\text{ мин}$ [12]; $T_{\text{уп}} = 0,1\text{мин}$ [12];

$T_{\text{из}} = 0,27\text{ мин}$ [12].

$$T_B = 0,1 + 0,024 + 0,1 + 0,27 = 0,49\text{ мин.}$$

Время обслуживания на всю операцию:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}},$$

где $T_{\text{тех}} = 1,34\text{мин}$ [12]; $T_{\text{орг}} = 0,09\text{ мин}$ [12].

$$T_{\text{об}} = 1,34 + 0,09 = 1,43\text{мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,04 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,96 + 0,49 + 1,43 + 0,04 = 2,92 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз} = 7 \text{ мин}$ [12]; $n = 473 \text{ шт.}$

$$T_{шк} = 2,92 + \frac{7}{473} = 2,94 \text{ мин}$$

Операция 020. Шпоночно-фрезерная.

Переход 1.

$$T_o = \frac{L}{S_M},$$

где $L = 18 \text{ мм}$; $S^M = 25,2 \text{ мм/мин.}$

$$T_o = \frac{18}{25,2} = 0,71 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L}{S_M},$$

где $L = 40 \text{ мм}$; $S^M = 31,5 \text{ мм/мин.}$

$$T_o = \frac{40}{31,5} = 1,27 \text{ мин.}$$

Основное время на всю операцию:

$$T^o = 1,27 + 0,71 = 1,98 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_B = T_{\dot{o}\ddot{n}} + \dot{O}_{\zeta\dot{i}} + \dot{O}_{\dot{o}\ddot{i}} + \dot{O}_{\dot{e}\zeta},$$

где $T_{yc} = 0,053$ мин [12]; $T_{zo} = 0,042$ мин [12]; $T_{yp} = 0,18$ мин [12];

$T_{из} = 0,3$ мин [12].

$$T_B = 0,053 + 0,042 + 0,18 + 0,3 = 0,575 \text{ мин.}$$

Время обслуживания на всю операцию:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех}$ - затраты времени на техническое обслуживание; $T_{тех} = 1,8$ мин [12];

$T_{орг}$ - время организационного обслуживания рабочего места; $T_{орг} = 0,17$ мин [12].

$$T_{об} = 1,8 + 0,17 = 1,97 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,07 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 1,98 + 0,575 + 1,97 + 0,07 = 4,6 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз} = 12$ мин [12]; $n = 473$ шт.

$$T_{шк} = 4,6 + \frac{12}{473} = 4,63 \text{ мин}$$

Операция 025. Зубофрезерная.

Глубина зубофрезерования за один оборот фрезы:

$$h = S \cdot z_{\dot{e}},$$

где $z_{и} = 16$ - число зубьев инструмента

$$h = 0,01 \times 16 = 0,16 \text{ мм.}$$

Для обработки зуба на полную высоту требуется оборотов:

$$n_{\dot{o}} = \frac{h_z}{h},$$

где $h_z = 8$ мм.

$$n_{\phi} = 8/0,16=50 \text{ об.}$$

Количество оборотов для обработки всех зубьев шестерни:

$$n_{\phi \cdot \text{зуб}} = n_{\phi} \cdot z_{\bar{a}},$$

где $z_{\bar{a}}=13$.

$$n_{\phi \text{ общ}} = 50 \times 13=650 \text{ об.}$$

Время обработки для базового варианта

$$T = \frac{n_{\phi \text{ ОБЩ}}}{V}$$

$$T = \frac{650}{60} = 10,8 \text{ мин}$$

Время обработки для проектного варианта

$$T = \frac{650}{80,38} = 8,54 \text{ мин}$$

С учетом времени, затрачиваемого на выполнение движения деления при переходе обработки одного зуба на другой, за один переход затрачивается 0,8 мин [12]. Тогда для всех зубьев – 10,4 мин.

Основное время для базового варианта

$$T_o = 10,4 + 10,8 = 21,2 \text{ мин}$$

Основное время для проектного варианта

$$T_o = 8,54 + 10,8 = 18,84 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = T_{\phi \bar{n}} + \dot{O}_{\phi \bar{i}} + \dot{O}_{\phi \bar{i}} + \dot{O}_{\phi \bar{c}},$$

где $T_{yc}=0,31$ мин [12]; $T_{zo}=0,02$ мин [12]; $T_{yn}=0,57$ мин [12];

$T_{из}=0,23$ мин [12].

$$T_B = 0,31 + 0,02 + 0,57 + 0,23 = 1,13 \text{ мин.}$$

Время обслуживания на всю операцию:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех} = 3,4$ мин [12]; $T_{орг} = 1,45$ мин [12].

$$T_{об} = 3,4 + 1,45 = 4,85 \text{ мин.},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,56 \text{ мин.}$$

Для базового варианта штучное время

$$T_{шт} = 21,2 + 1,13 + 4,85 + 0,56 = 27,76 \text{ мин.}$$

Для проектного варианта (применение электроакустического напыления)

штучное время

$$T_{шт} = 18,94 + 1,13 + 4,85 + 0,56 = 25,48 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время; $T_{пз} = 15$ мин [12];

n – объем партии запуска заготовок; $n = 473$ шт.

Для базового варианта

$$T_{шк} = 27,76 + \frac{15}{473} = 27,79 \text{ мин}$$

Для проектного варианта

$$T_{шк} = 25,48 + \frac{15}{473} = 25,51 \text{ мин}$$

Операция 035. Центрошлифовальная.

$$T_o = \frac{L}{S_B B_K n_D} \times \frac{a}{S_2},$$

где $L=10$ мм; $S_B = 0,3$ мм/об; $B_K = 12$ мм; $n_D = 3000$ об/мин; $a = 0,1$ мм;

$$S_2 = 1,31 \text{ мм/мин.}$$

$$T_o = \frac{10}{0,003 \times 12 \times 3000} \times \frac{0,1}{1,31} = 0,1 \text{ мин,}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = T_{\acute{o}\grave{n}} + \acute{O}_{\grave{\zeta}\acute{i}} + \acute{O}_{\acute{o}\acute{i}} + \acute{O}_{\grave{e}\grave{\zeta}},$$

где $T_{yc} = 0,24$ мин [12]; $T_{zo} = 0,04$ мин [12]; $T_{yn} = 0,21$ мин [12]; $T_{из} = 0,1$ мин [12].

$$T_{\epsilon} = 0,24 + 0,04 + 0,21 + 0,1 = 0,59 \text{ мин.}$$

Время обслуживания на всю операцию:

$$T_{об} = T_{tex} + T_{орг},$$

где $T_{tex} = 0,9$ мин [12]; $T_{орг} = 0,05$ мин [12].

$$T_{об} = 0,9 + 0,05 = 0,95 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,02 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,1 + 0,59 + 0,95 + 0,02 = 1,66 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{n},$$

где $T_{нз} = 7$ мин [12]; $n = 473$ шт.

$$T_{шк} = 1,66 + \frac{7}{473} = 1,67 \text{ мин}$$

Операция 040. Круглошлифовальная.

Переход 1.

$$T_o = \frac{L}{S_B B_{\kappa} n} \times \frac{a}{S_2},$$

$$T_o = \frac{35}{0,009 \times 25 \times 315} \times \frac{0,15}{0,98} = 0,15 \text{ мин}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L}{S_B B_k n} \times \frac{a}{S_2},$$

где $L=57$ мм; $n=315$ об/мин;

S_B – поперечная подача, мм/об; $S_B = 0,008$ мм/об;

$S_2 = 1,75$ мм/мин; $B_k = 30$ мм; $a = 0,25$ мм.

$$T_o = \frac{57}{0,008 \times 30 \times 315} \times \frac{0,25}{1,75} = 0,21 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = T_{\acute{o}\grave{n}} + \dot{O}_{\acute{\zeta}\acute{i}} + \dot{O}_{\acute{o}\acute{i}} + \dot{O}_{\acute{e}\acute{\zeta}},$$

где $T_{yc} = 0,1$ мин [12]; $T_{zo} = 0,034$ мин [12]; $T_{yn} = 0,15$ мин [12];

$T_{из} = 0,28$ мин [12].

$$T_{\epsilon} = 0,1 + 0,034 + 0,15 + 0,28 = 0,564 \text{ мин.}$$

Время обслуживания на всю операцию:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех} = 3$ мин [12]; $T_{орг} = 0,05$ мин [12].

$$T_{об} = 3 + 0,05 = 3,05 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,02 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,21 + 0,564 + 3,05 + 0,02 = 3,84 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз} = 7$ мин [12]; $n = 473$ шт.

$$T_{шк} = 3,84 + \frac{7}{473} = 3,86 \text{ мин}$$

Операция 045. Резьбошлифовальная.

$$T_o = \frac{1,5L}{S_{рад}n},$$

где $L=1,5$ мм; $n=315$ об/мин;

$$S_{рад} = 0,003 \text{ мм/об.}$$

$$T_o = \frac{1,5 \times 1,5}{0,003 \times 315} = 2,3 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = T_{\dot{o}\dot{n}} + \dot{O}_{\dot{\zeta}\dot{t}} + \dot{O}_{\dot{o}\dot{i}} + \dot{O}_{\dot{e}\dot{\zeta}},$$

где $T_{yc} = 0,08$ мин [12]; $T_{zo} = 0,034$ мин [12]; $T_{yn} = 0,06$ мин [12];

$T_{из} = 0,24$ мин [12].

$$T_{\epsilon} = 0,08 + 0,034 + 0,06 + 0,24 = 0,414 \text{ мин.}$$

Время обслуживания:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех} = 1,5$ мин [12]; $T_{орг} = 0,18$ мин [12].

$$T_{об} = 1,5 + 0,18 = 1,68 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{пер} = 0,07 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 2,3 + 0,414 + 1,68 + 0,07 = 4,46 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз} = 7$ мин [12]; $n = 473$ шт.

$$T_{шк} = 4,46 + \frac{7}{473} = 4,48 \text{ мин}$$

Операция 050. Шлифовальная чистовая.

$$T_o = \frac{3}{n_{\partial} S_{рад}},$$

где $L=3$ мм; $n=320$ об/мин;

$$S^{\text{рад}} = 0,009 \text{ мм/об.}$$

$$T_o = \frac{3}{0,009 \times 320} = 1,04 \text{ мин}$$

$$T_B = T_{\text{об}} + \dot{O}_{\text{сг}} + \dot{O}_{\text{ог}} + \dot{O}_{\text{вс}},$$

где $T_{\text{ус}}=0,08$ мин [12]; $T_{\text{зо}}=0,034$ мин [12]; $T_{\text{уп}}=0,08$ мин [12];

$T_{\text{из}}=0,28$ мин [12].

$$T_{\text{с}} = 0,08 + 0,034 + 0,08 + 0,28 = 0,474 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{об}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}},$$

где $T_{\text{тех}} = 1,6$ мин [12]; $T_{\text{орг}} = 0,03$ мин [12].

$$T_{\text{об}} = 1,6 + 0,03 = 1,63 \text{ мин},$$

Время на перерыв по [12] принимаем

$$T_{\text{пер}} = 0,01 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 1,04 + 0,474 + 1,63 + 0,01 = 3,15 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{нз}}}{n},$$

где $T_{\text{нз}} = 7$ мин [12]; $n = 473$ шт.

$$T_{\text{шк}} = 3,15 + \frac{7}{473} = 3,17 \text{ мин}.$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1 Описание устройства приспособления для шпоночно-фрезерной операции.

На плиту 1 устанавливаются призмы 7 и закрепляются штифтами 8 и винтами 9. Для предотвращения перемещения вала вдоль оси на плиту 1 закрепляется упор 5. Этот упор соединяется со штоком цилиндра, обеспечивая необходимые усилия крепления через прихват 2, прижимающий деталь к опорным поверхностям призм.

Плита приспособления 1 вместе с вспомогательной плитой устанавливается на стол станка, расположив его шпонки над станочным пазами.

На призмы 7 приспособления устанавливается деталь до соприкосновения с торцом упора 5. В полость пневмоцилиндра подается воздух и шток с опорой 4 движется вверх, надавливая на прихват 2, который закрепляет деталь. Обработывают паз. Отключают пневмоцилиндр. Шток под действием пружины опускается вместе с прихватом 2, деталь раскрепляется.

Для снятия изгибающего момента при обработке шпоночного паза устанавливаем дополнительную регулируемую опору, обеспечивающую жесткость системы при обработке.

Станочное приспособление позволяет уменьшить вспомогательное время, благодаря использованию пневмопривода.

3.2 Расчет силы вдавливания рифленого центра в деталь.

На чистовой токарной операции применяем рифленый поводковый центр, чтобы обработать деталь в один установ. Для этого необходимо рассчитать силу вдавливания. [13, 14]

Осевая сила зажима обрабатываемой детали с механизированным приводом пиноли задней бабки станка Q:

$$Q = K \sqrt{P_z^2 + (P_y - P_x \frac{D}{2L})^2} \times \frac{1 - \operatorname{tg}(\beta + \varphi_1)(3l/a) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\beta + \varphi_1)}, \quad (3.1)$$

где K – коэффициент запаса; K=1,5;

P_x, P_y, P_z – составляющие сил резания, Н;

D – диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм;

L – длина обрабатываемой детали, мм;

β – угол между образующей конуса центра задней бабки и осью суппорта, град; $\beta = 60^\circ$;

φ_1 – угол трения на поверхности конуса центра, град; $\varphi_1 = 3^\circ$;

φ_2 – угол трения на поверхности пиноли задней бабки станка, град; $\varphi_2 = 3^\circ$;

l – расстояние от середины центрального отверстия до середины пиноли, мм; l=100 мм;

a – длина пиноли задней бабки, мм; a=120 мм.

Составляющие сил резания P_x, P_y, P_z рассчитываем по справочнику [13].
Получаем $P_z = 1,75$ Н; $P_y = 0,343$ Н; $P_x = 1153,79$ Н.

$$Q = 1,5 \times \sqrt{1,75^2 + (0,343 - 1153,79 \times \frac{35}{2 \times 28})^2} \times \frac{1 - \operatorname{tg}(60 + 3)(3 \times 100 / 120) \operatorname{tg} 3}{\operatorname{tg}(60 + 3)} = 58,9 \text{ Н}$$

Проверим данную силу по следующим формулам:

$$Q \geq \pi P_y \operatorname{tg} \frac{\beta'}{2} \times \frac{D}{D_1}, \quad (3.2)$$

$$Q \geq \frac{2 P_z \operatorname{tg}(\gamma / 2)}{\sin(\alpha / 2)} \times \frac{D}{D_1}, \quad (3.3)$$

где D_1 – диаметр окружности расположения поводков, мм; $D_1 = 10$ мм;

β' – угол при вершине поводка, град; $\beta' = 60^\circ$;

α – угол при вершине центра, град; $\alpha = 60^\circ$;

γ – угол при вершине сечения рифа, град; $\gamma = 90^\circ$.

При $\beta' = 60^\circ$, $\alpha = 60^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ формулы имеют следующий вид:

$$Q \geq 1,8P_{\dot{y}} \frac{D}{D_1}, \quad (3.4)$$

$$Q \geq 4P_{\dot{y}} \frac{D}{D_1}. \quad (3.5)$$

$$Q \geq 1,8 \times 1,75 \times \frac{35}{10}; \quad Q \geq 4 \times 1,75 \times \frac{35}{10}$$

$$58,9H \geq 11,03H; \quad 58,9H \geq 24,5H$$

Условия неравенства выполняются, значит можно использовать рифленный центр.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Спроектируем режущий инструмент для зубофрезерной операции – резцовую чистовую двухстороннюю головку для нарезания конических колес с круговыми зубьями.

Зуборезная резцовая головка представляет собой торцовую фрезу специального назначения. Двухсторонние головки снабжены чередующимися наружными и внутренними резцами. Каждый резец обрабатывает соответствующую боковую сторону и часть впадины зуба. вершины режущих кромок наружного и внутреннего резцов находятся на различных расстояниях от оси головки, называемых образующими радиусами, разность между которыми будет разводом резцов. [15]

Основной частью резцовой головки является цилиндрический корпус, в пазы которого вставляются резцы, закрепляемые винтами. Резец в радиальном направлении регулируется прокладкой и клином. Перемещение клина производится винтом. Два соседних клина не имеют регулировки. В этих пазах устанавливаются базовые резцы, и относительно них производится выверка остальных резцов головки. В качестве опорной базы у резцов используется выступ с противоположной стороны режущей кромки, которым резец опирается на торец корпуса. Количество резцов в резцовой головке зависит от диаметра головки и ее назначения.

Корпус головки имеет отверстие для центрирования при посадке на шпиндель станка конусностью 1:24. Крепление производится четырьмя винтами. С целью повышения точности на корпусе головки выполняют кольцевую выточку, используют закрепление головки одним центральным винтом с откидной планкой, что уменьшает деформации корпуса при закреплении головки на шпинделе станка. Винты для крепления резцов располагаются под углом 10° к торцовой плоскости корпуса, что способствует лучшему прилеганию заплечиков резцов к опорному торцу корпуса.

Режущие кромки резцов в процессе обкатного движения головки копируют зуб производящего вала и образуют впадину нарезаемого колеса.

4.1 Расчет режущей части.

Основным размером головки, характеризующим ее, является номинальный диаметр d_0 – диаметр окружности, проходящей через середину расстояния между вершинами наружных и внутренних резцов. Ориентировочно у головок для колес с равнопонижающими зубьями

$$d_0 = L / \sin \beta, \quad (4.1)$$

где L – длина образующей начального конуса до средней точки зуба;

β – угол наклона зуба нарезаемого колеса в его средней точке.

Номинальный диаметр d_0 выбираем по ГОСТ 11902-77:

$$d_0 = 160 \text{ мм.}$$

Настроечными рабочими размерами головок являются:

- диаметры: образующие наружные d_{0e} и внутренние d_{0i} ;
- развод резцов W ;
- размеры профиля режущей кромки K : высота профиля h_0 и углы профиля наружных α_{0e} и внутренних α_{0i} резцов, ширина вершины резца s_{a0} ;
- диаметры: производящий наружный $D_{епр}$ и внутренний $D_{инр}$ и др.

Развод резцов W – расстояние между вершинами наружных и внутренних резцов, определяет ширину дна впадины у нарезаемого вала-шестерни. По ГОСТ 11902-77 принимаем:

$$W = 2,6 \text{ мм.}$$

Диаметры, образующие наружные d_{0e} и внутренние d_{0i} – диаметры окружностей, проходящие через вершины соответственно наружных и внутренних резцов, при симметричном расположении резцов:

$$d_{0e} = d_0 + W; \quad (4.2)$$

$$d_{0i} = d_0 - W. \quad (4.3)$$

$$d_{0e} = 160 + 2,6 = 162,6 \text{ мм;}$$

$$d_{0i} = 160 - 2,6 = 157,4 \text{ мм.}$$

Производящие диаметры наружный $D_{\text{епр}}$ и внутренний $D_{\text{инр}}$ определяют кривизны продольной формы нарезанных зубьев вала в сечении делительным конусом; условия контакта сопряженных зубьев колес пары в средних точках по длине зубьев определяются величинами:

$$D_{\text{епр}} = d_{0e} + 2htg\alpha_{oe}; \quad (4.4)$$

$$D_{\text{инр}} = d_{0i} - 2htg\alpha_{oi}, \quad (4.5)$$

где h – высота ножки зуба нарезаемого вала; $h = 7,96$ мм.

По ОСТ 2 И45-5-79 принимаем:

$$\alpha_{oe} = 10^\circ; \alpha_{oi} = 30^\circ.$$

$$D_{\text{епр}} = 162,6 + 2 \times 7,96 \times tg10^\circ = 165,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{инр}} = 157,4 - 2 \times 7,96 \times tg30^\circ = 148,2 \text{ мм}.$$

Регулирование (настройка) d_{0e} , d_{0i} , $D_{\text{епр}}$, $D_{\text{инр}}$ производится сменными подкладками и клиньями с помощью винтов.

4.2 Выбор хвостовой части.

Крепление и базирование резцов в пазах головки осуществляется с помощью хвостовика прямоугольного сечения. Плоскость хвостовика резца, обращенную к оси головки, называют базовой. Рабочая (режущая) часть резца имеет трапецеидальную форму с двумя режущими кромками боковой (рабочей, профилирующей) и на вершине резца; вторая боковая сторона головки резца в работе не участвует.

Так как направление линии зуба вала-шестерни – левое, проектируем леворежущую зуборезную головку.

Составные резцы головки изготавливаются из быстрорежущей стали.

Остальные данные и размеры для проектирования берем из ГОСТ 11902-77, ГОСТ 11903-77, ГОСТ 11906-77, ОСТ 2 И45-4-79, ОСТ 2 И45-5-79.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Пользуясь [7] проведем анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора насоса».

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

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	Фрезерование шпоночного паза	Операция 020 Шпоночно-фрезерная	Станочник-фрезеровщик	Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д; приспособление автоматизированное с призмами	Сталь 40Х; быстрорежущая сталь Р6М5; СОЖ-НГЛ-205
2	Фрезерование зубьев	Операция 025 Зубофрезерная	Станочник-зубообработчик	Зубофрезерный станок модели 525; приспособление специальное	Сталь 40Х; быстрорежущая сталь Р6М5; СОЖ-НГЛ-205

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.

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 020 Шпоночно-фрезерная	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Повышенный уровень вибрации. 3) В связи с использованием СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д
2	Операция 025 Зубофрезерная	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Повышенный уровень вибрации. 3) В связи с использованием СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Зубофрезерный станок модели 525

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

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 или вредный производственный фактор ¹	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора ²	Средства индивидуальной защиты работника ³
1	Повышенный уровень шума на рабочем месте на шпоночно-фрезерной и зубофрезерной операции	Станочник работает за станком, надев защитные наушники	Костюм хлопчатобумажный или вискозно-лавсановый. Наушники защитные
2	Повышенный уровень вибрации на шпоночно-фрезерной и зубофрезерной операции	Станок установлен на демпфирующие опоры	Костюм и брюки хлопчатобумажные или вискозно-лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.
3	В связи с использованием СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Станочник-фрезеровщик должен быть одет в респиратор	Респиратор защитный

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

5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подраздел ение	Оборудование	Кла сс пож ара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Цех механичес кой обработки	Шпоночно- фрезерный станок модели 692Д; Зубофрезерны й станок модели 525	Е	1) пламя и искры; 2) тепловой поток; 3) пониженная концентрация кислорода; 4) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	1) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; 2) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся производственног о и инженерно- технического оборудования.

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

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
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
Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д	Проведение инструктажа пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения. Контроль правильной	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

Продолжение табл. 5.6

	эксплуатации оборудования.	
Зубофрезерный станок модели 525	Проведение инструктажа по пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения. Контроль правильной эксплуатации оборудования.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

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.)
Фрезерование шпоночного паза	Шпоночно- фрезерный станок модели 692Д	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ в почву. Возможно

Продолжение табл. 5.7

				попадание стружки в почву.
Фрезерование зубьев	Зубофрезерный станок модели 525	Газ от испарения СОЖ	Используемая СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ в почву. Возможно попадание стружки в почву.

Разработка мероприятия 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	Фрезерование шпоночного паза, фрезерование зубьев
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение герметичной камеры на шпоночно-фрезерном станке. Применение герметичной камеры на зубофрезерном станке.
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 сырья.

5.6 Заключение.

В результате анализа на безопасность и экологичность технического объекта были разработаны меры по предупреждению возникновения травм

от опасных и вредных производственных факторов на участке механической обработки. Выполнено оснащение модернизированных операций средствами пожаротушения и пожароповещения. Для предупреждения загрязнения экологичности разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия технических объектов участка на окружающую среду.

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

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

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

Базовый вариант.

Операция 020 – Шпоночно-фрезерная. Заготовка обрабатывается на шпоночно-фрезерном станке 692Д. Детали закрепляется в приспособление с призмами. Обработка ведется шпоночной фрезой из быстрорежущей стали Р6М5.

Проектный вариант.

Отличительной особенностью выполнения представленной операции 020 в проектном варианте является применяемое приспособление. В данном случае закрепление осуществляется автоматизированным приспособлением с призмами.

Представленные изменения позволяют сократить вспомогательное время выполнения операции с 0,82 мин. до 0,51 мин. Благодаря этим изменениям достигли снижения и общей трудоемкости выполнения всей операции с 1,72 мин до 1,46 мин.

Учитывая описанные изменения, осуществим экономические расчеты, которые позволят сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения данного процесса.

Представив краткое описание предлагаемых изменений, возникает необходимость рассчитать капитальные вложения в проектируемый вариант

технологического процесса. Используя методику расчета капитальных вложений [20] мы определили данную величину, которая составляет $K_{ВВ.ПР} = 38970,05$ руб. Эти денежные средства потребуются нам на приобретение нового приспособления, объемов незавершенного производства и затрат, связанных с проектированием технологического процесса.

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. На базе полученных данных и с применением методики составления калькуляции полной себестоимости [20] мы рассчитываем ее значения для выполнения операции 020.

Согласно расчетам по базовому варианту полная себестоимость без учета затрат на материал, как обосновывалось ранее, составила 35,05 руб.; а по проектному варианту – 32,98 руб.

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

$$\Pi_{Р.ОЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (C_{ПОЛ(БАЗ)} - C_{ПОЛ(ПР)}) \cdot \Pi_{Г} \text{ руб.} \quad (6.1)$$

$$\Pi_{Р.ОЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (35,05 - 32,98) \cdot 5000 = 10350 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = \Pi_{Р.ОЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (6.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 10350 \cdot 0,2 = 2070 \text{ руб.}$$

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

$$\Pi_{Р.ЧИСТ} = 10350 - 2070 = 8280 \text{ руб.}$$

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

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{38970,05}{8280} + 1 = 5,71 = 6 \text{ лет}$$

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

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 8280 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} + \frac{1}{(1+0,2)^4} + \frac{1}{(1+0,2)^5} + \frac{1}{(1+0,2)^6} \right) =$$

$$= 4143472 \text{ руб}$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = 41434,72 - 38970,05 = 2464,67 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ИД} = \frac{41434,72}{38970,05} = 1,06 \text{ руб.} / \text{руб.}$$

Предлагаемые изменения по операции 025 – Шпоночно-фрезерная, технологического процесса изготовления детали «Вал-шестерня», можно считать экономически обоснованными. Данное заключение можно сделать основываясь, во-первых, на том, что достигнуто снижение себестоимости выполнения данной операции на 15,13%. А во вторых, интегральный экономический эффект от изменений, согласно расчетам, составил 2464,67 руб., что также свидетельствует эффективности работы. Кроме того окупаемость вложенных средств будет достигнута в течение шести лет, что тоже подтверждает наше заключение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы нами разработан технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора насоса. Техпроцесс оснащен современным оборудованием и технологическими средствами.

На две операции техпроцесса разработаны технологические наладки.

Для зубофрезерной операции спроектирована конструкция зуборезной головки.

Для шпоночно-фрезерной операции спроектировано автоматизированное станочное приспособление.

Технологический процесс сопровождается технологической документацией.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность выполненной работы. Интегральный экономический эффект составил 2464,67 рублей, срок окупаемости – 6 лет.

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. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тamarin, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
3. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
4. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
5. Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с.
6. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
7. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – 12 с.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

11. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.
12. Горбачев, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачев, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
13. 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.
14. 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.
15. Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.
16. 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.
17. 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.
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

Дубл.																
Взам.																
Подп.																
Разработал	Пестов				ТГУ Кафедра ОТМП											
Проверил	Логинов															
Утвердил					Вал-шестерня					ДП						
Н. контр																
М01	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71															
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ				
М02		166	12	1		0,63		φ65×210			1	1,73				
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Траз	Тшт
А03	XX	XX	XX	000	Заготовительная			ИОТ И37.101.7034-98								
Б04	Горизонтально-ковочная машина															
05																
А06	XX	XX	XX	005	4110 Центровально-подрезная			ИОТ И37.101.7034-04							8	2,31
Б07	381101 Центровально-подрезной станок 2А932					2	18217	1р	3	1	1	473	1			
О08	Центровать и подрезать торцы 1 и 13, в размер 205.															
Т09	396131 Призмы опорные ГОСТ 12195-66; сверло центровочное φ8 Тип А ГОСТ 14.952-75 Р6М5; Пластина 03124.7.2.4.15.04.5.1 ГОСТ 19052-80 Т5К10;															
Т10	Пластина 05123.7.2.15.04.5.1 ГОСТ 19057-80 Т5К10; 393311 штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80.															
11																
А12	XX	XX	XX	010	4110 Токарная			ИОТ И37.101.7001-93							8	6,67
Б13	381101 Токарный станок с ЧПУ 16Б16ТМ					2	18217	1р	3	1	1	473	1			
О14	Точить пов. 2, выдерживая угол 17°04'10"; точить пов. 7, в размер 162; подрезать торец 6, в размер 43; точить пов. 5; точить пов. 4,															
О15	в размер 5,21 и угол 75°57'50"; точить пов. 8, в размер 28; точить пов. 12, в размер 72; точить пов. 11, в размер 8,5; точить пов.10, в размер 2,5															
Т16	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392104 резец проходной Т5К10 ГОСТ 18868-73; 392104 резец проходной Т5К10 ГОСТ 18879-73;															
МК																

[illegible]

[illegible]

