

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Электронного обучения _____
Специальность _____ Технология машиностроения _____
Кафедра _____ ТАМП _____

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления корпуса

УДК 62-214.2.002.2-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
з - 4302	Смелков Алексей Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Шибинский К.Г.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Петухов О.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Арляпов А.Ю.			

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Электронного обучения _____
Направление подготовки (специальность) __Технология машиностроения__ _____
Кафедра _____ ТАМП _____

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
з – 4302	Смелков Алексей Евгеньевич

Тема работы:

Разработка технологии изготовления корпуса

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 18.05.2016 г. № 3679/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Рабочий чертеж, количество деталей в партии, сталь 30 ГОСТ 1050-88.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Разработка технологического процесса изготовления детали, расчет припусков на обработку, расчет технологических размеров, размерный анализ технологического процесса, выбор оборудования, инструмента; расчет режимов резания, проектирование специального приспособления; расчет затрат на проект; обзор вопросов социальной ответственности

Перечень графического материала	1. Рабочий чертеж. 2. Карты ТП изготовления корпуса. 3. Размерный анализ ТП. 4. Чертеж специального приспособления. 5. Бюджет проекта.
----------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Технологический раздел	Шибинский К.Г.
Конструкторский раздел	Шибинский К.Г.
Экономический раздел	Петухов О.Н.
Социальная ответственность	Гуляев М.В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
-------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Шибинский К.Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
з – 4302	Смелков Алексей Евгеньевич		

Оглавление

1. Технологическая часть.	3
1. Анализ технологичности конструкции детали.	3
2. Определение серийности производства.....	4
3. Выбор вида и способа получения заготовки.....	6
4. Проектирование технологического процесса.	7
5. Маршрутный и операционный технологический процесс.....	11
5.1. Определение допусков.	11
5.2 Расчет припусков	12
5.3 Технологические размеры в продольном направлении	15
5.4 Расчет диаметральных тех размеров.....	19
5.5 Выбор оборудования.....	27
5.6 Расчет режимов резания.	32
5.7. Определение норм времени	62
5.7.1. Расчет основного времени.....	62
5.7.2 Определение вспомогательного времени на каждую операцию	76
5.7.3 Определение штучно-калькуляционного времени.....	77
2. Конструкторский раздел.....	81
2.1 Анализ исходных данных.....	81
2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы.....	82
2.3 Описание конструкции и работы приспособления.	82
2.4. Порядок сборки приспособления.	83
2.5. Определение сил закрепления.	83
3. Экономическая часть.	85
3.1 Продолжительность этапов работ	85
3.2 Расчет накопления готовности проекта.....	88
3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	89
4. Социальная ответственность.	94
4.1. Производственная безопасность.	94
4.1.1. Анализ выявленных вредных факторов.....	95
4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов.....	100
4.2. Безопасность окружающей среды.	101
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	103
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	107
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	109

1 Технологическая часть.

1. Анализ технологичности конструкции детали.

В процессе разработки конструкции детали конструктор придает ей не только необходимые свойства, выражающие полезность изделия, но и свойства, определяющие уровень затрат ресурсов на его создание, изготовление, техническое обслуживание и ремонт.

Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой технологичность конструкции изделия. [1, с.269]

Во время практики мной был получен рабочий чертеж детали корпус. Чертеж выполнен со всеми необходимыми видами и разрезами. Корпус изготавливается из стали 30 ГОСТ 1050-88. Деталь имеет перепад диаметров. Предварительную обработку наружных и внутренних поверхностей предполагается делать на токарном станке с ЧПУ. Форма детали удобна для изготовления и автоматического контроля, но требует разных приспособлений при обработке внутренних поверхностей. Конфигурация детали обеспечивает легкое удаление стружки. Заготовка прокат, круг d 110 – В ГОСТ 2590-71/20-б, позволяет вести обработку в универсальном трехкулачковом самоцентрирующемся патроне на черновых операциях.

Чертеж не загроможден излишними размерами или видами и наглядно представляет всю необходимую информацию для представления внешнего вида детали. Прописаны все необходимые требования для изготовления корпуса. Указаны все необходимые требования для производства детали.

К достоинствам конструкции детали следует отнести:

1. Конструкция детали достаточно жесткая, что не ограничивает режимы резания;
2. В конструкции детали имеются достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности;
3. Все плоскости расположены параллельно или перпендикулярно относительно друг друга;
4. Конструкция допускает обработку плоскостей напроход;
5. Есть свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям;
6. Форма отверстий позволяет растачивать их напроход с одной стороны;
7. Все отверстия расположены под прямым углом к плоскости входа и выхода инструмента;
8. В конструкции детали нет резьбы большого диаметра;
9. Отверстия можно обрабатывать одновременно на многошпиндельных станках или с помощью кондуктора.

К недостаткам конструкции можно отнести:

1. Наличие глухих отверстий, которые нельзя заменить сквозными;
2. Имеются 2 отверстия с конической резьбой.

Исходя из вышеперечисленных условий, деталь является технологичной.

2. Определение серийности производства.

От типа производства зависят: форма его организации (метод работы); вид и способ получения исходной заготовки; типаж применяемого при её обработке оборудования, приспособлений и инструментов; степень детализации разработки самого технологического процесса изготовления детали.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца.

Для расчета коэффициента закрепления операций составляется таблица. (табл. 1). В первую графу записываются все операции базового техпроцесса, во вторую – нормы времени $t_{шт.}$. Определяется и записывается в третью графу таблицы расчетное количество станков m_p для каждой операции:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}$$

Где, N – годовой выпуск детали, шт. = 750 шт.

$t_{шт-к}$ – штучно- калькуляционное время, мин.

F_d – действительный годовой фонд времени, ч. = 4016

$\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования, принимаем $\eta_{з.н.} = 0,8$.

Принятое число рабочих мест P (четвертая графа) устанавливают округлением значений m_p (третья графа) до ближайшего целого числа.

Далее для каждой операции вычисляют значение фактического коэффициента загрузки

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}$$

Количество операций (последняя графа), выполняемых на рабочем месте, определяется по формуле

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}}$$

Коэффициент закрепления операций рассчитывается по формуле

$$k_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}$$

Табл. 1. Расчет коэффициента закрепления операций.

Операция	$t_{шт-кз,мин}$	m_p	P	$\eta_{з,ф}$	O
010 Заготовительная	1,775	0,07	1	0,07	23,4
020 Токарная с ЧПУ	5,314	0,1	1	0,1	21
030 Токарная с ЧПУ	1,904	0,07	1	0,07	23,4
040 Фрезерная	5,03	0,16	1	0,16	17
050 Фрезерная	18,9	0,17	1	0,17	16,7
060 Фрезерная	4,38	0,12	1	0,12	18,66
070 Фрезерная	14,82	0,1	1	0,1	21
080 Строгальная	4,314	0,16	1	0,16	17
090 Сверлильная	4,2	0,08	1	0,08	22
100 Токарная с ЧПУ	4,944	0,1	1	0,1	21
110 Токарная с ЧПУ	4,944	0,1	1	0,1	21
120 Сверлильная	1,552	0,07	1	0,07	23,4
130 Слесарная	2,794	0,1	1	0,1	21

$$m_{p010} = \frac{750 \cdot 1,775}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,07$$

$$m_{p020} = \frac{750 \cdot 5,314}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,1$$

$$m_{p030} = \frac{750 \cdot 1,904}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,07$$

$$m_{p040} = \frac{750 \cdot 5,03}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,16$$

$$m_{p050} = \frac{750 \cdot 18,9}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,17$$

$$m_{p060} = \frac{750 \cdot 4,38}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,12$$

$$m_{p070} = \frac{750 \cdot 14,82}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,1$$

$$m_{p080} = \frac{750 \cdot 4,314}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,16$$

$$m_{p090} = \frac{750 \cdot 4,2}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,08$$

$$m_{p100} = \frac{750 \cdot 4,944}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,1$$

$$m_{p110} = \frac{750 \cdot 4,944}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,1$$

$$m_{p120} = \frac{750 \cdot 1,552}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,07$$

$$m_{p130} = \frac{750 \cdot 2,794}{60 \cdot 4016 \cdot 0,8} = 0,1$$

$$\sum O = 105,56 \quad \sum P = 13$$

Коэффициент закрепления операций, согласно формуле,

$$k_{з.о.} = \frac{266,56}{13} = 20,5$$

Следовательно, по ГОСТ 3.1121-84 производство корпуса будет мелкосерийным.

3. Выбор вида и способа получения заготовки.

Чем больше форма и размеры исходной заготовки приближаются к форме и размерам детали, тем дороже эта заготовка в изготовлении, но тем проще и дешевле её последующая обработка резанием и меньше расход материала. Следовательно, наименьшая себестоимость детали будет соответствовать минимуму суммарных затрат на изготовление исходной заготовки и её последующую обработку.

Затраты на проектирование и изготовление которой могут оправдать себя лишь при достаточно большом объеме выпуска деталей. При мелкосерийном производстве экономически выгоднее будет заготовка, полученная из проката.

С учетом типа производства, габаритов и массы детали в качестве исходной заготовки принимаем сортовой горячекатаный прокат круглой формы.

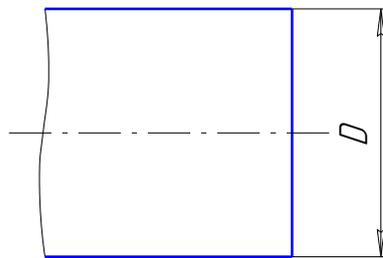
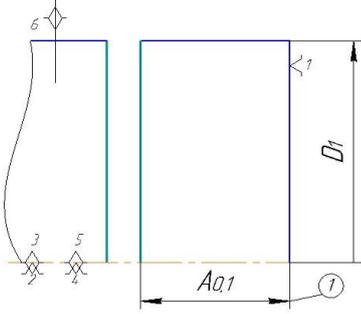
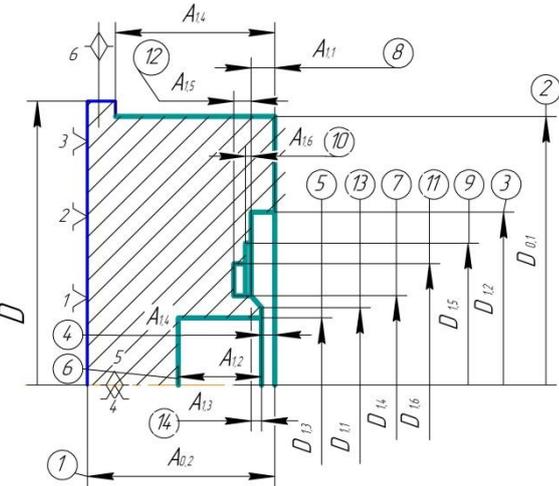
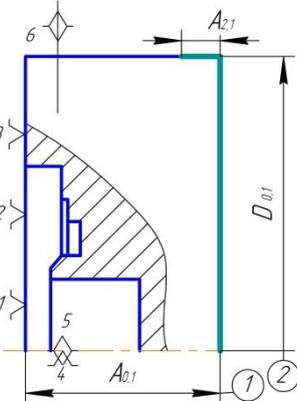


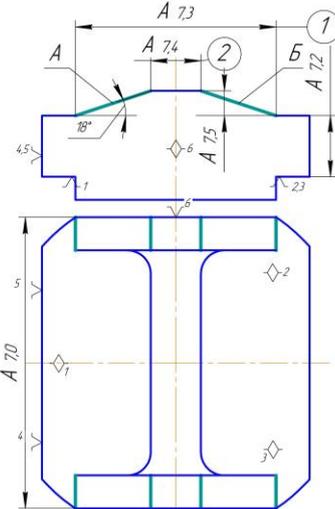
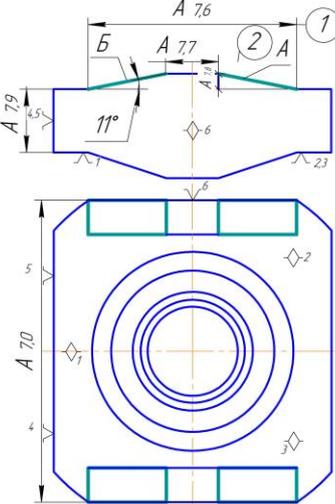
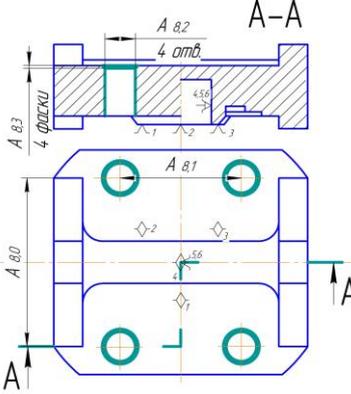
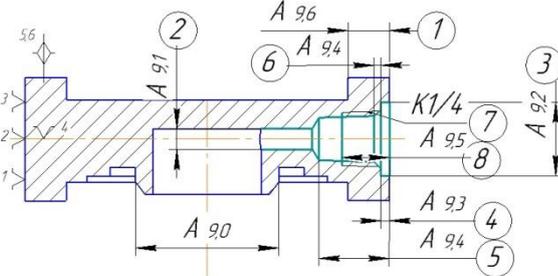
Рис. 1 Заготовка

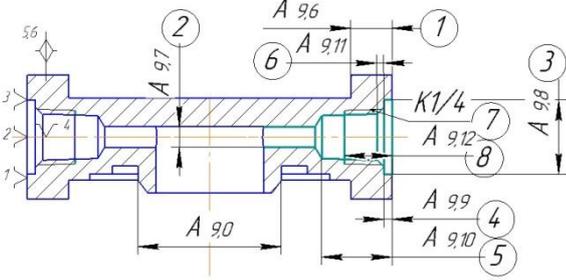
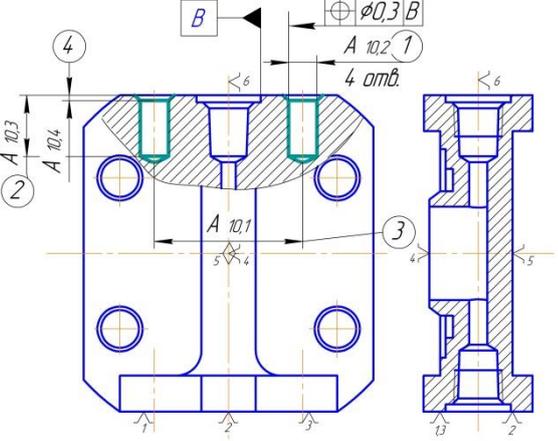
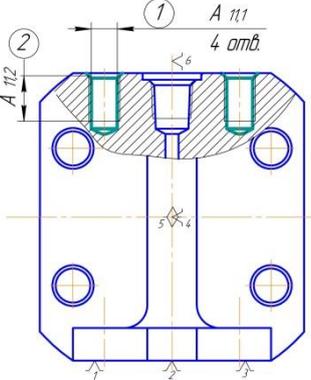
4. Проектирование технологического процесса.

Таблица 3

Переходы	Эскиз	Операция
<p>Отрезать заготовку в размер 1</p>		<p>010 Заготовительная</p>
<p>1 Подрезать торец в размер 1; 2 Центровать торец. 3 Сверлить отверстие d22 на глубину 10мм мах; 4 Точить поверхность в размер 2 на длину $A_{1.4}$. 5 Расточить отверстие 3 в размер 4; 6 Расточить отверстие 5 в размер 6; 7 Расточить отверстие 9 выдерживая размер 10; 8 Расточить отверстие 11 выдерживая размеры 12, 7 и 8; 9 Точить фаску выдерживая размеры 13,14.</p>		<p>020 Токарная с ЧПУ</p>
<p>1 Подрезать торец в размер 1. 2 Точить поверхность в размер 2 на длину 5мм.</p>		<p>030 Токарная с ЧПУ</p>

<p>Установить деталь в приспособление 1 Фрезеровать поверхность А и Б; Повернуть деталь в приспособлении на 90°. 2 Фрезеровать поверхность В и Г;</p>		<p>040 Фрезерная</p>
<p>1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры 1, 2 и 3.</p>		<p>050 Фрезерная</p>
<p>1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры 1, 2 и 3.</p>		<p>060 Фрезерная</p>
<p>1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры 1, 2 и 3.</p>		<p>070 Фрезерная</p>

<p>1. 1 Стругать две поверхности А одновременно выдерживая размеры 1 и 2; 2 Стругать две поверхности Б одновременно выдерживая размеры 1 и 2;</p> <p>Перевернуть деталь</p> <p>2. 1 Стругать две поверхности В одновременно выдерживая размеры 3 и 4.; 2 Стругать две поверхности Г одновременно выдерживая размеры 3 и 4.</p>	<p>1.</p>  <p>2.</p> 	<p>080 Стругальная</p>
<p>1 Сверлить последовательно четыре отверстия напроход, выдерживая размеры 2,3,4. 2 Зенковать последовательно четыре фаски, выдерживая размер 1.</p>		<p>090 Сверлильная</p>
<p>1 Подрезать торец в размер 1; 2 Центровать торец; 3 Сверлить отверстие 2 напроход; 4 Расточить отверстие 3 выдерживая размер 4.; 5 Рассверлить отверстие под резьбу d10,6+0,14</p>		<p>100 Токарная с ЧПУ</p>

<p>выдерживая размер 5. 6 Точить фаску 6; 7 Нарезать резьбу 7 выдерживая размер 8;</p>		
<p>1 Подрезать торец в размер 1; 2 Центровать торец; 3 Сверлить отверстие 2 нароход; 4 Расточить отверстие 3 выдерживая размер 4.; 5 Рассверлить отверстие под резьбу, выдерживая размер 5. 6 Точить фаску 6; 7 Нарезать резьбу 7 выдерживая размер 8;</p>		<p>110 Токарная с ЧПУ</p>
<p>1 Сверлить два отверстия последовательно с помощью приспособления; Перевернуть деталь на 180°; 2 Сверлить два отверстия последовательно с помощью приспособления; 3 Зенковать последовательно две фаски, выдерживая размер 4; Перевернуть деталь на 180°; 4 Зенковать последовательно две фаски, выдерживая размер 4.</p>		<p>120 Сверлить ная:</p>
<p>1 Нарезать последовательно резьбу 1 в четырех отверстиях, выдерживая размер 2.</p>		<p>130 Слесарна я</p>

5. Маршрутный и операционный технологический процесс.

5.1. Определение допусков.

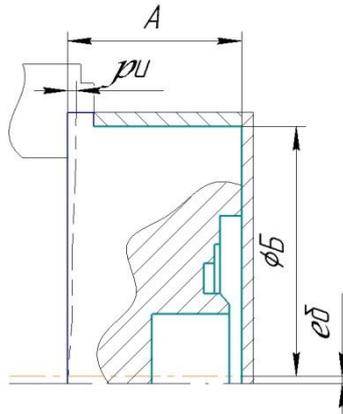


Рис.3. Схема подрезки торца и обточки заготовки на операции 020

Исходная заготовка, поступающая на вторую, токарную операцию, имеет значительные пространственные отклонения измерительной (технологической) базы $r_{и}$, от которой выдерживается размер A_{11} .

В этом случае получить размер A_{11} с погрешностью менее $r_{и}$ невозможно как на настроенных станках, так и методом пробных ходов. Поэтому величина $r_{и}$ должна быть включена в допуск на размер A :

$$TA_1 = \omega_{c1} + r_{и},$$

где ω_{c1} , статистическая погрешность размера A , которая берется из таблиц точности. Значение $r_{и}$ определяется по стандартам на исходные заготовки.

$$TA_1 = 350 + 40 = 390 \text{ мкм.}$$

На операции возникает погрешность базирования заготовки в радиальном направлении $\varepsilon_{б}$. Однако, $\varepsilon_{б}$ не будет непосредственно сказываться на погрешности диаметра B и его допуск может быть принят равным статистической погрешности, т.е. $TБ = \omega_{c1}$.

$$TБ = 440 \text{ мкм.}$$

5.2 Расчет припусков

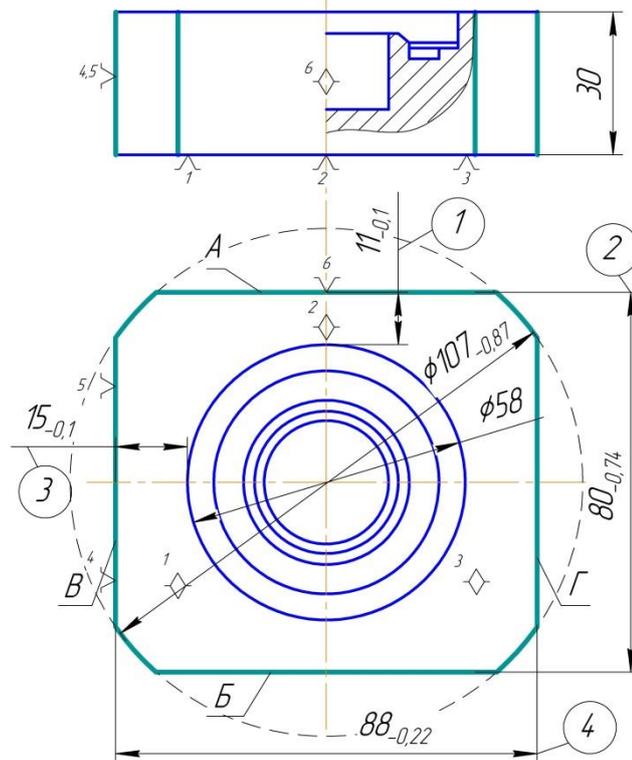


Рис. 4.

Аналитически рассчитаем припуски на наружную поверхность $\varnothing 107_{-0,87}$ мм.

Таблица 5 – Расчет припусков на механическую обработку наружной поверхности $\varnothing 107_{-0,87}$ мм.

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 107_{-0,87}$	Элементы припуска, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск, δ мкм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм	
	Rz	H	ρ	ε				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	300	928	0	-	110	2000	107,67	109,67		
Черновое точение	50	50	55	440	1,544	107	870	106,13	107,17	0,504	3,544
Итого										0,504	3,544

Минимальный припуск определяется по формуле:

$$2Z_{\min_i} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right),$$

где Rz_{i-1} – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

H_{i-1} – глубина дефектного слоя на предшествующем переходе;

ρ_{i-1} – величина пространственных отклонений на предшествующем переходе;

ε_i – погрешность установки заготовки на текущем переходе.

Для проката значение $R_z = 200$ мкм, $H = 300$ мкм. Для черного точения $R_z = 50$ мкм, $H = 50$ мкм. Погрешность установки заготовки (патрон самоцентрирующийся):

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2},$$

где ε_B – погрешность базирования, ε_3 – погрешность закрепления.

Погрешность базирования равна нулю, т.к. заготовка базируется по наружной поверхности в самоцентрирующемся трехкулачковом патроне, т.е.

$$\varepsilon_B = 0.$$

Погрешность закрепления возникает в результате смещения обрабатываемой поверхности заготовки от действия зажимной силы. Так как мы в качестве зажимного приспособления используем трехкулачковый патрон с пневматическим приводом, обеспечивающим постоянство усилий зажима, то погрешность закрепления можно принять из $\varepsilon_y = 440$ мкм.

Величина пространственных отклонений для заготовки определяется по формуле:

$$\rho_k = \Delta k \cdot l;$$

где $\Delta k = 8$ мкм/мм – удельная кривизна заготовки;

$l = 34$ мм – длина заготовки;

$$\rho_k = 8 \cdot 34 = 272 \text{ мкм};$$

Величина пространственных отклонений после черного точения

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho_k$$

где k_y – коэффициент уточнения формы ;

$$\rho_{черн.точ.} = 0,06 \cdot 272 \approx 17 \text{ МКМ}$$

Минимальный припуск под черное точение:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (200 + 300 + 272) = 1544 \text{ МКМ}.$$

Определим расчетные размеры путем прибавления расчетного минимального припуска:

$$d_{p(\text{черн.точ.})} = 106,13 + 1,544 = 107,674 \text{ мм};$$

$$d_{(\text{загот})} = 107,674 + 2 = 109,674$$

Запишем наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров; округление

производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Предельные наибольшие размеры рассчитаем путем прибавления к наименьшим предельным размерам допусков соответствующих переходов.

Предельные размеры:

$$\begin{aligned}d_{\min (\text{черн.точ.})} &= 106,13\text{мм}; \\d_{\max (\text{черн.точ.})} &= 106,13 + 1,04 = 107,17 \text{ мм}; \\d_{\min (\text{загот.})} &= 107,674\text{мм}; \\d_{\max (\text{загот.})} &= 107,674 + 2 = 109,674 \approx 110 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Рассчитаем предельные значения припусков Z_{\max} , как разность наименьших предельных размеров и Z_{\min} , как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов:

$$\begin{aligned}2 \cdot z_{\min \text{ черн.точ.}}^{np} &= 107,674 - 107,17 = 0,504 \text{ мм}; \\2 \cdot z_{\max \text{ черн.точ.}}^{np} &= 109,674 - 106,13 = 3,544\text{мм};\end{aligned}$$

Общий номинальный припуск:

$$2Z_{НОМ} = 2Z_{\min 0} + \frac{Td_0}{2} - Td_0 = 1,674 + \frac{2}{2} - 0,870 = 1,804 \text{ мм}.$$

Номинальный диаметр заготовки:

$$d_{НОМ} = d_{НОМ \delta} + 2Z_{НОМ} = 107 + 1,804 = 108,804 \text{ мм}.$$

Подсчитаем минимальный припуск на подрезку торца заготовки. Указанный торец был сформирован при отрезке предыдущей заготовки.

Шероховатость поверхности и толщина дефектного слоя (для черногого точения) составляют (в среднем) $Rz_{i-1} = 115$ мкм и $h_{i-1} = 75$ мкм.[2]

Пространственное отклонение торца найдем по формуле

$$z_{imin} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + p_{i-1}$$

Из Приложения 3 $\rho_{\phi_{i-1}} = 30$ мкм, а $\rho_{p_{i-1}} = 80$ мкм. Таким образом

$$\rho_{\phi_{i-1}} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}} = 30 + 80 = 110 \text{ (мкм)}.$$

Минимальный припуск на подрезку торца:

$$z_{imin} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + p_{i-1} = 115 + 75 + 110 = 300 \text{ мкм}$$

5.3 Технологические размеры в продольном направлении определяем, используя размерную схему.

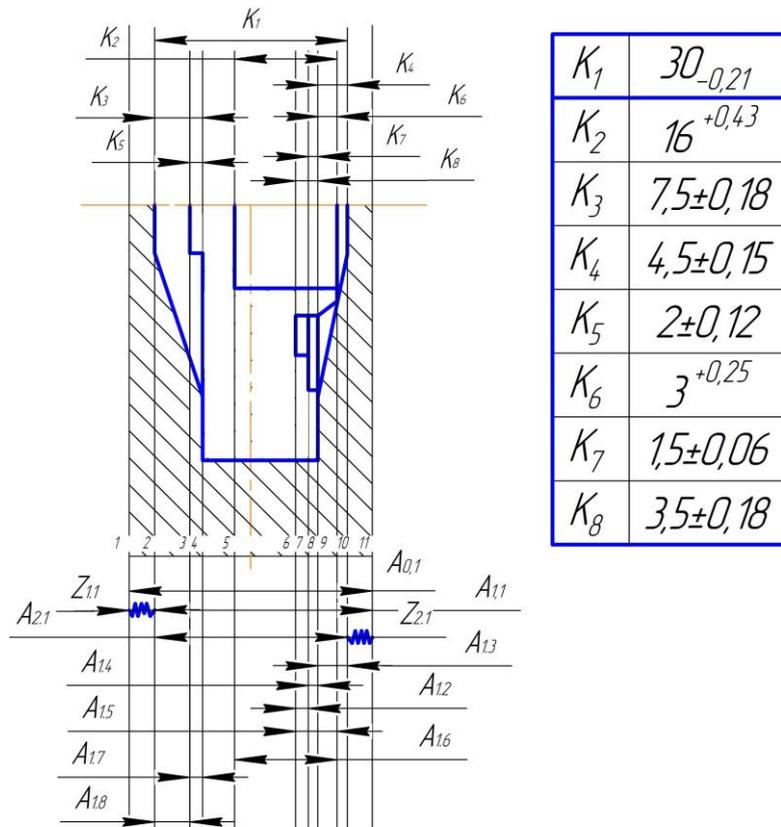


Рис 5. Размерная схема технологического процесса (продольное направление).

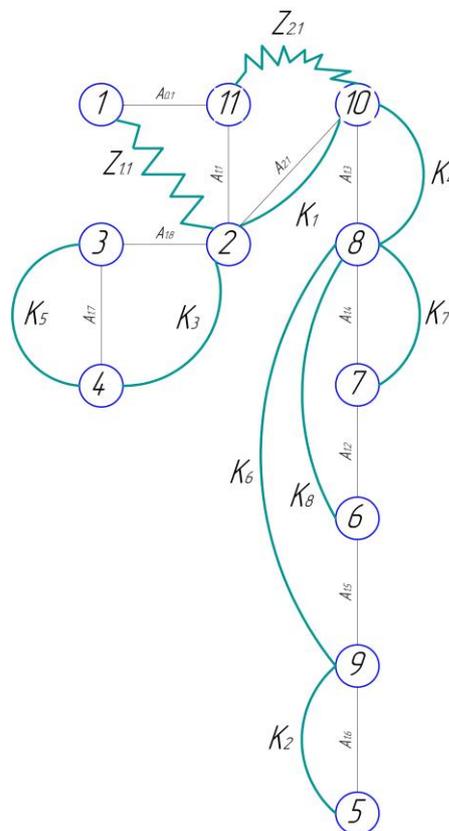


Рис. 6. Граф технологических размерных цепей (продольное направление).

Допуски на технологические размеры в продольном направлении:

0) заготовка: $TA_{0,1} = 1,2\text{мм}$.

1) токарная с ЧПУ: $TA_{2,1} = 0,16\text{ мм}$, $TA_{1,1} = 0,16\text{ мм}$, $TA_{1,2} = 0,06\text{ мм}$, $TA_{1,3} = 0,08\text{ мм}$, $TA_{1,4} = 0,06\text{ мм}$, $TA_{1,5} = 0,08\text{ мм}$, $TA_{1,6} = 0,1\text{ мм}$, $TA_{1,7} = 0,06\text{ мм}$.

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i,$$

Для размера K_1 (см. рис. 7.): $TK_1 = 0,21 \geq TA_{2,1} = 0,16\text{ мм}$, т. е. размер K_1 может быть обеспечен с заданной точностью. Размер $A_{2,1}$ соответствует K_1

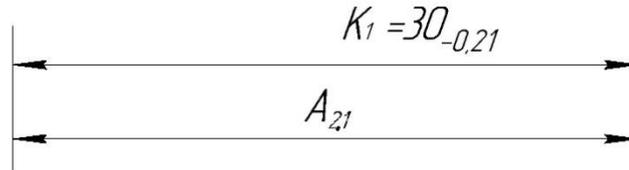


Рис.7. Размерная цепь для K_1

Для размера K_2 (см. рис. Рис.8): $TK_2 = 0,43 \geq TA_{1,6} = 0,1\text{ мм}$, т. е. размер K_2 может быть обеспечен с заданной точностью. Размер $A_{1,6}$ соответствует K_2

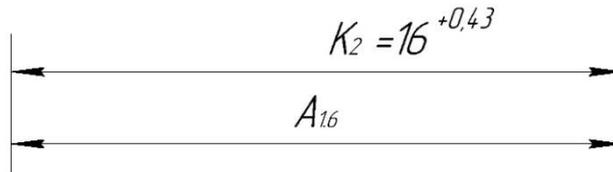


Рис.8. Размерная цепь для K_2

Для размера K_4 (см. рис. 9.): $TK_4 = 0,3 \geq TA_{1,3} = 0,08\text{ мм}$, т. е. размер K_4 может быть обеспечен с заданной точностью.

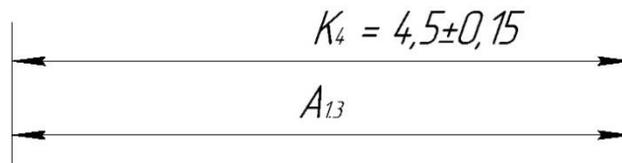


Рис. 9. Размерная цепь для K_4

Для размера K_5 (см. рис. 10.): $TK_5 = 0,24 \geq TA_{1,7} = 0,06\text{ мм}$, т. е. размер K_5 может быть обеспечен с заданной точностью. Размер $A_{1,7}$ соответствует K_5

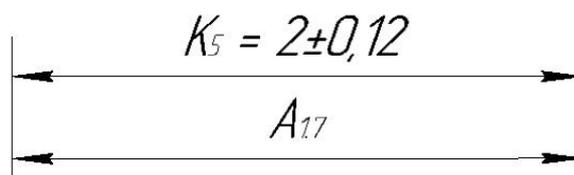


Рис. 10. Размерная цепь для K_5

Для размера K_7 (см. рис. 11.): $TK_7 = 0,06 \geq TA_{1,4} = 0,06\text{ мм}$, т. е. размер K_7 может быть обеспечен с заданной точностью. Размер $A_{1,4}$ соответствует K_7

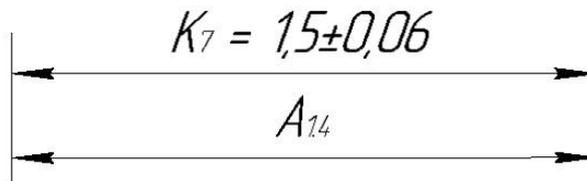


Рис. 11. Размерная цепь для K_7

Для размера K_3 (см. рис. 12.):

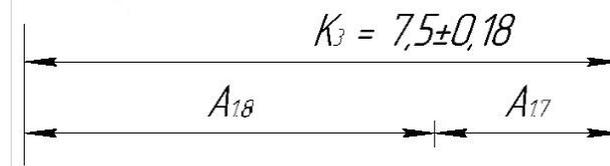


Рис. 12. Размерная цепь для K_3

$$A_{1.8}^c = K_3^c - A_{1.7}^c = 7,5 - 2 = 5,5 \text{ мм}$$

Окончательно запишем $A_{1.8} = 5,5 \pm 0,12$ мм (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Для размера K_8 (см. рис. 13.):

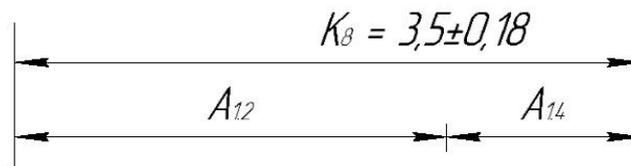


Рис. 13. Размерная цепь для K_8

$$A_{1.2}^c = K_8^c - A_{1.4}^c = 3,5 - 1,5 = 2 \text{ мм}$$

Окончательно запишем $A_{1.2} = 2 \pm 0,12$ мм (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Для размера K_6 (см. рис. 14.):

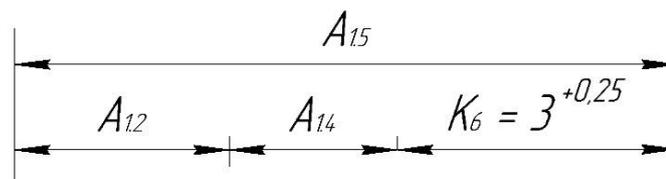


Рис. 14. Размерная цепь для K_6

$$A_{1.5}^c = K_6^c + A_{1.2}^c + A_{1.4}^c = 3 + 2 + 1,5 = 6,5 \text{ мм}$$

Окончательно запишем $A_{1.5} = 6,5 \pm 0,08$ мм (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Для определения технологического размера $A_{1.1}$, рассмотрим цепь (см. рис. 15.):

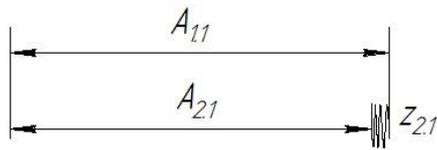


Рис. 15. Размерная цепь для $A_{1.1}$

$$A_{2.1} = 30_{-0,16} \text{ мм}$$

$$A_{2.1}^c = 30$$

$$Z_{2.1}^{max} = Z_{2.1}^{min} + TA_{2.1} + TA_{1.1} = 0,3 + 0,16 + 0,16 = 0,62$$

$$Z_{2.1}^c = \frac{Z_{2.1}^{max} + Z_{2.1}^{min}}{2} = \frac{0,62 + 0,3}{2} = 0,46$$

$$A_{1.1}^c = A_{2.1}^c + Z_{2.1}^c = 30 + 0,46 = 30,46$$

$$A_{1.1} = 30,46_{-0,16} \text{ мм (размер относится к валам)}$$

Для определения технологического размера $A_{0.1}$, рассмотрим цепь (см. рис. 16.):

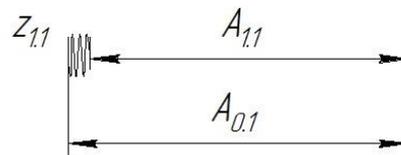


Рис. 16. Размерная цепь для $A_{0.1}$

$$A_{1.1} = 30,46_{-0,16}$$

$$A_{1.1}^c = 30,46$$

$$Z_{1.1}^{max} = Z_{1.1}^{min} + TA_{1.1} + TA_{0.1} = 0,3 + 0,16 + 1,2 = 1,66$$

$$Z_{1.1}^c = \frac{Z_{1.1}^{max} + Z_{1.1}^{min}}{2} = \frac{1,66 + 0,3}{2} = 0,98$$

$$A_{0.1}^c = A_{1.1}^c + Z_{1.1}^c = 30,46 + 0,98 = 31,44$$

$$A_{0.1} = 31,44_{-1,2} \text{ мм (размер относится к валам)}$$

5.4 Расчет диаметральных тех размеров.

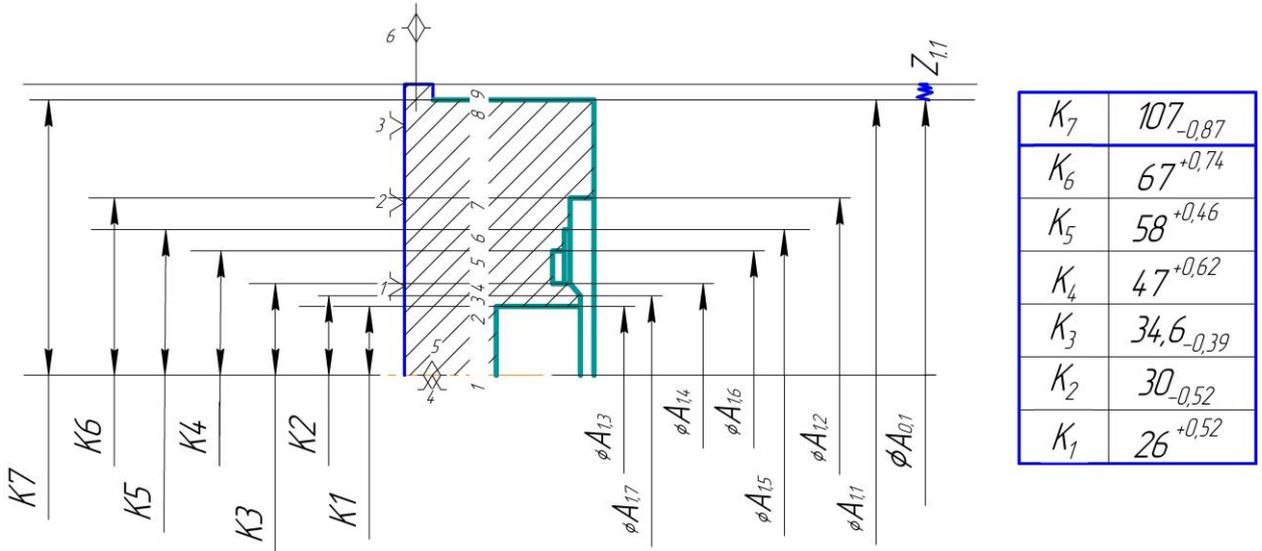


Рис. 17. Диаметральные технологические размеры.

Допуски на технологические размеры диаметральном направлении:

0) заготовка: $TA_{0,1} = 2\text{мм}$.

1) токарная с ЧПУ: $TA_{1,1} = 0,87\text{ мм}$, $TA_{1,2} = 0,46\text{ мм}$, $TA_{1,3} = 0,33\text{ мм}$, $TA_{1,4} = 0,39\text{ мм}$, $TA_{1,5} = 0,46\text{ мм}$, $TA_{1,6} = 0,39\text{ мм}$, $TA_{1,7} = 0,33\text{ мм}$.

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i,$$

Для размера K_7 : $TK_7 = 0,87 \geq TA_{1,1} = 0,87\text{ мм}$, т. е. размер K_7 может быть обеспечен с заданной точностью. (см. рис. 18.). Размер $A_{1,1}$ соответствует K_7 :



Рис.18. Размерная цепь для K_7

Для размера K_6 : $TK_6 = 0,74 \geq TA_{1,2} = 0,46\text{ мм}$, т. е. размер K_6 может быть обеспечен с заданной точностью. (см. рис. 19.) . Размер $A_{1,2}$ соответствует K_6 :

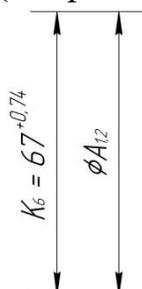


Рис.19. Размерная цепь для K_6

Для размера K_5 : $TK_5 = 0,46 \geq TA_{1.5} = 0,46$ мм, т. е. размер K_5 может быть обеспечен с заданной точностью. (см. рис. 20.) . Размер $A_{1.5}$ соответствует K_5 :

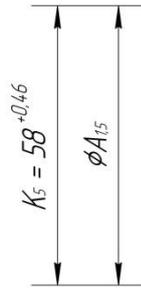


Рис.20. Размерная цепь для K_5

Для размера K_4 : $TK_4 = 0,62 \geq TA_{1.6} = 0,39$ мм, т. е. размер K_4 может быть обеспечен с заданной точностью. (см. рис. 21.) . Размер $A_{1.6}$ соответствует K_4 :

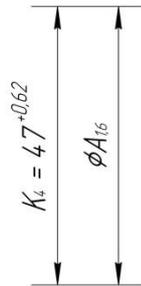


Рис.21. Размерная цепь для K_4

Для размера K_3 : $TK_3 = 0,39 \geq TA_{1.4} = 0,39$ мм, т. е. размер K_3 может быть обеспечен с заданной точностью. (см. рис. 22.) . Размер $A_{1.4}$ соответствует K_3):

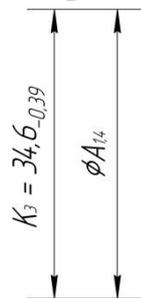


Рис.22. Размерная цепь для K_3

Для размера K_2 : $TK_2 = 0,52 \geq TA_{1.7} = 0,33$ мм, т. е. размер K_2 может быть обеспечен с заданной точностью. (см. рис. 23.) . Размер $A_{1.7}$ соответствует K_2 :

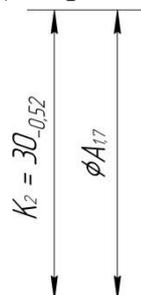


Рис.23. Размерная цепь для K_2

Для размера K_1 : $TK_1 = 0,52 \geq TA_{1,3} = 0,33$ мм, т. е. размер K_1 может быть обеспечен с заданной точностью. (см. рис. 24.). Размер $A_{1,3}$ соответствует K_1 :

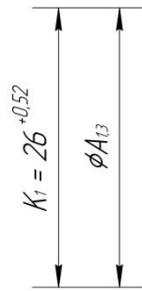


Рис.24. Размерная цепь для K_1

Таблица 4.

№ операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры.	Технологические базы.
010	Заготовительная	Ленточно пильный станок Века-Мак BMSY 440 DGH	Пильное полотно М42 (5200мм)	Пов-ть заготовки $d110$ мм
020	Токарная с ЧПУ: 1 Подрезать торец в размер 1; 2 Центровать торец. 3 Сверлить отверстие $d22$ на глубину 10мм мах; 4 Точить поверхность в размер 2 на длину 25мм. 5 Расточить отверстие 3 в размер 4; 6 Расточить отверстие 5 в размер 6; 7 Расточить отверстие 9 выдерживая размер 10; 8 Расточить отверстие 11 выдерживая размеры 12, 7 и 8; 9 Точить фаску выдерживая размеры 13,14.	Токарный станок 16К20Ф3	Резец проходной отогнутый 2102-0501 ГОСТ 26613-85, Резец проходной упорный 2101-0005 ГОСТ 18879-73, Центровочное сверло 2317-0164 ГОСТ 14952-75, Спиральное сверло 22 2301-3551 ГОСТ 10903-77, Резец проходной расточной 2141-0201 ГОСТ 18883-73, Резец канавочный	Наружный диаметр $D 110$ мм и торец

			торцевой 2120-0508 ГОСТ 18874-73	
025	Контрольная Фаска, размеры.		ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, Нутромер НИ 100-1 ГОСТ 868-82,	
030	Токарная с ЧПУ: 1 Подрезать торец в размер 1. 2 Точить поверхность в размер 2 на длину 5мм.	Токарны й станок 16К20Ф3	Резец проходной упорный 2101- 0005 ГОСТ 18879-73	Наружный диаметр D 107мм и торец
040	Фрезерная: Установить деталь в приспособление. 1 Фрезеровать поверхность А и Б; Повернуть деталь в приспособлении на 90`. 2 Фрезеровать поверхность В и Г;	Вертикал ьно- фрезерны й станок 6P12	Концевая фреза d40 ГОСТ 17025- 71	Торец, боковые поверхнос ти обеспечив ающие упор заготовки.
045	Контрольная		ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89.	
047	Слесарная Зачистить заусенцы после обработки на фрезерном станке		Напильник 2В20- 0013	
050	Фрезерная: Фрезеровать поверхность выдерживая размеры 1,2 и 3.	Вертикал ьно- фрезерны й станок 6P12	Шпоночная фреза Ø 16 мм. ГОСТ 9140 - 78	Торец, боковые параллель ные поверхнос ти.
055	Контрольная		ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89.	
60	Фрезерная: Фрезеровать поверхность выдерживая размеры 1 , 2	Вертикал ьно- фрезерны	Концевая фреза d40 ГОСТ 17025- 71,	Торец, боковые параллель

	и 3.	й станок 6P12		ные поверхнос ти.
65	Контрольная		ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89.	
70	Фрезерная: Фрезеровать поверхность выдерживая размеры 1 , 2 и 3.	Вертикал ьно- фрезерны й станок 6P12	Шпоночная фреза Ø 14 мм. ГОСТ 9140 - 78	Торец, боковые параллель ные поверхнос ти.
75	Контрольная		ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89.	
77	Слесарная Зачистить заусенцы после обработки на фрезерном станке		Напильник 2В20- 0013	
80	Строгальная: 1. 1 Строгать две поверхности А одновременно выдерживая размеры 1 и 2; 2 Строгать две поверхности Б одновременно выдерживая размеры 1 и 2; Перевернуть деталь 2. 1 Строгать две поверхности В одновременно выдерживая размеры 3 и 4.; 2 Строгать две поверхности Г одновременно выдерживая размеры 3 и 4.	Поперечн о – строгальн ый станок 7Б35	Резец строгальный проходной изогнутый ГОСТ 18887-73	Торец, боковые параллель ные поверхнос ти.
85	Контрольная		ШЦ-I-125-0,05	

			ГОСТ 166-89.	
87	Слесарная Зачистить заусенцы после обработки на строгальном станке		Напильник 2В20-0013	
90	Сверлильная: 1 Сверлить последовательно четыре отверстия напроход, выдерживая размеры 1,2,3,4. 2 Зенковать последовательно четыре фаски, выдерживая размер 4.	Вертикально-сверлильный 2Б125	Приспособление. Спиральное сверло d10,5 ГОСТ 10903-77 Зенкер d12,5 ГОСТ 12489-71	Торец, Боковые параллельные поверхности.
95	Контрольная Контролировать полученные отверстия; Контролировать фаску визуально.		ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, Шаблон фасочный ГОСТ 14637-89, Калибр пробка 10-ПР, -НЕ.	
100	Токарная с ЧПУ: Подрезать торец в размер 1; Центровать торец; Сверлить сквозное отверстие 2; Расточить отверстие 3 выдерживая размер 4.; Рассверлить отверстие под резьбу, выдерживая размер 5. Точить фаску 6; Нарезать резьбу 7 выдерживая размер 8; Зачистить заусенцы после механической обработки.	Токарный станок 16К20Ф3	Резец проходной отогнутый ГОСТ 26613-85, Центровочное сверло 2317-0164 ГОСТ 14952-75, Спиральное сверло 5 2301-3551 ГОСТ 10903-77, Спиральное сверло 10,6 ГОСТ 10903-77 Резец проходной расточной 2141-0201 ГОСТ 18883-73, Метчик К1/4 ГОСТ 6227-	Торец, Боковые поверхности.

			80	
105	<p>Контрольная</p> <p>Контролировать размеры 1,4,5,8.</p> <p>Контролировать отверстия 2,3., резьбу 7.</p> <p>Контролировать фаску визуально.</p>		<p>ШЦ-I-125-0,05</p> <p>ГОСТ 166-89,</p> <p>Нутромер НИ 100-1 ГОСТ 868-82, Калибр пробка 18-ПР, -НЕ,</p> <p>Калибр пробка 5-ПР, -НЕ. Кольцо К1/4 Р-Р</p>	
110	<p>Токарная с ЧПУ:</p> <p>Подрезать торец в размер 1;</p> <p>Центровать торец;</p> <p>Сверлить сквозное отверстие 2;</p> <p>Расточить отверстие 3 выдерживая размер 4.;</p> <p>Рассверлить отверстие под резьбу, выдерживая размер 5.</p> <p>Точить фаску 6;</p> <p>Нарезать резьбу 7 выдерживая размер 8;</p> <p>Зачистить заусенцы после механической обработки.</p>	Токарный станок 16К20Ф3	<p>Резец проходной отогнутый ГОСТ 26613-85,</p> <p>Центровочное сверло 2317-0164 ГОСТ 14952-75,</p> <p>Спиральное сверло 5 2301-3551 ГОСТ 10903-77,</p> <p>Спиральное сверло 10,6 ГОСТ 10903-77</p> <p>Резец проходной расточной 2141-0201 ГОСТ 18883-73, Метчик К1/4 ГОСТ 6227-80</p>	Торец, Боковые поверхности.
115	<p>Контрольная</p> <p>Контролировать размеры 1,4,5,8.</p> <p>Контролировать отверстия 2,3., резьбу 7.</p> <p>Контролировать фаску визуально.</p>		<p>ШЦ-I-125-0,05</p> <p>ГОСТ 166-89,</p> <p>Нутромер НИ 100-1 ГОСТ 868-82, Калибр пробка 18-ПР, -НЕ,</p> <p>Калибр пробка 5-ПР, -НЕ. Кольцо</p>	

			К1/4 Р-Р	
120	<p>1 Сверлить два отверстия последовательно с помощью приспособления; Перевернуть деталь на 180°;</p> <p>2 Сверлить два отверстия последовательно с помощью приспособления;</p> <p>3 Зенковать последовательно две фаски, выдерживая размер 4; Перевернуть деталь на 180°;</p> <p>4 Зенковать последовательно две фаски, выдерживая размер 4.</p>	<p>Вертикально-сверлильный настольный 2М112</p>	<p>Приспособление Кондуктор 5Ш.7357-4338; Спиральное сверло d5 ГОСТ 10903-77. Спиральное сверло d10,5 ГОСТ 10903-77</p>	<p>Торец, Боковые параллельные поверхности.</p>
125	Контрольная		<p>ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, Шаблон фасочный ГОСТ 14637-89, Калибр пробка 10-ПР, -НЕ.</p>	
130	<p>Слесарная: Нарезать последовательно резьбу 1 в четырех отверстиях</p>		<p>Вороток для метчиков ГОСТ 22401-83 Метчик М 10 ГОСТ 24705-81</p>	<p>Торец, Боковые поверхности обеспечивающие упор заготовки.</p>
135	Контрольная		<p>Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, Пробки</p>	

			резьбовые для М10. ГОСТ 17758-72	
136	Контрольная Контролировать изделие визуально на наличие загрязнений, стружки.			
137	Цинкование Ц9	Ванна 5Ш.7888- 4426		

5.5 Выбор оборудования.

Токарно- винторезный станок с ЧПУ Модель 16К20Ф3

Основные параметры станка		
Диаметр обработки над станиной, мм		500
Наибольшая длина обработки, 6-позиционная головка, мм		900
Наибольшая длина обработки, 8-позиционная головка, мм		750
Наибольшая длина обработки, 12-позиционная головка, мм		850
Наибольшая длина обработки в центрах, мм		1000
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм		55
Наибольший поперечный ход суппорта, мм		210
Наибольший продольный ход суппорта, мм		905
Максимальная рекомендуемая скорость продольной рабочей подачи, мм		2000
Максимальная рекомендуемая скорость поперечной рабочей подачи, мм		1000
Количество управляемых координат, шт.		2
Количество одновременно управляемых координат, шт.		2
Дискретность задания перемещения, мм		0,001
Пределы частот вращения шпинделя, мин-1		20 - 2500
Скорость быстрых перемещений суппорта - поперечного, мм/мин		2 400
Максимальная скорость быстрых продольных перемещений, мм/мин		15000
Максимальная скорость быстрых поперечных		7500

перемещений, мм/мин	
Количество позиций инструментальной головки	8
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	3700×2260×1650
Масса станка, кг	4000

Вертикально – фрезерный станок.

Модель 6P12

Основные параметры станка	
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1250 x 320
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	800
Наибольшее поперечное перемещение стола, мм	320
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм	420
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	30 - 450
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	31,5 - 1600
Ускоренное продольное перемещение стола, мм/мин	4000
Ускоренное поперечное перемещение стола, мм/мин	4000
Ускоренное вертикальное перемещение стола, мм/мин	1330
Максимальная масса обрабатываемой детали с приспособлением, кг	250 /
Мощность электродвигателя привода шпинделя, кВт	7,5
Мощность электродвигателя привода стола, кВт	3
Конус шпинделя по ГОСТ 30064-93	ISO 50
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	2280x1965x2265
Масса станка с электрооборудованием, кг	3250

Поперечно-строгальный станок.

Модель 7Б35

Основные параметры станка	
Класс точности станка	Н
Длина хода ползуна, мм	20..500
Наибольшее сечение резца, мм	20 x 32
Наибольшее расстояние от опорной поверхности резца до станины (вылет), мм	640
Высота ползуна над рабочей поверхностью стола, мм	90..400
Стол	

Размеры рабочей поверхности стола - верхней, мм	360 x 500
Размеры рабочей поверхности стола - правой, мм	375 x 380
Размеры рабочей поверхности стола - левой, мм	375 x 380
Наибольшее перемещение стола от руки - горизонтальное, мм	500
Наибольшее перемещение стола от руки - вертикальное, мм	310
Наибольшее перемещение стола механическое - горизонтальное, мм	500
Наибольшее перемещение стола механическое - вертикальное, мм	-
Число горизонтальных подач стола	16
Быстрое, горизонтальное перемещение стола, м/мин	2,2
Горизонтальные подачи стола, мм/дв.ход	0,3..4,8
Цена деления лимба, мм	0,1
Суппорт	
Наибольшее вертикальное перемещение головки резца от руки, мм	170
Цена деления лимба, мм	0,05
Наибольший угол поворота резцовой головки до входа в станину, град	±60
Наибольший угол поворота доски резцедержателя, град	±15
Наибольшая перестановка ползуна, мм	310
Наибольшее допустимое усилие резания, Н	18000
Число ступеней скоростей главного привода (перемещения ползуна)	8
Числа двойных ходов ползуна в минуту	12,5; 17,7; 25; 34,5; 49; 71; 100; 138
Число подач суппорта	6
Подачи суппорта, мм/дв.ход	0,16..1
Электрооборудование. Привод	
Количество электродвигателей на станке	1
Электродвигатель привода стола, кВт	5,5
Габариты и масса станка	
Габариты станка (длина ширина высота), мм	2335 x 1355 x 1540
Масса станка, кг	1800

Вертикально - сверлильный станок.**Модель 2A125**

Основные параметры станка	
Наибольший диаметр сверления в стали 45, мм	25
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	0...700
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	750...1125
Расстояние от оси вертикального шпинделя до направляющих стойки (вылет), мм	250
Рабочий стол	
Размеры рабочей поверхности стола, мм	500 x 375
Число Т-образных пазов Размеры Т-образных пазов	3
Наибольшее вертикальное перемещение стола (ось Z), мм	325
Шпиндель	
Наибольшее перемещение салазок шпинделя, мм	200
Наибольшее перемещение (ход) шпинделя, мм	175
Частота вращения шпинделя, об/мин	97...1360
Количество скоростей шпинделя	9
Наибольший допустимый крутящий момент, кг*м	250
Конус шпинделя	Морзе 3
Механика станка	
Число ступеней рабочих подач	9
Пределы вертикальных рабочих подач на один оборот шпинделя, мм	0,1...0,81
Наибольшее усилие подачи, кг	900
Динамическое торможение шпинделя	Есть
Электрооборудование и привод станка	
Электродвигатель привода главного движения, кВт	2,8
Электронасос охлаждающей жидкости Тип	X14-22М
Габариты и масса станка	
Габариты станка (длина x ширина x высота), мм	980 x 825 x 2300
Масса станка, кг	870

Вертикально – сверлильный настольный станок.**Модель 2M112**

Основные параметры станка	
Наибольший диаметр сверления, мм	12

Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола	0...400
Расстояние от оси вертикального шпинделя до направляющих стойки (вылет), мм	190
Рабочий стол	
Ширина рабочей поверхности стола, мм	250
Число Т-образных пазов Размеры Т-образных пазов	3
Шпиндель	
Наибольшее перемещение шпиндельной головки, мм	250
Ход гильзы шпинделя, мм	100
Частота вращения шпинделя, об/мин	450, 800, 1400, 2500, 4500
Количество скоростей шпинделя	5
Конус шпинделя	Морзе В18
Привод	
Электродвигатель привода главного движения, кВт	0,55
Габарит и масса станка	
Габариты станка (длина ширина высота), мм	795 x 370 x 950
Масса станка, кг	28

Ленточнопильный станок Века-Мак BMSY 440 DGH

Наибольший диаметр отрезаемой заготовки круглого сечения(угол реза 90 град), мм:	440
Параметры инструмента Ножовочное полотно	М.ц. расстояние 450;500мм.
Наибольший диаметр отрезаемой заготовки круглого сечения(угол реза 45 град), мм:	410
Наибольший размер отрезаемой заготовки квадратного сечения(угол реза 90 град), мм	440
Наибольший размер отрезаемой заготовки прямоугольного сечения(угол реза 45 град), мм	410
Скорость ленточнопильного полотна, м/мин	20...100
Длина пильного полотна, мм	5200*34*1,1
Мощность привода главного движения, кВт	3,0
Мощность гидронасоса, кВт	0,55
Привод подачи СОЖ, кВт	0,12
Высота рабочей поверхности, мм	860
Габаритные размеры, мм	1870*1210*2800
Масса, кг	1640

5.6 Расчет режимов резания.

010 Заготовительная операция

Материал режущего инструмента выбираем– Т15К6

Подача на зуб по таблице 108 [4, с425]: $S = 0,05$ мм/зуб, $Z=30$

Скорость резания $V = 50$ м/мин

Период стойкости инструмента принимаем: $T=5$ ч.

Минутная подача $S_M = 1500$ мм/мин

$$t_0 = \frac{D_{px}}{S_M} = \frac{110\text{мм}}{1500} = 0,73 \text{ мин}$$

Где D_{px} -длина рабочего хода

Ширина полотна $t=5$ мм.

020 Токарная с ЧПУ

Переход 1 точение торца

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям [4, с. 184] – Т15К6.

Глубина резания: $t = Z_{1,1}^c = 1,4$ мм.

Подача по таблице 15 [4, с.366] для данной глубины резания:

$S = 0,2$ мм/об

Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,20$ – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PIV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IIV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$K_{MV}=1$; $K_{PIV} = 1$; $K_{IIV} = 0,9$.

$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,9$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,9 = 220 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 220}{3,14 \cdot 110} = 638 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p=300; x=1; y=0,75; n=-0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,4^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 220^{-0,15} \cdot 0,7743 \\ = 497 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{497 \cdot 220}{1020 \cdot 60} = 1,78 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,78}{0,82} = 2,18 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 2,18 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 2: центровка торца

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Р6М5.

Глубина резания: $t = 5 \cdot 0,5 = 2,5$ мм.

Подача по таблице 38 [4, с.383] для данной глубины резания:

$$S = 0,08 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 7; q = 0,4; y = 0,70; m = 0,2$. – определяем по таблице 38

[4, с.383].

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV};$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{IV} = 1; K_{пV} = 1.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 15$ мин. Табл. 40 [4, с. 384]

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,08^{0,2}} \cdot 0,8 = 7,06 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 7,06}{3,14 \cdot 5} = 449 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:
 $C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$; $K_p=1$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 1^{0,8} \cdot 1 = 8,625 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{8,625 \cdot 449}{9750} = 0,397 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,397}{0,85} = 0,467 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 0,467 < N_{ст} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 3: сверление отверстия.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Р6М5.

При сверлении глубина резания будет равна $t=0,5D = 11$ мм.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,22$ мм/об.

Скорость резания, м/мин., формула:

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

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:
 $C_v=7$; $q=0,40$; $y=0,7$; $m=0,20$.

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV};$$

$K_{MV}=0,8$; $K_{IV}=1$; $K_{пV}=1$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 50$ мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{7 \cdot 22^{0,40}}{50^{0,20} \cdot 0,45^{0,7}} \cdot 0,8 = 15,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,4}{3,14 \cdot 22} = 223 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:
 $C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$; $K_p=1$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 22^2 \cdot 0,45^{0,8} \cdot 1 = 86,165 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{86,165 \cdot 223}{9750} = 1,972 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,972}{0,85} = 2,32 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 2,32 < N_{ст} = 11.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 4: точение поверхности.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Т15К6.

Глубина резания: $t = 2$ мм.

Подача по таблице 12 [4, с.365] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,20$; $m = 0,2$ – определяем по таблице 17 [4, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV} = 1; K_{ПV} = 1; K_{ИV} = 0,9.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,9 = 167 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 110} = 485 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 167^{-0,15} \cdot 0,7743 = 2031 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2031 \cdot 213}{1020 \cdot 60} = 7,071 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{7,071}{0,82} = 8,6 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 8,6 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 5: расточка отверстия.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям [4, с. 184] – Т15К6.

Глубина резания: $t = 2$ мм.

Подача по таблице 12 [4, с.365] для данной глубины резания:

$$S = 0,2 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 200$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$ – определяем по таблице 17 [4, с.367].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{200}{30^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 0,9 = 171 \text{ мм/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 171}{3,14 \cdot 58} = 938 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 171^{-0,15} \cdot 0,7743 = 539 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{539 \cdot 171}{1020 \cdot 60} = 1,506 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,506}{0,82} = 1,83 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 1,83 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 6: расточка отверстия.

Глубина резания: $t = 2$ мм.

Подача по таблице 12 [4, с.365] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 200$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$ – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{200}{30^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,9 = 171 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 171}{3,14 \cdot 26} = 1654 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 171^{-0,15} \cdot 0,7743 = 539 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{539 \cdot 171}{1020 \cdot 60} = 1,506 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,506}{0,82} = 1,83 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 1,83 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 7: расточка отверстия.

Глубина резания: $t = 2$ мм.

Подача по таблице 12 [4, с.365] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 200$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$ – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{200}{30^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,9 = 231 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 231}{3,14 \cdot 58} = 1269 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 231^{-0,15} \cdot 0,7743 = 520 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{520 \cdot 231}{1020 \cdot 60} = 1,784 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,784}{0,82} = 2,17 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 2,17 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 8: расточка отверстия.

Глубина резания: $t = 2$ мм.

Подача по таблице 12 [4, с.365] для данной глубины резания:

$S = 0,2$ мм/об

Значения коэффициентов: $C_V = 200$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$ – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{200}{30^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 0,9 = 166 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 166}{3,14 \cdot 47} = 1121 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 166^{-0,15} \cdot 0,7743 \\ = 539 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{539 \cdot 166}{1020 \cdot 60} = 1,46 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,46}{0,82} = 1,78 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 1,78 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 9: выточка фаски.

Глубина резания: $t = 3$ мм.

Подача по таблице 15 [4, с.366] для данной глубины резания:

$S = 0,08$ мм/об

Значения коэффициентов: $C_V = 215$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$; – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{215}{30^{0,20} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,08^{0,45}} \cdot 0,9 = 66 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 66}{3,14 \cdot 34,6} = 607 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p=300; x=1; y=0,75; n=-0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,08^{0,75} \cdot 66^{-0,15} \cdot 0,7743 \\ = 557 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{66 \cdot 557}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,6}{0,82} = 0,73 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,73 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

030 Токарная с ЧПУ

Переход 1 точение торца

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям [4, с. 184] – Т15К6.

Глубина резания: $t = Z_{2,1}^c = 1,55$ мм.

Подача по таблице 15 [4, с.366] для данной глубины резания:

$$S = 0,2 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,20$ – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Коэффициент $K_v = 0,9$:

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 1,55^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,9 = 205 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 205}{3,14 \cdot 110} = 593 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p=300; x=1; y=0,75; n=-0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{r p}=0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,45^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 205^{-0,15} \cdot 0,7743 = 522 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{522 \cdot 205}{1020 \cdot 60} = 1,75 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,75}{0,82} = 2,13 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 2,13 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 2: точение поверхности.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Т15К6.

Глубина резания: $t=2$ мм.

Подача по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,20$; $m = 0,2$ – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Коэффициент $K_v = 0,9$:

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,9 = 150 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 110} = 434 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p=300; x=1; y=0,75; n=-0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{r p}=0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 150^{-0,15} \cdot 0,7743 \\ = 1519 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1519 \cdot 150}{1020 \cdot 60} = 3,72 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,72}{0,82} = 4,54 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 4,54 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

040 Фрезерная

Переход 1: фрезерование поверхности 1

Материал режущей части фрезы выбираем Т15К6.

Характеристики фрезы: $D_{\text{фр}} = 40 \text{ мм}$, $z = 6$, $l = 65 \text{ мм}$.

Глубину фрезерования и подачу на зуб выбираем из таблицы 77 [4, с. 404]:

$$t = 13,5 \text{ мм}, S_z = 0,05 \text{ мм.}$$

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 81 [4, с.410]:

$$C_v=145; q=0,44; x=0,24; y=0,26; u=0,1; p=0,13; m=0,37. B=26.$$

Стойкость фрезы определяем по таблице 82 [4, с. 411]: $T = 120 \text{ мин}$.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} = \frac{145 \cdot 40^{0,44}}{120^{0,37} \cdot 13,5^{0,24} \cdot 0,05^{0,26} \cdot 26^{0,1} \cdot 6^{0,13}} = 79 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 79}{3,14 \cdot 40} = 629 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющегося на использованном станке:

$$n = 630 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{630 \cdot 3,14 \cdot 40}{1000} = 79,1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:
 $C_p=12,5$; $x=0,85$; $y=0,75$; $u=1$; $q=0,73$; $w = - 0,13$.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 13,5^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 20^1 \cdot 6}{40^{0,73} \cdot 630^{-0,13}} \cdot 1 = 2155 \text{ Н}.$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{2155 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 431 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2155 \cdot 79,1}{1020 \cdot 60} = 2,78 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,78}{0,82} = 3,4 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 3,4 < N_{ст} = 7,5.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения фрезерных операций.

Переход 1: фрезерование поверхности 2

Материал режущей части фрезы выбираем Т15К6.

Характеристики фрезы: $D_{фр} = 40$ мм, $z = 6$, $l = 65$ мм.

Глубину фрезерования и подачу на зуб выбираем из таблицы 77 [4, с. 404]:

$t = 9,5$ мм, $S_z = 0,05$ мм.

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 81 [4, с.410]:

$C_v=145$; $q=0,44$; $x=0,24$; $y=0,26$; $u=0,1$; $p=0,13$; $m=0,37$. $B=26$.

Стойкость фрезы определяем по таблице 82 [4, с. 411]: $T = 120$ мин.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} = \frac{145 \cdot 40^{0,45}}{120^{0,37} \cdot 9,5^{0,24} \cdot 0,05^{0,26} \cdot 26^{0,1} \cdot 6^{0,13}} = 79 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 79}{3,14 \cdot 40} = 629 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющегося на использованном станке:

$$n = 630 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{630 \cdot 3,14 \cdot 40}{1000} = 79,1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:

$C_p=12,5$; $x=0,85$; $y=0,75$; $u=1$; $q=0,73$; $w = - 0,13$.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 9,5^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 20^1 \cdot 6}{40^{0,73} \cdot 630^{-0,13}} \cdot 1 = 1682 \text{ Н.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{1682 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 336,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1682 \cdot 79}{1020 \cdot 60} = 2,17 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,17}{0,82} = 2,64 \text{ кВт.}$$

$$N_{пр} = 2,64 < N_{ст} = 7,5.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения фрезерных операций.

050 Фрезерная

Переход 1: фрезерование поверхности

Материал режущей части фрезы выбираем Т15К6.

Характеристики фрезы: $D_{фр} = 16 \text{ мм}$, $z = 3$, $l = 65 \text{ мм}$.

Глубину фрезерования и подачу на зуб выбираем из таблицы 77 [4, с. 404]:

$t = 16 \text{ мм}$, $S_z = 0,05 \text{ мм}$.

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 81 [4, с.410]:
 $C_v=12$; $q=0,3$; $x=0,3$; $y=0,25$; $u=0$; $p=0$; $m=0,26$. $B=26$.

Стойкость фрезы определяем по таблице 82 [4, с. 411]: $T = 80$ мин.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} = \frac{12 \cdot 16^{0,45}}{80^{0,26} \cdot 16^{0,3} \cdot 0,05^{0,25} \cdot 26^0 \cdot 3^0} = 12,3 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,3}{3,14 \cdot 16} = 244 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющемуся на использованном станке:

$$n = 200 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{200 \cdot 3,14 \cdot 16}{1000} = 10,05 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:
 $C_p=12,5$; $x=0,85$; $y=0,75$; $u=1$; $q=0,73$; $w= - 0,13$.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 16^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 20^1 \cdot 6}{16^{0,73} \cdot 200^{-0,13}} \cdot 1 = 1578 \text{ Н}.$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{1578 \cdot 16}{2 \cdot 100} = 126,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1578 \cdot 10,05}{1020 \cdot 60} = 0,26 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,26}{0,82} = 0,32 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 0,32 < N_{ст} = 7,5.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения фрезерных операций.

060 Фрезерная

Переход 1: фрезерование поверхности 1

Материал режущей части фрезы выбираем Т15К6.

Характеристики фрезы: $D_{фр} = 40$ мм, $z = 6$, $l = 65$ мм.

Глубину фрезерования и подачу на зуб выбираем из таблицы 77 [4, с. 404]:

$t = 40$ мм, $S_z = 0,05$ мм.

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 81 [4, с.410]:

$C_v=145$; $q=0,44$; $x=0,24$; $y=0,26$; $u=0,1$; $p=0,13$; $m=0,37$. $B=26$.

Стойкость фрезы определяем по таблице 82 [4, с. 411]: $T = 120$ мин.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} = \frac{145 \cdot 40^{0,45}}{120^{0,37} \cdot 40^{0,24} \cdot 0,05^{0,26} \cdot 26^{0,1} \cdot 6^{0,13}} = 65 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 40} = 518 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющемуся на использованном станке:

$$n = 500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 40}{1000} = 62,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:

$C_p=12,5$; $x=0,85$; $y=0,75$; $u=1$; $q=0,73$; $w= - 0,13$.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 40^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 20^1 \cdot 6}{40^{0,73} \cdot 500^{-0,13}} \cdot 1 = 5239 \text{ Н.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{5239 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 1048 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1048 \cdot 68}{1020 \cdot 60} = 1,16 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,16}{0,82} = 1,415 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 1,415 < N_{\text{ст}} = 7,5.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения фрезерных операций.

070 Фрезерная

Переход 1: фрезерование поверхности

Материал режущей части фрезы выбираем Т15К6.

Характеристики фрезы: $D_{\text{фр}} = 14 \text{ мм}$, $z = 3$, $l = 19 \text{ мм}$.

Глубину фрезерования и подачу на зуб выбираем из таблицы 77 [4, с. 404]:

$t = 14 \text{ мм}$, $S_z = 0,05 \text{ мм}$.

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 81 [4, с.410]:

$C_v=12$; $q=0,3$; $x=0,3$; $y=0,25$; $u=0$; $p=0$; $m=0,26$. $B=26$.

Стойкость фрезы определяем по таблице 82 [4, с. 411]: $T = 100 \text{ мин}$.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} = \frac{12 \cdot 14^{0,45}}{80^{0,26} \cdot 14^{0,3} \cdot 0,05^{0,25} \cdot 26^0 \cdot 3^0} = 12,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 14} = 284 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющегося на использованном станке:

$$n = 250 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{250 \cdot 3,14 \cdot 14}{1000} = 11 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:

$C_p=12,5$; $x=0,85$; $y=0,75$; $u=1$; $q=0,73$; $w= - 0,13$.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 14^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 20^1 \cdot 6}{14^{0,73} \cdot 250^{-0,13}} \cdot 1 = 4224 \text{ Н.}$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{4224 \cdot 14}{2 \cdot 100} = 295 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4224 \cdot 11}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,75}{0,82} = 0,92 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{пр}} = 0,92 < N_{\text{ст}} = 7,5.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения фрезерных операций.

080 Строгальная

Установ 1. Переход 1: Строгать две поверхности одновременно.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям [4, с. 184] – Т15К6.

Глубина резания: $t = Z_{1,1}^c = 1 \text{ мм}.$

Подача по таблице 34 [4, с.380] для данной глубины резания:

$S = 10 \text{ мм/дв.ход}$

Скорость резания выбираем 14 м/мин.

Число двойных ходов инструмента в минуту:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{L \cdot (k+1)}$$

где L - расчетная длина хода инструмента, мм;

k - коэффициент, показывающий отношение скоростей рабочего и холостого ходов. Если скорости равны, $k = 1$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2$$

Где: l_0 – длина обрабатываемой поверхности в направлении обработки, мм,

l_1 – длина врезания, мм,

l_2 – пробег режущего инструмента, мм.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 = 88 + 10 + 10 = 108 \text{ мм}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{L \cdot (k+1)} = \frac{1000 \cdot 14}{108 \cdot (1+1)} = 64,8$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющемуся на использованном станке:

$$n = 71 \frac{\text{Д. Х.}}{\text{МИН}}$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{L \cdot (k+1) \cdot n}{1000} = \frac{108 \cdot (1+1) \cdot 71}{1000} = 15,336 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

Для следующих переходов в этой операции значения принимаем аналогично. После определения числа двойных ходов, рассчитаем главную составляющую сил резания. Для расчета используем формулу:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p=300; x=1; y=0,75; n=-0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot m^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 64,8^{-0,15} \cdot 0,7743 = 621 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot m}{1020 \cdot 60} = \frac{621 \cdot 64,8}{1020 \cdot 60} = 0,66 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,66}{0,82} = 0,804 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,804 < N_{\text{ст}} = 5,5$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

090 Сверлильная

Переход 1: сверление отверстий.

Материал режущей части сверла выбираем Р6М5

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5D = 10,5 \cdot 0,5 = 5,25$ мм.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,2$ мм/об.

Скорость резания, м/мин., формула:

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

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:

$$C_v=7; q=0,40; y=0,70; m=0,20.$$

Общий поправочный коэффициент

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Pv};$$

$$K_{Mv}=0,8; K_{Iv}=1; K_{Pv}=1.$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Pv} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 25$ мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T_m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 10,5^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,2^{0,70}} \cdot 0,8 = 23,9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,9}{3,14 \cdot 10,5} = 706 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющемуся на использованном станке:

$$n = 500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 10,5}{1000} = 16,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$; $K_p=1$.

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,5^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 9,216 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{9,216 \cdot 500}{9750} = 0,47 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,47}{0,85} = 0,59 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{пр}} = 0,59 < N_{\text{ст}} = 2,8.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 2: зенкерование отверстий.

Материал режущей части сверла выбираем Р6М5

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5(D-d) = 0,5(12,5 - 10,5) = 1$ мм.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,17$ мм/об.

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T_m \cdot S^y} \cdot K_v;$$

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:

$C_v=7$; $q=0,40$; $y=0,70$; $m=0,20$.

Общий поправочный коэффициент

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{ПV};$$

$$K_{MV}=0,8; \quad K_{IV}=1; \quad K_{ПV}=1.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{ПV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 25$ мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 12,5^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,17^{0,70}} \cdot 0,8 = 23,3 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,3}{3,14 \cdot 12,5} = 593 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющегося на использованном станке:

$$n = 500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 12,5}{1000} = 19,63 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$$C_m=0,09; \quad q=1; \quad x=0,9; \quad y=0,8; \quad K_p=1.$$

Крутящий момент:

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 12,5^1 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,17^{0,8} \cdot 1 \\ &= 2,72 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,72 \cdot 500}{9750} = 0,14 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,14}{0,85} = 0,164 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 0,164 < N_{ст} = 2,8.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

100 Токарная с ЧПУ

Переход 1: точение торца.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям [4, с. 184] – Т15К6.

Глубина резания: $t = 1$ мм.

Подача по таблице 15 [4, с.366] для данной глубины резания:

$$S = 0,2 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,20$; $m = 0,2$. – определяем по таблице 17 [4, с.367].

Коэффициент K_v :

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

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,8 = 170 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 170}{3,14 \cdot 80} = 681 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p=300; x=1; y=0,75; n=-0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 170^{-0,15} \cdot 0,7743 \\ = 1067 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1067 \cdot 170}{1020 \cdot 60} = 2,96 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,96}{0,82} = 3,6 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 3,6 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 2: центровка торца

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Р6М5.

Глубина резания: $t = 5 \cdot 0,5 = 2,5$ мм.

Подача по таблице 38 [4, с.383] для данной глубины резания:

$$S = 0,08 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,70$; $m = 0,2$. – определяем по таблице 38

[4, с.383].

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV};$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{IV} = 1; K_{пV} = 1.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 15$ мин. Табл. 40 [4, с. 384]

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,08^{0,2}} \cdot 0,8 = 7,06 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 7,06}{3,14 \cdot 5} = 449 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$$C_m = 0,0345; q = 2; y = 0,8; K_p = 1.$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1 = 8,625 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{8,625 \cdot 449}{9750} = 0,397 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,397}{0,85} = 0,467 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 0,467 < N_{ст} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 3: сверление отверстия.

Материал режущей части сверла выбираем Р6М5

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5D = 0,5 \cdot 5 = 2,5$ мм.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,15$ мм/об.

Скорость резания, м/мин., формула:

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

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:

$$C_v = 7; q = 0,40; y = 0,70; m = 0,20.$$

Общий поправочный коэффициент

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV};$$

$$K_{MV}=0,8; \quad K_{IV}=1; \quad K_{пV}=1.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 15$ мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 5^{0,40}}{15^{0,20} \cdot 0,15^{0,70}} \cdot 0,8 = 23,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,8}{3,14 \cdot 5} = 1117 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$$C_m=0,0345; \quad q=2; \quad y=0,8; \quad K_p=1.$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 1,89 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,89 \cdot 1117}{9750} = 0,216 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,216}{0,85} = 0,255 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 0,255 < N_{ст} = 11.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 4: расточка отверстия.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям [4, с. 184] – Т15К6.

Глубина резания: $t=2$ мм.

Подача по таблице 15 [4, с.369] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 200$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,20$ – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{200}{30^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,8 = 115 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 115}{3,14 \cdot 18} = 2050 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$$C_p=300; x=1; y=0,75; n=-0,15.$$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{r p}=0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 115^{-0,15} \cdot 0,7743 \\ = 404 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{404 \cdot 115}{1020 \cdot 60} = 0,76 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,76}{0,82} = 0,92 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,92 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 5: сверление отверстия.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Р6М5.

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5D = 5,3 \text{ мм}$.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,15 \text{ мм/об}$.

Скорость резания, м/мин., формула:

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

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:

$$C_v=7; q=0,40; y=0,7; m=0,20.$$

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV};$$

$$K_{Mv}=0,8; K_{IV}=1; K_{IV}=1.$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 45 \text{ мин}$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 10,6^{0,40}}{45^{0,20} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,8 = 14,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14,8}{3,14 \cdot 15} = 314 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$; $K_p=1$.

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,5^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 9,216 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{9,216 \cdot 314}{9750} = 0,296 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,67}{0,85} = 0,296 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{пр}} = 0,296 < N_{\text{ст}} = 11.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 6: выточка фаски.

Глубина резания: $t = 1,6 \text{ мм}$.

Подача по таблице 15 [4, с.366] для данной глубины резания:

$S = 0,06 \text{ мм/об}$

Значения коэффициентов: $C_v = 215$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$; – определяем по таблице 17 [4, с.368].

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{215}{30^{0,20} \cdot 1,6^{0,15} \cdot 0,06^{0,45}} \cdot 0,9 = 66 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 66}{3,14 \cdot 34,6} = 607 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитаем главную составляющую сил резания.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

Значения коэффициентов определим по таблице 22 [4, с.372]:

$C_p=300$; $x=1$; $y=0,75$; $n=-0,15$.

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

Значения коэффициентов определим по таблице 23 [4, с.374]:

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{rp} = 0,87.$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7743$$

Силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,6^1 \cdot 0,06^{0,75} \cdot 66^{-0,15} \cdot 0,7743 \\ = 240 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{66 \cdot 240}{1020 \cdot 60} = 0,26 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,26}{0,82} = 0,31 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,31 < N_{\text{ст}} = 11$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 7: нарезание резьбы.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Р6М5.

Глубина резания $t = 4,5$ мм. [4, 314с]

Подача $S=P = 1,27$ мм/об

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m} \cdot K_v;$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 118 [4, с.430]:

$$C_v=14,8; x = 0,7; y=0,3; m=0,11.$$

Общий поправочный коэффициент

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{cV};$$

$$K_{MV}=0,7; K_{IV}=1; K_{cV} = 0,75.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{cV} = 0,7 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,525$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 435]: $T = 70$ мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{14,8}{70^{0,11} \cdot 1,27^{0,7} \cdot 1,27^{0,3}} \cdot 0,525 = 3,73 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 3,73}{3,14 \cdot 6,3} = 186 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} \cdot K_p;$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:

$C_p = 10$; $P^y = 0,907$; $y = 1,4$; $i = 3$.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} \cdot K_p = \frac{10 \cdot 0,907^{1,4}}{3^{360}} \cdot 1 = 1,48 \text{ Н}.$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{1,48 \cdot 10,5}{2 \cdot 100} = 0,07 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{975} = \frac{0,07 \cdot 360}{975} = 0,025 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,025}{0,85} = 0,03 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 0,03 < N_{ст} = 11.$$

Режимы резания для операции 110 получаем аналогично операции 100.

120 Сверлильная

Переход 1: сверление отверстий.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Р6М5.

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5D = 4$ мм.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,06$ мм/об.

Скорость резания, м/мин., формула:

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

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:

$C_v = 7$; $q = 0,40$; $y = 0,7$; $m = 0,20$.

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV};$$

$K_{MV} = 0,8$; $K_{IV} = 1$; $K_{пV} = 1$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 45$ мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 8^{0,40}}{45^{0,20} \cdot 0,06^{0,7}} \cdot 0,8 = 22 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 8} = 875 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющемуся на использованном станке:

$$n = 710 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{710 \cdot 3.14 \cdot 8}{1000} = 17,84 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$$C_m=0,0345; q=2; y=0,8; K_p=1.$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1 = 2,325 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{2,325 \cdot 710}{9750} = 0,17 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,17}{0,85} = 0,2 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{пр}} = 0,2 < N_{\text{ст}} = 0,55.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 2: сверление отверстий.

Материал режущего инструмента выбираем по рекомендациям – Р6М5.

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5D = 4 \text{ мм}$.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,06 \text{ мм/об}$.

Скорость резания, м/мин., формула:

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

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:

$$C_v=7; q=0,40; y=0,7; m=0,20.$$

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV};$$

$$K_{MV}=0,8; K_{IV}=1; K_{пV}=1.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{пV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 45 \text{ мин}$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 8^{0,40}}{45^{0,20} \cdot 0,06^{0,7}} \cdot 0,8 = 22 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 8} = 875 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющегося на использованном станке:

$$n = 710 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{710 \cdot 3,14 \cdot 8}{1000} = 17,84 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$; $K_p=1$.

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1 = 2,325 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{2,325 \cdot 710}{9750} = 0,17 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,17}{0,85} = 0,2 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,2 < N_{\text{ст}} = 0,55$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 3: зенкерование отверстий.

Материал режущей части сверла выбираем Р6М5

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5(D - d) = 0,5(11 - 8) = 1,5$ мм.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 381]: $S = 0,17$ мм/об.

Скорость резания, м/мин., формула:

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

Коэффициенты и показатели степени определяем по таблице 38 [4, с.383]:

$C_v=7$; $q=0,40$; $y=0,70$; $m=0,20$.

Общий поправочный коэффициент

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

$$K_{MV}=0,8; \quad K_{IV}=1; \quad K_{IV}=1.$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость инструмента определяем по таблице 40 [4, с. 384]: $T = 25$ мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 8^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,17^{0,70}} \cdot 0,8 = 23,9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,9}{3,14 \cdot 8} = 895 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Полученную частоту вращения округлим до значения, имеющегося на использованном станке:

$$n = 710 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Пересчитаем скорость резания

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{710 \cdot 3,14 \cdot 8}{1000} = 17,84 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Рассчитаем мощность привода главного движения:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [4, с.385]:

$$C_m=0,09; \quad q=1; \quad x=0,9; \quad y=0,8; \quad K_p=1.$$

Крутящий момент:

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 11^1 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,17^{0,8} \cdot 1 \\ &= 1,74 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,74 \cdot 710}{9750} = 0,14 \text{ кВт}.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,14}{0,85} = 0,126 \text{ кВт}.$$

$$N_{пр} = 0,126 < N_{ст} = 0,55.$$

Следовательно, мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

Переход 4: зенкерование отверстий аналогично переходу 3.

5.7. Определение норм времени

5.7.1. Расчет основного времени

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m},$$

где l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр}$ - длина врезания инструмента.

$l_{сх}$ - длина схода инструмента, мм ;

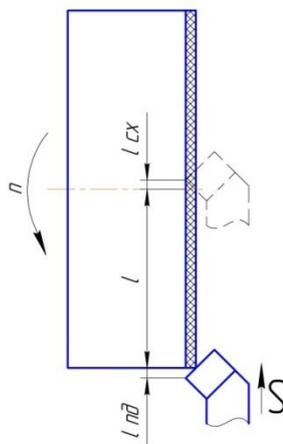
$l_{пд}$ - длина подвода инструмента к заготовке, мм (1 мм.);

i - число рабочих ходов;

S_m - минутная подача, мм/мин.

020 Операция

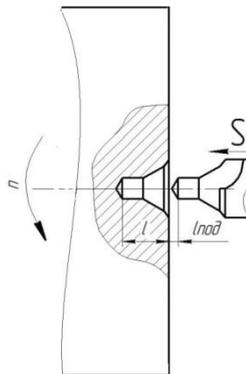
Переход 1:



$$S_m = S \cdot n = 0,2 \cdot 638 = 127,6 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(55 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{127,6} = 0,46 \text{ мин.}$$

Переход 2:

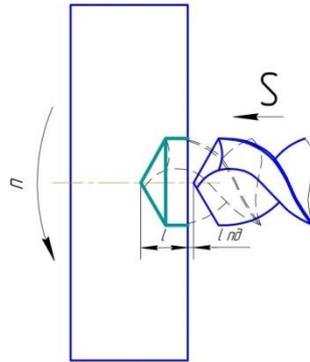


$$S_m = S \cdot n = 0,08 \cdot 449 = 35,92 \text{ мм/мин}$$

$$l_{вр} = 0,5 \cdot D \cdot ctg \varphi = 2 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(5 + 2 + 0 + 1) \cdot 1}{35,92} = 0,26 \text{ мин.}$$

Переход 3:

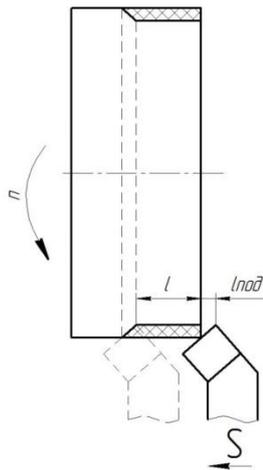


$$S_m = S \cdot n = 0,22 \cdot 223 = 49,06 \text{ мм/мин}$$

$$l_{вр} = 0,5 \cdot D \cdot \text{ctg } \varphi = 6 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 6 + 0 + 1) \cdot 1}{49,06} = 0,3 \text{ мин.}$$

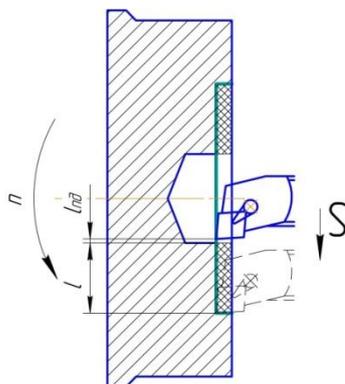
Переход 4:



$$S_m = S \cdot n = 0,8 \cdot 485 = 388 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(25 + 3 + 1 + 1) \cdot 2}{388} = 0,1 \text{ мин.}$$

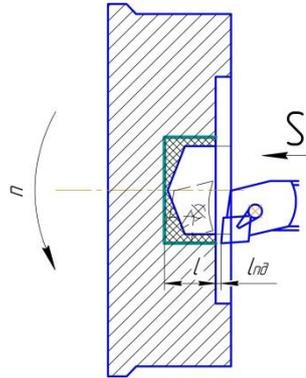
Переход 5:



$$S_m = S \cdot n = 0,2 \cdot 938 = 187,6 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(22,5 + 2,5 + 2 + 1) \cdot 2}{187,6} = 0,18 \text{ мин.}$$

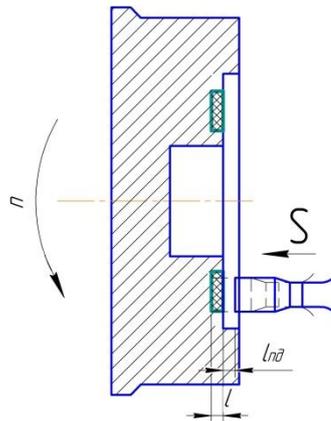
Переход 6:



$$S_m = S \cdot n = 0,1 \cdot 1654 = 165,4 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(16 + 2,5 + 13 + 1) \cdot 4}{165,4} = 0,45 \text{ мин.}$$

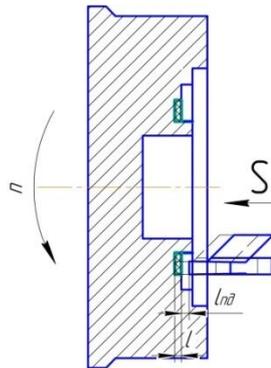
Переход 7:



$$S_m = S \cdot n = 0,1 \cdot 1269 = 126,9 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(3,5 + 2 + 1 + 1) \cdot 2}{126,9} = 0,12 \text{ мин.}$$

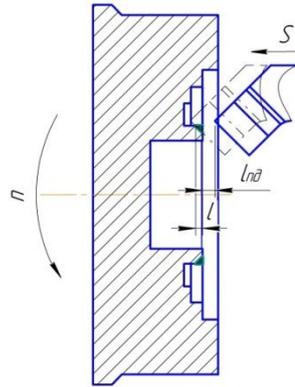
Переход 8:



$$S_m = S \cdot n = 0,2 \cdot 1121 = 224,2 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(4 + 3 + 1 + 1) \cdot 2}{224,2} = 0,1 \text{ мин.}$$

Переход 9:

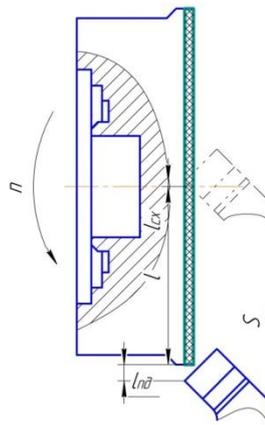


$$S_m = S \cdot n = 0,08 \cdot 607 = 48,56 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(2 + 3,5 + 1 + 1) \cdot 1}{48,56} = 0,15 \text{ мин.}$$

030 Операция

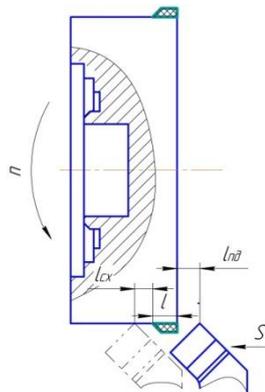
Переход 1:



$$S_m = S \cdot n = 0,2 \cdot 593 = 118,6 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(55 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{118,6} = 0,5 \text{ мин.}$$

Переход 2:

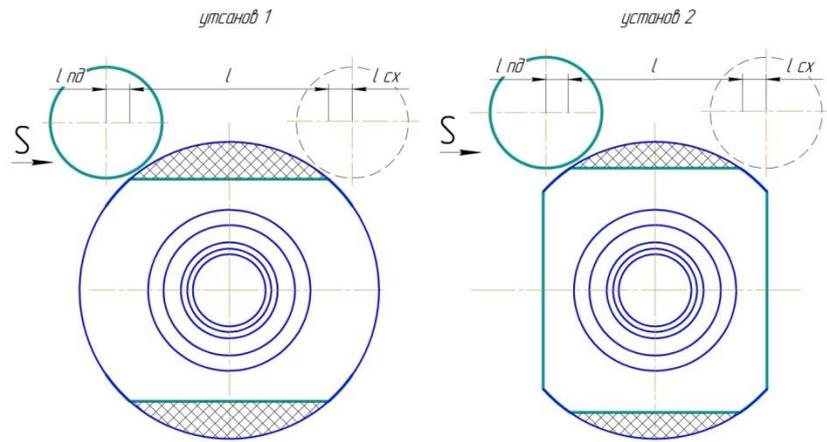


$$S_m = S \cdot n = 0,8 \cdot 434 = 347,2 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(5 + 3,5 + 1 + 1) \cdot 2}{347,2} = 0,06 \text{ мин.}$$

040 Операция

Переход 1:



Установ 1:

$$S_m = S \cdot n \cdot z = 0,05 \cdot 6 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

$$l_{вр} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^3}) = 0,5(40 - \sqrt{40^2 - 13,5^2}) = 1,15 \text{ мм}$$

$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = 2 \cdot \frac{(88 + 1,15 + 1 + 1) \cdot 1}{189} = 2 \cdot 0,48 \text{ мин.}$$

Установ 2:

$$S_m = S \cdot n \cdot z = 0,05 \cdot 6 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

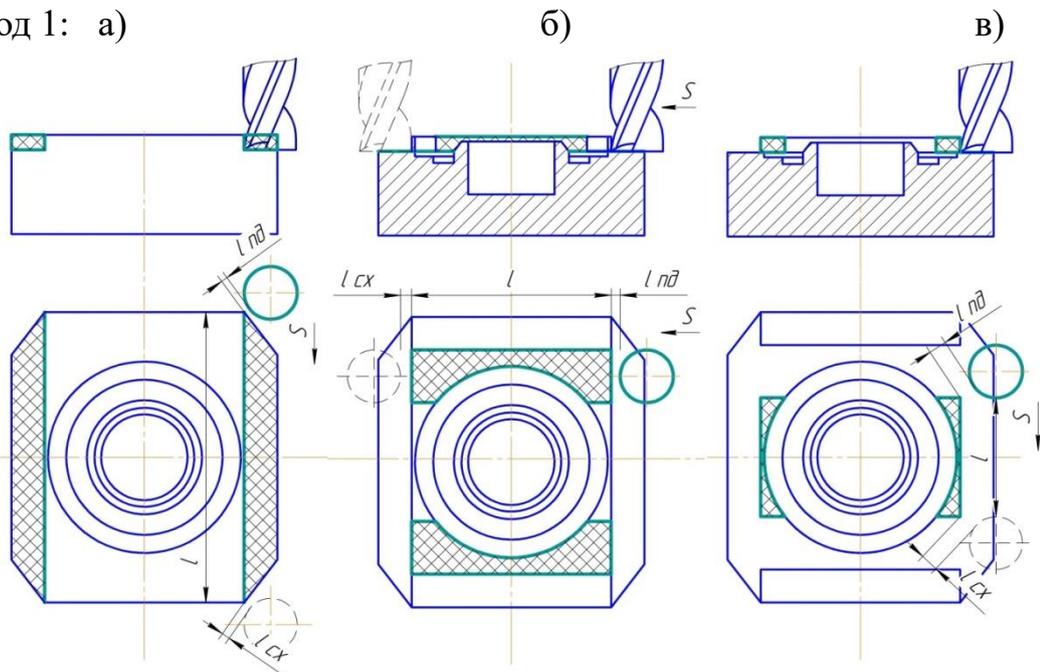
$$l_{вр} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^3}) = 0,5(40 - \sqrt{40^2 - 9,5^2}) = 1,13 \text{ мм}$$

$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = 2 \cdot \frac{(80 + 1,13 + 1 + 1) \cdot 1}{189} = 2 \cdot 0,44 \text{ мин.}$$

$$t_o = \text{установ 1} + \text{установ 2} = 2 \cdot 0,48 + 2 \cdot 0,44 = 1,84 \text{ мин.}$$

050 Операция

Переход 1: а)



а)

$$S_m = S \cdot n \cdot z = 0,04 \cdot 3 \cdot 200 = 27 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

$$l_{\text{вр}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^3}) = 0,5(16 - \sqrt{16^2 - 10^2}) = 1,75 \text{ мм}$$

$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = 2 \cdot \frac{(88 + 1,75 + 1 + 1) \cdot 1}{27} = 2 \cdot 3,4 \text{ мин.}$$

б)

$$S_m = S \cdot n \cdot z = 0,04 \cdot 3 \cdot 200 = 27 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

$$l_{\text{вр}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^3}) = 0,5(16 - \sqrt{16^2 - 10^2}) = 1,75 \text{ мм}$$

$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = 2 \cdot \frac{(60 + 1,75 + 1 + 1) \cdot 1}{27} = 2 \cdot 2,36 \text{ мин.}$$

в)

$$S_m = S \cdot z \cdot n = 0,04 \cdot 3 \cdot 200 = 27 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

$$l_{\text{вр}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^3}) = 0,5(16 - \sqrt{16^2 - 3^2}) = 0,5 \text{ мм}$$

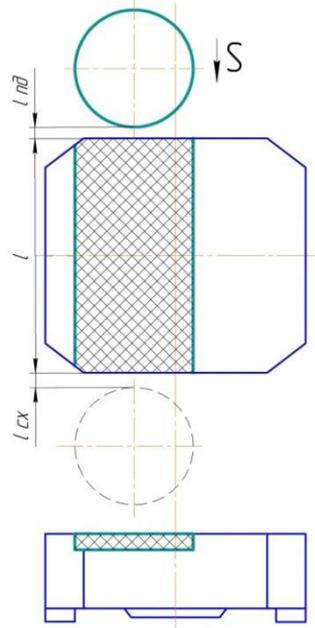
$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = 2 \cdot \frac{(34 + 0,5 + 1 + 1) \cdot 1}{27} = 2 \cdot 1,35 \text{ мин.}$$

$$t_o = a + б + в = 6,8 + 4,72 + 2,7 = 14,22 \text{ мин.}$$

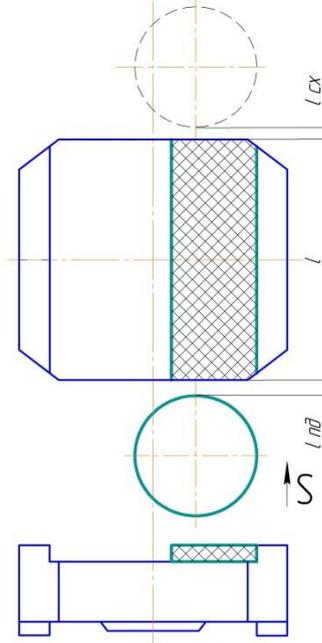
060 Операция

Переход 1:

а)



б)



а)

$$S_m = S \cdot z \cdot n = 0,05 \cdot 6 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

$$l_{\text{вр}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^3}) = 0,5(40 - \sqrt{40^2 - 40^2}) = 20 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(80 + 20 + 1 + 1) \cdot 1}{150} = 0,68 \text{ мин.}$$

б)

$$S_m = S \cdot z \cdot n = 0,05 \cdot 6 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

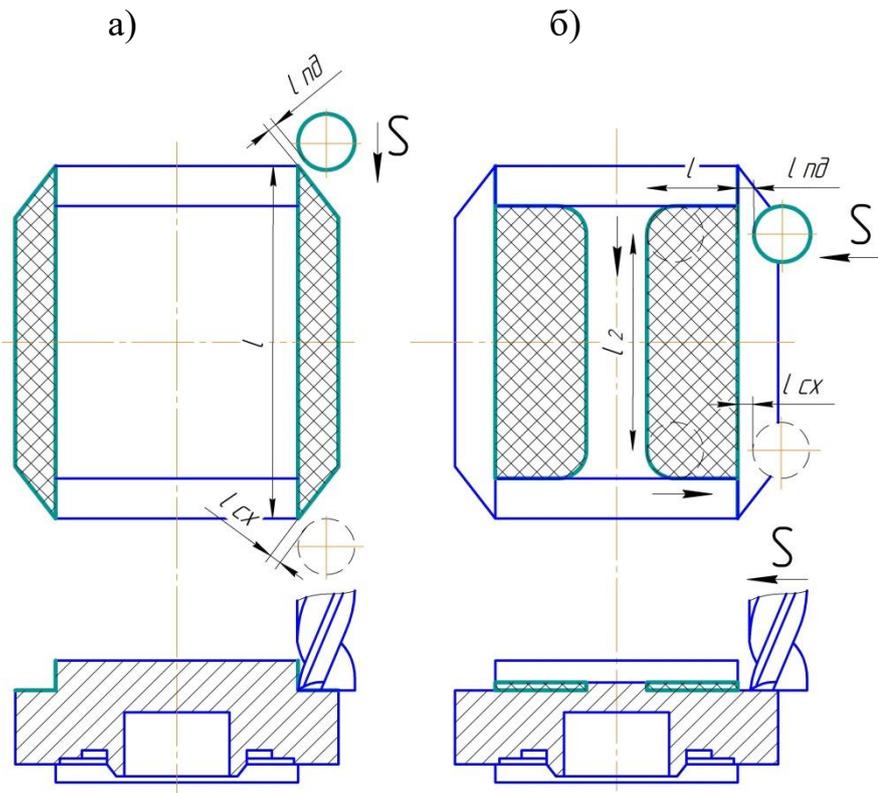
$$l_{\text{вр}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^3}) = 0,5(40 - \sqrt{40^2 - 28^2}) = 5,75 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(80 + 5,75 + 1 + 1) \cdot 1}{150} = 0,58 \text{ мин.}$$

$$t_o = a + б = 0,68 + 0,58 = 1,26 \text{ мин.}$$

070 Операция

Переход 1:



а)

$$S_m = S \cdot z \cdot n = 0,05 \cdot 3 \cdot 250 = 37,5 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

$$l_{\text{вп}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) = 0,5(14 - \sqrt{14^2 - 10^2}) = 2 \text{ мм}$$

$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = 2 \cdot \frac{(88 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{37,5} = 2 \cdot 2,45 \text{ мин.}$$

б)

$$S_m = S \cdot z \cdot n = 0,05 \cdot 3 \cdot 250 = 37,5 \text{ мм/мин}$$

Длина врезания при фрезеровании:

$$l_{\text{вп}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) = 0,5(40 - \sqrt{40^2 - 13,5^2}) = 1,15 \text{ мм}$$

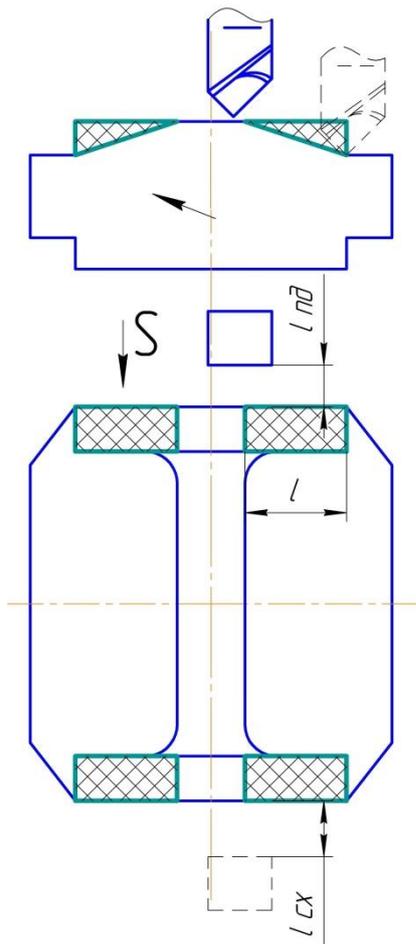
$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_2 + l_3 + l_4 + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m}$$

$$= 2 \cdot \frac{(14,5 + 54 + 14,5 + 40 + 1 + 1) \cdot 1}{37,5} = 2 \cdot 3,33 \text{ мин.}$$

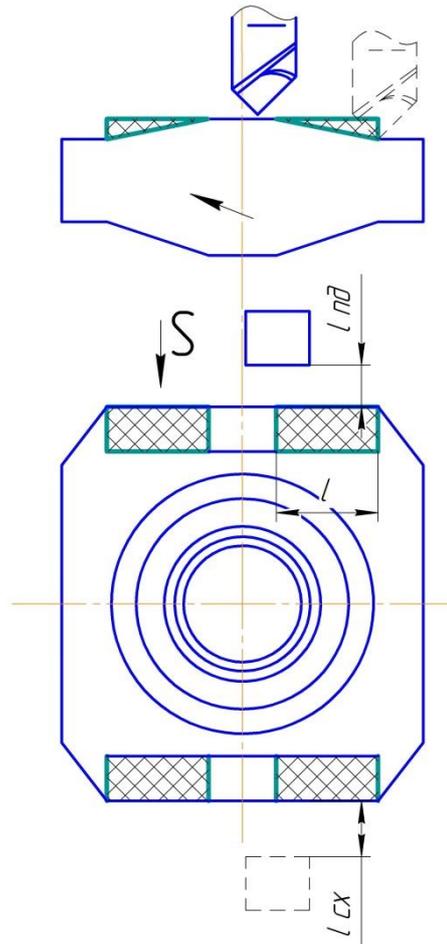
$$t_o = a + б = 4,9 + 6,66 = 11,56 \text{ мин.}$$

080 Операция

Установ 1:



Установ 2:



Установ 1:

$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_M} = 2 \cdot \frac{(23,75 + 1 + 1) \cdot 1}{64,8} = 2 \cdot 0,4 \text{ мин.}$$

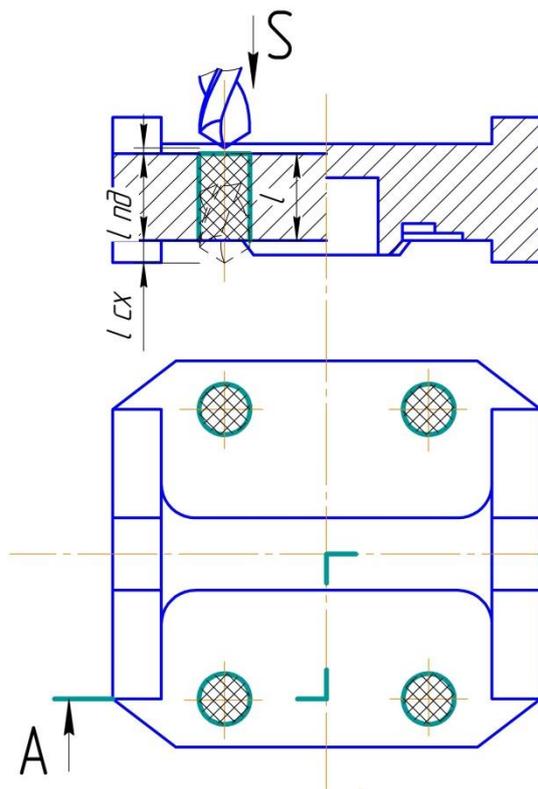
Установ 2:

$$2 \cdot t_o = 2 \cdot \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_M} = 2 \cdot \frac{(23 + 1 + 1) \cdot 1}{64,8} = 2 \cdot 0,4 \text{ мин.}$$

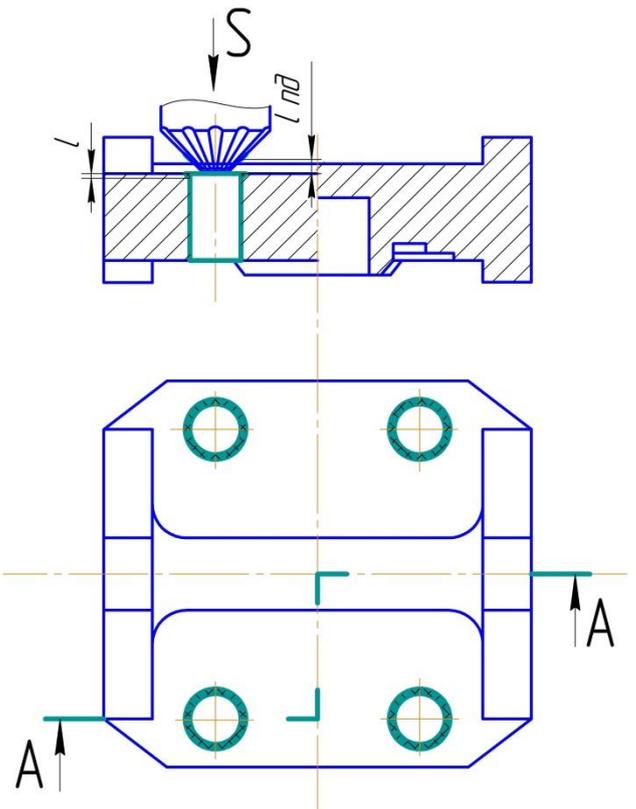
$$t_o = \text{установ 1} + \text{установ 2} = 0,8 + 0,8 = 1,6 \text{ мин.}$$

090 Операция

Переход 1:



Переход 2:



Переход 1:

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

$$l_{вр} = 0,5 \cdot D \cdot ctg \varphi = 3,4 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(18 + 3,4 + 1,5 + 1) \cdot 2}{100} = 0,24 \text{ мин.}$$

Переход 2:

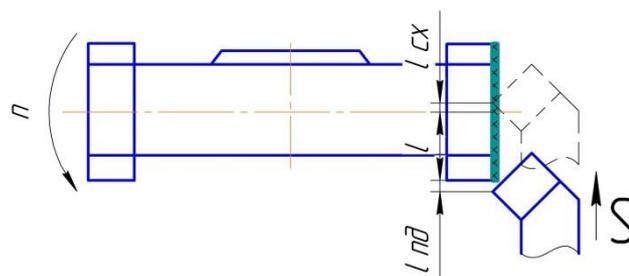
$$S_m = S \cdot n = 0,17 \cdot 500 = 85 \text{ мм/мин}$$

$$l_{вр} = 0,5 \cdot (D - d) \cdot ctg \varphi = 1,2 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1,5 + 1,2 + 0 + 3) \cdot 1}{85} = 0,08 \text{ мин.}$$

100 Операция

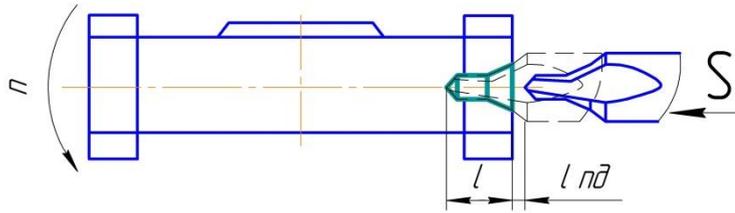
Переход 1:



$$S_m = S \cdot n = 0,1 \cdot 681 = 68,1 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(40 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{68,1} = 0,64 \text{ мин.}$$

Переход 2:

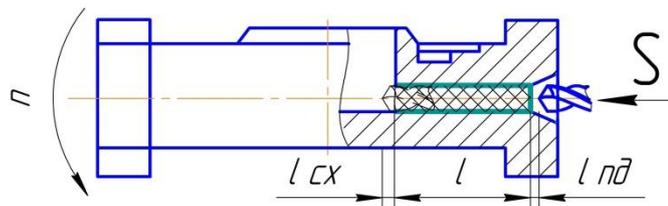


$$S_m = S \cdot n = 0,08 \cdot 449 = 35,92 \text{ мм/мин}$$

$$l_{\text{вр}} = 0,5 \cdot D \cdot \text{ctg } \varphi = 2 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(5 + 2 + 0 + 1) \cdot 1}{35,92} = 0,26 \text{ мин.}$$

Переход 3:

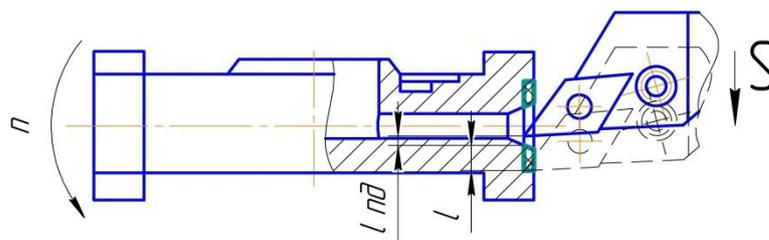


$$S_m = S \cdot n = 0,15 \cdot 1117 = 35,92 \text{ мм/мин}$$

$$l_{\text{вр}} = 0,5 \cdot D \cdot \text{ctg } \varphi = 3,5 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(25 + 2 + 1 + 1) \cdot 2}{35,92} = 0,93 \text{ мин.}$$

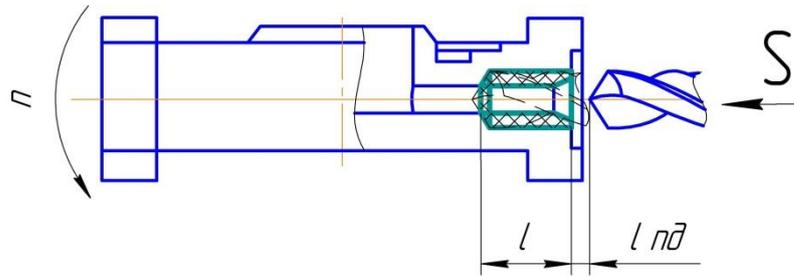
Переход 4:



$$S_m = S \cdot n = 0,1 \cdot 2050 = 205 \text{ мм/мин.}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(8 + 2 + 2 + 1) \cdot 1}{205} = 0,06 \text{ мин.}$$

Переход 5:

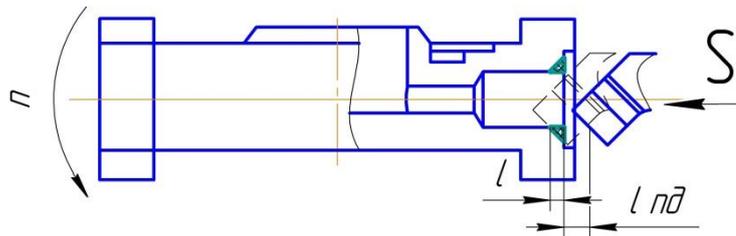


$$S_m = S \cdot n = 0,15 \cdot 314 = 47,1 \text{ мм/мин}$$

$$l_{\text{вп}} = 0,5 \cdot (D - d) \cdot \text{ctg } \varphi = 1,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(17 + 1,5 + 0 + 1) \cdot 1}{47,1} = 0,41 \text{ мин.}$$

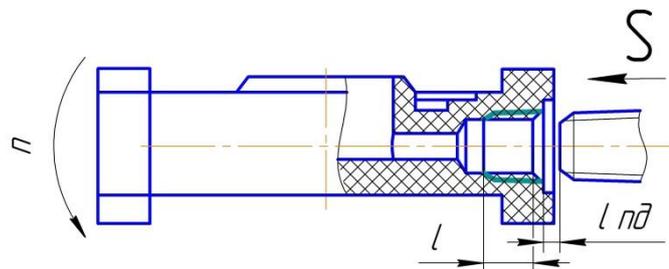
Переход 6:



$$S_m = S \cdot n = 0,06 \cdot 607 = 36,42 \text{ мм/мин}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1,6 + 2,5 + 0 + 1) \cdot 1}{36,42} = 0,14 \text{ мин.}$$

Переход 7:



$$t_o = \frac{L}{n \cdot P} \cdot (t + 0,5) = \frac{10,5}{186 \cdot 1,27} \cdot (4,5 + 0,5) = 0,17 \text{ мин.}$$

110 Операция. Аналогично операции 100.

Переход 1:

$$t_o = 0,64 \text{ мин.}$$

Переход 2:

$$t_o = 0,26 \text{ мин.}$$

Переход 3:

$$t_o = 0,93 \text{ мин.}$$

Переход 4:

$$t_o = 0,06 \text{ мин.}$$

Переход 5:

$$t_o = 0,41 \text{ мин.}$$

Переход 6:

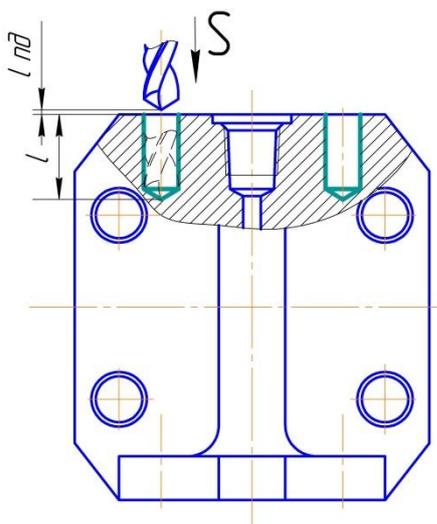
$$t_o = 0,14 \text{ мин.}$$

Переход 7:

$$t_o = 0,17 \text{ мин.}$$

120 Операция.

Переход 1:



$$S_m = S \cdot n = 0,15 \cdot 1117 = 35,92 \text{ мм/мин}$$

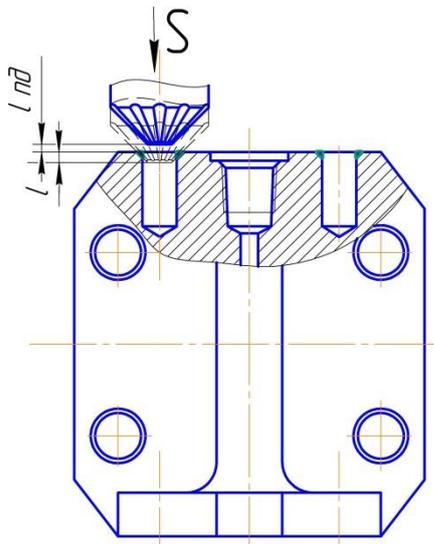
$$l_{вр} = 0,5 \cdot D \cdot ctg \varphi = 2,7 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(17 + 2,7 + 0 + 1) \cdot 1}{35,92} = 0,5 \text{ мин.}$$

Переход 2: Аналогично переходу 1:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{S_m} = \frac{(17 + 2,7 + 0 + 1) \cdot 1}{35,92} = 0,5 \text{ мин.}$$

Переход 3:



$$S_m = S \cdot n = 0,06 \cdot 875 = 52,5 \text{ мм/мин}$$

$$l_{\text{вп}} = 0,5 \cdot (D - d) \cdot \text{ctg } \varphi = 3,5 \text{ мм}$$

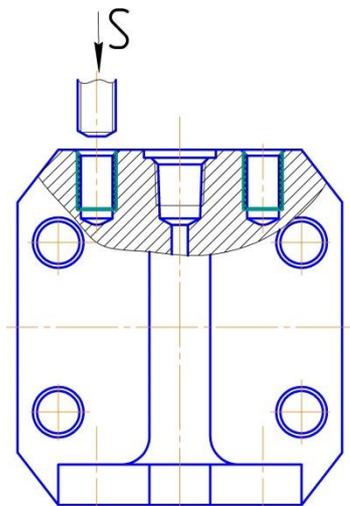
$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1,5 + 3 + 0 + 1) \cdot 1}{52,5} = 0,1 \text{ мин.}$$

Переход 4: Аналогично переходу 3:

$$t_o = 0,1 \text{ мин.}$$

130 Операция.

Переход 1:



$$t_o = \frac{L}{n \cdot P} \cdot (t + 0,5) = \frac{10,5}{136 \cdot 1,5} \cdot (2 + 0,5) = 0,2 \text{ мин.}$$

Общее время для нарезания резьбы вручную $t_o = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ мин.}$

5.7.2 Определение вспомогательного времени на каждую операцию

Для определения вспомогательного времени воспользуемся имеющимися рекомендациями [Общемашиностроительные нормативы времени].

Вспомогательное время:

$$t_{\text{всп}} = (t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}}) \cdot K,$$

где $t_{\text{уст}}$ - время на установку и снятие детали,

$t_{\text{упр}}$ - время на управление станком,

$t_{\text{пер}}$ - время на перемещение частей станка,

$t_{\text{изм}}$ - время на измерение детали.

K - коэффициент на вспомогательное время. (для заготовительной операции)

010 Заготовительная:

$$t_{\text{всп}} = (t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}}) \cdot K = (0,55 + 0,2 + 0 + 0,18) \cdot 1,15 = 1,07 \text{ мин.}$$

Помимо рассмотренных в первой операции составляющих, в следующие операции в величину норм времени войдет так же время на смену инструмента во время операции.

020 Токарная с ЧПУ:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 + 0,1 \cdot 7 = 2,13 \text{ мин.} \end{aligned}$$

030 Токарная с ЧПУ:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 + 0,1 \cdot 1 = 1,53 \text{ мин.} \end{aligned}$$

040 Фрезерная:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 \cdot 1 = 2,63 \text{ мин.} \end{aligned}$$

050 Фрезерная:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 \cdot 1 = 2,63 \text{ мин.} \end{aligned}$$

060 Фрезерная:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 \cdot 1 = 2,63 \text{ мин.} \end{aligned}$$

070 Фрезерная:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} =$$

$$= 0,37 + 0,6 + 1,34 + 0,22 + 0,1 \cdot 1 = 2,63 \text{ мин.}$$

080 Строгальная:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,65 + 0,5 + 0,67 + 0,32 + 0,1 \cdot 1 = 2,24 \text{ мин.} \end{aligned}$$

090 Сверлильная:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,45 + 0,2 + 0,3 + 0,15 + 0,1 \cdot 2 = 1,3 \text{ мин.} \end{aligned}$$

100 Токарная с ЧПУ:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 + 0,1 \cdot 7 = 2,13 \text{ мин.} \end{aligned}$$

110 Токарная с ЧПУ:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 + 0,1 \cdot 7 = 2,13 \text{ мин.} \end{aligned}$$

120 Сверлильная:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,45 + 0,2 + 0,3 + 0,15 + 0,1 \cdot 2 = 1,3 \text{ мин.} \end{aligned}$$

130 Слесарная:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,45 + 0,4 + 0,4 + 0,3 + 0,1 \cdot 1 = 1,65 \text{ мин.} \end{aligned}$$

5.7.3 Определение штучно-калькуляционного времени.

Штучно-калькуляционное время операции определяется как:

$$t_{\text{шт.к.}} = t_{\text{шт.}} + \frac{t_{\text{пз}}}{N},$$

где $t_{\text{шт.}}$ - штучное время, мин;

$t_{\text{пз}}$ - подготовительно заключительное время, мин;

N - число деталей в партии, шт.

Штучное время определим:

$$t_{\text{шт.}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{оо}} + t_{\text{то}} + t_{\text{пер}},$$

где $t_{\text{осн}}$ - время основное, мин;

$t_{\text{всп}}$ - время вспомогательное, мин;

$t_{\text{оо}}$ - время на организационное обслуживание, мин; (пуск и опробование станков в начале смены, уборка и смазка станков в конце смены.)

$t_{\text{то}}$ - время на техническое обслуживание, мин; (подналадка станка, смена затупившегося инструмента, а также уборка стружки)

$t_{\text{пер}}$ - время перерывов, мин. (отдых и личные надобности.)

Оперативное время рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{оп}} = \sum t_o + t_{\text{всп.}}$$

Найдем оперативное время для каждой операции:

$$t_{\text{оп}}^{010} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 0,501 + 1,07 = 1,571 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оп}}^{020} = 2,6 + 2,13 = 4,73 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оп}}^{030} = 0,06 + 1,53 = 1,59 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оп}}^{040} = 1,84 + 2,63 = 4,47 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оп}}^{050} = 14,22 + 2,63 = 16,85 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{060} = 1,26 + 2,63 = 3,89 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{070} = 11,56 + 1,65 = 13,21 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{080} = 1,6 + 2,24 = 3,84 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{090} = 2,44 + 1,3 = 3,74 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{100} = 2,27 + 2,13 = 4,4 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{110} = 2,27 + 2,13 = 4,4 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{120} = 1,08 + 1,3 = 1,38 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оп}}^{130} = 0,8 + 1,65 = 2,45 \text{ мин.}$$

Формула расчета штучного времени принимает вид:

$$t_{\text{шт.}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп.}}$$

где: α - процент времени на техническое обслуживание; Принимаем $\alpha = 3\%$.

β - процент времени на организационное обслуживание; Принимаем $\beta = 5\%$.

γ - процент времени перерывов. Принимаем $\gamma = 4\%$.

$$t_{\text{шт.}}^{010} = t_{\text{оп}}^{010} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{010} = 1,571 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 1,571 = 1,759;$$

$$t_{\text{шт.}}^{020} = t_{\text{оп}}^{020} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{020} = 4,73 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 4,73 = 5,29;$$

$$t_{\text{шт.}}^{030} = t_{\text{оп}}^{030} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{030} = 1,59 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 1,59 = 1,88;$$

$$t_{\text{шт.}}^{040} = t_{\text{оп}}^{040} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{040} = 4,47 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 4,47 = 5;$$

$$t_{\text{шт.}}^{050} = t_{\text{оп}}^{050} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{050} = 16,85 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 16,85 = 18,87;$$

$$t_{\text{шт.}}^{060} = t_{\text{оп}}^{060} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{060} = 3,89 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 3,89 = 4,35;$$

$$t_{\text{шт.}}^{070} = t_{\text{оп}}^{070} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{070} = 13,21 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 13,21 = 14,79;$$

$$t_{\text{шт.}}^{080} = t_{\text{оп}}^{080} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{080} = 3,84 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 3,84 = 4,3;$$

$$t_{\text{шт.}}^{090} = t_{\text{оп}}^{090} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{\text{оп}}^{090} = 3,74 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 3,74 = 4,18;$$

$$t_{шт.}^{100} = t_{оп}^{100} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{оп}^{100} = 4,4 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 4,4 = 4,92;$$

$$t_{шт.}^{110} = t_{оп}^{110} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{оп}^{110} = 4,4 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 4,4 = 4,92;$$

$$t_{шт.}^{120} = t_{оп}^{120} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{оп}^{120} = 1,38 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 1,38 = 1,54;$$

$$t_{шт.}^{130} = t_{оп}^{130} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right) + t_{оп}^{130} = 2,45 \cdot \frac{3 + 5 + 4}{100} + 2,45 = 2,74;$$

Величину подготовительно-заключительного времени для каждой операции определяем на основании рекомендаций [3] :

$$t_{пз}^{010} = 12 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{020} = 18 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{030} = 18 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{040} = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{050} = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{060} = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{070} = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{080} = 11 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{090} = 14 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{100} = 18 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{110} = 18 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{120} = 9 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{130} = 18 \text{ мин};$$

Следовательно, определяем величину штучно-калькуляционного времени :

$$t_{шт.к.}^{010} = t_{шт.}^{010} + \frac{t_{пз}^{010}}{N} = 1,759 + \frac{12}{750} = 1,775 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{020} = t_{шт.}^{020} + \frac{t_{пз}^{020}}{N} = 5,29 + \frac{18}{750} = 5,314 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{030} = t_{шт.}^{030} + \frac{t_{пз}^{030}}{N} = 1,88 + \frac{18}{750} = 1,904 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{040} = t_{шт.}^{040} + \frac{t_{пз}^{040}}{N} = 5 + \frac{23}{750} = 5,03 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{050} = t_{шт.}^{050} + \frac{t_{пз}^{050}}{N} = 18,87 + \frac{23}{750} = 18,9 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{060} = t_{шт.}^{060} + \frac{t_{пз}^{060}}{N} = 4,35 + \frac{23}{750} = 4,38 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{070} = t_{шт.}^{070} + \frac{t_{пз}^{070}}{N} = 14,79 + \frac{23}{750} = 14,82 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{080} = t_{\text{шт.}}^{080} + \frac{t_{\text{пз}}^{080}}{N} = 4,3 + \frac{11}{750} = 4,314 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{090} = t_{\text{шт.}}^{090} + \frac{t_{\text{пз}}^{090}}{N} = 4,18 + \frac{14}{750} = 4,2 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{100} = t_{\text{шт.}}^{100} + \frac{t_{\text{пз}}^{100}}{N} = 4,92 + \frac{18}{750} = 4,944 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{110} = t_{\text{шт.}}^{110} + \frac{t_{\text{пз}}^{110}}{N} = 4,92 + \frac{18}{750} = 4,944 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{120} = t_{\text{шт.}}^{120} + \frac{t_{\text{пз}}^{120}}{N} = 1,54 + \frac{9}{750} = 1,552 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{130} = t_{\text{шт.}}^{130} + \frac{t_{\text{пз}}^{130}}{N} = 2,74 + \frac{18}{750} = 2,794 \text{ мин};$$

2 Конструкторский раздел

2.1 Анализ исходных данных

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана сверлильная операция 090.

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице

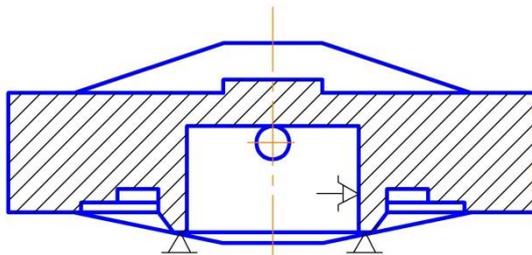
Таблица 1

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для установки и закрепления детали на вертикально-сверлильном станке 2Б112
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали.
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки; поворот детали для сверления четырех отверстий расположенных на окружности.
Технические требования	Тип производства – мелкосерийный Программа выпуска - 750 шт. в год. Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку 2Б112
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел - конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация, принципиальная схема сборки специального приспособления.
Геометрические параметры	Наибольшее вертикальное перемещение сверлильной головки = 125 мм; наибольший условный диаметр сверления в стали = 25мм.
Точность выполняемой операции (мм):	Диаметр отверстия 10,5Н14, глубина сверления 18 мм.

2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы.

По техническим решениям и исходным данным, представленным в техническом задании, приступаем к проектированию приспособления. Цель данного раздела – создать работоспособную, экономичную в изготовлении и отвечающую всем требованиям конструкции приспособления.

Заготовка зажимается в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне по внутреннему отверстию $\varnothing 26^{+0,52}$ мм.



2.3 Описание конструкции и работы приспособления.

Кондуктор состоит из трёх основных частей: ползуна с кондукторной планкой, вертикально перемещающегося по скалкам приспособления; консольной планки для закрепления деталей и делительного устройства. Планка с кондукторной втулкой перемещается по направляющим ползуна; отсчет перемещений производится по нониусу.

Делительное устройство состоит из корпуса 1, на котором смонтирована поворотная плита 5. К нижней части плиты с помощью установочных штифтов и винтов прикреплен делительный диск 8, в гнезда которого заскакивает шток 20, управляемый эксцентриком 3 с рукояткой 27.

На верхнюю опорную плоскость поворотной плиты 5 установлен трехкулачковый патрон 34. В два отверстия корпуса 1 запрессованы две параллельные направляющие скалки 9, по которым перемещается в вертикальном направлении ползун 10. Кондукторная планка 11 устанавливается на требуемый диаметр расположения осей отверстий по окружности вручную по нониусу, нанесенному на боковой прикрывающей планке, и миллиметровой шкале на кондукторной планке. Кондукторная планка 11 после переустановки закрепляется винтом 12 с накатной головкой, который через промежуточный шток 13 и шарик 19 действует на зажимной шарик 19, который заклинивается в продольном V-образном пазу ползуна 10. В постоянную кондукторную втулку 14 устанавливается сменная кондукторная втулка 15. Регулируемый по высоте ползун 10 зажимается в требуемом положении винтом 12 с накатной головкой, действующим через шарик 19. Шарик как клин передает давление на два промежуточных шарика,

расположенных в поперечном канале ползуна 10 и прижимающих помещенные в этом канале штоки к колонкам. [5, 437с]

2.4. Порядок сборки приспособления.

Сборка патрона и делительного механизма:

1. Запрессовать шпиндель 2 в плиту 5.
2. Запрессовать штифт 30.
3. Запрессовать в плиту 5 звездочку 8.
4. Установить патрон 34 и закрепить болтами 22.
5. Установить упор 35 в патрон и закрепить винтом.
6. Установить две шпонки 37 в корпус 1.
7. Запрессовать втулку 7 в корпус 1.
8. Установить подшипник 26. плиту 5, шайбу 6 и закрепить гайкой 25.
9. Установить шток 20, пружину 18 и завинтить винт 4.
 - 9.1. Запрессовать штифт 29 в эксцентрик 3.
 - 9.2. Установить эксцентрик 3 и закрепить винтом 23.
 - 9.3. Ввинтить ручку 27.
10. Установить сборку 35 в корпус 1 болтами.
11. Запрессовать две направляющие скалки 9.

Сборка ползуна с кондукторной планкой:

1. Установить в корпус 10 штоки 17 и шарики 19, зафиксировать винтом 12.
2. Запрессовать в ползун 11 втулки 14 и 15.
3. Установить шарик 19, шток 13 и зафиксировать винтом 12.
4. Установить шток 11 на корпус 10, установить упоры 16 и закрепить болтами 21.

Проверить отклонение от параллельности плоскости закрепления детали относительно основания. Проконтролировать отклонение от перпендикулярности оси втулки 15 относительно плоскости закрепления детали.

2.5. Определение сил закрепления.

Исходя из соотношений относительных значений составляющих силы резания:

Операция 090 переход 1:

$$W_1 = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot n}{\frac{1}{2} \cdot f \cdot (D \cdot \sin \alpha)} = \frac{1,15 \cdot 9,216 \cdot 500}{\frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot (10,5 \cdot \sin 90^\circ)} = 2407H$$

Операция 090 переход 2:

$$W_2 = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot n}{\frac{1}{2} \cdot f \cdot (D \sin \alpha)} = \frac{1,15 \cdot 2,72 \cdot 500}{\frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot (12,5 \cdot \sin 90^\circ)} = 593H$$

Принимаем коэффициент трения между заготовкой и зажимом $f=0,25$.

Коэффициент запаса для заданных условий обработки (сверление, материал-сталь 30) $K=1,15$.

3. Экономическая часть.

3.1 Продолжительность этапов работ

Цель раздела комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а так же дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

Таблица 1.1 Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% ИП – 70%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 80%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графических материалов	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, примем $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_{Д} = 1,2$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (для шестидневной рабочей недели):

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Таблица 1.2 Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	3	2,6	3,12	–	3,85	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	3	5	4,2	5,04	0,5	6,07	0,35
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	13,2	4,75	15,84	5,72	19,16
Разработка календарного плана	НР, И	3	5	3,9	4,68	0,46	5,63	0,39
Обсуждение литературы	НР, И	2	5	4,2	1,51	5,04	1,81	6,07
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	8	15	10,8	12,96	3,88	15,61	4,67
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	6	12	9,2	11,04	3,31	13,3	3,98
Расчет принципиальной схемы устройства	И	9	15	12,4	–	12,88	–	15,5
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	9	15	12,2	–	14,64	–	17,64
Оформление графич. мат-ла.	И	5	6	5,4	–	6,48	–	7,8
Подведение итогов	НР, И	3	6	4,2	3,02	3,63	5,4	6,07
Итого:				82,33	46,12	68,07	57,39	81,63

3.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (*i*-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- ТР_{общ.} – общая трудоемкость проекта;
- ТР_{*i*} (ТР_{*k*}) – трудоемкость *i*-го (*k*-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- ТР_{*i*Н} – накопленная трудоемкость *i*-го этапа проекта по его завершении;
- ТР_{*ij*} (ТР_{*kj*}) – трудоемкость работ, выполняемых *j*-м участником на *i*-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, $m = 2$. [6, с. 14]

Степень готовности определяется формулой :

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m ТР_{km}}$$

Применительно к таблице (5.2) величины $ТР_{ij}$ ($ТР_{kj}$) находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). ТР_{общ.} равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов.

Таблица 3.4

Наращение технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР _{<i>i</i>} , %	СГ _{<i>i</i>} , %
Постановка задачи	2.99	2.99
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	2.82	5.81
Подбор и изучение материалов по тематике	18.32	24.13
Разработка календарного плана	3.28	27.41
Обсуждение литературы	5.83	33.24
Разработка маршрута изготовления детали	17.78	51.02
Расчет технологической части	11.10	75.96
Оформление расчетно-пояснительной записки	7.69	83.65
Оформление графического материала	5.77	89.41
Подведение итогов	10.59	100.00

3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат: [7, с. 112]

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.3.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 ÷ 20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах. [7, с. 165]

Таблица 3.5

Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Фотобумага для принтера 170 гр 127 · 8 · 50,8	250	1 ролик	250

Бумага для принтера формата А4	200	1 уп.	200
Картридж для принтера	1500	1 шт.	1500
Итого:			1950

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 1950 \cdot 1,05 = 2047,5$ руб.

3.3.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле: [7, с. 170]

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/24,83$$

учитывающей, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 3.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 3.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе. [7, с. 171]

Таблица 3.1

Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	28	1,699	44573,54
И	15000	604,1	82,3	1,62	80542,23
Итого:					125115,77

3.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае [7, с. 173]

$$C_{\text{соц.}} = 125115,77 \cdot 0,3 = 37534,7 \text{ руб.}$$

3.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}}$$

где $P_{\text{об.}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт/час;

$t_{\text{об.}}$ – время работы оборудования, час.

Стоимость 1 кВт/ч = 5,25 руб. (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об.}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об.}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Таблица 3.1

Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об.}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об.}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об.}}$, руб.
Персональный	493,8	0,3	778,7

компьютер			
Струйный принтер	30	0,1	15,77
Итого:			794,47

3.3.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{OB} \cdot t_{pф} \cdot n}{F_D},$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. Для ПК (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) принимаем $F_D = 298 \cdot 8 = 2384$ часа;

$t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Примем для ПК срок амортизации – 2,5 года, тогда $N_A = 1 / 2,5 = 0,4$.

Стоимость ПК 27000 руб., время использования 493,8 часа, тогда:

$$C_{AM}(ПК) = (0,4 \cdot 27000 \cdot 794,47 \cdot 1) / 2384 = 3599,1 \text{ руб.}$$

Для принтера срок амортизации – 2 года, тогда $N_A = 1:2=0,5$. Стоимость принтера 6000 руб., $F_D = 500$ час, тогда

$$C_{AM}(Пр) = (0,5 \cdot 6000 \cdot 30 \cdot 1) / 500 = 180 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации:

$$C_{AM} = C_{AM}(ПК) + C_{AM}(Пр) = 3599,1 + 180 = 3779,1 \text{ руб.}$$

3.3.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

$$C_{\text{проч.}} = (1950 + 125115,77 + 37534,7 + 794,47 + 3779,1) \cdot 0,1 \\ = 16917,4 \text{ руб.}$$

3.3.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка технологического процесса изготовления детали типа вал». [8, с. 180]

Таблица 3.1 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1950
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	88418,52
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	37534,7
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	794,47
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3779,1
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	16917,4
Итого:		149349,19

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 149349,19$ руб.

3.3.8 Расчет прибыли

Размер прибыли принимаем в размере 20% от полной себестоимости проекта. Прибыль составляет 29869,83 руб.

3.3.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли.

$$(149349,19 + 29869,83) \cdot 0,18 = 32259,42 \text{ руб.}$$

3.3.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} 149349,19 + 29869,83 + 32259,42 = 211478,44 \text{ руб.}$$

4. Социальная ответственность.

4.1. Производственная безопасность.

В данном разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с правилами эксплуатации помещения, техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

Рабочим местом является учебная лаборатория. Так как данное помещение находится внутри здания, на проектировщика возможны действия следующих вредных и опасных факторов: ультрафиолетовое излучение, превышение уровня шума, отклонение показателей микроклимата, монотонный режим работы, недостаточная освещенность, электрический ток, пожар. Воздействие вредных производственных факторов на работающих может привести к заболеванию и снижению производительности труда. [9, с. 202]

К основным **вредным факторам** можно отнести:

- повышенный уровень шума;
- недостаточная освещенность;
- повышенный уровень вибраций;
- монотонный режим работы;
- отклонение показателей микроклимата;
- повышенный уровень электромагнитных полей;

Использование открытого газового пламени, наличие расплавленного металла и шлака. увеличивают опасность возникновения пожара, а неправильное транспортирование, хранение и использование баллонов со сжатыми газами, нарушение правил эксплуатации газосварочного оборудования и как следствие взрывы. При автоматических способах сварки – нервно-психические перегрузки из-за напряженности труда. Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, искры и брызги расплавленного металла, движущиеся машины, механизмы.

4.1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды. Повышенный уровень шума

Шум в окружающей среде создается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри здания [3]. Источниками внутреннего шума могут являться: токарные станки, печи для закалки, гидравлические прессы, заточное оборудование, электрокары. Источниками внешнего шума могут являться: люди, автомобили, животный мир, погодные условия.

Допускаемым уровнем шума при работе в рабочей комнате 60 дБА. Под воздействием шума, превышающего 85-90 дБА, [СНиП 11-12—77], снижается слуховая чувствительность. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха.

Для снижения шума можно использовать следующие методы:

1. уменьшение шума в источнике;
2. изменение направленности излучения;
3. рациональная планировка предприятий и цехов;
4. акустическая обработка помещений;
5. уменьшение шума на пути его распространения.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Важную роль при создании благоприятных условий труда, для работающих с ПЭВМ, играет правильная организация световой среды (обеспечение оптимальной концентрации естественного и искусственного света).

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 при работе за персональным компьютером и документацией используется комбинирование освещения, т.е. помимо обще равномерного освещения установка светильников местного освещения. Местное освещение должно располагаться ниже или на уровне линии зрения работника так, чтобы не создавать бликов на поверхности экрана. Освещение должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить оптимальные соотношения яркости рабочих и окружающих поверхностей. Освещенность в зоне документов должна быть в диапазоне 300-500 лк, а при работе исключительно с экраном 200 лк. [СНиП 11-4—79] Искусственное освещение располагается так, чтобы обеспечить хорошую видимость на мониторе компьютера. Блесткость уменьшается за счет правильно подобранных осветительных устройств и расположения рабочих мест по отношению к источникам искусственного и естественного

освещения. Потолок так же является отражательной поверхностью, поэтому его яркость не должна превышать 200 кд/м^2 . Источником света при искусственном освещении являются люминесцентные лампы типа ЛБ нейтрально-белого или "теплого" белого цвета с индексом цветопередачи не менее 70. Естественное освещение в помещениях, оборудованных ПЭВМ, должно осуществляться через окна, ориентированные на север и северо-восток, обеспечивая коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1.2 % в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1.5 % на остальной территории. Также одним из нормируемых показателей является коэффициент пульсации (K_p), он не должен превышать 5 % [3], что обеспечивается применением газоразрядных ламп в светильниках общего и местного освещения с высокочастотными пускорегулирующими аппаратами (ВЧ ПРА) для любых типов светильников. Если ВЧ ПРА отсутствуют, применяют лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети

Повышенный уровень вибрации

Источниками вибрации могут являться: станки, гидравлические прессы, заточное оборудование, электрокары. В таблице 8 приведены нормы вибрации для производственных помещений. [9, с. 295]

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Скорость колебательных движений, см/с	Ускорение колебательных движений, см/с ²
0,6-0,4	До 3	1,12-0,76	22-14
0,4-0,15	3-5	0,76-0,46	14-15
0,15-0,05	5-8	0,46-0,25	15-13
0,05-0,03	8-15	0,25-0,28	13-27
0,03-0,009	15-30	0,28-0,17	27-32
0,009-0,007	30-50	0,17-0,22	32-70
0,007-0,005	50-75	0,22-0,23	70-112
0,005-0,003	75-100	0,23-0,19	112-120
* 1,5-2	45-55	1,5-2,5	25-40

Таблица 8. Допустимые величины вибрации в производственных помещениях предприятий.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни.

В таблице 9 представлено влияние вибраций на организм человека в целом. [9, с. 322]

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Результат воздействия
До 0,015	Различная	Не влияет на организм
0,016-0,050	40-50	Нервное возбуждение с депрессией
0,051-0,100	40-50	Изменение в центральной нервной системе, сердце и органах слуха
0,101-0,300	50-150	Возможное заболевание
0,101-0,300	150-250	Вызывает виброболезнь

Таблица 9. Влияние вибрации на организм человека

В последнее время принято различать три формы вибрационной болезни: периферическую — возникающую от воздействия вибрации на руки (спазмы периферических сосудов, приступы побеления пальцев рук на холоде, ослабление подвижности и боль в руках в покое и ночное время, потеря чувствительности пальцев, гипертрофия мышц); церебральную — от преимущественного воздействия вибрации на весь организм человека (общемозговые сосудистые нарушения и поражение головного мозга); смешанную — при совместном воздействии общей и локальной вибрации. Вредность вибрации усугубляется одновременным воздействием на работающих пониженной температуры воздуха рабочей зоны, повышенного

уровня шума, охлаждения рук рабочего при работе с ручными машинами, запыленности воздуха, неудобной позы.

- низкочастотные вибрации (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1-4 Гц для общих вибраций, 8-16 Гц - для локальных вибраций);

- среднечастотные вибрации (8-16 Гц - для общих вибраций, 31,5-63 Гц - для локальных вибраций);

- высокочастотные вибрации (31,5-63 Гц - для общих вибраций, 125-1000 Гц - для локальных вибраций).

Микроклимат

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», оптимальная температура воздуха на рабочих местах в холодный период года, должна находиться в диапазоне 22-24°C, в теплый период года 23-25°C. Перепады температур воздуха в течении смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C. Относительная влажность воздуха в диапазоне 60-40%. Оптимальная скорость движения воздуха 0,1 м/с. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений в холодный период года: температура воздуха в диапазоне ниже оптимальных величин 20,0-21,9°C, в диапазоне выше оптимальных величин 24,1-25,0°C. Температура поверхностей 19,0-26,0°C. Относительная влажность воздуха 15-75%, при температуре воздуха на рабочих местах до 25°C. Скорость движения воздуха не более 0,1 м/с. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений в теплый период года: температура воздуха в диапазоне ниже оптимальных величин 21,0-22,9°C, в диапазоне выше оптимальных величин 25,1-28,0°C. Температура поверхностей 20,0-29,0°C. Относительная влажность воздуха 15-75%, при температуре воздуха на рабочих местах до 25°C. Скорость движения воздуха не более 0,1 м/с. При температурах воздуха 25°C и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии с требованиями п. 6.5. СанПиН 2.2.4.548-96. При температурах воздуха 26-28°C скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии с требованиями п. 6.6. СанПиН 2.2.4.548-96.

Интенсивность теплового излучения от нагретых поверхностей, осветительных приборов не должна превышать 35 Вт/м².

- Для обеспечения комфортных метеоусловий, описанных в данном разделе, необходима установка системы местного кондиционирования воздуха, а также воздушное душирование. Немаловажным фактором, влияющим на метеоусловия, является соответствие нормам площадь и объем рабочего помещения.
- Устройство вентиляции и отопления является важным мероприятием для оздоровления воздушной среды. Вентиляция должна обладать достаточным объемом, так в помещении с работающими ПК осуществляется кондиционирование воздуха, необходимое для поддержания необходимых параметров микроклимата независимо от внешних условий. В холодное время года параметры микроклимата поддерживаются системой водяного, воздушного или электрического отопления, в теплое - благодаря кондиционированию воздуха, с параметрами, отвечающими требованиям санитарным нормам безопасности СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям. СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Производственная пыль по происхождению бывает органического (животного или растительного), неорганического (металлического или минерального) происхождения и смешанной. Чем меньшую дисперсию имеет пыль, тем она имеет более опасное действие, так как проникновение ее в организм человека (легкие, органы пищеварения) вызывает различные заболевания.

Серьезные заболевания возникают, когда пыль попадает в легкие. Наиболее трудным видом пневмокониоза является силикоз, который возникает от влияния пыли диоксида силиция (или диоксида кремния). Некоторые виды пыли, которые попадают на кожу или слизистую оболочку глаз, вызывают раздражающее или воспалительное действие (конъюнктивиты, дерматиты), в особенности, если пыль имеет состав, который образует на влажной поверхности глаз или на влажной коже растворы кислот или

щелочей. Такими являются, например, дерматиты от действия извести, острые воспаления кожи при контакте с пылью, песком, под действием света и тому подобное.

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитные поля оказывают специфическое воздействие на ткани человека, при воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови. Источниками электромагнитных излучений являются компьютеры, трансформаторы, сетевое оборудования, источники индукционного тока.

В случаях, указанных в п. 2.1.1 настоящих Санитарных норм и правил, энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать значений, указанных в таблице 10. [9, с. 226]

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \times ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \times ч$	По плотности потока энергии $(мкВт/см^2) \times ч$
30 кГц - 3 МГц	20000,0	200,0	-
3 - 30 МГц	7000,0	Не разработаны	-
30 - 50 МГц	800,0	0,72	-
50 - 300 МГц	800,0	Не разработаны	-
300 МГц - 300 ГГц	-	-	200,0

Таблица 10. Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.

Опасным называется фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к травме или другому

внезапному резкому ухудшению здоровья. Если же производственный фактор приводит к заболеванию или снижению трудоспособности, то его считают вредным. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Основными **опасными факторами** являются:

- Повышенная температура поверхности оборудования, материалов. Повышенные температуры могут вызвать ожоги различных степеней в зависимости от температуры поверхности.
- Механический фактор, возникающий в результате движения машин и оборудования, а также подъемно-транспортных устройств. Движущиеся части машин и механизмов и сами машины, острые кромки предметов, нахождение на высоте, перегретые или переохлажденные поверхности, способные вызвать термический или холодный ожог.
- Разлет стружки при работе на станке. Разлет горячей стружки может привести к множественным ожогам, так же стружка может привести к поломке оборудования и тем или иным образом повлиять на безопасность человека.
- Опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, данное помещение по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности;

Средства защиты

Основным средством защиты является спецодежда, которая защищает человека от попадания горячей стружки, расплавленных частиц металла, искр, поражения электрическим током.

4.2. Безопасность окружающей среды.

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача – охрана важнейших составляющих окружающей среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и

выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям. Промышленная политика всего мира привела к таким необратимым и существенным изменениям в окружающей среде, что этот вопрос (охрана окружающей среды на предприятии) стал общемировой проблемой и принудил государственные аппараты разработать долгосрочную экологическую политику по созданию внутригосударственного контроля за ПДВ. [9, с. 237]

Как правило, в качестве промышленных отходов выступают: бумага, строительные отходы, коробки. Этот мусор с другими отходами вывозится на территории, выделенные под складирование бытовых отходов. Сжигание этих отходов уменьшает их объём на 90%, но в результате сжигания происходит выделение вредных газов и дымов, что загрязняет атмосферу.

Гидросфера и частично литосфера загрязняются отходами металлообработки за счет выброса сточных вод, которые образуются в результате электрохимической обработки, при охлаждении поверхности, при работе электротехнического оборудования и др.. В качестве загрязнителей сточные воды содержат суспензии песка, глины, металлических частиц, абразивной пыли, флюсов, а также эмульсии минеральных масел и компонентов СОЖ, жидких нефтепродуктов. Концентрация разных примесей в таких водах может достигать 3 г/л.

Сложной проблемой является отделение металлических стружек от смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), содержание последних в стружках доходит до 20%. Для отделения металла от СОЖ применяют нагревание, центрифугирование и другие методы.

Важной задачей является и утилизация твердых органических отходов, хотя они и не составляют большую по массе часть твердых промышленных отходов. Так, разнообразные отходы древесины можно применять для получения технологической щепы и древесных плит. Обтирочную ветошь после стирки можно использовать вторично. До 85% пластмасс (термопластичных) можно подвергнуть разделению и рекуперации под действием повышенных температур и давления.

Смеси органических отходов с металлами перерабатываются в мусоросжигательных печах, а металлы выделяются магнитной сепарацией. Мусор органического состава можно подвергать пиролизу, получая при этом горючий газ, смолу и углеродистый остаток.

Актуальна проблема утилизации отработанных масел, большие количества которых входят в состав СОЖ. Регенерация СОЖ начинается с отделения от отработанных жидкостей металлической пыли, стружек и пыли

от абразивного материала. Далее выделяются растворенные примеси, для чего используются методы адсорбции на глинах и ультрафильтрации через мембраны. Следует отметить, что эта проблема еще ждет своего решения.

Составной частью природоохранных мероприятий на металлообрабатывающих предприятиях является регенерация отработанных травильных растворов, для которой используют химические, физико-химические и электрохимические методы. При утилизации травильных растворов получают сульфат аммония (его можно применять как удобрение), гидроксид цинка, сурик (красящий пигмент) и другие вещества. [10, с. 289]

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина, проектно-конструкторские недоработки, сложность технологий, недостаточная квалификация персонала,. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны. Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются взрыв или пожар на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

На основании рекомендаций [10, с. 700] определяем категорию помещения по пожароопасности по ППБ – 03. В данном случае помещение относится к категории Д - производства, связанного с процессом обработки негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, который сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени.

Причиной возгорания в рабочем кабинете могут быть следующие факторы:

- возгорание устройств искусственного освещения.

- возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов;
- возгорание устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгорание мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

- возгорание;
- локализация возникших пожаров;
- защита людей и материальных ценностей;
- предотвращение пожаров;
- тушение пожара.

Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

Для профилактики возникновения пожаров необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В кабинете имеется порошковый огнетушитель типа ОП-3 и находится пожарный щит, установлен рубильник, обесточивающий всю аудиторию, на двери аудитории приведен план эвакуации в случае пожара;
- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;

- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования. [10, с. 458].
- обеспечение свободного подхода к оборудованию. В рассматриваемом тех. бюро места размещены так, что расстояние между рабочими местами с видеотерминалами составляет более 4,07 м, расстояния между боковыми поверхностями порядка 1 м, что соответствует нормам, а поэтому дополнительных мер защиты не требуется;

Технические мероприятия:

Так же необходимо предусмотреть наличие эвакуационных выходов для персонала. Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, но не менее 0.8 м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не менее 2 м. [10, с. 589]

Производственные помещения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения. Для их размещения устанавливают специальные щиты. На щитах размещают огнетушители, ломы, багры, топоры, ведра. Рядом со щитом устанавливается ящик с песком и лопатами, а также бочка с водой 200—250 л.

Внутренний пожарный кран предназначен для тушения загораний веществ и материалов, кроме электроустановок под напряжением. Размещается в специальном шкафчике, оборудуется стволом и рукавом, соединенным с краном. При возникновении загорания нужно сорвать пломбу, или достать ключ из места хранения на дверце шкафчика, открыть дверцу, раскатать пожарный рукав, после чего произвести соединение ствола, рукава и крана, если это не сделано. Затем максимальным поворотом вентиля крана пустить воду в рукав и приступить к тушению загорания. При введении в действие пожарного крана рекомендуется действовать вдвоем. В то время как один человек производит пуск воды, второй подводит пожарный рукав со стволом к месту горения.

Категорически запрещается использование внутренних пожарных кранов, а также рукавов и стволов для работ, не связанных с тушением загораний и проведением тренировочных занятий.

Огнетушитель углекислотный Предназначен для тушения загораний различных горючих веществ, горение которых не может происходить без

доступа воздуха, на промышленных предприятиях, на транспортных средствах (железнодорожном, городском, морском транспорте), загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000В, в музеях, картинных галереях, архивах. Углекислотные огнетушители также предназначены для тушения жидких и газообразных веществ (класс В, С). Рекомендуются для тушения электроустановок с напряжением до 1000В. Огнетушащее вещество - двуокись углерода.

Наименование показателя	ОУ-3
Вместимость, л	3
Масса заряда, кг	2.1
Рабочее давление в корпусе, Мпа	5.7
Рабочая температура, °С	-20° +50°
Время выхода огнетуш. состава, с, не менее	8
Класс пожара и размер модельного очага	13В
Высота, длина, ширина, мм	500 x220
Масса с зарядом, кг, не более	6.8

Заряжены огнетушащим порошком и закачены инертным газом (воздух, азот, углекислый газ) до давления 16 атм.

Предназначены для тушения пожаров класса А,В,С или ВС, в зависимости от типа применяемого порошка, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Снабжены запорными устройствами, обеспечивающими свободное открывание и закрывание простым движением руки. Эксплуатируются при температуре -40 - +50°С. Срок перезарядки - 5 лет.

Наименование показателя	ОП-3
Количество огнетушащего порошка	2.6
Огнетушащая способность	2А,55В
Время подачи огнетуш. в-ва, с	8
Рабочее давление в корпусе, Мпа	1,6 ^{+0,02} _{-0,4}
Длина выброса, м	3
Высота, ширина, мм	435x120
Масса , кг	5

Не следует использовать ОП для тушения оборудования, которое может выйти из строя при попадании порошка (ЭВМ, электронное оборудование, электромашины коллекторного типа) [10, с. 679]

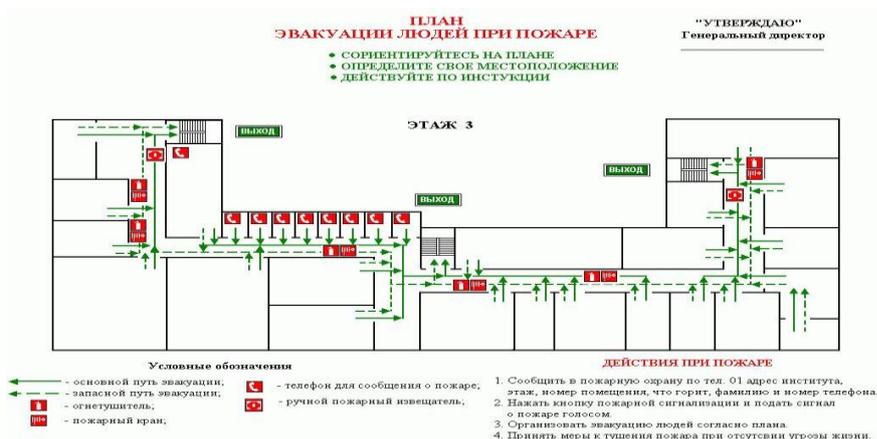


Рис 1. План эвакуации

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Рабочее помещение должно оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Площадь на одно рабочее место с компьютером и другими приборами для взрослых пользователей должна составлять не менее 6 м², а объем не менее -20 м³. [10, с. 209]

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Расположение рабочих мест за мониторами и другими приборами для взрослых пользователей в подвальных помещениях не допускается.

Для внутренней отделки интерьера помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5.

Тара из-под нефтепродуктов (керосина, бензина и ДТ.) перед сваркой должна быть тщательно промыта раствором каустической соды и продута паром.

Поверхность пола в рабочем помещении должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами. Полы и стены помещений, в которых производится сварка, должны быть изготовлены из негоряемого материала. В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи. Взрывоопасные и легковоспламеняющиеся материалы должны находиться на расстоянии не менее 5 м от места сварки; их необходимо закрывать огнестойкими материалами (асбест.).

На работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, выдаются прошедшие обязательную сертификацию или

декларирование соответствия средства индивидуальной защиты в соответствии с типовыми нормами, утвержденными в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Для предупреждения заболеваний, связанных с работой на станке необходима рациональная организация труда и отдыха, которая нормируется в соответствии с санитарными правилами.

К средствам индивидуальной защиты относятся специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты (изолирующие костюмы, средства защиты органов дыхания, средства защиты рук, средства защиты головы, средства защиты лица, средства защиты органа слуха, средства защиты глаз, предохранительные приспособления)

-

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. Под ред. А. М. Дальского, А.Г.Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд,исправл. – М.: Машиностроение -1, 2003 г. 944 с., ил.
2. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 256 с.
3. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. 100 с.
4. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. Под ред. А. М. Дальского, А.Г.Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд,исправл. – М.: Машиностроение -1, 2003 г. 912 с., ил.
5. Приспособления для металлорежущих станков. М.А. Ансеров., - 3-е изд, стереотипное. Изд. Машиностроение, 1966 г. 648с.
6. Давыдов О.Б. Об оценке инвестиционного риска. - М.: Бухгалтерский учёт-2003.-№8 с.13-16.
7. Костров А. В. Основы информационного менеджмента: Учеб. пособие. –М.: Финансы и статистика, 2001. – 336 с.
8. Хельдман К. Профессиональное управление проектом. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005 –261с.
9. Графкина М.В. Охрана труда и производственная безопасность: учеб. — М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007. — 424 с.
10. Фролов А. В. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда : учеб. пособие для вузов / А. В. Фролов, Т. Н. Бакаева; под. общ. ред. А. В. Фролова. — Изд. 4-е, доп. и перераб. — Ростовн/Д.: Феникс, 2013. — 750 с.: ил. — (Высшее образование).