

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 15.03.01 «Машиностроение»
Профиль «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему: Разработка вала шпинделя.

Студент(ка)	М.Г. Кадошников	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Н.Ю.Логинов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	К.Ш. Нуров	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Н.В. Зубкова	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.Г. Виткалов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н, доцент

(личная подпись)

_____ А.В. Бобровский

«_____» _____ 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

«__» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

профиль “Технология машиностроение”

Студент _____ Кадошников М.Г. _____ гр. _____ МСб-1203

1. Тема Разработка вала шпинделя

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _

1. Чертеж детали

2. Годовая программа выпуска 5000 дет./год

3. Режим работы – двухсменный.

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 приспособлений

4) Безопасность и экологичность технологического обеспечения

5) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

УДК 621.01

Кадошников М.Г. Технологическая разработка вала шпинделя для токарного оборудования.

Дипломная работа- Тольяттинский Государственный Университет 2016 г.

Количество страниц- 140 с .

Количество чертежей-6 листов формата А1 и 2 листа формата А2

Ключевые слова: выбор режимов резания, выбор заготовки, расчет размерных цепей, экологичность, нормы времени.

Представлена технологическая обработка тела вращения с эскизами и теоретической схемой базирования и с назначением допусков в осевом и диаметральному направлению на всех операциях. Приведен выбор технологического оснащения для каждой операции. Построены размерные цепи рассчитаны припуски на каждой операции при помощи уравнений.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	7
1.3 Анализ технологичности детали.....	8
2 Технологическая часть работы.....	11
2.1 Определение типа производства.....	9
2.2 Выбор и проектирование заготовки.....	11
2.3 Разработка технологического маршрута на поверхность.....	16
2.4 Разработка технологического маршрута.....	18
2.5 Выбор технологических баз.....	20
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	21
2.7 Расчет припусков на самую точную поверхность.....	22
2.8 Размерный анализ в осевом направлении.....	27
2.9 Размерный анализ в радиальном направлении.....	38
2.10 Выбор режимов резания и норм времени.....	61
3 Расчет приспособления.....	110
4 Основы безопасности жизнедеятельности и экологичность.....	125
5 Экономический эффект.....	134
Приложение.....	140
Спецификация	
Маршрутная и операционные карты	

ВВЕДЕНИЕ

Шпиндельные узлы необходимы для точного вращения заготовки или инструмента и в значительной мере определяют качество обработанных поверхностей. Точность характеризуется радиальным биением. Быстроходность характеризуется скоростью резания заготовок. Нагрузочная способность характеризуется мощностью привода. Статическая жесткость характеризуется упругими перемещениями шпинделя. Динамические характеристики характеризуют частоту собственных колебания шпиндельного узла. К шпинделям станков предъявляются такие требования как точность размеров, в частности радиальные размеры под подшипники, точность формы поверхностей для поверхностей под подшипники так как они являются самые точные и технологические базы, точность расположения поверхностей под подшипники и технологические базы.

1. Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

Деталь Вал-шпиндель служит с одной стороны для взаимодействия с приводом оборудования, с другой стороны для крепления патрона

Условие смазки- разбрызгивание.

Трение происходит по шейкам подшипника.

Опасными сечениями являются проточки для выхода шлифовального круга.

Условия работы – нормальные.

1.2 Классификация поверхностей детали

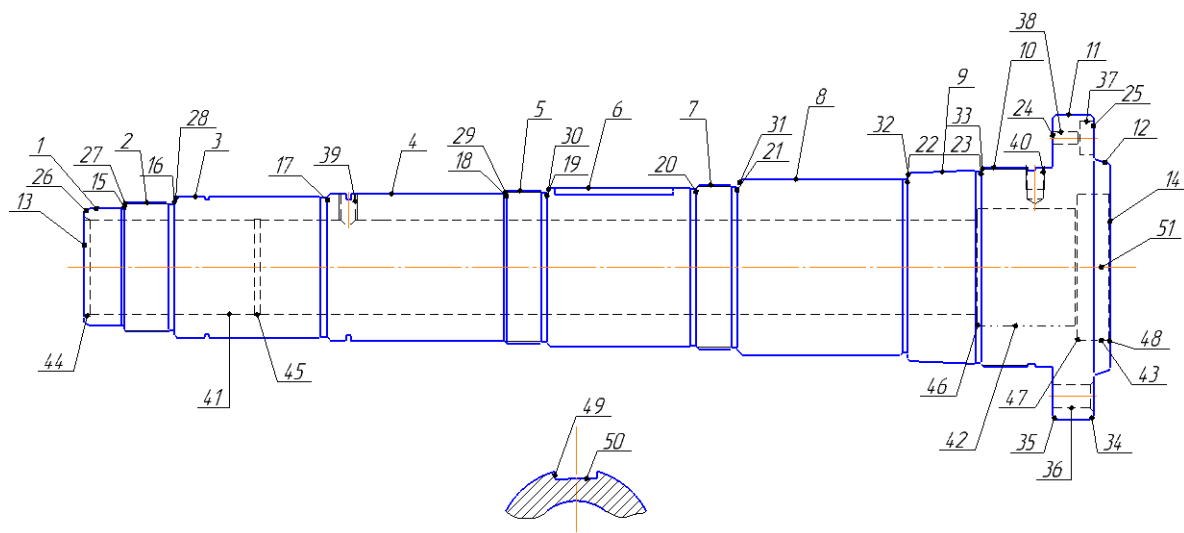


Рисунок 1.2-Простановка конструкторских баз¹

Сделаем обозначение всех конструкторских баз (см.Таблицу 1.2)

Таблица 1.2-Обозначение конструкторских баз

Вид поверхности	№ поверхности
Основные конструкторские базы	3,8,9,32
Вспомогательные конструкторские базы	1,2,5,6,7,10,41
Исполнительные базы	49,12
Свободные базы	все остальные поверхности

¹ Рисунок выполнен автором

1.3 Анализ технологичности

1.3.1 Технологичность заготовки

Материал детали-сталь 40Х по ГОСТ 4543-71 и обладает следующими характеристиками(см. Таблицу 1.3.1)

Таблица 1.3.1-Содержание химических элементов (в %)*.

Марка	C	Si	Cr	Mn	Ni
стали	Содержание элементов в %				
40Х	0,36-0,44	0,17-0,37	0,8-1,1	0,5-0,8	до 0,3

*Примечание. Таблица составлена автором по данным методического указания к выполнению курсовых работ.

По таблице [1 с 10, табл.3.2] определим твердость детали.

Твердость. В состоянии поставки – 217НВ, после закалки – 43HRC.

По таблице [1 с 11, табл.3.3] определим прочность детали.

Прочность. До закалки $\sigma_B = 217\text{НВ}$, после закалки 43 HRC.

Обрабатываемость. Коэффициент обрабатываемости при обработке твердосплавным инструментом -1[1 с 13, табл.3.5].Коэффициент при обработке из быстрорежущей стали – 1[1 с 14, табл.3.6],относительная стоимость (по отношению к Ст40Х) -1[1 с 15, табл.3.7].Механические характеристики обеспечивают нормальную работу “Вала-шпинделя” в токарном станке. Материал не является дефицитным. Термообработка выполняется по типовой технологии и не требует специальных условий.

Заготовку можно получить как штамповкой, так и обработкой давлением-ковкой. В обоих случаях форма заготовки ее элементов проста. Отсутствуют большие перепады диаметров. В случае применения штамповки поверхность разъема плоская. Свободные поверхности- торцы вала выполнены

по 14-ому качеству точности. Точность остальных свободных поверхностей может быть получена только при механической обработке. Таким образом, с точки зрения полученной заготовки, деталь можно считать технологичной.

1.3.2 Технологичность общей конфигурации

Радиусы закруглений и фаски выполнены по ГОСТ 10948-64, формы и размеры канавок - по ГОСТ 8820-69, размеры шпоночного паза по ГОСТ 23360-78. Такая унификация упростит обработку и контроль вала-шпинделя. Заданный вал-шпиндель можно отнести к типу деталей валы, для которой разработан технологический процесс. Деталь не содержит специфических форм, поэтому может быть обработана по типовому Т.П. Форма детали позволяет вести обработку нескольких поверхностей, цилиндрических и торцовых. Одновременно несколько заготовок удастся обработать на многошпиндельном станке, что для заданного типа производства и формы детали вряд ли целесообразно. Оборудование может быть простым и универсальным. Оснастку можно применить также универсальную. Все поверхности вала доступны для контроля. Таким образом, с точки зрения общей компоновки детали ее можно считать технологичной.

1.3.3 Технологичность базирования и закрепление черновыми базами для установки заготовки на первой операции

Черновыми базами могут быть цилиндрические шейки и торцовые поверхности заготовки. В дальнейшем за базу можно принять как цилиндрические (3,8,9), так и торцовые (17,32,33) поверхности, а также специально выраженные центровые отверстия по ГОСТ 14034-74. Измерительные базы детали можно использовать в качестве технологических баз. Таким образом, с точки зрения базирования и закрепления, деталь следует считать технологичной.

1.3.4 Технологичность обрабатываемых поверхностей

Предполагается обработать все поверхности детали, т.к. заданы точность и шероховатость, которые не возможно получить на заготовительных операциях. Всего обрабатывается 50 поверхностей. 10 цилиндрических, 2 конические, 12 торцовых, 1 шпоночных паза, 12 канавок, 5 отверстий. То есть при полной обработке число обрабатываемых поверхностей относительно невелико. Точность и шероховатость рабочих поверхностей определяются условиями работы вала-шпинделя, снижение точности приведет к снижению точности вала-шпинделя в токарном станке и надежности его работы. Повышение точности приведет к удорожанию обработки. Увеличение шероховатости поверхностей приведет к снижению надежности сопряжений и интенсивному изолированию поверхностей, уменьшение шероховатости приведет к удорожанию обработки. Наличие канавок, согласована с конструктором и не ухудшает эксплуатационных свойств детали. Таким образом, с точки зрения обрабатываемых поверхностей деталь следует считать технологичной.

Вывод: Поскольку деталь вал отвечает требованиям технологичности по всем критериям, можно сделать вывод о ее достаточно высокой технологичности.

2. Технологическая часть работы

2.1 Определение типа производства

Масса детали зависит от плотности и объема.

$$m = \rho \cdot V, \text{ кг} \quad (2.1)$$

где ρ - плотность конструкционной стали, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

V - объем детали, мм^3

Определим объем детали:

$$V = \sum \pi \cdot r^2 \cdot h, \text{ мм}^2 \quad (2.2)$$

$$V = \sum \pi (50^2 \cdot 32 + 55^2 \cdot 19 + 60^2 \cdot 65 + 62,5^2 \cdot 75 + 65^2 \cdot 35 + 67,5^2 \cdot 122 + 70^2 \cdot 35 + 75^2 \cdot 140 + 82^2 \cdot 58 + 85^2 \cdot 51 + 130^2 \cdot 35) = 11483443,15 \text{ мм}^3 \quad (2.3)$$

Учтем сквозное отверстие:

$$V_1 = \sum \pi (40^2 \cdot 802 + 50^2 \cdot 51 + 62,5^2 \cdot 30) = 9955555,5 \text{ мм}^3 \quad (2.4)$$

Расчетный объем:

$$V_p = V - V_1 = 11483443,15 - 9955555,5 = 1527887,65 \text{ мм}^3 \quad (2.5)$$

Плотность стали $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ [3 с 164, табл. 1]

Учитывая формулу 2.1 получаем массу детали $m = 52 \text{ кг}$

Так как тип производства зависит от массы детали и годового объема выпуска, принимаем среднесерийный тип производства.[2 с 24, табл. 3.1].

2.2.Выбор и проектирование заготовки

Выберем метод получения заготовки: штамповка(закрытая) и найдем массу заготовки(см. Рисунок 2.2.1).

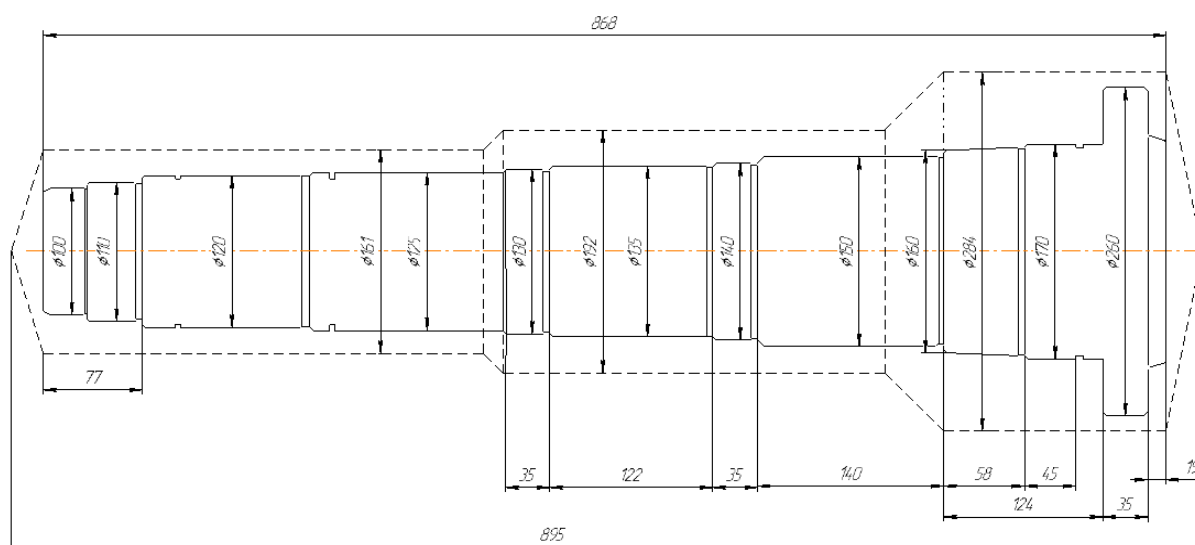


Рисунок 2.2.1-Метод получения заготовки штамповкой²

² Рисунок выполнен автором

Выберем метод получения заготовки:ковки и найдем массу заготовки

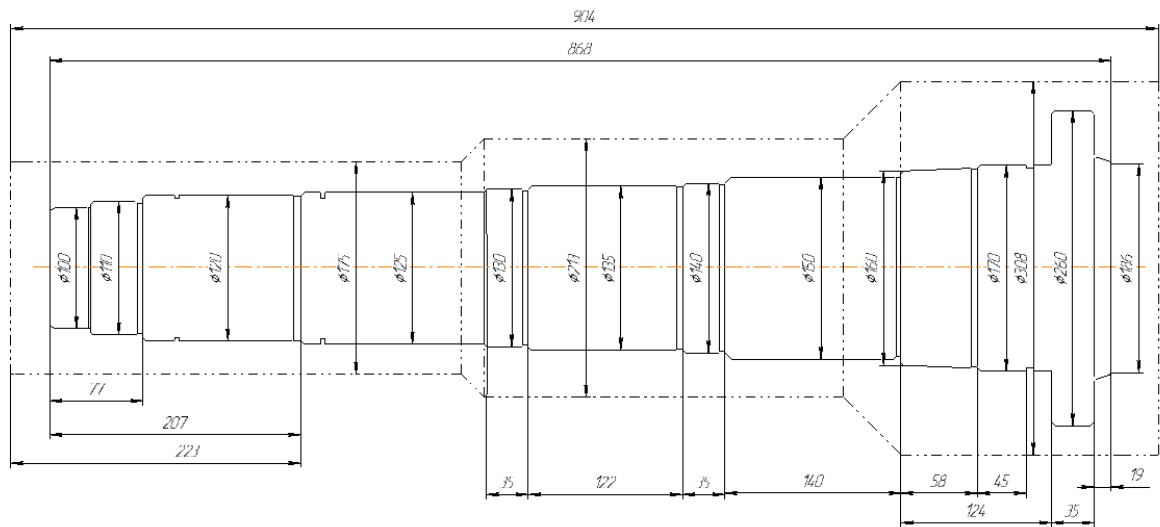


Рис. 2.2.2-Метод получения заготовки ковкой³

Технико-экономический анализ

В основе анализа положим сравнение суммарной стоимости C переменные доли затрат на получение заготовки C_3 и ее механическую обработку C_m .

$$C_i = C_3 + C_m, \text{ руб} \quad (2.6)$$

Переменные затраты на получение заготовки составляют:

$$C_3 = \Pi \cdot M_3 \cdot k_{cn} \cdot k_{cl}, \text{ руб} \quad (2.7)$$

³ Рисунок выполнен автором.

Определим стоимости исходного материала Ц для стали 40Х определим что $C = 14$ руб/кг.[4 с 24, табл.4.2]

Определим коэффициент способа получения заготовки [4с 24,табл. 4.3]

-для ковки $k_{сп} = 2,3$

-для штамповки $k_{сп} = 2,5$

Определим коэффициент сложности заготовки[4с 25,табл. 4.4].

$k_{сл} = 1$

Найдем переменные доли затрат на получение заготовки $C_з$ для ковки и штамповки.

$$\text{-для ковки: } C_з = 14 \cdot 275 \cdot 2,3 \cdot 1 = 8850 \text{ руб} \quad (2.8)$$

$$\text{-для штамповки: } C_з = 14 \cdot 212 \cdot 2,5 \cdot 1 = 7420 \text{ руб} \quad (2.9)$$

Переменные затраты на черновую обработку:

$$C_M = C_{зд} \cdot \frac{(M_з - M_д)}{k_o}, \text{ руб} \quad (2.10)$$

Определим удельные затраты на снятии одного килограмма стружки :

$$C_{уд} = 26 \text{ руб/кг} [4с 26,табл. 4.5].$$

Определим значение коэффициента обрабатываемости для данной стали:

$k_0 = 0,8$ [4с 27, табл. 4.6].

Определим переменные затраты на черновую обработку C_M дляковки и штамповки:

$$\text{-для проката: } C_M = 26 \cdot \frac{(275 - 52)}{0,8} = 7247,5 \text{ руб} \quad (2.11)$$

$$\text{-для штамповки: } C_M = 26 \cdot \frac{(215 - 52)}{0,8} = 5200 \text{ руб} \quad (2.12)$$

Найдем суммарную стоимость C_i дляковки и штамповки.

$$\text{-дляковки } C = 8850 + 7247,5 = 16097,5 \text{ руб} \quad (2.13)$$

$$\text{- для штамповки } C = 7420 + 5200 = 12620 \text{ руб} \quad (2.14)$$

Вывод: по сравнению суммарной стоимости C на получение заготовки и ее механическую обработку, определили что с точки зрения технико – экономического анализа наиболее рациональный выбор получения заготовки для среднесерийного производства является штамповка.

2.3 Разработка технологического маршрута и схем базирования

Главной задачей является выбор маршрута наименее трудоемкий

Определим переходы для каждой поверхности детали (см.Таблицу 2.3).

Таблица 2.3-Определение маршрута обработки для каждой поверхности.

Номер поверхности	Название поверхности	Квалитет JT	Шероховатость	Маршрут
1	Цилиндрическая	6	0,63	Т-Т _ч -ТО-Ш-Ш _ч
2	Цилиндрическая	9	2,5	Т-Т _ч -ТО
3	Цилиндрическая	5	0,32	Т-Т _ч -ТО-Ш-Ш _ч -Ш _д
4	Цилиндрическая	14	10	Т-ТО
5	Цилиндрическая	9	2,5	Т-Т _ч -ТО
6	Цилиндрическая	7	1,25	Т-Т _ч -ТО-Ш
7	Цилиндрическая	9	2,5	Т-Т _ч -ТО
8	Цилиндрическая	5	0,32	Т-Т _ч -ТО-Ш-Ш _ч -Ш _д
9	Коническая	5	0,32	Т-Т _ч -ТО-Ш-Ш _ч -Ш _д
10	Цилиндрическая	9	2,5	Т-Т _ч -ТО
11	Цилиндрическая	14	10	Т-ТО
12	Коническая	7	1,25	Т-Т _ч -ТО-Ш
13	Плоская	14	10	Ф _ч -ТО
14	Плоская	14	10	Ф _ч -ТО
15	Плоская	14	10	Т - ТО
16	Плоская	9	2,5	Т-Т _ч -ТО
17	Плоская	7	1,25	Т-Т _ч -ТО-Ш
18	Плоская	14	10	Т - ТО
19	Плоская	14	10	Т - ТО
20	Плоская	14	10	Т - ТО
21	Плоская	7	1,25	Т-Т _ч -ТО-Ш
22	Плоская	7	1,25	Т-Т _ч -ТО-Ш
23	Плоская	14	10	Т - ТО
24	Плоская	7	2,5	Т-Т _ч -ТО-Ш
25	Плоская	7	2,5	Т-Т _ч -ТО-Ш
26	Фаска	14	10	Т - ТО
27	Фаска	14	10	Т - ТО
28	Фаска	14	10	Т - ТО
29	Фаска	14	10	Т - ТО
30	Фаска	14	10	Т - ТО
31	Фаска	14	10	Т - ТО
32	Фаска	14	10	Т - ТО
33	Фаска	14	10	Т - ТО
34	Фаска	14	10	Т - ТО
35	Фаска	14	10	Т - ТО
36	Отверстие	9	6,3	С-ТО

Продолжение таблицы 2.3.				
37	Отверстие	14	10	C-TO
38	Отверстие	9	6,3	C-TO
39	Отверстие	9	6,3	C-TO
40	Отверстие	9	6,3	C-TO
41	Отверстие	14	2,5	C-P-TO
42	Отверстие	14	12,5	P-TO
43	Отверстие	14	12,5	P-TO
44	Фаска	14	12,5	T - TO
45	Галтель	14	12,5	P-TO
46	Галтель	14	12,5	P-TO
47	Фаска	14	12,5	T - TO
48	Плоская	9	6,3	Φ _ш -TO
49	Плоская	14	12,5	Φ _ш -TO

2.4. Разработка технологического маршрута

Выберем технологическое оборудование и назначим виды обработок на каждую операцию

Таблица 2.4.-Выбор оборудования и содержание операции

№ операции	Оборудование	Содержание операции
000	Кривошипно-горячештампованный пресс	Объемная штамповка пов:11,5,4
010	Центро-подрезное 2А932	Фрезеровать торцы:13,14 Сверлить отверстия:51,52 Подрезать шейку: 11(020)
020	Токарное Б16Д25Ф3-02	Подрезать торцы:15,16,17,18, Точить цилиндрические поверхности:1,2,3,4,5
030	Токарное Б16Д25Ф3-02	Подрезать торцы:20,21,22,23,24,25 Точить цилиндрические поверхности:6,7,8,10,11 Точить конические поверхности:9,12
040	Токарное Б16Д25Ф3-02	Точить цилиндрические поверхности:1,2,3,5 Подрезать торцы:16,17 Точить фаски:26,27,28,30 Прорезать канавку:53,54,55
050	Токарное Б16Д25Ф3-02	Точить цилиндрические поверхности:6,7,8,10. Точить конические поверхности:9,12 Прорезать торцы:21,22,24,25 Точить фаски:30,31,32,33,38,39 Прорезать канавку:56,57,58,59,60,62
060	Сверлильное РТ293205М1	Сверлить: Цилиндрическое отверстие:4
070	Горизонтально-расточное 262ПР1	Растачить: Цилиндрические пов.:42,43 Сверлить:36,37 Сделать фаски: 45,46
080	Вертикально-сверлильное 2Р135Ф2	Сверлить отверстия:39,40 Нарезать метчиком резьбу
90	Фрезерное 692Д	Фрезеровать шп.паз:38,39
100	Зенкерование	Обработать отверстие Ra2,5
110	Шахтная печь	Объемная закалка
120	Центрошлифовальный	Шлифовать центровые отверстия 51,52
130	Торцевкруглошлиф. ШХ4-10Ф20	Шлифовать поверхности: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100 Шлифовать торцы:17

Продолжение таблицы 2.4

140	Торцекруглошлиф. ШХ4-10Ф20	Шлифовать цилиндрические пов.6,8,9 Шлифовать торцы:22,24,25
150	Круглошлифовальное КШ-400	Шлифовать цилиндрические пов.1,3
160	Круглошлифовальное КШ-400	Шлифовать цилиндрические пов.8,9
170	Круглошлифовальное КШ-400	Шлифовать цилиндрические пов.3
180	Круглошлифовальное КШ-400	Шлифовать цилиндрические пов.8,9
190	Моечное	Удаление частиц абразива
200	Контрольное	Контроль размеров

2.5 Выбор технологических баз

Пронормируем технологические базы (см. Таблицу 2.5.1).

Таблица 2.5.1-Выбор технологических баз.

№ операции	№ точки	Тех. базы	явная	скрытая	Естественная	Искусственная	№ обработ. поверх.	Операц. размеры
10 20	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	+ + +	- - -	11,13,14,51,52	А,Б,В,УУ,Х,ФФ,Ф 2У
30	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	- + +	+ - -	1,2,3,4,5,15,16,17,18,19	К,И,З,Л,М,2Д,2Г,2 В,2Б,2А.
40	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	- + +	+ - -	6,7,8,9,10,11,12,20,21,2 2,23,24,25	Н,О,П,Р,С,Т,2Е,2 Ж,2З,2И,2К,2Л,2 М
50	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	- - +	+ + -	1,2,3,5,53,54,55,30,28,1 7,16	Ф,Х,2С,2Р,2П,2О
60	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	- - +	+ + -	6,7,8,9,10,11,30,56,57,3 1,32,59,21,22,24,38,33,2 5.39,62	Ц,Э,Ю,Я,2Т,2У,2 Ф,2Х,2Ц,2Ч
70	1,2, 3,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	+ + +	- - -	41	2ДД
80	1,2, 3,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	+ + +	- - -	42,45,46,43	ЖЖ,3З,2ЕЕ,2ЖЖ
90	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	- + +	+ - -	39,40	2ИИ,2КК,М,Л
100	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	- - +	+ + -	38,39	КК,ТТ,СС
110	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + +	+ - -	- - +	+ + -	38,39	2ММ,ССС

Продолжение Таблицы 2.5.1

130	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + + -	+ - - +	- - + -	+ + - -	51,52	
140	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + + -	+ - - +	- - + -	+ + - -	1,3,17	АА,2Ш,2Щ
150	1,3, 2,4 5 6	Д.Н Д.Н О О	- + + -	+ - - +	- - + -	+ + - -	6,8,9,22,24,25	ГГ,ДД,ЕЕ,2Э,2Ю, 2Я
160	1,3, 2,4 5 6	Д.Н О О	- + + -	+ - - +	- - + -	+ + - -	1.3	2ББ,2АА
170	1,3, 2,4 5 6	Д.Н О О	- + + -	+ - - +	- - + -	+ + - -	8,9	2ВВ,2ГГ
180	1,3, 2,4 5 6	Д.Н О О	- + + -	+ - - +	- - + -	+ + - -	3	2ДД
190	1,3, 2,4 5 6	Д.Н О О	- + + -	+ - - +	- - + -	+ + - -	8,9	2ЭЭ,2ЯЯ

2.6. Выбор средств технологического оснащения

2.6.1 Выбор оборудования

Выберем технологическое оборудование с соответствующими характеристиками(см. Таблицу 2.6.1).

Таблица 2.6.1-Выбор технологического оборудования.

Номер операций	Станок	Мощность привода, кВт	Частота вращения шпинделя об/мин	Габариты станка, мм	Масса, т
010	Центро-подрезной 2А932	5,50	180-1600	2900-1200-1650	3,8
020-050	Токарно-винтор. Б16Д25Ф3-02	11	8-2265	2880-1350-1605	3,48
060	Сверл-расточной. РТ293205М1	30	100-630	34300-2500-2020	35
070	Горизонт- расточ. 262ПР1	10	7,5-1200	7600-4200-3700	23
080	Вертикальн-сверл. 2Р135Ф2	3,7	45-2000	1800-2170-2700	5,39
90	Шпоночно-фрезер. 692Д	2,2	400-4000	1510-1900-2210	2,25
100	Горизонт-расточн. 2А622Ф4	25	6-2500	4130-6335-3980	20,5
120	Центрошлифовальный RFMV 105	11	140-740	2800-2380-2435	6,5
130-140	Торцекруглошлиф ШХ4-10Ф20	22	1050	4250-3240-2280	7,8
150-160	Круглошлифовал. КШ-400	0,75	50-750	2335-2080-1870	2
170-180	Круглошлифовал. КШ-400	0,75	50-750	2335-2080-1870	2

2.6.2 Выбор инструмента

Выберем режущий инструмент(см. Таблицу 2.6.2).

Таблица 2.6.2-Выбор режущего инструмента.

№операции	Материал	Режущий инструмент
010		Режущие пластины и центровочные сверла специализирова
020	T5K10	Проходной упорный резец с пластинами из твердого сплава с углом в плане 90 ГОСТ 18879-73
030	T5K10	Проходной упорный резец с пластинами из твердого сплава с углом в плане 90 ГОСТ 18879-73
040	T14K8	Токарный проходной упорный отогнутый в лево резец с углом в плане 90 с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18879-73.
	T14K8	Токарные резьбовые резцы с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18885-73.
	T14K8	Токарный подрезной отогнутый с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18880-73.
	T14K8	Резец вставка канавочный специальный.
050	T30K4	Токарный проходной упорный отогнутый в лево резец с углом в плане 90 с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18879-73.
	T15K6	Токарные резьбовые резцы с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18885-73.
	T14K8	Токарный подрезной отогнутый с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18880-73.
	T14K8	Резец вставка канавочный специальный.
060	BK8	Шнековое сверло для глубоких сверлений d=80 ГОСТ 19548-88
070	T5K10	Токарные расточные резцы с углом в плане 60 с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18882-73
080	P6M5	Сверло ступенчатое спиральное с коническим хвостовиком d=16 ГОСТ 2092-77
		Сверло ступенчатое спиральное с коническим хвостовиком d=12
90	T15K6	Шпоночные цельные твердосплавные фрезы ГОСТ 16463-80
	P18	Метчик M16,M12 ГОСТ 3266-81
100	T5K6	Зенкер оснащенный1 пластинами из твердого сплава ГОСТ 11176-71
120		Шлифовальный центр специалтзированный.
130-140		Круг шлифовальный прямого профиля 260x16x32 ГОСТ 17123-79
150-160		Круг шлифовальный 260x20x32 ГОСТ 17123-79
170-180		A8260x20x32 ГОСТ 16168-80

2.6.3. Выбор приспособления

Выберем приспособление (см. Таблицу 2.6.3)

Таблица 2.6.3-Выбор приспособления.

№ операции	Приспособление
010	Опорные призмы ГОСТ 12195-66
020	Паводковый патрон ГОСТ 8742-75, упорный центр ГОСТ 18259-72
030	Паводковый патрон ГОСТ 8742-75, упорный центр ГОСТ 18259-72
040	Патрон поводковый кулачковый и упорный центр ГОСТ 18259-72
050	Патрон поводковый кулачковый и упорный центр ГОСТ 18259-72
060	Опорные призмы ГОСТ 12195-66
070	Опорные призмы ГОСТ 12195-66
080	Приспособление специальное
090	Фрезерные тиски ГОСТ 16897-71
100	Опорные призмы ГОСТ 12195-66
120-180	Опорные призмы ГОСТ 12195-66

2.7. Расчет припусков на механическую обработку

2.7.1. Расчет припусков на самую точную поверхность

Проведем расчеты припусков и диаметров на точную поверхность 3 и занесем все данные в таблицу (см. Таблица 2.7.1)

Таблица 2.7.1-Расчетно-аналитический метод определения припусков

№	переходы	Квалитет	Допуски	Составляющие припуска			Предельные размеры		Предельные припуски	
				a	Δ	ε	$D_{\min}$	$D_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
0	штамповка	14	2,5	0,2	0,25	0	121,56	124,06	-	-
1	Точение черновое	12	0,35	0,1	0,08	0	120,66	121,01	0,45	1,875
2	Точение чистовое	9	0,087	0,035	0,02	0	120,30	120,39	0,18	0,399
-	ТО	10	0,193	0,041	0,04	0	-	-	-	-
3	Шлифование черновое	8	0,054	0,03	0,013	0	120,141	120,19	0,081	0,151
4	Шлифование чистовое	6	0,022	0,015	0,005	0	120,055	120,07	0,043	0,081
5	Суперфиниш.	5	0,015	0,003	0,004	0	120,015	120,03	0,02	0,038

Определим минимальный припуск:

$$Z_{\min}^i = a^{i-1} + \sqrt{(\Delta^2)^{i-1} + (\varepsilon^2)^{i-1}} \quad (2.7.1)$$

$$Z_{\min}^1 = 0,2 + \sqrt{(0,25)^2 + 0} = 0,45$$

$$Z_{\min}^2 = 0,1 + \sqrt{(0,08)^2 + 0} = 0,18$$

$$Z_{\min}^3 = 0,041 + \sqrt{(0,04)^2 + 0} = 0,081$$

$$Z_{\min}^4 = 0,03 + \sqrt{(0,013)^2 + (0)^2} = 0,043$$

$$Z_{\min}^5 = 0,015 + \sqrt{(0,005)^2 + (0)^2} = 0,02$$

Определим минимальный диаметр:

$$D_{\min p}^{i-1} = D_{\min p}^i + 2Z_{\min p}^i \quad (2.7.2)$$

$$D_{\min p}^4 = 120,015 + 2 \cdot 0,02 = 120,055$$

$$D_{\min p}^3 = 120,055 + 2 \cdot 0,043 = 120,141$$

$$D_{\min p}^2 = 120,141 + 2 \cdot 0,081 = 120,30$$

$$D_{\min p}^1 = 120,30 + 2 \cdot 0,18 = 120,66$$

$$D_{\min p}^0 = 120,66 + 2 \cdot 0,45 = 121,56$$

Определим максимальный диаметр:

$$D_{\max}^i = D_{\min}^i + JT \quad (2.7.3)$$

$$D_{\max}^0 = 121,56 + 2,5 = 124,06$$

$$D_{\max}^1 = 120,66 + 0,35 = 121,01$$

$$D_{\max}^2 = 120,30 + 0,087 = 120,39$$

$$D_{\max}^3 = 120,141 + 0,054 = 120,195$$

$$D_{\max}^4 = 120,055 + 0,022 = 120,077$$

$$D_{\max}^5 = 120,015 + 0,015 = 120,03$$

Определим максимальный припуск:

$$Z_{\max}^i = Z_{\min}^i + 0,5(JT + JT^{i-1}) \quad (2.7.4)$$

$$Z_{\max}^1 = 0,45 + 0,5(0,35 + 2,5) = 1,875$$

$$Z_{\max}^2 = 0,18 + 0,5(0,087 + 0,35) = 0,399$$

$$Z_{\max}^3 = 0,081 + 0,5(0,087 + 0,054) = 0,151$$

$$Z_{\max}^4 = 0,043 + 0,5(0,054 + 0,022) = 0,081$$

$$Z_{\max}^5 = 0,02 + 0,5(0,022 + 0,015) = 0,038$$

Ссылаясь на таблицу 2.7.1, схематично покажем расположение припусков, диаметров, допусков на точную поверхность. (см.Рисунок 6.1).

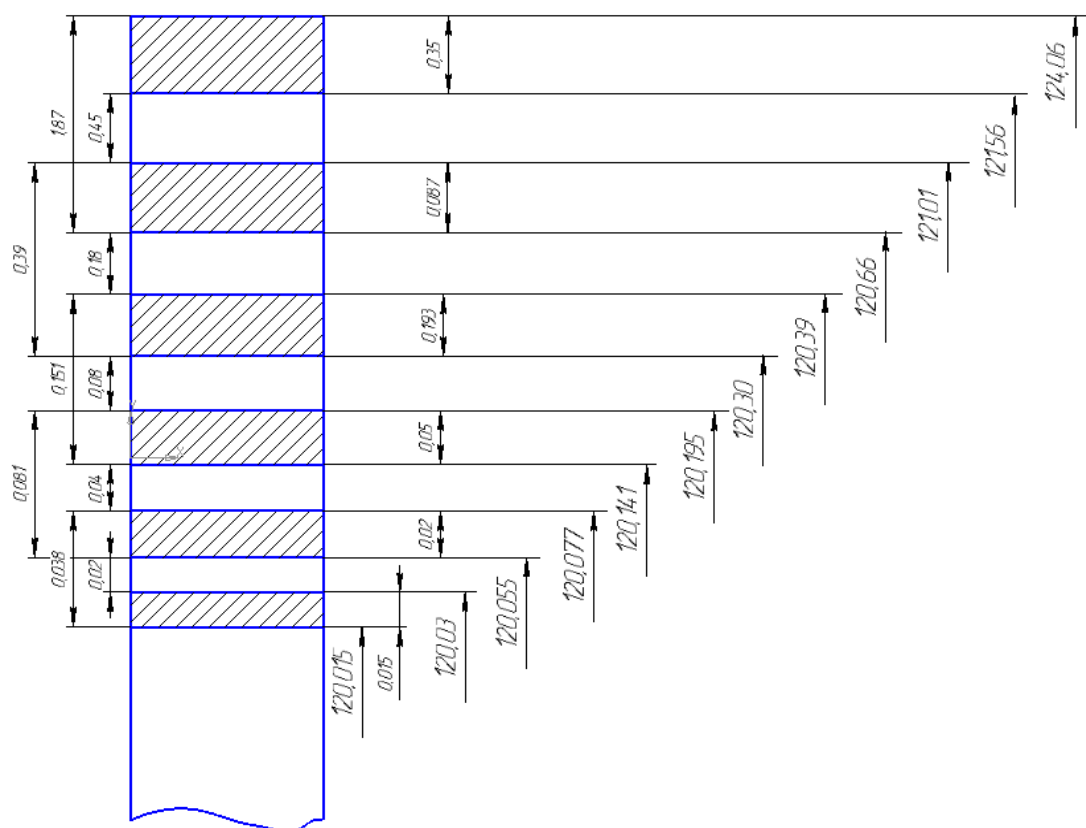


Рис.2.7.1-Схема расположения припусков⁴.

⁴ Рисунок выполнен автором.

2.8 Размерный анализ в осевом и радиальном направлении

2.8.1 Размерная цепь для осевых размеров:

Для центровально-подрезной:

$$[z_{13}^{10}] = -BB^{10} - z_{14}^{10} + B^{00}$$

Для токарно черновой (1 уст.)

$$[z_{19}^{20}] = -K^{20} - B^{10} + B^{10}$$

$$[A] = -K^{20} + B^{10}$$

$$[B] = -H^{20} + B^{10}$$

$$[B] = -M^{20} + B^{10}$$

Для токарно черновой (2 уст.)

$$[I^{30}] = -H^{30} + B^{10}$$

$$[D^{30}] = -P^{30} + B^{10}$$

$$[z_{23}^{30}] = -P^{30} - A^{10} + B^{10}$$

Для токарно чистовой (1 уст.)

$$[z_{17}^{40}] = -\Phi^{40} - \Phi\Phi^{10} + z^{20}$$

$$[z_{16}^{40}] = -X^{40} - \Phi\Phi^{10} + L^{20}$$

$$[E] = -X^{40} - \Phi\Phi^{10} + B^{10}$$

Для токарно чистовой (2 уст.)

$$[z_{25}^{50}] = -Я^{50} - УУ^{10} + Т^{30}$$

$$[z_{24}^{50}] = -Ю^{50} - УУ^{10} + С^{30}$$

$$[z_{22}^{50}] = -З^{50} - УУ^{10} + П^{30}$$

$$[z_{21}^{50}] = -Ц^{50} - УУ^{10} + О^{30}$$

$$[Ж] = -Ц^{50} - УУ^{10} + В^{10}$$

Для шлифовально черновой (1 уст)

$$[З] = -АА^{130} - ХХ^{120} + В^{10}$$

$$[z_{17}^{130}] = -АА^{130} - ХХ^{120} + ФФ^{10} + Ф^{40}$$

Для шлифовано черновой (2 уст)

$$[z_{25}^{140}] = -ЕЕ^{140} + УУ^{10} - ЦЦ^{120} + Я^{50}$$

$$[z_{24}^{140}] = -ДД^{140} - ЦЦ^{120} + УУ^{10} + Ю^{50}$$

$$[z_{22}^{140}] = -ГГ^{140} - ЦЦ^{120} + УУ^{10} + Э^{50}$$

$$[И] = -ГГ^{140} - ЦЦ^{120} + В^{10}$$

$$[К] = -ДД^{140} - ЦЦ^{120} + В^{10}$$

$$[Л] = -ЕЕ^{140} - ЦЦ^{120} + В^{10}$$

2.8.2 Решим уравнения размерных цепей в осевом направлении.

$$[А] = -К^{20} + В^{10}$$

$$\omega[A] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,25)^2 + \frac{1}{6}(0,30)^2} = 0,47$$

$$ТА_{цепи} = 1,82$$

$$TA_{\text{черт}} \geq \omega[A]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[B] = -H^{20} + B^{10}$$

$$\omega[B] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,30)^2 + \frac{1}{6}(0,25)^2} = 0,47$$

$$TB_{\text{черт}} = 1,74$$

$$TB_{\text{черт}} \geq \omega[B]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[B] = -M^{20} + B^{10}$$

$$\omega[B] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,30)^2 + \frac{1}{6}(0,25)^2} = 0,47$$

$$TB_{\text{черт}} = 0,62$$

$$TB_{\text{черт}} \geq \omega[B]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[\Gamma^{30}] = -H^{30} + B^{10}$$

$$\omega[\Gamma] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,30)^2 + \frac{1}{6}(0,25)^2} = 0,47$$

$$T\Gamma_{\text{черт}} = 0,87$$

$$T\Gamma_{\text{черт}} \geq \omega[\Gamma]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[D^{30}] = -P^{30} + B^{10}$$

$$\omega[D] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,30)^2 + \frac{1}{6}(0,3)^2} = 0,52$$

$$TD_{\text{черт}} = 0,62$$

$$TD_{\text{черт}} \geq \omega[D]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[E] = -X^{40} - \Phi\Phi^{10} + B^{10}$$

$$\omega[E] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,17)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,3)^2} = 0,54$$

$$TE_{\text{черт}} = 0,68$$

$$TE_{\text{черт}} \geq \omega[H]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[K] = -U^{50} - YU^{10} + B^{10}$$

$$\omega[K] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,17)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,3)^2} = 0,54$$

$$TK_{\text{черт}} = 0,71$$

$$TK_{\text{черт}} \geq \omega[K]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[3] = -AA^{130} + XX^{120} + B^{10}$$

$$\omega[3] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,30)^2} = 0,38$$

$$TZ_{\text{черт}} = 0,52$$

$$TZ_{\text{черт}} \geq \omega[3]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[И] = -\Gamma\Gamma^{140} - \Pi\Pi^{120} - B^{10}$$

$$\omega[И] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,30)^2} = 0,38$$

$$TI_{\text{черт}} = 0,52$$

$$TI_{\text{черт}} \geq \omega[И]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[K] = -\Delta\Delta^{140} - \Pi\Pi^{120} + B^{10}$$

$$\omega[K] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,30)^2} = 0,38$$

$$TK_{\text{черт}} = 0,52$$

$$TK_{\text{черт}} \geq \omega[K]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[L] = -EE^{130} - B^{10}$$

$$\omega[L] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,30)^2} = 0,38$$

$$TL_{\text{черт}} = 0,52$$

$$TL_{\text{черт}} \geq \omega[L]$$

Условие выполняется, в этом случае корректировка не требуется.

$$[z_{17}^{40}] = -\Phi^{40} - \Phi\Phi^{10} + 3^{20}$$

$$\omega[z_{17}^{40}] = 3\sqrt{\frac{1}{9}(0,17)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,25)^2} = 0,42$$

$$[z_{16}^{40}] = -X^{40} - \Phi\Phi^{10} + L^{20}$$

$$\omega[z_{16}^{40}] = 3\sqrt{\frac{1}{9}(0,17)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,26)^2} = 0,43$$

$$[z_{25}^{50}] = -\mathcal{H}^{50} - \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10} + T^{30}$$

$$\omega[z_{25}^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,20)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,34)^2} = 0,53$$

$$[z_{24}^{50}] = -\mathcal{H}\mathcal{O}^{50} - \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10} + C^{30}$$

$$\omega[z_{24}^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,17)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,33)^2} = 0,51$$

$$[z_{22}^{50}] = -3^{50} - \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10} + \mathcal{H}^{30}$$

$$\omega[z_{22}^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,25)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,31)^2} = 0,52$$

$$[z_{21}^{50}] = -\mathcal{H}^{50} - \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10} + \mathcal{O}^{30}$$

$$\omega[z_{21}^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,17)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,3)^2} = 0,51$$

$$[z_{17}^{130}] = -AA^{130} - XX^{120} - \Phi\Phi^{10} + \Phi^{40}$$

$$\omega[z_{17}^{130}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,17)^2} = 0,31$$

$$[z_{25}^{140}] = -EE^{140} - \Pi\Pi^{120} + \Upsilon\Upsilon^{10} + \mathcal{Y}^{50}$$

$$\omega[z_{25}^{140}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,20)^2} = 0,32$$

$$[z_{24}^{140}] = -\mathcal{D}\mathcal{D}^{140} - \Pi\Pi^{120} + \Upsilon\Upsilon^{10} + \mathcal{Y}^{50}$$

$$\omega[z_{24}^{140}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,20)^2} = 0,32$$

$$[z_{22}^{140}] = -\Gamma\Gamma^{140} - \Pi\Pi^{120} + \Upsilon\Upsilon^{10} + \mathfrak{Y}^{50}$$

$$\omega[z_{22}^{140}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,2)^2 + \frac{1}{6}(0,17)^2} = 0,31$$

2.8.3 Расчет припусков в осевом направлении.

1) Минимальный припуск при обработке торцев.

$$Z_{\min}^i = Rz^{i-1} + h^{i-1} + \Delta_{\Sigma}^{i-1} \quad (2.8.1)$$

2) Рассчитать колебания операционных припусков $\omega[z^i]$

3) Найти значение максимальных припусков.

$$z_{\max}^i = z_{\min}^i + \omega[z^i] \quad (2.8.2)$$

4) Определить величины средних операционных припусков

$$z_{cp}^i = z_{\min}^i + \frac{\omega[z^i]}{2} \quad (2.8.3)$$

Рассчитаем припуск для поверхности 25 на операции 130

$$Z_{\min}^{130} = Rz^{50} + \Delta_{\Sigma}^{50} = 0,025 + 0,053 = 0,078$$

$$z_{\max}^{130} = z_{\min}^{130} + \omega[z^{110}] = 0,078 + 0,32 = 0,40$$

$$z_{cp}^{110} = z_{\min}^{110} + \frac{\omega[z^{110}]}{2} = 0,078 + \frac{0,32}{2} = 0,238$$

Рассчитаем припуск для поверхности 24 на операции 130

$$Z_{\min}^{130} = Rz^{40} + \Delta_{\Sigma}^{40} = 0,025 + 0,051 = 0,076$$

$$z_{\max}^{130} = z_{\min}^{130} + \omega[z^{130}] = 0,076 + 0,32 = 0,396$$

$$z_{cp}^{130} = z_{\min}^{130} + \frac{\omega[z^{130}]}{2} = 0,076 + \frac{0,32}{2} = 0,236$$

Рассчитаем припуск для поверхности 22 на операции 130

$$Z_{\min}^{130} = Rz^{50} + \Delta_{\Sigma}^{50} = 0,025 + 0,046 = 0,071$$

$$z_{\max}^{130} = z_{\min}^{130} + \omega[z^{130}] = 0,071 + 0,31 = 0,381$$

$$z_{cp}^{130} = z_{\min}^{130} + \frac{\omega[z^{130}]}{2} = 0,071 + \frac{0,31}{2} = 0,226$$

Рассчитаем припуск для поверхности 17 на операции 120

$$Z_{\min}^{120} = Rz^{40} + \Delta_{\Sigma}^{40} = 0,025 + 0,031 = 0,056$$

$$z_{\max}^{120} = z_{\min}^{120} + \omega[z^{120}] = 0,056 + 0,31 = 0,366$$

$$z_{cp}^{120} = z_{\min}^{120} + \frac{\omega[z^{120}]}{2} = 0,056 + \frac{0,31}{2} = 0,211$$

Рассчитаем припуск для поверхности 25 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} + \Delta_{\Sigma}^{30} = 0,11 + 0,1 + 0,330 = 0,54$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,54 + 0,53 = 1,07$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,54 + \frac{0,53}{2} = 0,805$$

Рассчитаем припуск для поверхности 21 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} + \Delta_{\Sigma}^{30} = 0,1 + 0,1 + 0,187 = 0,387$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,387 + 0,51 = 0,897$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,348 + \frac{0,42}{2} = 0,558$$

Рассчитаем припуск для поверхности 22 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} + \Delta_{\Sigma}^{30} = 0,1 + 0,1 + 0,203 = 0,403$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,403 + 0,52 = 0,923$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,403 + \frac{0,52}{2} = 0,663$$

Рассчитаем припуск для поверхности 24 на 50 операции.

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} + \Delta_{\Sigma}^{30} = 0,1 + 0,1 + 0,325 = 0,525$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,525 + 0,51 = 1,035$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,525 + \frac{0,51}{2} = 0,78$$

Рассчитаем припуск для поверхности 17 на 40 операции

$$Z_{\min}^{40} = Rz^{20} + h^{20} + \Delta_{\Sigma}^{20} = 0,1 + 0,1 + 0,148 = 0,348$$

$$z_{\max}^{40} = z_{\min}^{40} + \omega[z^{40}] = 0,348 + 0,42 = 0,768$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,348 + \frac{0,42}{2} = 0,558$$

Рассчитаем припуск для поверхности 16 на 40 операции

$$Z_{\min}^{40} = Rz^{20} + h^{20} + \Delta_{\Sigma}^{20} = 0,1 + 0,1 + 0,137 = 0,337$$

$$z_{\max}^{40} = z_{\min}^{40} + \omega[z^{40}] = 0,337 + 0,43 = 0,767$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,337 + \frac{0,43}{2} = 0,552$$

Все рассчитанные припуски занесем в таблицу. (см. Таблица 6.2.1)

Таблица 2.8.1-Припуски на каждую поверхность в осевом направлении

№ операции	№ пов.	Припуск на сторону			
		Zmin	$\omega[z]$	Zmax	Zcp
010	13				
040	17	0,348	0,42	0,768	0,558
040	16	0,337	0,43	0,767	0,552
050	24	0,525	0,51	1,035	0,78
050	22	0,403	0,52	0,923	0,663
050	21	0,387	0,42	0,897	0,558
050	25	0,54	0,54	1,07	0,805
120	17	0,056	0,31	0,366	0,211
130	22	0,071	0,31	0,381	0,226
130	24	0,076	0,32	0,396	0,236
130	25	0,078	0,32	0,40	0,238

2.8.4 Расчет операционных размеров с помощью уравнений операционных размерных цепей

1) По чертежу определить среднее значение замыкающего звена.

$$[A_{\Delta}] = A_{\Delta q \min} + 0,5 \cdot IT(A_{\Delta q}) \quad (2.8.4)$$

2) Определить средние значения известных составляющих звеньев размерной цепи.

$$A_{icp} = A_{i\min} + 0,5IT(A_i) \quad (2.8.5)$$

При расчете с использованием уравнений замыкающих звеньев-припусков.

1) Определить среднее значение припуска.

$$z_{cp}^i = z_{\min}^i + \frac{\omega[z^i]}{2} \quad (2.8.6)$$

2) Определить среднее значение известных составляющих звеньев размерной цепи.

3) Определить среднее значение искомого звена:

$$A_{ilcp} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_{icp} - z_{cp} \quad (2.8.7)$$

Операция 020:

$$[A] = -K^{20} + B^{10}$$

$$K^{20} = B - [A]$$

$$K^{20} = 868 - 394 = 474$$

$$K^{20} = 474 \pm 0,13$$

$$[B] = -H^{20} + B^{10}$$

$$H^{20} = B - [B]$$

$$H^{20} = 868 - 358 = 510$$

$$H^{20} = 510 \pm 0,13$$

$$[B] = -M^{20} + B^{10}$$

$$M^{20} = B^{10} - [B]$$

$$M^{20} = 868 - 34 = 834$$

$$M^{20} = 834 \pm 0,13$$

Операция 030

$$[I^{30}] = -H^{30} + B^{10}$$

$$H^{30} = B^{10} - [I]$$

$$H^{30} = 868 - 350 = 518$$

$$H^{30} = 518 \pm 0,13$$

$$[D^{30}] = -P^{30} + B^{10}$$

$$P^{30} = B^{10} - [D]$$

$$P^{30} = 868 - 115 = 753$$

$$P^{30} = 754 \pm 0,15$$

Операция 40

$$[z_{17}^{40}] = -\Phi^{40} - \Phi\Phi^{10} + 3^{20}$$

$$3^{20} = [z_{17}^{40}] + \Phi^{40} + \Phi\Phi^{10}$$

$$3^{20} = 0,558 + 5 + 696 = 701,5$$

$$3^{20} = 701 \pm 0,13$$

$$[z_{16}^{40}] = -X^{40} - \Phi\Phi^{10} + \mathcal{L}^{20}$$

$$\mathcal{L}^{20} = [z_{16}^{40}] + X^{40} + \Phi\Phi^{10}$$

$$\mathcal{L}^{20} = 0,552 + 5 + 781 = 786$$

$$3^{20} = 786 \pm 0,13$$

$$[E] = -X^{40} - \Phi\Phi^{10} + B^{10} - \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10}$$

$$X^{40} = B^{10} - [E] - \Phi\Phi^{10} - \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10}$$

$$X^{40} = 868 - 77 - 5 - 5 = 781$$

$$X^{40} = 781 \pm 0,08$$

Операция 50

$$[z_{25}^{50}] = -Я^{50} - УУ^{10} + T^{30}$$

$$T^{30} = [z_{25}^{50}] + Я^{50} + УУ^{10}$$

$$T^{30} = 0,805 + 5 + 859 = 864$$

$$T^{30} = 864 \pm 0,08$$

$$[z_{24}^{50}] = -Ю^{50} - УУ^{10} + C^{30}$$

$$C^{30} = [z_{24}^{50}] + Ю^{50} + УУ^{10}$$

$$C^{30} = 0,78 + 5 + 824 = 830$$

$$C^{30} = 830 \pm 0,16$$

$$[z_{22}^{50}] = -\mathfrak{J}^{50} - УУ^{10} + \Pi^{30}$$

$$\Pi^{30} = [z_{22}^{50}] + \mathfrak{J}^{50} + УУ^{10}$$

$$\Pi^{30} = 0,663 + 5 + 696 = 702$$

$$\Pi^{30} = 702 \pm 0,16$$

$$[z_{21}^{50}] = -\mathcal{U}^{50} - УУ^{10} + O^{30}$$

$$O^{30} = [z_{21}^{50}] + \mathcal{U}^{50} + УУ^{10}$$

$$O^{30} = 0,558 + 5 + 540 = 545$$

$$O^{30} = 545 \pm 0,16$$

$$[\mathcal{K}] = -\mathcal{U}^{50} - УУ^{10} + B^{10} - \Phi\Phi^{10}$$

$$\mathcal{U}^{50} = B^{10} - [\mathcal{K}] - \Phi\Phi^{10} - УУ^{10}$$

$$\mathcal{U}^{50} = 868 - 318 - 5 - 5 = 540$$

$$\mathcal{U}^{50} = 540 \pm 0,08$$

Операция 120

$$[3] = -AA^{120} + B^{10}$$

$$AA^{120} = B^{10} - [3]$$

$$AA^{120} = 868 - 206 = 662$$

$$AA^{120} = 691 \pm 0,05$$

$$[z_{17}^{120}] = -AA^{120} - \Phi\Phi^{10} + \Phi^{40}$$

$$\Phi^{40} = [z_{17}^{120}] + AA^{120} + \Phi\Phi^{10}$$

$$\Phi^{40} = 0,211 + 691 + 5 = 696,2$$

$$\Phi^{40} = 691 \pm 0,05$$

Операция 130

$$[z_{25}^{130}] = -EE^{130} - YY^{10} + Я^{30}$$

$$Я^{50} = [z_{25}^{130}] + EE^{130} + YY^{130}$$

$$Я^{50} = 0,238 + 854 + 5 = 859$$

$$Я^{50} = 859 \pm 0,10$$

$$[z_{24}^{130}] = -\mathcal{D}\mathcal{D}^{130} - YY^{10} + \mathcal{I}\mathcal{O}^{50}$$

$$\mathcal{I}\mathcal{O}^{50} = [z_{24}^{130}] + \mathcal{D}\mathcal{D}^{130} + YY^{130}$$

$$\mathcal{I}\mathcal{O}^{50} = 0,236 + 819 + 5 = 824$$

$$\mathcal{I}\mathcal{O}^{50} = 824 \pm 0,08$$

$$[z_{22}^{130}] = -\Gamma\Gamma^{130} - YY^{10} + \mathfrak{Z}^{50}$$

$$\mathfrak{Z}^{50} = [z_{22}^{130}] + \Gamma\Gamma^{130} + YY^{130}$$

$$\mathfrak{Z}^{50} = 0,226 + 691 + 5 = 696$$

$$\mathfrak{Z}^{50} = 696 \pm 0,08$$

$$[И] = -\Gamma\Gamma^{130} - B^{10}$$

$$\Gamma\Gamma^{130} = B^{10} - [И]$$

$$II^{130} = 868 - 177 = 691$$

$$II^{130} = 691 \pm 0,05$$

$$[K] = -\mathcal{D}\mathcal{D}^{130} - B^{10}$$

$$\mathcal{D}\mathcal{D}^{130} = B^{10} - [K]$$

$$\mathcal{D}\mathcal{D}^{130} = 868 - 49 = 819$$

$$\mathcal{D}\mathcal{D}^{130} = 819 \pm 0,05$$

$$[L] = -EE^{130} - B^{10}$$

$$EE^{130} = B^{10} - [L]$$

$$EE^{130} = 868 - 14 = 854$$

$$EE^{130} = 854 \pm 0,05$$

2.8.5 Расчет размерного анализа в радиальном направлении

Центро-подрезная:

$$[z_{11}^{10}] = -ЮЮ^{10} + ПП^{00}$$

Токарно черновой операции(1 уст):

$$[z_5^{20}] = -\mathcal{D}^{20} - E50^{20}5^{20} - E50^{10}5^{10} + ЛЛ^{00}$$

$$[z_4^{20}] = -I^{20} - E50^{20}4^{20} - E50^{10}4^{10} + PP^{00}$$

Токарно черновой операции(2 уст):

$$[z_5^{30}] = -J^{30} - E5^{30}11^{30} - E5^{10}11^{10} + IOIO^{10}$$

Токарно чистовой операции(1 уст)

$$[z_5^{40}] = -C^{40} - E5^{40}50^{40} - E5^{20}5^{20} + D^{20}$$

$$[z_3^{40}] = -P^{40} - E3^{40}50^{40} - E5^{20}3^{20} + B^{20}$$

$$[z_2^{40}] = -J^{40} - E2^{40}50^{40} - E5^{20}2^{20} + B^{20}$$

$$[z_1^{40}] = -O^{40} - E1^{40}50^{40} - E5^{20}1^{20} + A^{20}$$

Токарно чистовой (2 уст)

$$[z_{12}^{50}] = -U^{50} - E12^{50}50^{50} - E5^{30}12^{30} + M^{30}$$

$$[z_{10}^{50}] = -U^{50} - E10^{50}50^{50} - E5^{30}10^{30} + K^{30}$$

$$[z_9^{50}] = -X^{50} - E9^{50}50^{50} - E5^{30}9^{30} + H^{30}$$

$$[z_8^{50}] = -\Phi^{50} - E8^{50}50^{50} - E5^{30}8^{30} + 3^{30}$$

$$[z_7^{50}] = -Y^{50} - E7^{50}50^{50} - E5^{30}7^{30} + \mathcal{K}^{30}$$

$$[z_6^{50}] = -T^{50} - E6^{50}50^{50} - E5^{30}6^{30} + E^{30}$$

Зенкерование:

$$[z_{41}^{100}] = -MM^{100} - E41^{100}50^{100} - E5^{60}41^{60} + DD^{60}$$

Шлифовальная черновая(1 уст)

$$[z_3^{130}] = -III^{130} - E3^{130}50^{130} - E3^{120}50^{120} - E5^{110}3^{110} - E3^{40}50^{40} + P^{40}$$

$$[z_1^{130}] = -III^{130} - E1^{130}50^{130} - E3^{120}50^{120} - E5^{110}3^{110} - E5^{40}1^{40} + O^{40}$$

Шлифовальная черновая (2 уст)

$$[z_9^{140}] = -Я^{140} - E9^{140}50^{140} - E3^{120}50^{120} - E3^{110}50^{110} - E50^{50}9^{50} + X^{50}$$

$$[z_8^{140}] = -Ю^{140} - E8^{140}50^{140} - E50^{120}3^{120} - E50^{110}3^{110} - E50^{50}8^{50} + \Phi^{50}$$

$$[z_6^{140}] = -Э^{140} - E6^{140}50^{140} - E3^{120}50^{120} - E3^{110}50^{110} - E50^{50}3^{50} + T^{50}$$

Круглошлифовальная чистовая (1 уст)

$$[z_3^{150}] = -ББ^{150} - E3^{150}50^{150} - E50^{130}3^{130} + Ш^{130}$$

$$[z_1^{150}] = -АА^{150} - E1^{150}50^{150} - E50^{130}1^{130} + Ц^{130}$$

Круглошлифовальная чистовая (2 уст)

$$[z_9^{160}] = -ГГ^{160} - E9^{160}50^{160} - E50^{140}9^{140} + Я^{140}$$

$$[z_8^{160}] = -ГГ^{160} - E8^{160}50^{160} - E50^{140}8^{140} + Ю^{140}$$

Суперфиниширование (1 уст)

$$[z_3^{170}] = -ДД^{170} - E3^{170}50^{170} - E50^{150}3^{150} + ББ^{150}$$

Суперфиниширование (2 уст)

$$[z_9^{180}] = -ЯЯ^{180} - E9^{180}50^{180} - E50^{160}9^{160} + ГГ^{160}$$

$$[z_8^{180}] = -ЭЭ^{180} - E8^{180}50^{180} - E50^{160}8^{160} + ББ^{160}$$

Решим уравнения размерных цепей в радиальном направлении.

$$[z_{11}^{10}] = -ЮЮЮ^{10} + ППП^{00}$$

$$\omega[z_{11}^{10}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(2,5)^2 + \frac{1}{6}(3)^2} = 4,78$$

$$[z_5^{20}] = -Д^{20} - E50^{20}5^{20} - E50^{10}5^{10} + ЛЛЛ^{00}$$

$$\omega[z_5^{20}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,4)^2 + \frac{1}{6}(0,048)^2 + \frac{1}{6}(0,016)^2 + \frac{1}{6}(2,5)^2} = 3,09$$

$$[z_4^{20}] = -Г^{20} - E50^{20}4^{20} - E50^{10}4^{10} + ПП^{00}$$

$$\omega[z_4^{20}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,4)^2 + \frac{1}{6}(0,046)^2 + \frac{1}{6}(0,018)^2 + \frac{1}{6}(2,5)^2} = 3,04$$

$$[z_{11}^{30}] = -Л^{30} - E50^{30}11^{30} - E50^{10}11^{10} + ЮЮЮ^{10}$$

$$\omega[z_{11}^{30}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,5)^2 + \frac{1}{6}(0,097)^2 + \frac{1}{6}(0,028)^2 + \frac{1}{6}(2,5)^2} = 3,12$$

$$[z_5^{40}] = -С^{40} - E5^{40}50^{40} - E50^{20}5^{20} + Д^{20}$$

$$\omega[z_5^{40}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,1)^2 + \frac{1}{6}(0,016)^2 + \frac{1}{6}(0,048)^2 + \frac{1}{6}(0,4)^2} = 0,51$$

$$[z_3^{40}] = -Р^{40} - E3^{40}50^{40} - E50^{20}3^{20} + В^{20}$$

$$\omega[z_3^{40}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,087)^2 + \frac{1}{6}(0,015)^2 + \frac{1}{6}(0,037)^2 + \frac{1}{6}(0,35)^2} = 0,44$$

$$[z_2^{40}] = -Л^{40} - E2^{40}50^{40} - E50^{20}2^{20} + В^{20}$$

$$\omega[z_2^{40}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,087)^2 + \frac{1}{6}(0,013)^2 + \frac{1}{6}(0,034)^2 + \frac{1}{6}(0,35)^2} = 0,48$$

$$[z_1^{40}] = О^{40} - E1^{40}50^{40} - E50^{20}1^{20} + А^{20}$$

$$\omega[z_1^{40}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,087)^2 + \frac{1}{6}(0,012)^2 + \frac{1}{6}(0,034)^2 + \frac{1}{6}(0,35)^2} = 0,47$$

$$[z_{12}^{50}] = -У^{50} - E12^{50}50^{50} - E50^{30}12^{30} + М^{30}$$

$$\omega[z_{12}^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,1)^2 + \frac{1}{6}(0,021)^2 + \frac{1}{6}(0,069)^2 + \frac{1}{6}(0,45)^2} = 0,57$$

$$[z_{10}^{50}] = -L^{50} - E10^{50}50^{50} - E50^{30}10^{30} + K^{30}$$

$$\omega[z_{10}^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,17)^2 + \frac{1}{6}(0,021)^2 + \frac{1}{6}(0,064)^2 + \frac{1}{6}(0,4)^2} = 0,56$$

$$[z_9^{50}] = -X^{50} - E9^{50}50^{50} - E50^{30}9^{30} + H^{30}$$

$$\omega[z_9^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,1)^2 + \frac{1}{6}(0,02)^2 + \frac{1}{6}(0,06)^2 + \frac{1}{6}(0,4)^2} = 0,56$$

$$[z_8^{50}] = -\Phi^{50} - E8^{50}50^{50} - E50^{30}8^{30} + 3^{30}$$

$$\omega[z_8^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,1)^2 + \frac{1}{6}(0,019)^2 + \frac{1}{6}(0,056)^2 + \frac{1}{6}(0,4)^2} = 0,53$$

$$[z_7^{50}] = -Y^{50} - E7^{50}50^{50} - E50^{30}7^{30} + \mathcal{K}^{30}$$

$$\omega[z_7^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,1)^2 + \frac{1}{6}(0,018)^2 + \frac{1}{6}(0,052)^2 + \frac{1}{6}(0,4)^2} = 0,51$$

$$[z_6^{50}] = -T^{50} - E6^{50}50^{50} - E50^{30}6^{30} + E^{30}$$

$$\omega[z_6^{50}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,1)^2 + \frac{1}{6}(0,017)^2 + \frac{1}{6}(0,051)^2 + \frac{1}{6}(0,4)^2} = 0,49$$

$$[z_{41}^{100}] = -MM^{100} - E41^{100}50^{100} - E50^{60}41^{60} + \mathcal{M}\mathcal{M}^{60}$$

$$\omega[z_{41}^{100}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,035)^2 + \frac{1}{6}(0,02)^2 + \frac{1}{6}(0,025)^2 + \frac{1}{6}(0,3)^2} = 0,37$$

$$[z_3^{130}] = -\mathcal{M}^{130} - E3^{130}50^{130} - E3^{120}50^{120} - E50^{110}3^{110} - E3^{40}50^{40} + P^{40}$$

$$\omega[z_3^{130}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,054)^2 + \frac{1}{6}(0,008)^2 + \frac{1}{6}(0,009)^2 + \frac{1}{6}(0,087)^2} = 0,13$$

$$[z_1^{130}] = -\mathcal{M}^{130} - E1^{130}50^{130} - E3^{120}50^{120} - E50^{110}3^{110} - E50^{40}1^{40} + O^{40}$$

$$\omega[z_1^{130}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,054)^2 + \frac{1}{6}(0,008)^2 + \frac{1}{6}(0,0013)^2 + \frac{1}{6}(0,087)^2} = 0,15$$

$$[z_9^{140}] = -\mathcal{H}^{140} - E9^{140}50^{140} - E3^{120}50^{120} - E3^{110}50^{110} - E50^{50}9^{50} + X^{50}$$

$$\omega[z_9^{140}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,063)^2 + \frac{1}{6}(0,014)^2 + \frac{1}{6}(0,016)^2 + \frac{1}{6}(0,1)^2} = 0,14$$

$$[z_8^{140}] = -IO^{140} - E8^{140}50^{140} - E50^{120}3^{120} - E50^{110}3^{110} - E50^{50}8^{50} + \Phi^{50}$$

$$\omega[z_8^{140}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,063)^2 + \frac{1}{6}(0,012)^2 + \frac{1}{6}(0,009)^2 + \frac{1}{6}(0,1)^2} = 0,12$$

$$[z_6^{140}] = -\mathfrak{I}^{140} - E6^{140}50^{140} - E3^{120}50^{120} - E3^{110}50^{110} - E50^{50}3^{50} + T^{50}$$

$$\omega[z_6^{140}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,063)^2 + \frac{1}{6}(0,01)^2 + \frac{1}{6}(0,014)^2 + \frac{1}{6}(0,1)^2} = 0,11$$

$$[z_3^{150}] = -BB^{150} - E3^{150}50^{150} - E50^{130}3^{130} + III^{130}$$

$$\omega[z_3^{150}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,022)^2 + \frac{1}{6}(0,0038)^2 + \frac{1}{6}(0,008)^2 + \frac{1}{6}(0,054)^2} = 0,07$$

$$[z_1^{150}] = -AA^{150} - E1^{150}50^{150} - E50^{130}1^{130} + III^{130}$$

$$\omega[z_1^{150}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,022)^2 + \frac{1}{6}(0,0035)^2 + \frac{1}{6}(0,007)^2 + \frac{1}{6}(0,054)^2} = 0,06$$

$$[z_9^{160}] = -II^{160} - E9^{160}50^{160} - E50^{140}9^{140} + \mathcal{I}^{140}$$

$$\omega[z_9^{160}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,025)^2 + \frac{1}{6}(0,005)^2 + \frac{1}{6}(0,012)^2 + \frac{1}{6}(0,063)^2} = 0,08$$

$$[z_8^{160}] = -II^{160} - E8^{160}50^{160} - E50^{140}8^{140} + IO^{140}$$

$$\omega[z_8^{160}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,025)^2 + \frac{1}{6}(0,004)^2 + \frac{1}{6}(0,012)^2 + \frac{1}{6}(0,063)^2} = 0,07$$

$$[z_3^{170}] = -\mathcal{I}I^{170} - E3^{170}50^{170} - E50^{150}3^{150} + BB^{150}$$

$$\omega[z_3^{170}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,015)^2 + \frac{1}{6}(0,001)^2 + \frac{1}{6}(0,0038)^2 + \frac{1}{6}(0,022)^2} = 0,026$$

$$[z_9^{180}] = -\mathcal{I}\mathcal{I}^{180} - E9^{180}50^{180} - E50^{160}9^{160} + II^{160}$$

$$\omega[z_9^{180}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,018)^2 + \frac{1}{6}(0,0018)^2 + \frac{1}{6}(0,005)^2 + \frac{1}{6}(0,025)^2} = 0,03$$

$$[z_8^{180}] = -\mathfrak{I}\mathfrak{I}^{180} - E8^{180}50^{180} - E50^{160}8^{160} + BB^{160}$$

$$\omega[z_8^{180}] = 3\sqrt{\frac{1}{6}(0,018)^2 + \frac{1}{6}(0,0012)^2 + \frac{1}{6}(0,004)^2 + \frac{1}{6}(0,025)^2} = 0,03$$

2.8.6 Расчет припусков в радиальном направлении

1) Минимальный припуск при обработке торцев.

$$Z_{\min}^i = Rz^{i-1} + h^{i-1} \quad (2.8.7)$$

2) Рассчитать колебания операционных припусков $\omega[z^i]$

3) Найти значение максимальных припусков.

$$z_{\max}^i = z_{\min}^i + \omega[z^i] \quad (2.8.8)$$

4) Определить величины средних операционных припусков

$$z_{cp}^i = z_{\min}^i + \frac{\omega[z^i]}{2} \quad (2.8.9)$$

Для поверхности 8 на операции 170

$$Z_{\min}^{150} = Rz^{150} = 0,005$$

$$z_{\max}^{170} = z_{\min}^{170} + \omega[z^{170}] = 0,005 + 0,03 = 0,035$$

$$z_{cp}^{140} = z_{\min}^{140} + \frac{\omega[z^{140}]}{2} = 0,005 + \frac{0,03}{2} = 0,02$$

Для поверхности 9 на операции 170

$$Z_{\min}^{170} = Rz^{150} = 0,005$$

$$z_{\max}^{170} = z_{\min}^{170} + \omega[z^{170}] = 0,005 + 0,03 = 0,035$$

$$z_{cp}^{140} = z_{\min}^{140} + \frac{\omega[z^{140}]}{2} = 0,005 + \frac{0,03}{2} = 0,02$$

Для поверхности 3 на операции 160

$$Z_{\min}^{160} = Rz^{140} = 0,005$$

$$z_{\max}^{160} = z_{\min}^{160} + \omega[z^{160}] = 0,005 + 0,026 = 0,031$$

$$z_{cp}^{160} = z_{\min}^{160} + \frac{\omega[z^{160}]}{2} = 0,005 + \frac{0,026}{2} = 0,018$$

Для поверхности 8 на операции 150

$$Z_{\min}^{150} = Rz^{130} = 0,08$$

$$z_{\max}^{150} = z_{\min}^{150} + \omega[z^{150}] = 0,08 + 0,07 = 0,15$$

$$z_{cp}^{150} = z_{\min}^{150} + \frac{\omega[z^{150}]}{2} = 0,08 + \frac{0,07}{2} = 0,115$$

Для поверхности 9 на операции 150

$$Z_{\min}^{150} = Rz^{130} = 0,08$$

$$z_{\max}^{150} = z_{\min}^{150} + \omega[z^{150}] = 0,08 + 0,08 = 0,16$$

$$z_{cp}^{150} = z_{\min}^{150} + \frac{\omega[z^{150}]}{2} = 0,08 + \frac{0,08}{2} = 0,12$$

Для поверхности 1 на операции 140

$$Z_{\min}^{140} = Rz^{120} = 0,08$$

$$z_{\max}^{140} = z_{\min}^{140} + \omega[z^{140}] = 0,08 + 0,06 = 0,14$$

$$z_{cp}^{140} = z_{\min}^{140} + \frac{\omega[z^{140}]}{2} = 0,08 + \frac{0,06}{2} = 0,11$$

Для поверхности 3 на операции 140

$$Z_{\min}^{140} = Rz^{120} = 0,08$$

$$z_{\max}^{140} = z_{\min}^{140} + \omega[z^{140}] = 0,08 + 0,07 = 0,15$$

$$z_{cp}^{140} = z_{\min}^{140} + \frac{\omega[z^{140}]}{2} = 0,08 + \frac{0,07}{2} = 0,115$$

Для поверхности 9 на операции 130

$$Z_{\min}^{130} = Rz^{50} = 0,05$$

$$z_{\max}^{130} = z_{\min}^{130} + \omega[z^{130}] = 0,05 + 0,14 = 0,19$$

$$z_{cp}^{130} = z_{\min}^{130} + \frac{\omega[z^{130}]}{2} = 0,05 + \frac{0,14}{2} = 0,12$$

Для поверхности 8 на операции 130

$$Z_{\min}^{130} = Rz^{50} = 0,05$$

$$z_{\max}^{130} = z_{\min}^{130} + \omega[z^{130}] = 0,05 + 0,12 = 0,17$$

$$z_{cp}^{130} = z_{\min}^{130} + \frac{\omega[z^{130}]}{2} = 0,05 + \frac{0,12}{2} = 0,11$$

Для поверхности 6 на операции 130

$$Z_{\min}^{130} = Rz^{50} = 0,05$$

$$z_{\max}^{130} = z_{\min}^{130} + \omega[z^{130}] = 0,05 + 0,11 = 0,16$$

$$z_{cp}^{130} = z_{\min}^{130} + \frac{\omega[z^{130}]}{2} = 0,05 + \frac{0,11}{2} = 0,105$$

Для поверхности 1 на операции 120

$$Z_{\min}^{120} = Rz^{40} = 0,05$$

$$z_{\max}^{120} = z_{\min}^{120} + \omega[z^{120}] = 0,05 + 0,15 = 0,20$$

$$z_{cp}^{120} = z_{\min}^{120} + \frac{\omega[z^{120}]}{2} = 0,05 + \frac{0,15}{2} = 0,125$$

Для поверхности 3 на операции 120

$$Z_{\min}^{120} = Rz^{40} = 0,05$$

$$z_{\max}^{120} = z_{\min}^{120} + \omega[z^{120}] = 0,05 + 0,13 = 0,18$$

$$z_{cp}^{120} = z_{\min}^{120} + \frac{\omega[z^{120}]}{2} = 0,05 + \frac{0,13}{2} = 0,115$$

Для поверхности 6 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} = 0,08 + 0,1 = 0,18$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,18 + 0,49 = 0,67$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,18 + \frac{0,49}{2} = 0,425$$

Для поверхности 7 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} = 0,18$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,18 + 0,51 = 0,69$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,18 + \frac{0,51}{2} = 0,435$$

Для поверхности 8 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} = 0,18$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,18 + 0,53 = 0,71$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,18 + \frac{0,53}{2} = 0,445$$

Для поверхности 9 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} = 0,18$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,18 + 0,56 = 0,74$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,18 + \frac{0,56}{2} = 0,46$$

Для поверхности 10 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} = 0,18$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,18 + 0,56 = 0,74$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,18 + \frac{0,56}{2} = 0,46$$

Для поверхности 12 на операции 50

$$Z_{\min}^{50} = Rz^{30} + h^{30} = 0,18$$

$$z_{\max}^{50} = z_{\min}^{50} + \omega[z^{50}] = 0,18 + 0,57 = 0,75$$

$$z_{cp}^{50} = z_{\min}^{50} + \frac{\omega[z^{50}]}{2} = 0,18 + \frac{0,57}{2} = 0,465$$

Для поверхности 1 на операции 40

$$Z_{\min}^{40} = Rz^{20} + h^{20} = 0,18$$

$$z_{\max}^{40} = z_{\min}^{40} + \omega[z^{40}] = 0,18 + 0,47 = 0,65$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,18 + \frac{0,47}{2} = 0,415$$

Для поверхности 2 на операции 40

$$Z_{\min}^{40} = Rz^{20} + h^{20} = 0,18$$

$$z_{\max}^{40} = z_{\min}^{40} + \omega[z^{40}] = 0,18 + 0,48 = 0,66$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,18 + \frac{0,48}{2} = 0,42$$

Для поверхности 3 на операции 40

$$Z_{\min}^{40} = Rz^{20} + h^{20} = 0,18$$

$$z_{\max}^{40} = z_{\min}^{40} + \omega[z^{40}] = 0,18 + 0,44 = 0,62$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,18 + \frac{0,44}{2} = 0,4$$

Для поверхности 5 на операции 40

$$Z_{\min}^{40} = Rz^{20} + h^{20} = 0,18$$

$$z_{\max}^{40} = z_{\min}^{40} + \omega[z^{40}] = 0,18 + 0,51 = 0,69$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,18 + \frac{0,51}{2} = 0,435$$

Для поверхности 11 на операции 30

$$Z_{\min}^{30} = Rz^{00} + h^{00} = 0,08 + 0,15 = 0,23$$

$$z_{\max}^{30} = z_{\min}^{30} + \omega[z^{30}] = 0,23 + 3,12 = 3,35$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,23 + \frac{3,12}{2} = 1,79$$

Для поверхности 5 на операции 20

$$Z_{\min}^{20} = Rz^{00} + h^{00} = 0,08 + 0,15 = 0,23$$

$$z_{\max}^{20} = z_{\min}^{20} + \omega[z^{20}] = 0,23 + 3,09 = 3,32$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,23 + \frac{3,09}{2} = 1,78$$

Для поверхности 4 на операции 20

$$Z_{\min}^{20} = Rz^{00} + h^{00} = 0,08 + 0,15 = 0,23$$

$$z_{\max}^{20} = z_{\min}^{20} + \omega[z^{20}] = 0,23 + 3,04 = 3,27$$

$$z_{cp}^{40} = z_{\min}^{40} + \frac{\omega[z^{40}]}{2} = 0,23 + \frac{3,27}{2} = 1,72$$

Для поверхности 11 на операции 10

$$Z_{\min}^{10} = Rz^{00} + h^{00} = 0,08 + 0,15 = 0,23$$

$$z_{\max}^{10} = z_{\min}^{10} + \omega[z^{10}] = 0,23 + 4,78 = 5,01$$

$$z_{cp}^{10} = z_{\min}^{10} + \frac{\omega[z^{10}]}{2} = 0,23 + \frac{4,78}{2} = 2,62$$

Занесем рассчитанные припуски в таблицу (см. Таблица 2.8.3)

Таблица 2.8.3

№ операции	№ пов.	Припуск на сторону			
		$z_{\min}$	$\omega[z]$	$z_{\max}$	z_{cp}
10	11	0,23	4,78	5,01	2,62
20	4	0,23	3,04	3,27	1,27

Продолжение таблицы 2.8.3.

20	5	0,23	3,09	3,32	1,78
30	11	0,23	3,12	3,35	1,79
40	5	0,18	0,51	0,69	0,435
40	3	0,18	0,44	0,62	0,4
40	2	0,18	0,48	0,66	0,42
40	1	0,18	0,47	0,65	0,415
50	10	0,18	0,56	0,74	0,46
50	12	0,18	0,57	0,75	0,46
50	8	0,18	0,53	0,71	0,445
50	9	0,18	0,56	0,74	0,46
50	7	0,18	0,51	0,69	0,435
50	6	0,18	0,49	0,67	0,42
120	3	0,05	0,13	0,18	0,115
120	1	0,05	0,15	0,20	0,125
130	6	0,05	0,12	0,16	0,10
130	8	0,05	0,12	0,17	0,11
130	9	0,05	0,14	0,19	0,13
140	3	0,08	0,07	0,15	0,115
140	1	0,08	0,06	0,14	0,11
150	9	0,08	0,08	0,26	0,12
150	8	0,08	0,07	0,15	0,115
160	3	0,005	0,026	0,032	0,018
170	9	0,005	0,03	0,035	0,02
170	8	0,005	0,03	0,035	0,02

2.8.7. Расчет операционных размеров

Шлифование тонкое (1 уст)

$$[z_3^{160}] = -\mathcal{D}\mathcal{D}^{160} - E\mathcal{Z}^{160}50^{160} - E50^{140}\mathcal{Z}^{140} + B\mathcal{B}^{140}$$

$$B\mathcal{B}^{140} = 2([z_3^{160}] + \mathcal{D}\mathcal{D}^{160} + E\mathcal{Z}^{160}50^{160} + E\mathcal{Z}^{140}50^{140})$$

$$B\mathcal{B}^{140} = 2(0,018 + 120 + 0,001 + 0,0038) = 120,023$$

$$B\mathcal{B}^{140} = 120 \pm 0,011$$

Шлифование тонкое (2 уст)

$$[z_9^{170}] = -\mathcal{Y}\mathcal{Y}^{170} - E\mathcal{Y}^{170}50^{170} - E50^{150}\mathcal{Y}^{150} + \mathcal{I}\mathcal{T}^{150}$$

$$\mathcal{I}\mathcal{T}^{150} = 2([z_9^{170}] + \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{170} + E\mathcal{Y}^{170}50^{170} + E\mathcal{Y}^{150}50^{150})$$

$$\mathcal{I}\mathcal{T}^{150} = 2(0,02 + 160 \cdot \cos 12 + 0,0018 + 0,005) = 157,19$$

$$\mathcal{I}\mathcal{T}^{150} = 157 \pm 0,012$$

$$[z_8^{170}] = -\mathcal{Z}\mathcal{Z}^{170} - E\mathcal{Z}^{170}50^{170} - E50^{150}\mathcal{Z}^{150} + B\mathcal{B}^{150}$$

$$B\mathcal{B}^{150} = 2([z_8^{170}] + \mathcal{Z}\mathcal{Z}^{170} + E\mathcal{Z}^{170}50^{170} + E\mathcal{Z}^{150}50^{150})$$

$$B\mathcal{B}^{150} = 2(0,02 + 150 + 0,0012 + 0,004) = 150,025$$

$$B\mathcal{B}^{150} = 150 \pm 0,012$$

Круглошлифовальная чистовая (1 уст)

$$[z_3^{140}] = -B\mathcal{B}^{140} - E\mathcal{Z}^{140}50^{140} - E50^{120}\mathcal{Z}^{120} + \mathcal{I}\mathcal{I}^{120}$$

$$\mathcal{I}\mathcal{I}^{120} = 2([z_3^{140}] + B\mathcal{B}^{140} + E\mathcal{Z}^{140}50^{140} + E\mathcal{Z}^{120}50^{120})$$

$$\mathcal{I}\mathcal{I}^{120} = 2(0,115 + 120 + 0,0038 + 0,008) = 120,13$$

$$\mathcal{I}\mathcal{I}^{120} = 120,13 \pm 0,027$$

$$[z_1^{140}] = -A\mathcal{A}^{140} - E\mathcal{I}^{140}50^{140} - E50^{120}\mathcal{I}^{120} + \mathcal{I}\mathcal{I}^{120}$$

$$\mathcal{I}\mathcal{I}^{120} = 2([z_1^{140}] + A\mathcal{A}^{140} + E\mathcal{I}^{140}50^{140} + E\mathcal{I}^{120}50^{120})$$

$$\mathcal{I}\mathcal{I}^{120} = 2(0,11 + 100 + 0,0035 + 0,007) = 100,12$$

$$III^{120} = 100,12 \pm 0,027$$

Круглошлифовальная чистовая (2 уст)

$$[z_9^{150}] = -\Gamma\Gamma^{150} - E9^{150}50^{150} - E50^{130}9^{130} + Я^{130}$$

$$Я^{130} = 2([z_9^{150}] + \Gamma\Gamma^{150} + E9^{150}50^{150} + E9^{130}50^{130})$$

$$Я^{130} = 2(0,12 + 157 + 0,005 + 0,014) = 157,14$$

$$Я^{130} = 157,14 \pm 0,031$$

$$[z_8^{150}] = -\Gamma\Gamma^{150} - E8^{150}50^{150} - E50^{130}8^{130} + Ю^{130}$$

$$Ю^{130} = 2([z_8^{150}] + BB^{150} + E8^{150}50^{150} + E8^{130}50^{130})$$

$$Ю^{130} = 2(0,115 + 150 + 0,004 + 0,012) = 150,13$$

$$Ю^{130} = 150,13 \pm 0,031$$

Шлифовальная черновая(1 уст)

$$[z_3^{120}] = -III^{120} - E3^{120}50^{120} - E50^{110}3^{110} + P^{40}$$

$$P^{40} = 2([z_3^{120}] + III^{120} + E3^{120}50^{120} + E3^{110}50^{110})$$

$$P^{40} = 2(0,115 + 100,12 + 0,008 + 0,009) = 100,25$$

$$P^{40} = 100,25 \pm 0,043$$

$$[z_1^{120}] = -III^{120} - E1^{120}50^{120} - E50^{110}1^{110} + O^{40}$$

$$O^{40} = 2([z_1^{120}] + III^{120} + E1^{120}50^{120} + E1^{110}50^{110})$$

$$2O^{40} = 2(0,125 + 100,12 + 0,007 + 0,0013) = 100,39$$

$$2O^{40} = 100,39 \pm 0,043$$

Торцешлифовальная черновая (2уст)

$$2[z_9^{130}] = 2(-Я^{130} - E9^{130}50^{130} - E50^{110}9^{110} + X^{50})$$

$$2X^{50} = 2([z_9^{130}] + Я^{130} + E9^{130}50^{130} + E9^{110}50^{110})$$

$$2X^{50} = 2(0,13 + 157,14 + 0,014 + 0,016) = 157,46$$

$$2X^{50} = 157,14 \pm 0,05$$

$$[z_8^{130}] = -IO^{130} - E8^{130}50^{130} - E50^{110}8^{110} + \Phi^{50}$$

$$2\Phi^{50} = 2([z_8^{130}] + IO^{130} + E8^{130}50^{130} + E8^{110}50^{110})$$

$$2\Phi^{50} = 2(0,11 + 150,13 + 0,012 + 0,009) = 150,39$$

$$2\Phi^{50} = 150,39 \pm 0,05$$

$$[z_6^{130}] = -\mathfrak{I}^{130} - E6^{130}50^{130} - E50^{110}6^{110} + T^{50}$$

$$2T^{50} = 2([z_6^{130}] + \mathfrak{I}^{130} + E6^{130}50^{130} + E6^{110}50^{110})$$

$$2T^{50} = 2(0,1 + 135 + 0,01 + 0,0014) = 135,22$$

$$2T^{50} = 135,22 \pm 0,05$$

Токарно чистовой операции(1 уст)

$$[z_5^{40}] = -C^{40} - E5^{40}50^{40} - E50^{20}5^{20} + \mathcal{D}^{20}$$

$$2\mathcal{D}^{20} = 2([z_5^{40}] + C^{40} + E5^{40}50^{40} + E5^{20}50^{20})$$

$$2\mathcal{D}^{50} = 2(0,435 + 130 + 0,016 + 0,048) = 130,99$$

$$2\mathcal{D}^{20} = 130,99 \pm 0,2$$

$$[z_3^{40}] = -P^{40} - E3^{40}50^{40} - E50^{20}3^{20} + B^{20}$$

$$2B^{20} = 2([z_3^{40}] + P^{40} + E3^{40}50^{40} + E3^{20}50^{20})$$

$$2B^{50} = 2(0,4 + 100,25 + 0,015 + 0,037) = 101,15$$

$$2B^{20} = 101,15 \pm 0,2$$

$$[z_2^{40}] = -\Pi^{40} - E2^{40}50^{40} - E50^{20}2^{20} + B^{20}$$

$$2B^{20} = 2([z_2^{40}] + \Pi^{40} + E2^{40}50^{40} + E2^{20}50^{20})$$

$$2B^{20} = 2(0,42 + 110 + 0,013 + 0,018) = 110,9$$

$$2B^{20} = 110,9 \pm 0,17$$

$$[z_1^{40}] = -O^{40} - E1^{40}50^{40} - E50^{20}1^{20} + A^{20}$$

$$2A^{20} = 2([z_1^{40}] + O^{40} + E1^{40}50^{40} + E1^{20}50^{20})$$

$$2A^{20} = 2(0,415 + 100,39 + 0,012 + 0,033) = 101,31$$

$$2A^{20} = 101,31 \pm 0,17$$

Токарно чистовой (2 уст)

$$[z_{12}^{50}] = -U^{50} - E12^{50}50^{50} - E50^{30}12^{30} + M^{30}$$

$$2M^{30} = 2([z_{12}^{50}] + U^{50} + E12^{50}50^{40} + E12^{30}50^{30})$$

$$2M^{30} = 2(0,46 + 196 + 0,024 + 0,069) = 197,11$$

$$2M^{30} = 197,11 \pm 0,25$$

$$[z_{10}^{50}] = -U^{50} - E10^{50}50^{50} - E50^{30}10^{30} + K^{30}$$

$$2K^{30} = 2([z_{10}^{50}] + U^{50} + E10^{50}50^{40} + E10^{30}50^{30})$$

$$2K^{30} = 2(0,46 + 170 + 0,024 + 0,069) = 171,11$$

$$2K^{30} = 171,11 \pm 0,25$$

$$[z_9^{50}] = -X^{50} - E9^{50}50^{50} - E50^{30}9^{30} + H^{30}$$

$$2H^{30} = 2([z_9^{50}] + X^{50} + E9^{50}50^{50} + E9^{30}50^{30})$$

$$2H^{30} = 2(0,46 + 157,14 + 0,02 + 0,06) = 158,22$$

$$2H^{30} = 158,22 \pm 0,2$$

$$[z_8^{50}] = -\Phi^{50} - E8^{50}50^{50} - E50^{30}8^{30} + Z^{30}$$

$$2Z^{30} = 2([z_8^{50}] + \Phi^{50} + E8^{50}50^{50} + E8^{30}50^{30})$$

$$2Z^{30} = 2(0,445 + 150,39 + 0,019 + 0,056) = 151,43$$

$$2Z^{30} = 151,43 \pm 0,2$$

$$[z_7^{50}] = -Y^{50} - E7^{50}50^{50} - E50^{30}7^{30} + K^{30}$$

$$2K^{30} = 2([z_7^{50}] + Y^{50} + E7^{50}50^{50} + E7^{30}50^{30})$$

$$2K^{30} = 2(0,435 + 140 + 0,018 + 0,056) = 141,018$$

$$2\mathcal{K}^{30} = 141,018 \pm 0,2$$

$$[z_6^{50}] = -T^{50} - E6^{50}50^{50} - E50^{30}6^{30} + E^{30}$$

$$2E^{30} = 2([z_6^{50}] + T^{50} + E6^{50}50^{50} + E6^{30}50^{30})$$

$$2E^{30} = 2(0,42 + 135,22 + 0,017 + 0,051) = 136,20$$

$$2E^{30} = 136,20 \pm 0,2$$

Развертывание:

$$[z_{41}^{100}] = -MM^{100} - E41^{100}50^{100} - E50^{60}41^{60} + \mathcal{D}\mathcal{D}^{60}$$

$$2\mathcal{D}\mathcal{D}^{60} = 2([z_{41}^{100}] + MM^{100} + E41^{100}50^{100} + E41^{60}50^{60})$$

$$2\mathcal{D}\mathcal{D}^{60} = 2(0,6 + 80 + 0,025 + 0,056) = 81,36$$

$$2\mathcal{D}\mathcal{D}^{60} = 81,36 \pm 0,15$$

Токарно черновой операции(1 уст):

$$[z_5^{20}] = -\mathcal{D}^{20} - E50^{20}5^{20} - E50^{10}5^{10} + \mathcal{L}\mathcal{L}^{00}$$

$$2\mathcal{L}\mathcal{L}^{00} = 2([z_5^{20}] + \mathcal{D}^{20} + E5^{20}50^{20} + E5^{10}50^{10})$$

$$2\mathcal{L}\mathcal{L}^{00} = 2(1,78 + 130,99 + 0,048 + 0,018) = 134,68$$

$$2\mathcal{L}\mathcal{L}^{00} = 134,68 \pm 1,25$$

$$[z_4^{20}] = -\mathcal{I}^{20} - E50^{20}4^{20} - E50^{10}4^{10} + \mathcal{P}\mathcal{P}^{00}$$

$$2\mathcal{P}\mathcal{P}^{00} = 2([z_4^{20}] + \mathcal{I}^{20} + E4^{20}50^{20} + E4^{10}50^{10})$$

$$2\mathcal{P}\mathcal{P}^{00} = 2(1,27 + 125 + 0,046 + 0,016) = 127,66$$

$$2\mathcal{P}\mathcal{P}^{00} = 127,66 \pm 1,25$$

Токарно черновой операции(2 уст):

$$[z_{11}^{30}] = -\mathcal{I}^{30} - E50^{30}11^{30} - E50^{10}11^{10} + \mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10}$$

$$2\mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10} = 2([z_{11}^{30}] + \mathcal{I}^{30} + E11^{30}50^{30} + E11^{10}50^{10})$$

$$2\mathcal{Y}\mathcal{Y}^{10} = 2(1,79 + 260 + 0,049 + 0,028) = 263,73$$

2.9. Выбор режимов резания и норм времени

2.9.1. Расчет режимов резания

1) При подрезании торца 010

Глубина резания: $t=2$

Подача: $S=1,2$ [5, с 266, табл.11].

Скорость резания: [5, с 265].

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{47 \cdot 1,2}{60^{0,2} \cdot 1,2^{0,8}} \cdot 0,9 = 26 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (2.9.1)$$

C_v -коэффициент, зависящий от вида обработки [5, с 269, табл.17].

m, y - показатели степени, зависящие от вида обработки. [5, с 269, табл.17].

k_v - коэффициент, учитывающий условия резания.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{HV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9 \quad (2.9.2)$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9 \quad (2.9.3)$$

$K_{Г,пв}$ - завися от обрабатываемой стали.[5, с262, табл.2]

$K_{ПВ}$ -коэффициент, учитывающий состояние поверхности.[5, с 263, табл.5]

$K_{ИВ}$ -коэффициент, учитывающий качество инструмента. [5, с 263, табл.6]

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 270} = 30,66 \quad (2.9.4)$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 408 \cdot 2^{0,72} \cdot 1,2^{0,8} \cdot 26^0 \cdot 1,1 = 8464 \text{ Н} \quad (2.9.5)$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 173 \cdot 2^{0,73} \cdot 1,2^{0,67} \cdot 26^0 \cdot 1,1 = 3589 \text{ Н}$$

$C_{Р,х,у,п}$ -коэффициенты, зависящие от материала.[5, с274, табл.22].

K_p - поправочный коэффициент[5, с274, табл.22].

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{8464 \cdot 26}{1020 \cdot 60} = 3,59 \text{ кВт} \quad (2.9.6)$$

2) Точение черновое 020:

Для 4 поверхности:

Глубина резания: $t=1,27$

Подача: $S=1,2$ [5, с 266, табл.11].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 1,27^{0,15} \cdot 1,2^{0,35}} \cdot 0,9 = 145,8 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{HV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 145,8}{3,14 \cdot 125} = 371,4$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,27^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 145,8^{-0,15} \cdot 1,1 = 2262 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 1,27^{0,9} \cdot 1,2^{0,6} \cdot 145,8^{-0,3} \cdot 1,4 = 2180 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 1,27^1 \cdot 1,2^{0,5} \cdot 145,8^{-0,4} \cdot 1,4 = 821,5 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{2262 \cdot 145,8}{1020 \cdot 60} = 5,38 \text{ кВт}$$

3) Точение черновое 030:

Для 5 поверхности:

Глубина резания: $t=1,78$

Подача: $S=1,2$ [5, с 266, табл.11].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 1,78^{0,15} \cdot 1,2^{0,35}} \cdot 0,9 = 133,6 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 133,6}{3,14 \cdot 130} = 327,9 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,78^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 133,6^{-0,15} \cdot 1,1 = 3060 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 1,27^{0,9} \cdot 1,2^{0,6} \cdot 133,6^{-0,3} \cdot 1,4 = 1975 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 1,78^1 \cdot 1,2^{0,5} \cdot 133,6^{-0,4} \cdot 1,4 = 1311 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{3060 \cdot 133,6}{1020 \cdot 60} = 6,68 \text{ кВт}$$

3) Для 11 поверхности:

Глубина резания: $t=1,79$

Подача: $S=1,2$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 1,79^{0,15} \cdot 1,2^{0,35}} (0,9) = 129,15 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_I \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 129,2}{3,14 \cdot 260} = 158,25$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,79^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 129,15^{-0,15} \cdot 1,1 = 2849 \text{ H}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 1,79^{0,9} \cdot 1,2^{0,6} \cdot 129,15^{-0,3} \cdot 1,4 = 1985 \text{ H}$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 1,79^1 \cdot 1,2^{0,5} \cdot 129,15^{-0,4} \cdot 1,4 = 1337 \text{ H}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{2849 \cdot 129,15}{1020 \cdot 60} = 6,01 \text{ кВт}$$

4) Точение чистовое: 040

Для 1 поверхности:

Глубина резания: $t=0,43$

Подача: $S=0,3$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 0,41^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} (0,9) = 315,3 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_f \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_f} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 315,3}{3,14 \cdot 100} = 1004,1 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,41^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 315,3^{-0,15} \cdot 1,1 = 290 \text{ H}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,41^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 315,3^{-0,3} \cdot 1,4 = 267 \text{ H}$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,41^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 315,3^{-0,4} \cdot 1,4 = 108,2 \text{ H}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{290 \cdot 315,3}{1020 \cdot 60} = 1,49 \text{ кВт}$$

Для 2 поверхности:

Глубина резания: $t=0,42$

Подача: $S=2$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,42^{0,23} \cdot 2^{0,30}} = 109,9 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_f \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 109,9}{3,14 \cdot 110} = 318$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7} \cdot 109,9^{0,71} \cdot 0,76 = 102325 H$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{102325 \cdot 109,9}{1020 \cdot 60} = 183,75 \text{ кВт}$$

Для 3 поверхности:

Глубина резания: $t=0,4$

Подача: $S=0,3$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} (0,9) = 273,4 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_I \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 273,4}{3,14 \cdot 120} = 725,5 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 273,4^{-0,15} \cdot 1,1 = 230 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,4^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 273,4^{-0,3} \cdot 1,4 = 134 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,41^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 273,4^{-0,4} \cdot 1,4 = 106,5 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{230 \cdot 273,4}{1020 \cdot 60} = 1,02 \text{ кВт}$$

Для 5 поверхности:

Глубина резания: $t=0,43$

Подача: $S=2$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,43^{0,23} \cdot 2^{0,30}} = 107 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_f \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 130} = 262,1 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7} \cdot 107^{0,71} \cdot 0,76 = 100498 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{100498 \cdot 107}{1020 \cdot 60} = 175,7 \text{ кВт}$$

5) Чистовое точение:

Для 7 поверхности:

Глубина резания: $t=0,42$

Подача: $S=2$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,42^{0,23} \cdot 2^{0,30}} = 109,9 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 109,9}{3,14 \cdot 140} = 250 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7} \cdot 109,9^{0,71} \cdot 0,76 = 102325 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{102325 \cdot 109,9}{1020 \cdot 60} = 183,75 \text{ кВт}$$

Для 6 поверхности:

Глубина резания: $t=0,43$

Подача: $S=0,3$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} = 271,3 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 271,3}{3,14 \cdot 135} = 640 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,42^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 271,3^{-0,15} \cdot 1,1 = 214 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,42^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 271,4^{-0,3} \cdot 1,4 = 134,2 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,42^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 273,4^{-0,4} \cdot 1,4 = 99,6 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{214 \cdot 271,3}{1020 \cdot 60} = 0,94 \text{ кВт}$$

Для 8 поверхности:

Глубина резания: $t=0,44$

Подача: $S=0,3$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,44^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} = 297 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_I \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 297}{3,14 \cdot 150} = 630 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,44^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 297^{-0,15} \cdot 1,1 = 235,4 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,44^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 297^{-0,3} \cdot 1,4 = 129,9 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,44^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 297^{-0,4} \cdot 1,4 = 102,3 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{235 \cdot 297}{1020 \cdot 60} = 1,14 \text{ кВт}$$

Для 9 поверхности:

Глубина резания: $t=0,46$

Подача: $S=0,3$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,46^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} = 263 \frac{мм}{мин}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_I \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 263}{3,14 \cdot 160} = 523,5$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,46^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 263^{-0,15} \cdot 1,1 = 246,1 H$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,46^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 263^{-0,3} \cdot 1,4 = 136 H$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,46^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 263^{-0,4} \cdot 1,4 = 119,5 H$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{246 \cdot 263}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт}$$

Для 10 поверхности:

Глубина резания: $t=0,46$

Подача: $S=2$ [5, с 267, табл.12].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,46^{0,23} \cdot 2^{0,30}} = 106 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{HV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 106}{3,14 \cdot 170} = 198,5 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7} \cdot 106^{0,71} \cdot 0,76 = 98671 H$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{98671 \cdot 106}{1020 \cdot 60} = 170,9 \text{ кВт}$$

7) Сверление.

Глубина резания:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 80 = 40 \text{ мм}$$

Подача: $S=0,40$ мм/мин [5, с 277, табл.25]

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{9,8 \cdot 80^{0,40}}{60^{0,20} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,9 = 8,72 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

q,m,y- показатели, влияющие на обрабатываемый материал при сверление.

[5, с 278, табл.28]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_I \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 8,72}{3,14 \cdot 130} = 21,36 \text{ об / мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 80^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,1 = 11,65,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

C_M , q , y - показатели, зависящие от материала [5, с 280, табл.32]

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{98671 \cdot 106}{9750} = 10,72 \text{ кВт}$$

8)Развертывание:

Глубина резания: $t=0,6$ мм

Подача: $t=0,4$ мм/мин

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{10,5 \cdot 80^{0,3}}{60^{0,20} \cdot 0,6^{0,2} \cdot 0,4^{0,65}} \cdot 0,9 = 31,31 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

q,m,y- показатели, влияющие на обрабатываемый материал при сверление.

[5, с 278,табл.28]

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{HV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 31,31}{3,14 \cdot 80} = 124,6 \text{ об / мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 80^1 \cdot 0,6^{0,9} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,1 = 23,97 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

C_M , q , y - показатели, зависящие от материала [5, с 280, табл.32]

Осевая сила:

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,6^{0,9} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,1 = 808,3 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{23,97 \cdot 124,6}{9750} = 0,3 \text{ кВт}$$

9) Шлифование черновое

Для поверхности 1

Глубина резания: $t=0,125 \text{ мм}$

Скорость заготовки: $V_3 = 25 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

Скорость круга: $V_k = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Продольная подача: $S=14$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,125^{0,85} \cdot 14^{0,7} = 14,8 \text{ кВт}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 100} = 111,5$$

Для поверхности 3

Глубина резания: $t=0,115$

Скорость заготовки: $V_3 = 25 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

Скорость круга: $V_k = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Продольная подача: $S=14$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,115^{0,85} \cdot 14^{0,7} = 8,72 \text{ кВт}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 120} = 92,8$$

8) Шлифование черновое

Для поверхности 6

Глубина резания: $t=0,10$

Скорость заготовки: [5, с 301, табл.55]

$$V_3 = 25 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Скорость круга: [5, с 301, табл.55]

$$V_k = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Продольная подача: [5, с 301, табл.55]

$$S=14$$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,10^{0,85} \cdot 14^{0,7} = 12,2 \text{ кВт}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 135} = 82,5$$

Для поверхности 8

Глубина резания: $t=0,11$

Скорость заготовки: [5, с 301, табл.55]

$$V_3 = 25 \frac{м}{мин}$$

Скорость круга: [5, с 301, табл.55]

$$V_{\kappa} = 35 \frac{м}{с}$$

Продольная подача: [5, с 301, табл.55]

$$S=14$$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,11^{0,85} \cdot 14^{0,7} = 13 кВт$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 150} = 74,6$$

Для поверхности 9

Глубина резания: $t=0,13$

Скорость заготовки: $V_3 = 25 \frac{м}{мин}$

Скорость круга: $V_{\kappa} = 35 \frac{м}{с}$

Продольная подача: $S=14$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,13^{0,85} \cdot 14^{0,7} = 15 кВт$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 160} = 69,6$$

9) Шлифование чистовое

Для поверхности 1

Глубина резания: $t=0,05$

Скорость заготовки: $V_3 = 20 \frac{м}{мин}$

Скорость круга: $V_{\kappa} = 30 \frac{м}{с}$

Продольная подача: $S=6$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,05^{0,85} \cdot 6^{0,7} = 3,2 \text{ кВт}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = 95,5$$

Для поверхности 3

Глубина резания: $t=0,055$

Скорость заготовки:

$$V_3 = 20 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Скорость круга: [5, с 301, табл.55]

$$V_{\kappa} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Продольная подача: $S=6$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,055^{0,85} \cdot 6^{0,7} = 3,4 \text{ кВт}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 120} = 53,07$$

10) Шлифование чистовое:

Для поверхности 8

Глубина резания: $t=0,055$

Скорость заготовки: [5, с 301, табл.55]

$$V_3 = 20 \frac{M}{мин}$$

Скорость круга: [5, с 301, табл.55]

$$V_{\kappa} = 30 \frac{M}{с}$$

Продольная подача: [5, с 301, табл.55]

$$S=6$$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,055^{0,85} \cdot 6^{0,7} = 3,4 кВт$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 150} = 64$$

Для поверхности 9

Глубина резания: $t=0,06$

Скорость заготовки: [5, с 301, табл.55]

$$V_3 = 20 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Скорость круга: [5, с 301, табл.55]

$$V_{\kappa} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Продольная подача: $S=6$

Скорость заготовки, круга и продольной подачи выбираем [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,06^{0,85} \cdot 6^{0,7} = 3,7 \text{ кВт}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 160} = 59,7$$

11) Шлифование(тонкое):

Для поверхности 3

Глубина резания: $t=0,018$

Скорость заготовки: [5, с 301, табл.55]

$$V_3 = 1,0 \frac{м}{мин}$$

Скорость круга: [5, с 301, табл.55]

$$V_{\kappa} = 20 \frac{м}{с}$$

Скорость заготовки, круга [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x = 1,3 \cdot 1,0^{0,75} \cdot 0,018^{0,85} = 0,04 кВт$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 1}{3,14 \cdot 120} = 2,65$$

Для поверхности 9

Глубина резания: $t=0,02$

Скорость заготовки: [5, с 301, табл.55]

$$V_3 = 1,0 \frac{м}{мин}$$

Скорость круга: [5, с 301, табл.55]

$$V_{\kappa} = 20 \frac{M}{c}$$

Скорость заготовки, круга [5, с 301, табл.55].

Мощность резания:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x = 1,3 \cdot 1,0^{0,75} \cdot 0,02^{0,85} = 0,046 \text{ кВт}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 1}{3,14 \cdot 150} = 2,12$$

Для поверхности 9:

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 1}{3,14 \cdot 160} = 1,99$$

2.9.2 Нормы времени

1) подрезная операция:

Машинное время:

$$T_o = 0,19D^2 \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 260^2 \cdot 10^{-3} = 12,8 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 12,8 \cdot 1,41 = 18 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

2) Точение черновое:

Для поверхности 1:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 100 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,54 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 0,54 \cdot 1,36 = 0,73 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 2:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 110 \cdot 43 \cdot 10^{-3} = 0,80 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 0,80 \cdot 1,36 = 1,08 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 3:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 120,35 \cdot 133,26 \cdot 10^{-3} = 2,72 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 2,72 \cdot 1,36 = 3,69 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 4:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 125,35 \cdot 135,26 \cdot 10^{-3} = 2,88 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 2,88 \cdot 1,36 = 3,91 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 5:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 130,35 \cdot 35,26 \cdot 10^{-3} = 0,78 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 0,78 \cdot 1,36 = 1,06 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 6:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 135,35 \cdot 122,26 \cdot 10^{-3} = 2,81 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 2,81 \cdot 1,36 = 3,82 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 7:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 140,35 \cdot 35,26 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,84 \cdot 1,36 = 1,14 \text{ мин}$$

φ-коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 8:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 150,35 \cdot 140,26 \cdot 10^{-3} = 3,58 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 3,58 \cdot 1,36 = 4,86 \text{ мин}$$

φ-коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Для поверхности 9:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 160,35 \cdot 58,26 \cdot 10^{-3} = 1,58 \text{ мин}$$

φ-коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства[6,с. 147, табл.11].

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 1,58 \cdot 1,36 = 2,15 \text{ мин}$$

Для поверхности 10:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 170,35 \cdot 45,26 \cdot 10^{-3} = 1,31 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 2,88 \cdot 1,36 = 3,91 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 11:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 260,45 \cdot 35,26 \cdot 10^{-3} = 1,56 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 2,88 \cdot 1,36 = 3,91 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 12:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 197,24 \cdot 19,26 \cdot 10^{-3} = 0,64 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,64 \cdot 1,36 = 0,87 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

3) Токарная чистовая:

Для поверхности 1:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 100,087 \cdot 32,17 \cdot 10^{-3} = 0,54 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,54 \cdot 1,36 = 0,73 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 2:

Машинное время:

$$T_o = 0,19d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 110,087 \cdot 45,17 \cdot 10^{-3} = 0,94 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,94 \cdot 1,36 = 1,28 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 3:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 120,087 \cdot 130,17 \cdot 10^{-3} = 2,65 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 2,65 \cdot 1,36 = 3,6 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 5:

Машинное время:

$$T_o = 0,19d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 130,1 \cdot 35,17 \cdot 10^{-3} = 0,86 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,86 \cdot 1,36 = 1,17 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 6:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 135,1 \cdot 122,17 \cdot 10^{-3} = 2,8 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 2,8 \cdot 1,36 = 3,8 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 7:

Машинное время:

$$T_o = 0,19d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 140,1 \cdot 36,17 \cdot 10^{-3} = 0,96 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,96 \cdot 1,36 = 1,3 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 8:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 150,1 \cdot 140,17 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 3,6 \cdot 1,36 = 4,89 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 9:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 160,1 \cdot 58,17 \cdot 10^{-3} = 1,58 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 1,58 \cdot 1,36 = 2,14 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 10:

Машинное время:

$$T_o = 0,19d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 170,1 \cdot 45,17 \cdot 10^{-3} = 1,45 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 1,45 \cdot 1,36 = 1,97 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 12:

Машинное время:

$$T_o = 0,17d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 196,86 \cdot 19,17 \cdot 10^{-3} = 0,64 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,64 \cdot 1,36 = 0,87 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

3) Сверление

Для поверхности 41

Машинное время:

$$T_o = 0,2d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 80,3 \cdot 868,35 \cdot 10^{-3} = 13,9 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 13,9 \cdot 1,41 = 19,59 \text{ мин}$$

φ-коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

4) Расточная черновая

Для поверхности 42

Машинное время:

$$T_o = 0,18d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 100,3 \cdot 85,35 \cdot 10^{-3} = 1,54 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 1,54 \cdot 1,58 = 2,43 \text{ мин}$$

φ-коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 43

Машинное время:

$$T_o = 0,18d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 125,3 \cdot 30,35 \cdot 10^{-3} = 0,68 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 1,54 \cdot 0,68 = 1,04 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

5) Фрезерная

Для шпоночного паза

Машинное время:

$$T_o = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 100,2 \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,6 \cdot 1,51 = 0,9 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

6) Растачивание чистовое:

Для поверхности 41

Машинное время:

$$T_o = 0,18d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 80,054 \cdot 150,1 \cdot 10^{-3} = 2,16 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 2,16 \cdot 1,58 = 3,4 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

7) Шлифование черновое

Для поверхности 1

Машинное время:

$$T_o = 0,1d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 100,054 \cdot 32,097 \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,32 \cdot 1,55 = 0,50 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 3

Машинное время:

$$T_o = 0,1d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 120,054 \cdot 133,097 \cdot 10^{-3} = 1,59 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 1,59 \cdot 1,55 = 2,46 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 6

Машинное время:

$$T_o = 0,1d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 135,063 \cdot 122,097 \cdot 10^{-3} = 1,64 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 1,64 \cdot 1,55 = 2,54 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 8

Машинное время:

$$T_o = 0,1d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 135,063 \cdot 122,097 \cdot 10^{-3} = 1,64 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 1,64 \cdot 1,55 = 2,54 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 9

Машинное время:

$$T_o = 0,1d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 160,063 \cdot 58,097 \cdot 10^{-3} = 0,92 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 0,92 \cdot 1,55 = 1,42 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

8) Шлифование чистовое

Для поверхности 1

Машинное время:

$$T_o = 0,15d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 100,022 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 0,48 \cdot 1,55 = 0,74 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 3

Машинное время:

$$T_o = 0,15d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 120,022 \cdot 133 \cdot 10^{-3} = 2,39 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi = 2,39 \cdot 1,55 = 3,7 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 8

Машинное время:

$$T_o = 0,15d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 135,025 \cdot 122 \cdot 10^{-3} = 2,47 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 2,47 \cdot 1,55 = 3,82 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

Для поверхности 9

Машинное время:

$$T_o = 0,15d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 160,025 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 1,39 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi = 1,39 \cdot 1,55 = 2,15 \text{ мин}$$

φ -коэффициент, влияющий на тип станка и тип производства [6, с. 147, табл.11].

3.Проектирование приспособления

3.1. Исходные данные

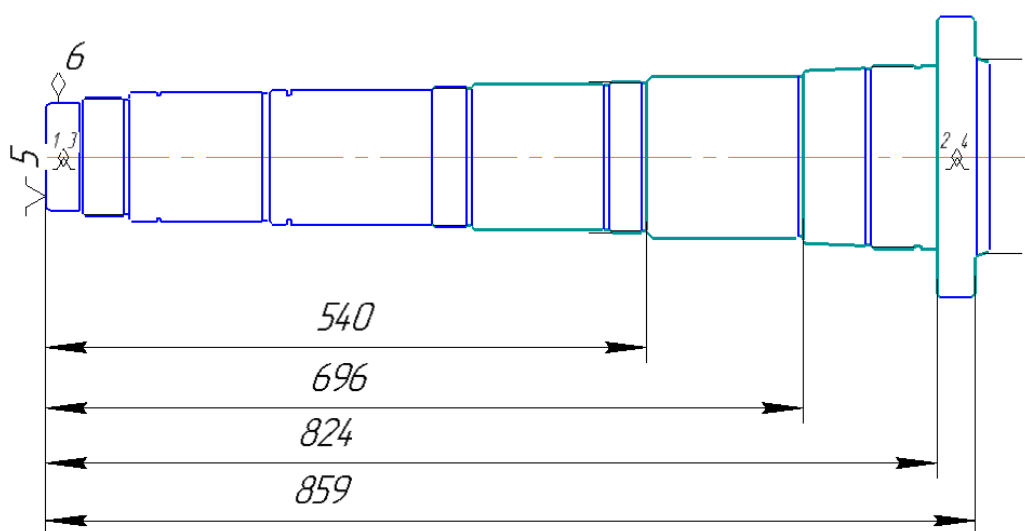


Рисунок 3.1 Операционный эскиз⁵.

Таблица 3.1

Скорость резания м/мин	Подача мм/об	Припуск мм
271,3	0,3	0,43
109,9	2	0,42
292	0,3	0,44
263	0,3	0,46
106	2	0,46

Геометрия резца:

$$\varphi = 45$$

$$\gamma = -4$$

⁵ Рисунок выполнен автором.

3.2. Расчет сил резания

При наружном продольном точении составляющие P_z и P_y рассчитываются по формуле:

$$P_{zy} = 10 C_p t^x S^y V^n K_p \quad (3.2)$$

где: C_p , X , Y , n - постоянная и показатели для разных мех. обработок.

Для 7 поверхности:

Глубина резания: $t=0,42$

Подача: $S=2$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,42^{0,23} \cdot 2^{0,30}} = 109,9 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7} \cdot 109,9^{0,71} \cdot 0,76 = 102325 H$$

Для 6 поверхности:

Глубина резания: $t=0,43$

Подача: $S=0,3$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} = 271,3 \frac{мм}{мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,42^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 271,3^{-0,15} \cdot 1,1 = 214 H$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,42^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 271,4^{-0,3} \cdot 1,4 = 134,2 H$$

Для 8 поверхности:

Глубина резания: $t=0,44$

Подача: $S=0,3$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,44^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} = 297 \frac{мм}{мин}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_f \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,44^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 297^{-0,15} \cdot 1,1 = 235,4 H$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,44^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 297^{-0,3} \cdot 1,4 = 129,9 H$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,44^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 297^{-0,4} \cdot 1,4 = 102,3 H$$

Для 9 поверхности:

Глубина резания: $t=0,46$

Подача: $S=0,3$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,46^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} = 263 \frac{мм}{мин}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_f \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,46^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 263^{-0,15} \cdot 1,1 = 246,1 H$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 0,46^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 263^{-0,3} \cdot 1,4 = 136 H$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,46^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 263^{-0,4} \cdot 1,4 = 119,5 H$$

Для 10 поверхности:

Глубина резания: $t=0,46$

Подача: $S=2$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,46^{0,23} \cdot 2^{0,30}} = 106 \frac{мм}{мин}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

K_{MV} - коэффициент учитывающий, качество обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = K_I \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,9$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7} \cdot 106^{0,71} \cdot 0,76 = 98671 H$$

3.3. Расчет усилия зажима

В процессе обработки заготовки на нее воздействует система сил. С одной стороны действует внешние силы, которые стремятся вырвать заготовку из кулачков, с другой - сила зажима препятствующая этому. Из условия равновесия моментов данных сил и с учетом коэффициента запаса определяются необходимые зажимное и исходное усилие.

$$\sum M = 0 \quad (3.3)$$

$$M_p + M_z = 0 \quad (3.4)$$

В процессе выполнения задания выберем консольную схему закрепления заготовки в кулачковом паводковом патроне.

Суммарный крутящий момент от касательной составляющей силы резания стремиться повернуть заготовку в кулачках.

$$M_p = \left(P_{z6} \cdot \frac{d_6}{2} \right) + \left(P_{z7} \cdot \frac{d_7}{2} \right) + \left(P_{z8} \cdot \frac{d_8}{2} \right) + \left(P_{z9} \cdot \frac{d_9}{2} \right) + \left(P_{z10} \cdot \frac{d_{10}}{2} \right) + \left(P_{z12} \cdot \frac{d_{12}}{2} \right) = 1457070,1$$

$$M_z = T \cdot \frac{d_2}{2} = \frac{W \cdot F \cdot d_6}{2} \quad (3.5)$$

W-суммарное усилие зажима.

f- коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка.

$$P_z \cdot d_1 = \frac{\omega \cdot f \cdot d_6}{2} \quad (3.6)$$

Из равенства моментов M_p и M_z определим необходимое усилие зажима, препятствующее провороту заготовки в кулачках.

$$W = \frac{P_z \cdot d_6 \cdot 2}{F d_1} \cdot K = \frac{11801,7 \cdot 73 \cdot 2}{0,3 \cdot 100} \cdot 2,5 = 57434,9 \text{ Н}$$

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \quad (3.7)$$

K -коэффициент запаса.

$$K = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2,25. \text{ Принимаем } K = 2,5$$

K_0 - гарантированный коэффициент запаса.

K_1 -коэффициент учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки.

K_2 - коэффициент учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента.

K_3 - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании.

K_4 - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом.

K_5 -характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма.

K_6 - вводится в расчет только при наличии моментов, стремящихся вернуть заготовку, установленную плоской технологической базой на опоры-штыри.

Значения коэффициентов [7, с 20, прил.7].

Сила P_y стремиться вывернуть заготовку из кулачков, создавая момент:

$$M_p = P_{y6} \cdot l_6 + P_{y8} \cdot l_8 + P_{y9} \cdot l_9 + P_{y10} \cdot l_{10} + P_{y12} \cdot l_{12} \quad (3.8)$$

Подставим исходные данные в формулу 3.7.

$$M_p = 112,98 \cdot 540 + 110,98 \cdot 696 + 120,35 \cdot 824 + 120,35 \cdot 859 = 340800,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Данному моменту препятствует момент от силы зажима.

$$M_z = T \cdot \frac{2}{3} d_1 = \frac{2}{3} W f d_1 \quad (3.9)$$

$$\frac{2}{3} W f d_1 = P_{y6}^i \cdot l_6 + P_{y8}^{ii} \cdot l_8 + P_{y9}^i \cdot l_9 + P_{y12}^{ii} \cdot l_{12}$$

(3.10)

$$W = \frac{(P_{y6}^i \cdot l_6 + P_{y8}^{ii} \cdot l_8 + P_{y9}^i \cdot l_9 + P_{y12}^{ii} \cdot l_{12}) 1,5K}{f \cdot d_1} = 46008,04 \text{ Н}$$

Величина усилия зажима W_1 прикладываемая к постоянным кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием W .

$$W_1 = \frac{W}{(1 - (3l_k / H_k) \cdot f_1)} = \frac{57434,9}{(1 - (3 \cdot 50 / 84) \cdot 0,3)} = 124858,4 \text{ Н} \quad (3.11)$$

l_k -вылет кулачка.

H_k -длина направляющих постоянного кулачка.

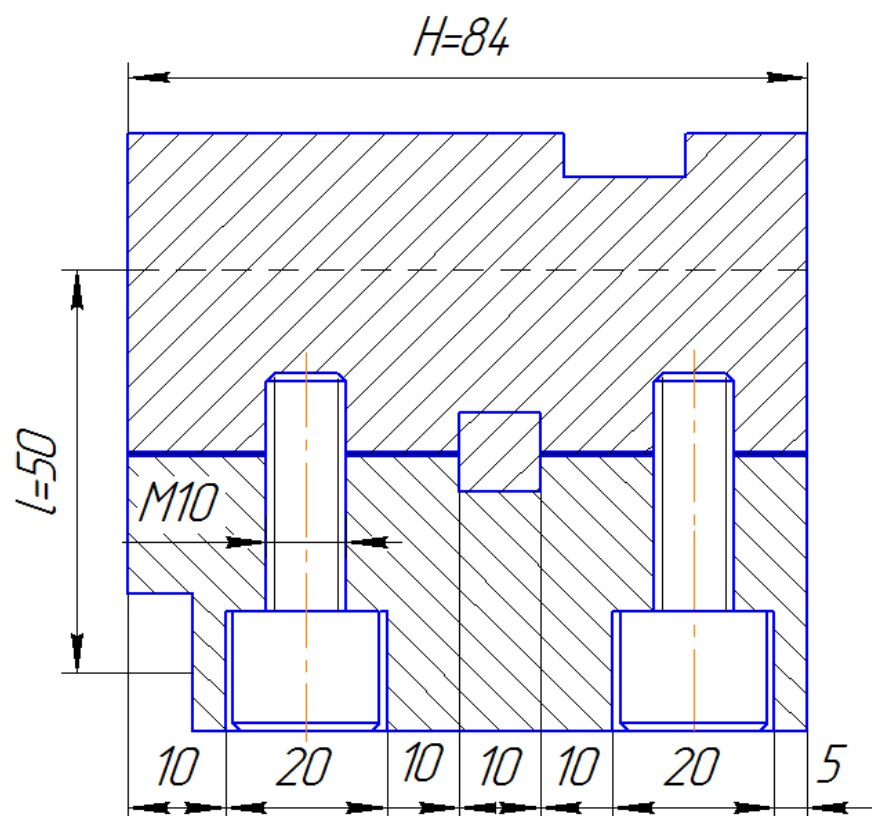


Рис 3.2 Конструкция сменного и постоянного кулачка⁶.

Ответ: $W_1=124858,4 \text{ Н}$

⁶ Рисунок выполнен автором.

3.4. Расчет зажимного механизма патрона

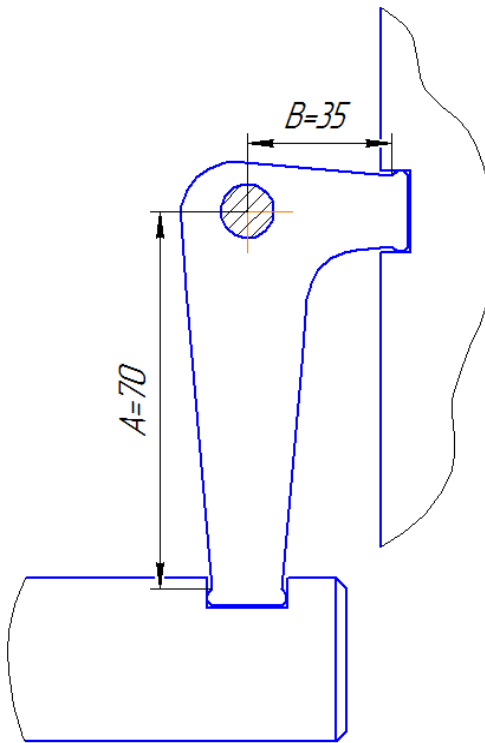


Рисунок 3.3 Схема рычажного зажимного механизма⁷

$$Q = \frac{w_i}{i_c} = \frac{124858,4}{70/35} = 62429,2 \text{ Н} \quad (3.12)$$

i_c -передаточное отношение по силе зажимного механизма.

$i_c=A/B$, где А и В плечи рычага.

Ответ: $Q=62429,2 \text{ Н}$

⁷Рисунок выполнен автором.

3.5. Расчет силового привода

Попытаемся применить пневматический привод, так как в любом производстве имеются трубопроводы для подачи сжатого воздуха.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \sqrt{\frac{62429,2 \text{ Н}}{0,4}} = 446,4 \text{ мм} \quad (3.13)$$

P-избыточное давление воздуха, принимаемое в расчетах 0,4МПа.

В конструкцию станка Б16Д25Ф3-02 возможно встроить силовой привод с диаметром более 120 мм. При заданном усилии Q подбираем давление масла(1;2,5;7,5)

Скорректируем диаметр поршня приняв давление 5МПа.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \sqrt{\frac{62429,2}{5}} = 136,2 \text{ мм} \quad (3.14)$$

Округляем до стандартного ряда, т.е. D=140 мм

В данном случае необходимо принять гидравлический привод.

Ход поршня цилиндра:

$$S_Q = S_W / i_n \quad (3.15)$$

S_W-свободный ход кулачков, который можно принять 12,5 мм.

i_n=1/i_c - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению.

8.6. Расчет погрешности установки.

Погрешность установки определяется по формуле.

$$E_y = \sqrt{E_B^2 + E_3^2 + E_{np}^2} \quad (3.16)$$

E_B - погрешность базирования.

E_3 - погрешность закрепления.

E_{np} - погрешность элементов приспособления.

$$E_y = \frac{\omega_{A\Delta}}{3} = 1/3 \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (3.17)$$

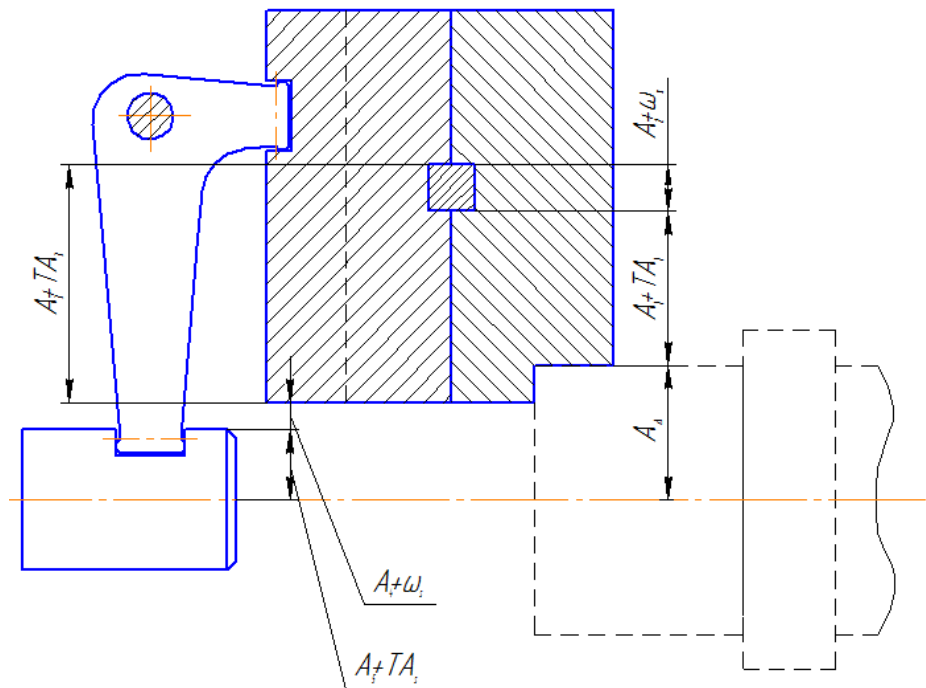


Рис 3.4 Расчетная схема погрешности патрона⁸

⁸ Рисунок выполнен автором.

$$E_y = \frac{\omega_{A\Delta}}{3} = 1/3 \sqrt{0,04_1^2 + 0,11_2^2 + 0,04_3^2 + 0,11_4^2 + 0,11_5^2} = 0,066$$

Необходимые данные подбираем [8, с 23, табл 13].

Допуск выбираем по 100h11 ввиду чистовой обработки.

$$0,066 \leq 0,3 \cdot 0,25$$

$$0,066 \leq 0,075$$

Условие выполняется

Ответ: Условие точности выполнилось, следовательно конструкция подобрана верна.

3.6. Устройство приспособления

Особенностью токарного приспособления является разделение конструкции на патрон и силовой привод, которые монтируются на концы шпинделя коробки скоростей. Корпус патрона 12 устанавливается и надежно закрепляется на переднем конце шпинделя и связывается с зажимным механизмом патрона с помощью тяги 6. В конструкцию патрона входят сменные кулачки 14, которые жестко крепятся к постоянным кулачкам 15. Для точной установки сменных кулачков применяется призматическая шпонка 34, а для их закрепления- винты 28 размером М10 с утопающей головкой. Для радиального перемещения кулачков применяется зажимной механизм 16, который через центральную втулку 17 и тягу 6 связан с вращающимся гидравлическим силовым приводом. Гидравлический привод состоит из поршня 5, который монтируется на шток 4. конструктивно было предложено, чтобы поршень ввиду динамических нагрузок не смещался с правой стороны он прижимается к буртику, с левой стороны- гайкой 25 и стопорным кольцом 26. Между поршнем и буртиком используется манжета, для того чтобы не было утечки рабочей жидкости. Поршень и шток закрепляются в гильзе 3. Гильза жестко закреплена винтами 20 с внутренним корпусом 2. Для фиксации положения в пространстве внутреннего корпуса применяют подшипники качения 19 между которыми стоит распорная втулка 11 для регулирования осевых зазоров, для повышения жесткости. Вся конструкция помещена в наружный корпус 1 с помощью винтов закрепляется с коробкой скоростей. Наружный корпус имеет отверстие 7, для того чтобы можно было застопорить вращение гидропривода. Для подачи рабочей жидкости используется штуцер 10, монтируемый в наружный корпус. В штуцер заливается рабочая жидкость, которая перемещается по каналам в полость поршня и под давлением действует на него, заставляя его линейно переместиться. Ввиду этого перемещается шток, который связан с центральной втулкой при помощи тяги. Вследствие этого перемещается рычаг, который на прямую взаимодействует на кулачки.

4.Безопасность и экологичность технологического обеспечения

4.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта.

№ п/ п	Технологический процесс	Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологически й процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособлени е	Материалы , вещества
1	Заготовительный процесс	Заготовительная		Кривошипно- горячешт. пресс	Ст40Х
2	Лезвийный процесс	Подрезная операция	Оператор станка с ЧПУ	Подрезной ст. 2А932 Призмы	Ст40Х
3	Лезвийный процесс	Точение (черновое, чистовое)	Оператор станка с ЧПУ	Токарный Ст. Б16Д25 Упор. центр Кулачковый патрон	Ст40Х
4	Лезвийная обработка	Сверление	Оператор станка с ЧПУ	Сверл.-раст. РТ293205М1 Призмы	Ст40Х
5	Лезвийная обработка	Растачивание	Оператор станка с ЧПУ	Горизонт.-раст. 262ПР1 Люнеты	Ст40Х
6	Лезвийная обработка	Фрезерование	Оператор станка с ЧПУ	Шпоночно- фрезерн. 692Д Призмы	Ст40Х
7	Аббразивная обработка	Шлифование	Оператор станка с ЧПУ	Шлифовальный станок ШХ4-10Ф2	Ст40Х

4.2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Заготовительная	Значительный нагрев поверхн. заготовки	Оборудование КГШП
2	Подрезание, точение, растачивание сверление	Острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхности. Повышенный шум	Оборудование Подрезное, токарное Режущий инструмент: резец, пластина Режимы резания
3	ТО	Повышенная температура рабочей зоны	Оборудование: Шахтная печь
4	Шлифование	Повышенная температура рабочей зоны, Повышенный шум Запыленность	Оборудование:шлифовальное Материал абразивного круга Износ абразивного круга Режимы резания

4.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 –Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Значительный нагрев поверхности заготовки	Вредоносный фактор можно снизить путем смены оборудования	При необходимости транспортировать заготовку следует применить специализированные ухваты
2	Острые кромки , заусенцы, микронеровности, повышенный шум, нагрев рабочей зоны	Вредоносный фактор можно снизить путем Смены инструмента на более стойкий. замена оборудования другого класса точности, оптимизация выбора режимов резания, использовать СОЖ	Аккуратно эксплуатировать оборудование, использовать беруши и во время работы на оборудовании не использовать перчатки, использовать очки защитные и рабочий фартук для защиты от стружки
3	Значительный нагрев поверхности заготовки	Использовать иную термообработку	Применить специализированные ухваты либо напольного робота
4	Повышенная температура рабочей зоны, Повышенный шум Запыленность	Использовать СОЖ, иное оборудование повышенной класса точности для	Аккуратно эксплуатировать оборудование, использовать беруши

4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Заготовительный цех	КГШП	А	Тепловой поток	Образующиеся в процессе пожара осколков технологической системы(оснастка, оборудовании, инструмент) Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологической системы
2	Станочный цех	Подрезное, 2А932 Токарное Б16Д25Ф3 Шлифовальное оборудование	В	Пламя и искры	Образующиеся в процессе пожара осколков технологической системы(оснастка, оборудовании, инструмент) Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологической системы

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

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и 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.
Пенные и водные	Воздушно-пенные	Установка водн. тушения	Тепловые	Водопенное оборудование	Применить специальные повязки на лицо	немеханизированный	Локальное оповещение
Порошковые	Комбинированные	Спринклерные	Дымовые	Генераторы пены	Повязки	механизированный	дистанционное
Углекислотные	Комбинированные	Дренчерные	Световые	Гидрант	Повязки	механизированный	Связь с аппаратурой

Таблица 4.6. Организационные мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
КГШП, токарное, шлифовальное оборудование	Оснащение гидрантов и порошковых огнетушителей и пожарные шкафы	При возгорании малого очага использовать ручной огнетушитель, при крупном возгорании использовать средства оповещения и применить гидрант на очаг возгорания. Также в шкафах можно воспользоваться средствами индивидуальной защиты

4.7. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7– 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.)
Заготовительная	Прессовый цех Кривошипно-горячешт. пресс	Выброс канцерогенных веществ соединения хрома	Выброс жидкого металла в гидравлическую систему производства	Выброс канцерогенных веществ приводящие к загрязнению растительного покрова
Лезвийные операции	Токарное, подрезное, расточное оборудование	Выброс отходов в виде стружки и частиц микрочастиц от режущего инструмента	Выброс хромированной стружки в гидравлическую систему	Загрязнение растительного покрова из за микрочастиц

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта		Токарное, подрезное, шлифовальное оборудование
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу		Применение сухих пылеуловителей такие как циклоны и аппараты нейтрализации газовых выбросов
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу		Применяется химический метод очистки, в котором удаляются канцерогенные вещества
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу		Применяется биологическое очищение при помощи устройства азротенк

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

Подводятся обобщающие итоги дипломной работы (дипломного проекта) по разделу и формулируется обоснованное заключение о соответствии объекта действующим (перспективным) нормативным требованиям.

Заклучение

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса точения, шлифования, подрезания, сверления, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу точения, шлифования, подрезания, сверления, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенная температура рабочей зоны, запыленность, не качественная поверхность вследствие механической обработки.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно острые кромки, повышенный шум, высокая температура рабочей зоны. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

5.Экономический эффект.

В базовом проекте было применено расточное оборудование цена которой составляет 1300000 р. Был применен инструмент зенкер цена которого составляет 1000 р. В качестве приспособления были использованы призмы. В проектном варианте было предложено замена оборудования цена которой составляет 4560000 р и замена инструмента 1488 р. Приспособление не менялось 3360 р.

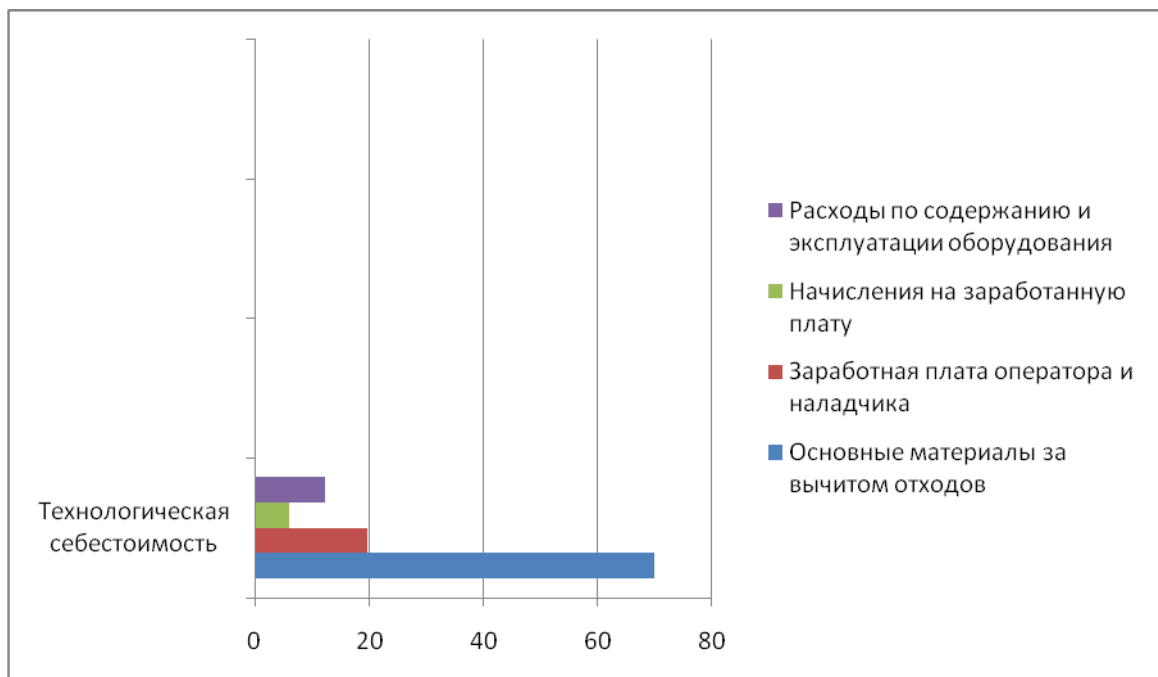


Рисунок 10.1-Технологическая себестоимость(базовый вариант)⁹.

$$3_{П.он} = \frac{\sum 3,4 \cdot 66,71}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,2 \cdot 1,076 = 7,31 p$$

$$3_{Б.он} = \frac{\sum 8,15 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,2 \cdot 1,076 = 18,99 p$$

⁹ Рисунок выполнен автором.

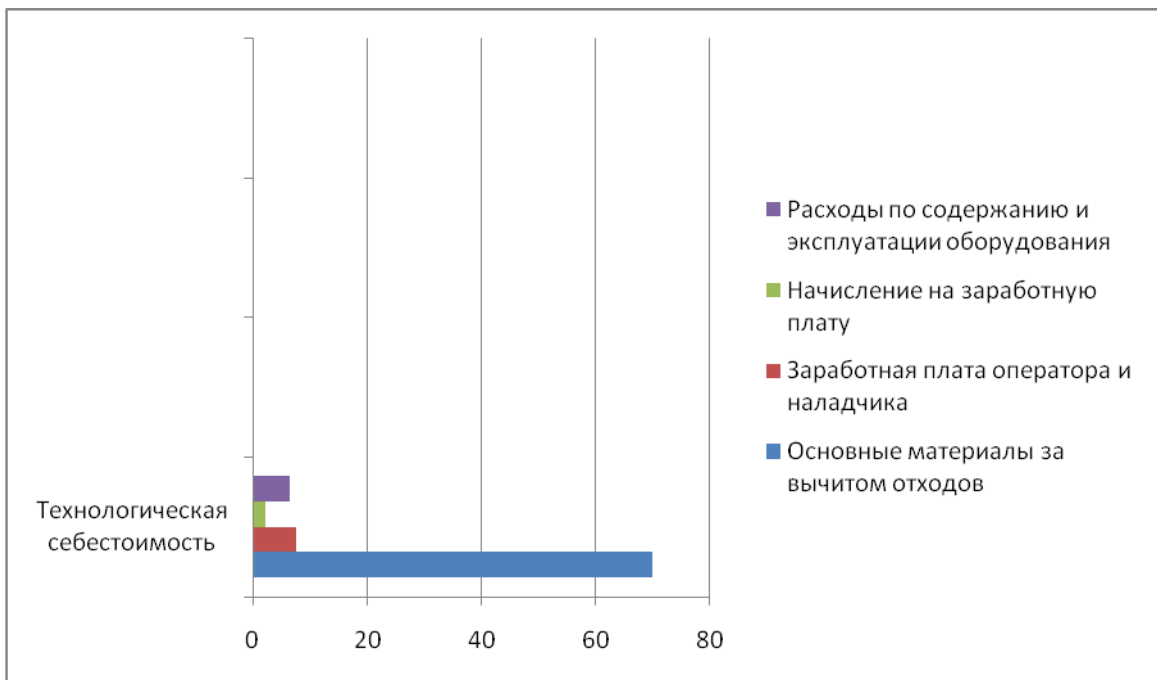


Рисунок 10.2.-технологическая себестоимость (проектный вариант)¹⁰.

$$\Pi_{ОЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (C_{ПОЛ(БАЗ)} - C_{ПОЛ(ПР)}) \cdot \Pi_{Г} \quad (5.1)$$

$$\Pi_{ОЖ} = (7132,79 - 7096,47) \cdot 5000 = 181600 \text{ р}$$

$$H_{ПРИБ} = \Pi_{ОЖ} \cdot K_{НАЛ} \quad (5.2)$$

где: $K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения.[8 с16, прил.10]

$$H_{ПРИБ} = 181600 \cdot 0,2 = 36320 \text{ р}$$

$$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{ПРИБ} \quad (5.3)$$

$$П_{ЧИСТ} = 181600 - 36320 = 145280 \text{ р}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ОБЩ}}{П_{ЧИСТ}} + 1, \text{ год} \quad (5.4)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{464208}{145280} + 1 = 5 \text{ лет}$$

$$\begin{aligned} D_{ДИСК.ОБЩ} &= \sum_1^T 145280 \cdot \frac{1}{(1+0,15)^1} + 145280 \cdot \frac{1}{(1+0,15)^2} + 145280 \cdot \frac{1}{(1+0,15)^3} + 145280 \cdot \frac{1}{(1+0,15)^4} + \\ &+ 145280 \cdot \frac{1}{(1+0,15)^5} = 488103,5 \text{ р} \end{aligned}$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ВВ.ПР} \quad (5.5)$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = 488103,5 - 464208,6 = 23894,9 \text{ р}$$

$$ИД = \frac{D_{общ. диск.}}{K_{общ}} = \frac{488103,5}{464208,6} = 1,05$$

Проект эффективный так как интегральная величина составляет 23894,9 р

Заключение.

В выпускной квалификационной работе были предложены следующие усовершенствования:

1. Разработан технологический процесс удовлетворяющий требованиям к точности и шероховатостей поверхностей относительно рабочего чертежа с минимальной трудоемкостью при среднесерийном производстве;
2. Проведен технико-экономическое сравнение заготовок, на основании которой можно судить что заготовка в закрытом штампе получается с минимальными затратами;
3. Расчитаны режимы на всех операциях и для всех поверхностей;
4. Построены размерные цепи, в основу которой вошли расчет припусков на всех операциях и промежуточных размеров;
5. Спроектировано приспособление, в состав в который входят патрон поводковый кулачковый с гидравлическим приводом.
6. В технологическом процессе проведена замена операции в целях повышения экономической эффективности, которая в итоге составила 23894,9 р.

Список используемой литературы

1. Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине "Технология машиностроения". Размерный анализ технологических процессов изготовления деталей машин. Сост. Михайлов А.В. - Тольятти, 2002.
2. Михайлов А.В. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства. Тольятти, 2004.
3. Рымкевич А.П. Задачник по физике. Дрофа, 2009.
4. Методические указания: Экономическое обоснование выбора заготовок при проектировании заготовок. Сост. Боровков В.М. - Тольятти, 1999.
5. Справочник технолога-машиностроителя-Под ред. А.Г. Косиловой- М.: Машиностроение, 1986-496 с.
6. Горбачев А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, Минск "Высшая школа", 1983. - 255 с.
7. Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине "Оборудование и оснастка". Сост. Воронов Н.Ю. - Тольятти, 2016.
8. Методические указания по экономическому обоснованию технических решений. Сост. Зубкова Н.В.-Тольятти, 2002.
9. Производство деталей металлорежущих станков: учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин.- Старый Оскол: ТНТ, 2010.-592 с.
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов.- М.: Машиностроение, 2004.-784 с.
11. Расторгуев, Д.А. Разработка плана изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев.- Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013.-52 с. : обл.
12. Мягков, В.Д. Допуски и посадки / В.Д. Мягков [и д.р.] - Машиностроение: Ленингр. отд-ние", 1982. - 543 с.

13.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.

14.Горина, Л.Н. Методические указания к дипломному проектированию / Л.Н. Горина. – Тольятти: ТГУ, 2003г. – 17с.

15.Технологические наладки механической обработки и сборки в машиностроении: учеб. пособие / А. Г.Схиртладзе [и др.]. – Гриф УМО; ТГУ. – Тольятти: ТГУ, 2003. – 179 с.

16. J. Tomson //Experimental research of processing parameters on the surface roughness at high speed CNC turning for steel EN-24 Alloy using response surface methodology - inTech, 2013.

http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue5/Version%207/AA04507153160.pdf.

17.L .Silva // Modelling and optimization of process parameters during processing keyway cutters made of hardened.

steel.http://www.ijera.com/papers/Vol2_issue2/DH22674679.pdf.

18.P. Hilton // ANN based tool condition monitoring.

CC.http://www.ingenieria.unam.mx/~revistafi/ejemplares/V12N4/V12N4_art10.pdf.

19. P. Andersson // Effect of vibration on the spindle with the surface roughness in turning machines termokonstantnyh conditions using Ann system.

<http://thinkinglean.com/img/files/020304m.pdf>.

20. Experimental study of the influence of process parameters on the metal removal rate and surface roughness in turning operations on a conventional lathe for the 6082 class aluminum Material, using the Taguchi.

http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue1/Version%203/AE4103177185.pdf.

ПРИЛОЖЕНИЕ

K22

[illegible]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC				
7	Проверил			Логинав Н.Ю.												Кафедра ОТМП																	
8																																	
9																																	
10	Н. Кантр.			Виткалов В.Г.												Деталь ВА/Л-ШПИНДЕЛЬ																	0,25
11	Наименование операции					Материал					Твердость					EB	MD	Профиль размеры					M3	КОИД									
12	050 Токарная чистовая					Сталь 40X ГОСТ 1050-74					HRC 40...45						52	60x229					212										
13																																	
14	Оборудование, устройство ЧПУ					Обозначение программы					То		Тб		Тпз		Тшт		СОЖ														
15	Токарно-винторезный																																
16	Б16Д25Ф3-02										11,97		1,57		3,5		17,12		ВИАМ														
17	P										ПИ	Д или В		L		f		i		S		n		V									
18																																	
19	001	1. Установить заготовку																															
20	Т02	Патрон поводковый кулачковый с одной стороны, упорный центр с другой																															
21	003	Резцом 1 снять припуск с поверхности 12																															
22	Т04	Токарный резец проходной упорный отогнутый ГОСТ 18879-73																															
23	005	Резцом 2 снять припуск с поверхности 6,8,9																															
24	Т06	Токарный резец проходной упорный отогнутый																															
25	007	Резцом 3,4 обработать канавки																															
26	Т08	Токарный подрезной отогнутый ГОСТ 18880-73																															
27	009	Резцом 5 обработать резьбовые поверхн.																															
28											1					19	0,46	1	0,3	523	263	поб.12											
29											2					122	0,43	1	0,3	640	271,13	поб.6											
30																140	0,44	1	0,3	630	297	поб.8											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC					
1																																		
2	Дубл.																																	
3	Взам.																																	
4	Подп.																																	
5																																		
6	Разраб.	Кадашников М.Г.						Кафедра ОТМП																										
7	Проверил	Логинав Н.Ю.																																
8																																		
9																																		
10	Н. Кантр.	Виткалов В.Г.						Деталь ВА/Л-ШПИНДЕЛЬ																										0,25
11	Наименование операции					Материал										Твердость					EB	MD	Профиль размеры					M3	КОИД					
12	100 Расточная					Сталь 40X ГОСТ 1050-74										HRC 40...45						52	60x229					54						
13																																		
14	Оборудование, устройство ЧПУ					Обозначение программы										То		Тб		Тпз		Тшт		СОЖ										
15	Горизонтально-расточной станок.																																	
16	262ПР1															3,14		0,5		0,9		4,73		ВИАМ										
17	P										ПИ		Д или В		L		f		i		S		n		V									
18																																		
19	001	1. Установить заготовку																																
20	T02	Тиски станочные винтовые самоцентрирующие с призматическими губками для круглых профилей																																
21	003	Расточить цилиндрическую поверхность и фаску																																
22	T04	Расточной резец ГОСТ 18883-73																																
23	005	Подрезать канавку																																
24	T06	Расточной реец ГОСТ 18882-73																																
25											1				150		0,6		1		0,4		125		31,31									

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																														
Стор. №					<u>Документация</u>																																
	A1			16.БР.ОТМП.643.80.000	Сборочный чертеж	1																															
					<u>Детали</u>																																
		1	16.БР.ОТМП.643.80.001	Наружный корпус	1																																
		2	16.БР.ОТМП.643.80.002	Внутренний корпус	1																																
		3	16.БР.ОТМП.643.80.003	Гильза	1																																
		4	16.БР.ОТМП.643.80.004	Шток	1	Ст45																															
		5	16.БР.ОТМП.643.80.005	Поршень	1	Ст45																															
		6	16.БР.ОТМП.643.80.006	Тяга	1	Ст40																															
		7	16.БР.ОТМП.643.80.007	Пробка	1	Ст3																															
		8	16.БР.ОТМП.643.80.008	Кольцо	1	Ст3																															
		9	16.БР.ОТМП.643.80.009	Поршневое уплотнение	2	Ст3																															
		10	16.БР.ОТМП.643.80.010	Штуцер	2	Ст45																															
		11	16.БР.ОТМП.643.80.011	Распорная втулка	1	Ст45																															
	Подп. и дата		12	16.БР.ОТМП.643.80.012	Корпус патрона	1	Ст40																														
		13	16.БР.ОТМП.643.80.013	Крышка патрона	1	Ст45																															
		14	16.БР.ОТМП.643.80.014	Сменный кулачок	1	Ст45																															
		15	16.БР.ОТМП.643.80.015	Кулачок постоянный	1	Ст3																															
		16	16.БР.ОТМП.643.80.016	Зажимной механизм	1	Ст40																															
		17	16.БР.ОТМП.643.80.017	Втулка	1	Ст40																															
Взам. инв. №																																					
Инв. № докл.																																					
Подп. и дата																																					
Инв. № подл.																																					
				16.БР.ОТМП.643.80.000																																	
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Кадошников Н.Г.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td>Логинков Н.Ю.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Виткалов В.Г.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Бобровский А.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Кадошников Н.Г.			Пров.		Логинков Н.Ю.			Н.контр.		Виткалов В.Г.			Утв.		Бобровский А.В.			Патрон поводковый кулачковый		<table border="1"> <tr> <td>Лист</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table>	Лист	Лист	Листов		1	2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																	
Разраб.		Кадошников Н.Г.																																			
Пров.		Логинков Н.Ю.																																			
Н.контр.		Виткалов В.Г.																																			
Утв.		Бобровский А.В.																																			
Лист	Лист	Листов																																			
	1	2																																			
				ТГУ, ИМ гр. МСД-1203																																	
				Копировал Формат А4																																	

