

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт электронного обучения

Специальность 151001 «Технология машиностроения»

Кафедра технологии машиностроения и промышленной робототехники

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления шлицевого вала.

УДК 621.824.4-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4311	Кручинин Игорь Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Бознак А.О.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. зав. кафедрой	Вильнин А.Д.	-		

Томск – 2017 г.

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



Институт ИнЭО
 Специальность 151001 «Технология машиностроения»
 Кафедра технологии машиностроения и промышленной робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. 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
3-4311	Кручинин Игорь Николаевич

Тема работы:

Разработка технологии изготовления шлицевого вала.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.05.2017г. №3065/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Маршрутная технология изготовления шлицевого вала, годовая программа выпуска детали, чертеж детали
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Разработка технологии изготовления вала, размерный анализ, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания, расчет норм времени технологического процесса, проектирование приспособления
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертеж детали 1 лист формата А1 Карта технологического процесса 2 листов формата А1 Размерный анализ 1 лист формата А1 Чертеж приспособления 1 лист формата А1
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологический, конструкторский	Бознак Алексей Олегович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.04.2017г.
--	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бознак А.О.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

3-4311	Кручинин Игорь Николаевич		
--------	---------------------------	--	--

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4311	Кручинин Игорь Николаевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТМСПР
Уровень образования	Специалист (инженер)	Направление/специальность	151001 «Технология машиностроения»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Программа выпуска, стоимость материала, тип производства
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы штучно-калькуляционного времени
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	Расчет технологической себестоимости
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя 2. Оценка конкурентоспособности ИР 3. Матрица SWOT 4. Модель Канон 5. ФСА диаграмма 6. Оценка перспективности нового продукта 7. График разработки и внедрения ИР 8. Инвестиционный план. Бюджет ИП 9. Основные показатели эффективности ИП 10. Риски ИП	Таблица технологической себестоимости
--	---------------------------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	17.04.2017г.
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петухов О.Н.	к. э. н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4311	Кручинин Игорь Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4311	Кручинин Игорь Николаевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТМСПР
Уровень образования	Специалист (инженер)	Направление/специальность	151001 «Технология машиностроения»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Рабочее место расположено в механическом цехе, при обработке детали «Шлицевой вал»
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» СанПиН 2.24.548-96, «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», ГОСТ 12.1.013-78 Система стандартов безопасности труда. Строительство Электробезопасность. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы». ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность». ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность».

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Вредные факторы: -повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; -высокий уровень шума и вибрации; -недостаточная освещенность рабочей зоны; -наличие прямой и отраженной блескости; -повышенная пульсация светового потока..
--	--

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Опасные факторы: -движущиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки; -стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента; -повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может произойти замыкание через тело человека.
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Механическая обработка металлов на станках: Токарный обрабатывающий центр OKUMA LB 2000 EX, Ленточнопильный станок CARIF 260 BA CNC, Токарный обрабатывающий центр OKUMA Genos L 200 M, Внутришлифовальный станок 3K228A
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Чрезвычайные ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.)
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Важнейшие положения в области охраны труда закреплены в положениях в области охраны труда закреплены в Кзот.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Расчет защитного заземления, Расчет освещенности на токарном участке с ЧПУ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	17.04.2017г.
---	---------------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4311	Кручинин Игорь Николаевич		

Содержание

1. Технологическая часть	9
1. Техническое задание.....	9
2. Определение типа производства.	10
3. Назначение и конструкция детали.	15
4. Анализ технологичности конструкции детали.	16
5. Выбор типа заготовки.....	17
6. Проектирование маршрута технологии изготовления детали Шлицевой вал	19
7. Разработка размерной схемы проектируемого технологического процесса	22
7.1 Размерный анализ проектируемого технологического процесса изготовления детали	22
7.2. Определение допусков на технологические размеры	24
7.3. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров найденных через размерные цепи	26
7.4. Расчет минимальных припусков на обработку.....	27
7.5. Расчет диаметральных размеров	28
7.6. Расчет линейных размеров.....	31
8. Определение режимов резания.....	34
8.1. Выбор оборудования и технологической оснастки	34
8.2. Расчёт режимов резания при отрезании ленточной пилой.	35
8.3. Расчёт режимов резания при точении торцов.....	35
8.4. Расчёт режимов резания при точении $D1.2$	37
8.5. Расчёт режимов резания при точении $D1.3$	40
8.6. Расчёт режимов резания при сверлении отверстия $D1.5$	42
8.7. Расчет режимов резания при растачивании в $D1.7$	44
8.8. Расчет режимов резания при нарезании резьбы $M16$	46
8.9. Расчёт режимов резания при сверлении отверстия $D2.3.1$	47
8.10. Расчет режимов резания при нарезании резьбы $M8$	49
8.11. Расчет режимов резания для точения наружной поверхности по контуру на второй операции	51
8.12. Расчет режимов резания для нарезание резьбы $M48 \times 1,5$ резцом ...	53

8.13. Расчёт режимов резания при шлифовании	55
8.14. Расчет режимов резания при фрезеровании пазов	57
8.15. Расчет режимов резания на зубофрезерной операции	59
9. Расчет норм времени	63
9.1. На первой токарной операции	64
9.2. На второй токарной операции	67
9.3. На четвертой круглошлифовальной операции	69
9.4. На пятой фрезерной операции	70
9.5. На шестой зубофрезерной операции	71
9.6. Расчет штучно калькуляционного времени	71
2. Конструкторская часть	100
1. Разработка приспособления для фрезерования шпоночных пазов	100
2. Принцип работы приспособления	101
3. Силовой расчет приспособления	102
3.1. Расчет цангового зажима.	102
3.2. Расчет эксцентрика	101
3. Экономическая часть	102
1. Техничко-экономическое обоснование	102
2. Калькуляция на существующий тех. процесс	104
3. Калькуляция на усовершенствованный тех. процесс	107
4. Социальная ответственность	110
1. Введение	110
2. Анализ опасных и вредных производственных факторов при изготовлении вала шлицевого	111
3. Техника безопасности	113
4. Расчет защитного заземления	115
5. Производственная санитария	118
6. Чрезвычайная ситуация	120
7. Пожарная безопасность	123
8. Охрана окружающей среды	125
Список использованной литературы	127

1. Техническое задание

[illegible]

Рис.1. Чертёж детали «Шлицевой вал».

2. Определение типа производства.

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [2]:

$$k_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P}$$

Для расчета коэффициента закрепления операций составим таблицу. В первую графу занесем все операции техпроцесса, во вторую - нормы времени $t_{ум}$

Определяем и записываем расчетное количество станков для каждой операции m_p :

$$m_p = \frac{N \cdot t_{ум}}{60 \cdot F_{д} \cdot \eta_{з.н}}$$

где N - годовой объём выпуска деталей, $N = 6000$ шт.;

$t_{ум}$ - штучное время, мин;

$F_{д}$ - действительный годовой фонд времени, $F_{д} = 4016$ ч;

$\eta_{з.н.}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования ($\eta_{з.н.} = 0,75 \dots 0,8$)

P - принятое число рабочих мест

$\eta_{з.ф.}$ - фактический коэффициент загрузки ;

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

O - кол-во операций выполняемых на рабочем месте;

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

Основное технологическое время определяем приближенно по рекомендациям [1, с.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Штучно – калькуляционное время основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1, с.147]: $t_{шт} = \varphi_k \cdot T_o$

где φ_k – коэффициент основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

T_o – основное технологическое время операции, мин.

Принимаем тип производства – среднесерийное, тогда:

Для токарной операции (токарной с ЧПУ) $\varphi_k = 2,14$;

для фрезерной операции $\varphi_k = 1,84$

для зубофрезерной $\varphi_k = 1,66$

для сверлильной $\varphi_k = 1,72$

для круглошлифовальной $\varphi_k = 2,10$

Основное технологическое время первой токарной операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов:

$$T_o = (0,037(D^2 - d^2) + 0,037(D^2 - d^2) + 0,17d \cdot l + 0,17d \cdot l + 0,52d \cdot l + 0,21d \cdot l + 0,4d \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_0 = (0,037(D^2-d^2)+0,037(D^2-d^2)+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+ \\ +0,52d \cdot l+0,21d \cdot l+0,4d \cdot l) \cdot 10^{-3} = (0,037(90^2-0^2)+0,037(87^2-40^2)+ \\ +0,17 \cdot 87 \cdot 14+0,17 \cdot 40 \cdot 4+0,52 \cdot 14 \cdot 41+0,21 \cdot 5 \cdot 17+0,4 \cdot 16 \cdot 25) \cdot 10^{-3} = 1,25$$

$$t_{шт} = \varphi_k \cdot T_0 = 2,14 \cdot 1,25 = 2,67 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время токарной операции с ЧПУ определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов:

$$T_0 = (0,037(D^2-d^2)+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+ \\ +0,17d \cdot l+0,17d \cdot l++0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,1d \cdot l+0,1d \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_0 = (0,037(D^2-d^2)+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+ \\ +0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,17d \cdot l+0,1d \cdot l+0,1d \cdot l) \cdot 10^{-3} = (0,037 \cdot 90^2 + 0,17 \cdot 84 \cdot 160 + \\ +0,17 \cdot 78 \cdot 160 + 0,17 \cdot 72 \cdot 160 + 0,17 \cdot 66 \cdot 160 + 0,17 \cdot 60 \cdot 160 + 0,17 \cdot 54 \cdot 160 + \\ +0,17 \cdot 51 \cdot 160 + 0,17 \cdot 48 \cdot 92 + 0,17 \cdot 43 \cdot 77) \cdot 10^{-3} = 7,26 \text{ мин.}$$

$$t_{шт} = \varphi_k \cdot T_0 = 2,14 \cdot 7,26 = 15,53 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время фрезерной операции:

$$T_0 = 2 \cdot 6 \cdot l \cdot 10^{-3}$$

Где l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_0 = 2 \cdot 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 6 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,36 \text{ мин.}$$

$$t_{шт} = \varphi_k \cdot T_0 = 1,84 \cdot 0,36 = 0,66 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время сверлильной операции:

$$T_0 = 2 \cdot 0,52d \cdot l \cdot 10^{-3}$$

Где d – диаметр сверления, мм

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_0 = 2 \cdot 0,52d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,52 \cdot 6,8 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,17 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{шт}} = \varphi_k \cdot T_0 = 1,72 \cdot 0,17 = 0,29 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время слесарной операции:

$$T_0 = 2 \cdot 0,4d \cdot l \cdot 10^{-3}$$

Где d – диаметр нарезаемой резьбы, мм

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_0 = 2 \cdot 0,4d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,128 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{шт}} = \varphi_k \cdot T_0 = 1,72 \cdot 0,128 = 0,22 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время зубофрезерной операции:

$$T_0 = 9 \cdot l \cdot z \cdot 10^{-3}$$

Где z – число шлицев,

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_0 = 9 \cdot l \cdot z \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 9 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{шт}} = \varphi_k \cdot T_0 = 1,66 \cdot 9 = 14,94 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время круглошлифовальной операции:

$$T_0 = (0,1d_1 \cdot l_1 + 0,1d_2 \cdot l_2 + 0,1d_3 \cdot l_3) \cdot 10^{-3}$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_0 = (0,1d_1 \cdot l_1 + 0,1d_2 \cdot l_2 + 0,1d_3 \cdot l_3) \cdot 10^{-3} =$$

$$= (0,1 \cdot 50 \cdot 70 + 0,1 \cdot 42 \cdot 77 + 0,1 \cdot 40 \cdot 4) \cdot 10^{-3} = 0,69 \text{ мин.}$$

$$t_{шт} = \varphi_k \cdot T_0 = 2,10 \cdot 0,69 = 1,45 \text{ мин.}$$

Полученные данные занесём в таблицу 1.

Расчет коэффициента закрепления операций

Таблица 1

Операция	$t_{шт}$, мин	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
015. Токарная	2,67	0,083	1	0,083	9,638
025. Токарная с ЧПУ	15,53	0,482	1	0,482	1,659
045. Круглошлифовальная	17,45	0,045	1	0,045	17,774
050. Фрезерная	1,66	0,020	1	0,020	40
060. Зубофрезерная	14,94	0,464	1	0,464	1,723
070. Слесарная	1,22	0,007	1	0,007	114,28

$$\sum P = 7; \sum O = 273,872$$

$$k_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{273,872}{7} = 39,124.$$

По ГОСТ 3.1121-84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций $k_{з.о.}$:

- массовое производство – $k_{з.о.} = 1$;
- крупносерийное – $k_{з.о.} = 2 \dots 10$;
- среднесерийное – $k_{з.о.} = 10 \dots 20$;
- мелкосерийное – $k_{з.о.} = 20 \dots 40$;
- единичное – $k_{з.о.} > 10$.

Полученный коэффициент закрепления операций находится в пределах от 20 до 40; Следовательно, производство детали «Шлицевой вал» будет мелкосерийным.

3. Назначение и конструкция детали.

Данная деталь «Шлицевой вал» представляет собой тело вращения, и относится к классу валов и служит для передачи крутящего момента посредством эвольвентных шлицев с одной стороны и шпоночными пазами с другой стороны, в механизме поворота.

Изготавливается из конструкционной легированной стали 30ХГСА

Химический состав в % материала 30ХГСА

Таблица 2

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.28 - 0.34	0.9 - 1.2	0.8 - 1.1	до 0.3	до 0.025	до 0.025	0.8 - 1.1	до 0.3

Механические свойства при T=20°C материала 30ХГСА .

Таблица 3

Сортамент	Размер	Напр	σ_b	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Трубы, ГОСТ 8731-87			686		11			
Трубы холоднодеформир., ГОСТ 8733-74			491		18			
Пруток, ГОСТ 4543-71	Ø 25		1080	830	10	45	490	Закалка 880°C, масло, Отпуск 540°C, вода,

4. Анализ технологичности конструкции детали.

В соответствии с исходными данными вал будет выполнен из конструкционной легированной стали 30ХГСА.

Деталь имеет форму цилиндра, что дает возможность применения универсальной оснастки.

Наличия допуска радиального биения терцев и поверхностей относительно оси центров, а так же высокого требования к шероховатости этих поверхностей Ra 0.8, указывает на достижении точности этих размеров путем обработки детали на кругло шлифовальном станке в неподвижных центрах.

На большем торце вала имеются 2 паза, для их фрезерования необходима разработка специального приспособления.

Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

5. Выбор типа заготовки

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки зависит от формы детали и ее размеров, исходного материала, типа и вида производства, наличия необходимого оборудования.

Анализируя чертеж, приходим к выводу, что наиболее выгодный способ получения заготовки - штамповка. При использовании штамповки в качестве заготовки ее форма и размеры будут достаточно близки к форме и размерам готовой детали. Но, учитывая тип производства (мелкосерийное), изготовление дорогостоящей оснастки (штамп) и использование сложного оборудования (вертикально – радиально ковочная машина) использование в качестве заготовки штамповки экономически необоснованно.

Другим вариантом получения заготовки является сварная конструкция из двух частей – фланца и вала. Но при сваривании данной стали появляется необходимость предварительного подогрева места сварки и последующий отжиг. А так же появление дефектов и трещин на поверхности в процессе сварки. Сварной шов ослабит шпоночные пазы, расположенные на торцевой поверхности фланца.

С учетом выше изложенного, технологических свойств материала, её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный обычной точности.

$K_{\text{прокат}} = \frac{\text{ГОСТ 2590-2006}}{30\text{ХГСА ГОСТ 4543-71}}$

Применение стали:

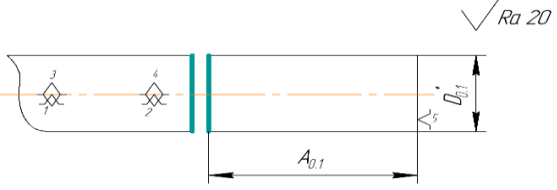
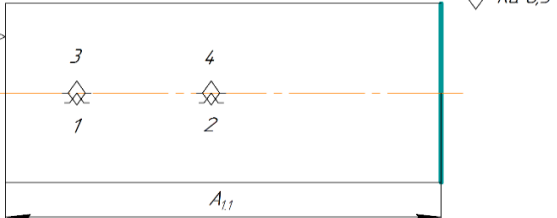
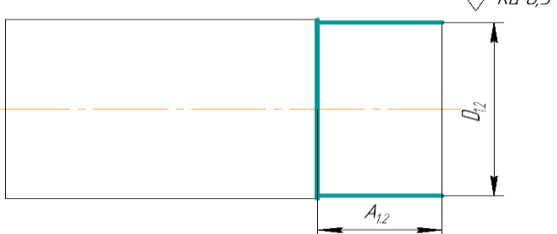
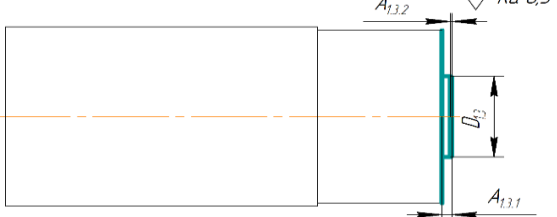
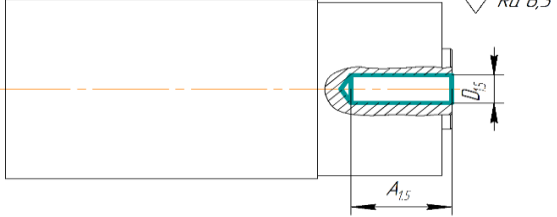
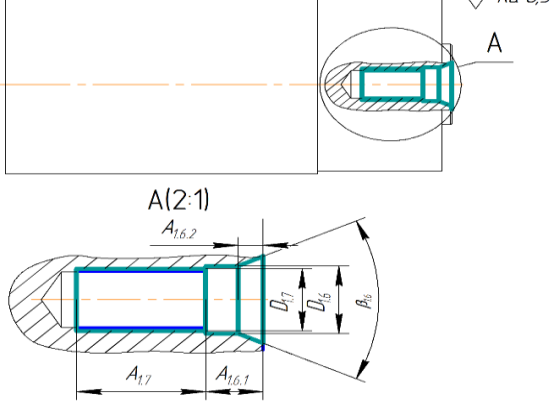
различные улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, фланцы, корпуса

обшивки, лопатки компрессорных машин, работающие при температуре до 200°С, рычаги, толкатели, крепежные детали, работающие при низких температурах.

Стали заменители: 40ХФА , 35ХМ , 40ХН , 25ХГСА , 35ХГСА .

6. Проектирование маршрута технологии изготовления детали «Шлицевой вал»

Таблица 4. Маршрут изготовления детали «шлицевой вал»

0	<i>Заготовительная</i> А Установить и снять деталь 1. Отрезать заготовку, выдерживая размер $A_{0,1}$ 2. Нормализовать 210...245 НВ	
1	<i>Токарная с ЧПУ</i> А Установить и снять деталь 1. Подрезать торец, выдерживая размер $A_{1,1}$	
	2. Точить поверхность, выдерживая размеры $A_{1,2}$ и $D_{1,2}$	
	3. Точить по контуру, выдерживая размеры $A_{1,3,1}$, $A_{1,3,2}$ и $D_{1,3}$	
	4. Центровать отверстие, выдерживая размеры $A_{1,4}$ и $D_{1,4}$ 5. Сверлить отверстие, выдерживая размеры $A_{1,5}$ и $D_{1,5}$	
	6. Точить по контуру, выдерживая размеры $A_{1,6,1}$, $A_{1,6,2}$, $D_{1,6}$ и $\beta_{1,6}$ 7. Фрезеровать резьбу М16, выдерживая размеры $A_{1,7}$ и $D_{1,7}$	

2	<u>Токарная с ЧПУ</u> А Установить и снять деталь 1. Подрезать торец, выдерживая размер $A_{2,1}$ 2. Центровать отверстия 3. Сверлить два отверстия, выдерживая размеры $A_{2,3}$, $D_{2,3,1}$ и $D_{2,3,2}$ 4. фрезеровать резьбы М8, глубиной $A_{2,4}$	
	5. Точить поверхность, выдерживая размеры $A_{2,5}$ и $D_{2,5}$	
	6. Точить поверхность, выдерживая размеры $A_{2,6}$ и $D_{2,6}$	
	7. Точить по контуру, выдерживая размеры $A_{2,7,1}$, $A_{2,7,2}$, $A_{2,7,3}$, и $D_{2,7}$	
	8. Точить канавку, выдерживая размеры $A_{2,8,1}$, $A_{2,8,2}$, $A_{2,8,3}$ и $D_{2,8}$ 9. Нарезать резьбу М48, выдерживая размер $D_{2,9}$	
3	<u>Термическая</u> 1. Калий поверхность Д ТВЧ h 0,8...1,2 42...47 HRC	
4	<u>Круглошлифовальная</u> А Установить и закрепить деталь 1. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $A_{4,1}$ и $D_{4,1}$	
	Б Переустановить и закрепить деталь 2. Шлифовать поверхность $D_{4,2}$ с подшлифовкой торца, выдерживая размер $A_{4,2}$ 3. Шлифовать поверхность выдерживая размер $D_{4,3}$	

5	<u>Фрезерная</u> А Установить и закрепить деталь 1. Фрезеровать паз 1, выдерживая размеры $A_{5,1,1}$, $A_{5,1,2}$ и $A_{5,1,3}$ Б Переустановить и закрепить 2. Фрезеровать паз 2, выдерживая размеры $A_{5,1,1}$, $A_{5,2,2}$ и $A_{5,2,3}$	$\sqrt{Ra\ 3,2}$																				
6	<u>Зубофрезерная</u> А Установить и закрепить деталь 1. Фрезеровать шлицы, выдерживая размер $A_{6,1}$	<table><tr><th colspan="2">Условные обозначения по ГОСТ 6033-80</th></tr><tr><td>Модуль</td><td>m 2</td></tr><tr><td>Число зубьев</td><td>z 20</td></tr><tr><td>Нормальный исходный контур по ГОСТ 6033-80</td><td>α 30°</td></tr><tr><td>Диаметр ролика</td><td>d_f 4</td></tr><tr><td>Размер по роликам</td><td>M_b $46,195_{-0,009}^{+0,040}$</td></tr><tr><td>Глубина зуба по хорде делительной окружности</td><td>s $3,026_{-0,071}^{+0,026}$</td></tr><tr><td>Длина общей нормали</td><td>W $20,807_{-0,061}^{+0,022}$</td></tr><tr><td>Число зубьев, охватываемых при измерении</td><td>z_n 4</td></tr><tr><td>Диаметр делительной окружности</td><td>d 40</td></tr></table> $\sqrt{Ra\ 3,2}$	Условные обозначения по ГОСТ 6033-80		Модуль	m 2	Число зубьев	z 20	Нормальный исходный контур по ГОСТ 6033-80	α 30°	Диаметр ролика	d_f 4	Размер по роликам	M_b $46,195_{-0,009}^{+0,040}$	Глубина зуба по хорде делительной окружности	s $3,026_{-0,071}^{+0,026}$	Длина общей нормали	W $20,807_{-0,061}^{+0,022}$	Число зубьев, охватываемых при измерении	z_n 4	Диаметр делительной окружности	d 40
Условные обозначения по ГОСТ 6033-80																						
Модуль	m 2																					
Число зубьев	z 20																					
Нормальный исходный контур по ГОСТ 6033-80	α 30°																					
Диаметр ролика	d_f 4																					
Размер по роликам	M_b $46,195_{-0,009}^{+0,040}$																					
Глубина зуба по хорде делительной окружности	s $3,026_{-0,071}^{+0,026}$																					
Длина общей нормали	W $20,807_{-0,061}^{+0,022}$																					
Число зубьев, охватываемых при измерении	z_n 4																					
Диаметр делительной окружности	d 40																					
7	<u>Токарная</u> А Установить и закрепить деталь 1. Полировать поверхность, выдерживая размеры $A_{6,1}$ и $A_{6,2}$	$\sqrt{Ra\ 0,4}$																				
8	<u>Слесарная</u> 1. Снять заусенцы, притупить острые кромки 0,3 мм																					

Уравнение, размерные цепи конструкторских непосредственно не обеспечивающихся размеров (из рис.2, рис.3):

$$K_4 = A_{1.6.1} - A_{1.6.2}$$

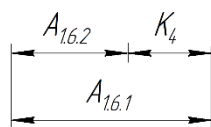


Рис 4.Размерная цепь для K_4

$$K_7 = A_{1.3.1} + A_{2.5} - A_{4.1}$$

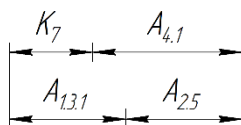


Рис 5.Размерная цепь для K_7

$$K_9 = A_{4.1} + A_{2.6} - A_{4.2}$$

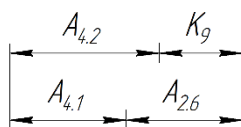


Рис 6.Размерная цепь для K_9

$$K_{10} = A_{2.1} - A_{2.5} - A_{2.6} - A_{2.7.1}$$

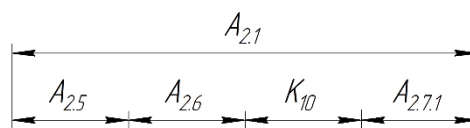


Рис 7.Размерная цепь для K_{10}

$$K_{11} = A_{2.8.3} - A_{2.8.2}$$

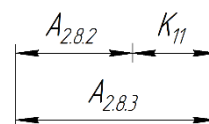


Рис 8.Размерная цепь для K_{11}

$$K_{18} = A_{1.2} + A_{2.1} - A_{2.5}$$

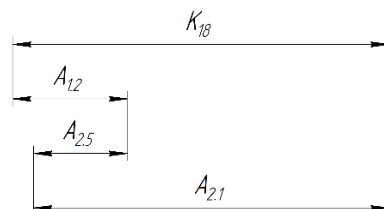


Рис 9.Размерная цепь для K_{18}

Допуски на конструкторские размеры

$$TK_1 = 0,25 \text{ мм},$$

$$TK_7 = 0,30 \text{ мм},$$

$$TK_{13} = 0,25 \text{ мм},$$

$$TK_2 = 0,36 \text{ мм},$$

$$TK_8 = 0,036 \text{ мм},$$

$$TK_{14} = 0,62 \text{ мм},$$

$$TK_3 = 0,30 \text{ мм},$$

$$TK_9 = 0,74 \text{ мм},$$

$$TK_{15} = 0,25 \text{ мм},$$

$$TK_4 = 0,30 \text{ мм},$$

$$TK_{10} = 0,43 \text{ мм},$$

$$TK_{16} = 0,52 \text{ мм},$$

$$TK_5 = 0,52 \text{ мм},$$

$$TK_{11} = 0,30 \text{ мм},$$

$$TK_{17} = 0,52 \text{ мм},$$

$$TK_6 = 0,62 \text{ мм},$$

$$TK_{12} = 0,25 \text{ мм},$$

$$TK_{18} = 0,25 \text{ мм},$$

7.2. Определение допусков на технологические размеры

Формула расчета допуска на технологический размер [1]:

$$TA_i = w_{ci} + p_{i-1} + \varepsilon_i,$$

где w_c - среднестатистическая точность механической обработки, принятая из приложения 1 [2],

p_{i-1} - точность геометрической формы или расположения поверхностей, полученной на предыдущей операции, принятая из приложения 2 [1],

ε_i - погрешность установки, на данной операции [1]:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

ε_6 - погрешность базирования заготовок,

ε_3 - погрешность закрепления заготовок ,

Определение допуска технологического размера на заготовительной операции:

$$TA_{0.1} = w_{c1} = 2,0 \text{ мм},$$

w_{c1} - среднестатистическая погрешность данного метода, мм

На первой токарной операции с ЧПУ (см таблица 4).

1. Значения допусков осевых размеров

$$TA_{1.1} = w_{c1} + \frac{TA_{0.1}}{2} = 0,05 + 1 = 1,05 \text{ мм},$$

где $p_{i-1} = \frac{TA_{0.1}}{2}$ —отклонение формы, равное половине допуска на размер $A_{0.1}$.

На последующих переходах осевые размеры выдерживаются между обработанными поверхностями, следовательно их допуск равен среднестатистической погрешности обработки.

$$TA_{1.2} = TA_{1.3.1} = TA_{1.3.2} = TA_{1.5} = TA_{1.6.1} = TA_{1.6.2} = TA_{1.7} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм},$$

2. Значения допусков диаметральных размеров

Допуск на диаметральный размер $D_{1.2}$, примем равным допуску $K_{1.2}$ по 14 качеству (из чертежа детали):

$$TD_{1.2} = TK_{1.2} = 0,87 \text{ мм},$$

$$TD_{1.3} = TD_{1.5} = TD_{1.6} = TD_{1.7} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм},$$

На второй токарной операции с ЧПУ (см таблица 4).

1. Значения допусков осевых размеров

$$TA_{2.1} = TA_{2.5} = w_{c1} + p_{pp} = 0,05 + 0,002 = 0,052 \text{ мм},$$

$p_{pp} = p_{pp_{i-1}} \cdot 0,04 = 0,05 \cdot 0,4 = 0,002 \text{ мм}$ —отклонение формы, копированное с обработанного торца на первой токарной операции с ЧПУ при получении диаметра $TD_{1.3}$.

Остальные осевые размеры полученные на этой операции будут равны среднестатистической погрешности при токарной обработке:

$$TA_{2.2} = TA_{2.4} = TA_{2.6} = TA_{2.7.1} = TA_{2.7.2} = TA_{2.7.3} = TA_{2.8.1} = TA_{2.8.2} = TA_{2.8.3} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм},$$

2. Значения припусков диаметральных размеров, так же будут равны среднестатистической погрешности:

$$TD_{2.3.1} = TD_{2.3.2} = TD_{2.5} = TD_{2.6} = TD_{2.7} = TD_{2.8} = TD_{2.9} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм}$$

На четвертой круглошлифовальной операции (см таблица 4).

1. Значения допусков осевых размеров:

$$TA_{4.1} = w_{c2} + p_{pp} = 0,01 + 0,0056 = 0,0156 \text{ мм},$$

$p_{pp} = p_{pp_{i-1}} \cdot 0,04 = (0,09 + 0,05) \cdot 0,04 = 0,0056 \text{ мм}$ —отклонение, вызванное путем копирования погрешности после точения диаметров на первой и второй токарных операциях с ЧПУ: $TD_{1.3}$ и $TD_{2.5}$.

Допуск осевого размера $A_{4.2}$, примем равным допуску K_8 (по чертежу):

$$TA_{4.2} = TK_8 = 0,036 \text{ мм},$$

2. Значение допусков диаметральных размеров будут равны среднестатистической погрешности круглошлифовальной операции:

$$TD_{4.1} = TD_{4.2} = TD_{4.3} = w_{c1} = 0,01 \text{ мм},$$

На пятой фрезерной операции (см таблица 4).

1. Значения допусков осевых размеров:

$$TA_{5.1.1} = TA_{5.1.2} = TA_{5.1.3} = TA_{5.2.2} = TA_{5.2.3} = w_{c1} = 0,04 \text{ мм},$$

На седьмой токарной операции (см таблица 4).

1. Значения допусков осевых размеров примем по 14 качеству (из чертежа детали):

$$TA_{7.1} = 0,62 \text{ мм},$$

$$TA_{7.2} = 0,43 \text{ мм},$$

7.3. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров найденных через размерные цепи

Условие обеспечения точности конструкторского размера проверим методом максима-минимума по формуле [1]:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i ,$$

Допуск замыкающего звена больше или равен сумме допусков составляющих звеньев.

Расчет ведётся по цепям и уравнениям полученным из размерных схем (рис.2, рис.3) и приведенных в рис.4-9.

- $TK_4 = 0,3 \text{ мм} :$

$$TA_{1.6.1} + TA_{1.6.2} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм},$$

$$0,3 \geq 0,1 - \text{обеспечивается}$$

- $TK_7 = 0,3 \text{ мм} :$

$$TA_{1.3.1} + TA_{2.5} + TA_{4.1} = 0,05 + 0,05 + 0,01 = 0,11 \text{ мм},$$

$$0,3 \geq 0,11 - \text{обеспечивается}$$

- $TK_9 = 0,74 \text{ мм} :$

$$TA_{2.6} + TA_{4.1} + TA_{4.2} = 0,05 + 0,01 + 0,036 = 0,096 \text{ мм}$$

$$0,74 \geq 0,096 - \text{обеспечивается}$$

- $TK_{10} = 0,43 \text{ мм} :$

$$TA_{2.1} + TA_{2.5} + TA_{2.6} + TA_{2.7.1} = 0,052 + 0,05 + 0,05 + 0,05 = 0,22 \text{ мм}$$

$$0,43 \geq 0,22 - \text{обеспечивается}$$

- $TK_{11} = 0,25 \text{ мм}$:

$$TA_{2.8.2} + TA_{2.8.3} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$0,25 \geq 0,1 - \text{обеспечивается}$$

- $TK_{18} = 0,25 \text{ мм}$:

$$TA_{1.2} + TA_{2.1} + TA_{2.5} = 0,05 + 0,052 + 0,05 = 0,152 \text{ мм}$$

$$0,25 \geq 0,152 - \text{обеспечивается}$$

Точность всех конструкторских размеров обеспечивается.

7.4. Расчет минимальных припусков на обработку

Расчет минимальных припусков ведется по формулам [1]:

- диаметральный припуск:

$$z_{i \min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right),$$

- припуск на обработку плоскостей:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + p_{i-1},$$

где Rz_{i-1} - шероховатость поверхности, полученная на предыдущей операции из приложения 2 [2], мм,

h_{i-1} - величина дефектного слоя, полученная на предыдущей операции из приложения 2 [2], мм,

p_{i-1} -точность геометрической формы и расположения поверхностей при механической обработке, из приложения 3 [2], мм,

1. Припуск, полученный при подрезке торца на первой токарной операции:

$$z_{1.1 \min} = Rz_{0.1} + h_{0.1} + p_{0.1} + \varepsilon_i = 0,10 + 0,10 + 0,50 + 0,12 = 0,82 \text{ мм},$$

2. Припуск, полученный при подрезке торца на второй токарной операции:

$$z_{2.1 \min} = Rz_{0.1} + h_{0.1} + p_{0.1} = 0,10 + 0,10 + 0,50 = 0,7 \text{ мм},$$

3. Припуск, полученный при подшлифовке торца на первом переходе четверной круглошлифовальной операции:

$$z_{4.1 \min} = Rz_{1.3.1} + h_{1.3.1} + p_{1.3.1} = 0,05 + 0,05 + 0,03 = 0,13 \text{ мм},$$

4. Припуск, полученный при подшлифовке торца на втором переходе четверной круглошлифовальной операции:

$$z_{4.2 \min} = Rz_{2.5} + h_{2.5} + p_{2.5} = 0,05 + 0,05 + 0,03 = 0,13 \text{ мм},$$

5. Припуск, полученный при точении наружной поверхности, выдерживая $D_{1.2}$:

$$z_{1.2 \min}^D = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right) = 2 \left(0,05 + 0,05 + \sqrt{0,9^2 + 0,12^2} \right) = 2 \text{ мм},$$

$$\text{где } p_{i-1} = \frac{TD_{01}}{2} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ мм};$$

6. Припуск, полученный при растачивании отверстия на $D_{1.6}$:

$$z_{1.5 \min}^D = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right) = 2(0,08 + 0,05 + 0,12) = 0,50 \text{ мм},$$

7. Припуск, полученный при шлифовании поверхности на $D_{4.2}$:

$$z_{4.2 \min}^D = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right) = 2(0,03 + 0,05 + 0,03) = 0,22 \text{ мм},$$

8. Припуск, полученный при шлифовании поверхности на $D_{4.3}$:

$$z_{4.3 \min}^D = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right) = 2(0,03 + 0,05 + 0,03) = 0,22 \text{ мм},$$

7.5. Расчет диаметральных размеров

Расчет ведется методом максимумов-минимумов с использованием способа средних значений по формулам представленным в [2].

Расчетная формула.

$$z_i^{cp} = z_{i \min} + \frac{\sum_{i=1}^{n+p} TD_i}{2},$$

где z_i^{cp} - среднее значение припуска;

$z_{i \min}$ - величина минимального припуска;

$\sum_{i=1}^{n+p} TD_i$ - сумма допусков составляющих звеньев размерной цепи;

1. Расчет диаметра проката

Рассмотрим технологическую размерную цепь (рис.10), в которой известны значения составляющего звена $K_{1.2} = D_{1.2}$, минимального припуска $z_{1.2 \min}^D$ и допуск $D_{0.1}$.

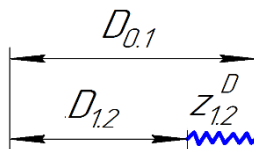


Рис.10 Размерная цепь для $D_{0.1}$

Находим среднее значение диаметра $D_{1.2}$:

$$D_{1.2}^{cp} = D_{1.2} + \frac{ESD_{1.2} + EJD_{1.2}}{2} = 87 + \frac{0 - 0,87}{2} = 86,565 \text{ мм},$$

где $ESD_{1.2}$ - верхнее предельное отклонение диаметра $D_{1.2}$;

$EJD_{1.2}$ - нижнее предельное отклонение диаметра $D_{1.2}$.

Находим среднее значение припуска:

$$z_{1.2}^{cp} = z_{1.2 \min}^D + \frac{TD_{0.1} + TD_{1.2}}{2} = 2 + \frac{1,8 + 0,87}{2} = 3,335 \text{ мм},$$

Подсчет среднего значения звена $D_{0.1}$:

$$D_{0.1}^{cp} = z_{1.2}^{cp} + D_{1.2}^{cp} = 3,335 + 86,565 = 89,9 \text{ мм},$$

Диаметр круга примем большем расчетного, из ГОСТ2590-88:

$$D_{0.1\phi} = 95_{-1,3}^{+0,5} \text{ мм},$$

Тогда, фактическое значение припуска будет:

$$z_{1.2}^D = D_{0.1} - D_{1.2} = 95_{-1,3}^{+0,5} - 87_{-0,87} = 8_{-1,3}^{+1,37} \text{ мм},$$

2. Расчет технологического размера при растачивании отверстия в диаметр $D_{1.6}$

Принцип расчета аналогичен, приведённому выше.

Рассмотрим размерную цепь (рис.11), в которой известны значения составляющего звена $K_{1.6} = D_{1.6}$,минимальное значение припуска $z_{1.6}^D \min$ и величину допуска D_{15}

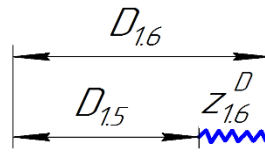


Рис.11 Размерная цепь для $D_{1.6}$

Зная диаметр отверстия для нарезания резьбы М16 с шагом 2мм($D_{1.5}$) и диаметр после расточки $D_{1.6}$:

$$D_{1.5\phi} = 14^{+0,3} \text{ мм},$$

Фактическое значение припуска будет равно:

$$z_{1.6}^D = D_{1.6} - D_{1.5\phi} = 17^{+0,43} - 14^{+0,3} = 3_{-0,3}^{+0,43} \text{ мм},$$

3. Расчет технологического размера при шлифовании поверхности в диаметр $D_{4.2}$

Принцип расчета аналогичен, приведённому выше.

Рассмотрим размерную цепь (рис.12), в которой известны значения составляющего звена $K_{4.2} = D_{4.2}$,минимальное значение припуска $z_{4.2}^D \min$ и величину допуска $D_{2.5}$

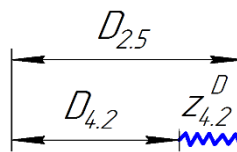


Рис.12 Размерная цепь для $D_{1.5}$

Находим среднее значение диаметра D_{15} :

$$D_{4.2}^{cp} = D_{4.2} + \frac{ESD_{4.2} + EJD_{4.2}}{2} = 50 + \frac{0 - 0,016}{2} = 49,992 \text{ мм},$$

Находим среднее значение припуска:

$$z_{4.2}^{cp} = z_{4.2}^D \min + \frac{TD_{2.5} + TD_{4.2}}{2} = 0,50 + \frac{0,05 + 0,016}{2} = 0,533 \text{ мм},$$

Подсчет среднего значения звена $D_{2.5}$:

$$D_{2.5}^{cp} = D_{1.6}^{cp} + z_{4.2}^{cp} = 49,992 + 0,533 = 50,525 \text{ мм},$$

$$D_{2.5} = 50,525 \pm 0,0095 = 50,5345_{-0,019} = 50,54_{-0,019} \text{ мм},$$

7.6. Расчет линейных размеров

1. Для нахождения размера $A_{2.5}$ рассмотрим размерную цепь рис.12, где знаем значение звена $K_8 = A_{4.2}$, припусков $z_{4.2 \min}$ и $z_{4.1 \min}$

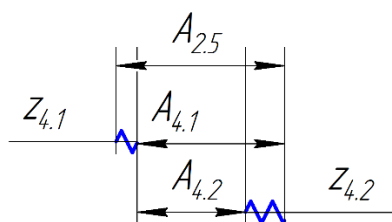


Рис.12 Размерная цепь для $A_{2.5}$

Находим среднее значение $A_{4.2}$:

$$A_{4.2}^{cp} = K_8 + \frac{ES A_{4.2} + EJ A_{4.2}}{2} = 9 + \frac{0 - 0,036}{2} = 8,982 \text{ мм},$$

Находим среднее значение припусков:

$$z_{4.1}^{cp} = z_{4.1 \min} + \frac{TA_{2.5} + TA_{4.1}}{2} = 0,13 + \frac{0,052 + 0,0156}{2} = 0,1638 \text{ мм},$$

$$z_{4.2}^{cp} = z_{4.2 \min} + \frac{TA_{4.2} + TA_{4.1}}{2} = 0,13 + \frac{0,036 + 0,0156}{2} = 0,1558 \text{ мм},$$

Найдем среднее значение $A_{4.1}$:

$$A_{4.1}^{cp} = A_{4.2}^{cp} + z_{4.2}^{cp} = 8,982 + 0,1558 = 9,1378 \text{ мм},$$

$$A_{4.1} = A_{4.1}^{cp} \pm \frac{TA_{4.1}}{2} = 9,1378 \pm 0,0156 \text{ мм},$$

Найдем среднее значение $A_{2.5}$:

$$A_{2.5}^{cp} = A_{4.1}^{cp} + z_{4.1}^{cp} = 9,1378 + 0,1638 = 9,3016 \text{ мм},$$

$$A_{2.5} = A_{2.5}^{cp} \pm \frac{TA_{2.5}}{2} = 9,3016 \pm 0,052 \text{ мм},$$

2. Для нахождения размера A_{21} рассмотрим размерную цепь рис.13, где знаем значение звена K_{18} , $A_{1.2}$, $A_{2.5}$

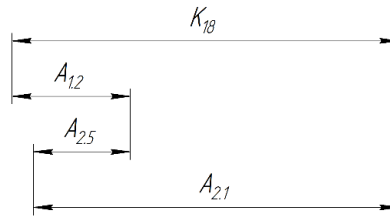


Рис.13 Размерная цепь для K_{18}

Находим среднее значение K_{18} и $A_{1.2}$:

$$K_{18}^{cp} = K_{18} + \frac{ESK_{18} + EJK_{18}}{2} = 175 + \frac{0 - 0,25}{2} = 174,875 \text{ мм},$$

$$A_{1.2}^{cp} = A_{1.2} + \frac{ESA_{1.2} + EJA_{1.2}}{2} = 15 + \frac{1 - 1}{2} = 15 \text{ мм},$$

Найдем среднее значение A_{21}^{cp} :

$$A_{2.1}^{cp} = K_{2.2}^{cp} + A_{2.5}^{cp} - A_{1.2}^{cp} = 174,875 + 9,3016 - 15 = 169,200 \text{ мм},$$

$$A_{2.1} = A_{2.1}^{cp} \pm \frac{TA_{2.1}}{2} = 169,200 \pm 0,026 \text{ мм},$$

1. Для нахождения размера $A_{1.3.1}$ рассмотрим размерную цепь рис.14, где знаем значение звена K_7 и припуска $z_{4.1} \min$

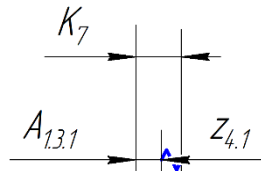


Рис.14 Размерная цепь для $A_{1.3.1}$

Находим среднее значение K_7 :

$$K_7^{cp} = 7 + \frac{ESK_7 + EJK_7}{2} = 4 + \frac{0,15 - 0,15}{2} = 4 \text{ мм},$$

Находим среднее значение припуска:

$$z_{4.1}^{cp} = z_{4.1} \min + \frac{TA_{2.5} + TA_{4.1}}{2} = 0,13 + \frac{0,052 + 0,0156}{2} = 0,1638 \text{ мм},$$

Найдем среднее значение $A_{1.3.1}^{cp}$:

$$A_{1.3.1}^{cp} = K_7^{cp} - z_{4.1}^{cp} = 4 - 0,1638 = 3,8362 \text{ мм},$$

$$A_{1.3.1} = A_{1.3.1}^{cp} \pm \frac{TA_{1.3.1}}{2} = 3,80 \pm 0,15 \text{ мм},$$

2. Для нахождения размера $A_{1.1}$ рассмотрим размерную цепь рис.15, где знаем значение звена $A_{1.3.1}$, $A_{2.1}$

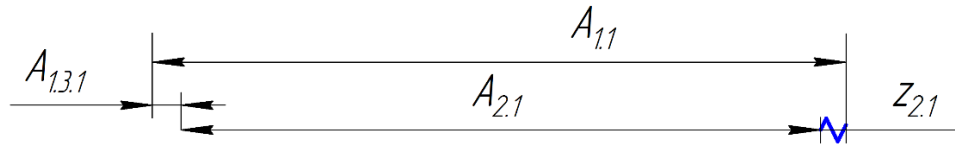


Рис.15 Размерная цепь для $A_{1.1}$

Находим среднее значение припуска:

$$z_{2.1}^{cp} = z_{2.1 \min} + \frac{TA_{1.3.1} + TA_{2.1}}{2} = 0,7 + \frac{0,05 + 0,052}{2} = 0,751 \text{ мм},$$

Найдем среднее значение $A_{1.1}^{cp}$:

$$A_{1.1}^{cp} = A_{1.3.1}^{cp} + A_{2.1}^{cp} + z_{2.1}^{cp} = 3,8 + 169,2 + 0,751 = 173,751 \text{ мм},$$

$$A_{1.1} = A_{1.1}^{cp} \pm \frac{TA_{1.1}}{2} = 173,75 \pm 0,026 \text{ мм},$$

5. Рассмотрим размерную схему рис.16, для нахождения значения размера $A_{0.1}$

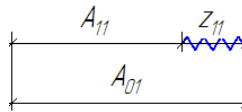


Рис.16 Размерная схема для $A_{0.1}$

Среднее значение припуска:

$$z_{1.1}^{cp} = z_{1.1 \min} + \frac{TA_{1.1} + TA_{0.1}}{2} = 0,82 + \frac{1,05 + 2,0}{2} = 2,345 \text{ мм},$$

Тогда среднее значение $A_{0.1}^{cp}$:

$$TA_{0.1}^{cp} = A_{1.1}^{cp} + z_{1.1}^{cp} = 173,75 + 2,345 = 176,095 \text{ мм}$$

$$A_{0.1} = A_{0.1}^{cp} \pm \frac{TA_{0.1}}{2} = 176,1 \pm 0,5 \text{ мм},$$

8. Определение режимов резания

8.1. Выбор оборудования и технологической оснастки

Для заготовительной операции был выбран ленточнопильный станок «Hercules», необходимые характеристики которого представлены в таблице 8.1. [2]

Таблица 8.1. Технические характеристики ленточнопильного вертикального станка 8532

Максимальный диаметр заготовки, мм	320
Длина отрезаемой заготовки максимальная, мм	320
Ширина заготовки максимальная, мм	510
Потребляемая мощность, кВт	3,0

Для первой и второй токарных операциях будет использоваться станок GoodWay GLS-1500LY, необходимые технические характеристики которого представлены в таблице 8.2. [2]

Таблица 8.2. Технические характеристики токарного станка с ЧПУ GoodWay GLS-1500LY

Наиб диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400
Наиб диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Наиб длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Мощность двигателя главного движения, кВт	11
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин	12,5..2000

Для шлифовальной операций был выбран круглошлифовальный станок BUB E 50, необходимые технические характеристики которого представлены в таблице 8.3. [2]

Таблица 8.3. Технические характеристики BUB E 50

Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	200
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм	500
Мощность привода, кВт	5,5

Для фрезерных операций был выбран вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-3, необходимые технические характеристики которого представлены в таблице 8.4. [2]

Таблица 8.4. Технические характеристики Haas VF-3

Ход в рабочей зоне (X/Y/Z), мм	1016/508/635
--------------------------------	--------------

Диапазон скорости вращения, об/мин	12000
Мощность привода, кВт	22,4
Крутящий момент, Нм	122

Для операций фрезерования шлицов был выбран вертикальный зубофрезерный полуавтомат HARTECH NGH, необходимые технические характеристики которого представлены в таблице 8.5. [2]

Таблица 8.5. Технические характеристики HARTECH NGH

Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	320
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм	220
Мощность привода, кВт	3,2

8.2. Расчёт режимов резания при отрезании ленточной пилой.

По данной технологии изготовления вала, исходная заготовка получается из горячекатаного круга, отрезанием на ленточно-отрезном станке [3]:

Для ленточных пил при обрабатываемом материале с $\sigma_B > 600$ МПа :

- подача $S_M = 45 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$;
- скорость резания $V_p = 10 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$;

8.3. Расчёт режимов резания при точении торцов.

1. Глубина резания: $t = Z = 0,82$ мм.
2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,3$ мм/об
3. Скорость резания при наружном точении, м/мин [3]:

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

T- стойкость инструмента, T=60мин;

t- глубина резания, мм;

S- подача , мм/об;

C_v - постоянный коэффициент;

m,x,y- показатели степени;

K_v - произведение коэффициентов,
равное: $K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv}$,

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий
качество обрабатываемого
материала;

K_{Pv} - коэффициент, учитывающий
состояние поверхностного слоя;

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий
материал инструмента.

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Для пластины из Т15К6 $n_v = 1$ и $K_{\Gamma} = 0,8$, тогда K_{Mv} равно:

$$K_{Mv} = 0,8 \left(\frac{750}{710} \right)^1 = 0,845,$$

Из [2] $K_{Пv} = 1$, $K_{Иv} = 1$, тогда K_v равно:

$$K_v = 0,845 \cdot 1 \cdot 1 = 0,845,$$

Значение коэффициентов $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,82^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 0,845 = 169,6 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 169,6}{3,14 \cdot 95} = 568,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

где d - обрабатываемый диаметр заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\phi} = 565 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 401}{1000} = 169 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (P_z тангенциальную, P_y радиальную и P_x осевую). В данной работе будет рассчитана сила P_z , с дальнейшей целью определения затрачиваемой мощности.

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p,$$

где C_p - постоянный коэффициент, x, y, n - показатели степени;

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

K_p - поправочный коэффициент, который находится как:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp},$$

Коэффициент K_{rp} не учитывается, так как обработка происходит твёрдым сплавом. Численные значения коэффициентов из [2]

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right) = \frac{710}{750} = 0,95, \quad K_{\Phi p} = 0,94 K_{yp} = 1,25 K_{\lambda p} = 1,$$

Тогда K_p равно:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} = 0,95 \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,94} \cdot \frac{1}{1,25} = 0,81,$$

Тогда сила резания равна:

$$\begin{aligned} P_z &= 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 0,82^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 169^{-0,15} \cdot 0,81 = 373,5 \text{ Н}, \end{aligned}$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{373,5 \cdot 169}{1020 \cdot 60} = 1,0 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,0 < 8,25$$

8.4. Расчёт режимов резания при точении $D_{1.2}$

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

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,5 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания при наружном точении, м/мин [3]:

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

T - стойкость инструмента, $T=60$ мин;

S - подача, мм/об;

t - глубина резания, мм;

C_v - постоянный коэффициент;

m,x,y- показатели степени;

K_v - произведение коэффициентов,
равное: $K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$,

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий
качество обрабатываемого
материала;

$K_{Пv}$ - коэффициент, учитывающий
состояние поверхностного слоя;

$K_{Иv}$ - коэффициент, учитывающий
материал инструмента.

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Для пластины из Т15К6 $n_v = 1$ и $K_{\Gamma} = 0,8$, тогда K_{Mv} равно:

$$K_{Mv} = 0,8 \left(\frac{750}{710} \right)^1 = 0,845,$$

Из [2] $K_{Пv} = 1$, $K_{Иv} = 1$, тогда K_v равно:

$$K_v = 0,845 \cdot 1 \cdot 1 = 0,845,$$

Значение коэффициентов $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,845 = 137,7 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 137,7}{3,14 \cdot 95} = 461,6 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\phi} = 460 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 460}{1000} = 137 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (P_z тангенциальную, P_y радиальную и P_x осевую). В данной работе будет рассчитана сила P_z , с дальнейшей целью определения затрачиваемой мощности.

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p,$$

где C_p - постоянный коэффициент, x, y, n -показатели степени;

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

K_p - поправочный коэффициент, который находится как:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp},$$

Коэффициент K_{rp} не учитывается, так как обработка происходит твёрдым сплавом. Численные значения коэффициентов из [2]

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right) = \frac{710}{750} = 0,95, \quad K_{\Phi p} = 0,94 K_{yp} = 1,25 K_{\lambda p} = 1,$$

Тогда K_p равно:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} = 0,95 \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,94} \cdot \frac{1}{1,25} = 0,81,$$

Тогда сила резания равна:

$$\begin{aligned} P_z &= 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 137^{-0,15} \cdot 0,81 = 668,1 \text{ Н}, \end{aligned}$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{668,1 \cdot 138}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,5 < 8,25$$

8.5. Расчёт режимов резания при точении $D_{1.3}$

1. Глубина резания: $t = 1$ мм.
2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,5$ мм/об
3. Скорость резания при наружном точении, м/мин [3]:

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

T - стойкость инструмента, $T=60$ мин;
 t - глубина резания, мм;
 S - подача, мм/об;
 C_v - постоянный коэффициент;
 m, x, y - показатели степени;
 K_v - произведение коэффициентов,
 равное: $K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$,

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;
 $K_{Пv}$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя;
 $K_{Иv}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} ,$$

Для пластины из Т15К6 $n_v = 1$ и $K_{\Gamma} = 0,8$, тогда K_{Mv} равно:

$$K_{Mv} = 0,8 \left(\frac{750}{710} \right)^1 = 0,845,$$

Из [2] $K_{Пv} = 1$, $K_{Иv} = 1$, тогда K_v равно:

$$K_v = 0,845 \cdot 1 \cdot 1 = 0,845,$$

Значение коэффициентов $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,845 = 137,7 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 137,7}{3,14 \cdot 95} = 462 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

где d - обрабатываемый диаметр заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\Phi} = 460 \frac{\text{об}}{\text{мин}} ,$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 460}{1000} = 138 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (P_z тангенциальную, P_y радиальную и P_x осевую). В данной работе будет рассчитана сила P_z , с дальнейшей целью определения затрачиваемой мощности.

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p,$$

где C_p - постоянный коэффициент, x, y, n -показатели степени;

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

K_p - поправочный коэффициент, который находится как:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp},$$

Коэффициент K_{rp} не учитывается, так как обработка происходит твёрдым сплавом. Численные значения коэффициентов из [2]

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right) = \frac{710}{750} = 0,95, \quad K_{\Phi p} = 0,94 K_{yp} = 1,25 K_{\lambda p} = 1,$$

Тогда K_p равно:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} = 0,95 \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,94} \cdot \frac{1}{1,25} = 0,81,$$

Тогда сила резания равна:

$$\begin{aligned} P_z &= 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 138^{-0,15} \cdot 0,81 = 1004,6 \text{ Н}, \end{aligned}$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1004,6 \cdot 138}{1020 \cdot 60} = 1,9 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,9 < 8,25$$

8.6. Расчёт режимов резания при сверлении отверстия $D_{1.5}$

На первой токарной операции сверлится отверстие под резьбу М16-7Н. Материал сверла быстрорежущая сталь Р6М5. Стойкость сверла $T = 45$ мин.

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{1.5}}{2} = 7 \text{ мм}$.

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,3 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания, м/мин [2]:

$$V = \frac{C_v \cdot D_{\text{отв}}^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

T - стойкость инструмента;

равный: $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Lv}$,

t - глубина резания, мм;

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

S - подача, мм/об;

C_v - постоянный коэффициент;

K_{Lv} - коэффициент, глубину резания;

m, x, y - показатели степени;

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий

K_v - поправочный коэффициент на скорость резания,

материал инструмента.

$$K_{Mv} = 0,739; K_{Iv} = 1,0; K_{Lv} = 1,0;$$

$$K_v = 0,739 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,739,$$

Значение коэффициентов $C_v = 9,8$; $m = 0,2$; $y = 0,7$; $q = 0,4$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D_{\text{отв}}^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{9,8 \cdot 14^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,3^{0,7}} \cdot 0,739 = 22,6 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 22,6}{3,14 \cdot 95} = 514,16 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точностью до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\phi} = 510 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 510}{1000} = 23 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания крутящего момента

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_o = 10C_p D^x S^y K_p,$$

где C_p - постоянный коэффициент, q, y -показатели степени;

Значение коэффициентов $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$; $K_p = 1$;

Тогда сила резания равна:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 14^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 1 = 4098,4 \text{ Н},$$

Крутящий момент находим по формуле:

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p,$$

Значение коэффициентов $C_m = 0,0346$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; $K_p = 1$;

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0346 \cdot 14^{2,0} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1 = 25,9 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{25,9 \cdot 510}{9750} = 1,4 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,4 < 8,25$$

8.7. Расчет режимов резания при растачивании в $D_{1.7}$

1. Глубина резания: $t = 1$ мм.
2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,2$ мм/об
3. Скорость резания, м/мин [3]:

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

T - стойкость инструмента, $T = 60$ мин; K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;
 t - глубина резания, мм;
 S - подача, мм/об; K_{Pv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя;
 C_v - постоянный коэффициент; K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента.
 m, x, y - показатели степени;
 K_v - произведение коэффициентов, равное: $K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv}$,

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Для пластины из Т15К6 $n_v = 1$ и $K_{\Gamma} = 0,8$, тогда K_{Mv} равно:

$$K_{Mv} = 0,8 \left(\frac{750}{710} \right)^1 = 0,845,$$

Из [2] $K_{Pv} = 1$, $K_{Iv} = 1$, тогда K_v равно:

$$K_v = 0,845 \cdot 1 \cdot 1 = 0,845,$$

Значение коэффициентов $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 0,845 = 120,35 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 120,35}{3,14 \cdot 17} = 2254,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

где d - обрабатываемый диаметр заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\Phi} = 2250 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 17 \cdot 2250}{1000} = 120 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (P_z тангенциальную, P_y радиальную и P_x осевую). В данной работе будет рассчитана сила P_z , с дальнейшей целью определения затрачиваемой мощности.

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p,$$

где C_p - постоянный коэффициент, x, y, n -показатели степени;

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

K_p - поправочный коэффициент, который находится как:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp},$$

Коэффициент K_{rp} не учитывается, так как обработка происходит твёрдым сплавом. Численные значения коэффициентов из [2]

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right) = \frac{710}{750} = 0,95, \quad K_{\Phi p} = 0,94 K_{yp} = 1,25 K_{\lambda p} = 1,$$

Тогда K_p равно:

$$K_p = K_{Mp} K_{\Phi p} K_{yp} K_{\lambda p} = 0,95 \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,94} \cdot \frac{1}{1,25} = 0,81,$$

Тогда сила резания равна:

$$\begin{aligned} P_z &= 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 120^{-0,15} \cdot 0,81 = 820 \text{ Н}, \end{aligned}$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{820 \cdot 120}{1020 \cdot 60} = 1,6 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,6 < 8,25$$

8.8. Расчет режимов резания при нарезании резьбы М16

1. Глубина резания равна высоте профиля резьбы $t = 1,082 \text{ мм}$;

Подача для данной глубины резания: $S = 2,0 \text{ мм/об}$

2. Скорость резания, м/мин [2]:

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

T - стойкость инструмента = 90 мин;

равный: $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Cv}$,

t - глубина резания, мм;

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

S - подача, мм/об;

C_v - постоянный коэффициент;

K_{Cv} - коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы;

m, x, y - показатели степени;

K_v - поправочный коэффициент на скорость резания,

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$$K_{Mv} = 0,74; K_{Iv} = 1,0; K_{lv} = 1,0;$$

$$K_v = 0,74 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,74,$$

Значение коэффициентов $C_v = 64,8$; $m = 0,9$; $y = 0,5$; $q = 1,2$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{64,8 \cdot 16^{0,9}}{90^{0,9} \cdot 2,0^{0,7}} \cdot 0,74 = 6,2 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 6,2}{3,14 \cdot 16} = 123,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\phi} = 123 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 123}{1000} = 6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение крутящего момента

Крутящий момент находим по формуле:

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

где C_M - постоянный коэффициент, q,y-показатели степени;

Значение коэффициентов $C_M = 0,027$; $q = 1,4$; $y = 1,5$; $K_p = 1$;

$$M_{\text{кр}} = 10C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,027 \cdot 16^{1,4} \cdot 2,0^{1,5} \cdot 1 = 37 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{37 \cdot 123}{9750} = 0,5 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$0,5 < 8,25$$

8.9. Расчёт режимов резания при сверлении отверстия $D_{2.3.1}$

На второй токарной операции сверлится отверстие под резьбу М8-7Н. Материал сверла быстрорежущая сталь Р6М5. Стойкость сверла $T = 25$ мин .

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{2.3.1}}{2} = \frac{6,7}{2} = 3,35 \text{ мм}.$

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,15 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания, м/мин [2]:

$$V = \frac{C_v \cdot D_{\text{отв}}^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

T- стойкость инструмента;

равный: $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Lv}$,

t- глубина резания, мм;

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

S- подача , мм/об;

C_v - постоянный коэффициент;

K_{Lv} - коэффициент, глубину резания;

m,x,y- показатели степени;

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий

K_v - поправочный коэффициент на скорость резания,

материал инструмента.

$$K_{Mv} = 0,739; K_{Iv} = 1,0; K_{Lv} = 1,0;$$

$$K_v = 0,739 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,739,$$

Значение коэффициентов $C_v = 7$; $m = 0,2$; $y = 0,7$; $q = 0,4$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{7 \cdot 6,7^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,739 = 21,9 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 21,9}{3,14 \cdot 6,7} = 1040,9 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\text{ф}} = 1040 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,7 \cdot 1040}{1000} = 22 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания крутящего момента

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_o = 10 C_p D^x S^y K_p,$$

где C_p - постоянный коэффициент, q,y-показатели степени;

Значение коэффициентов $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$; $K_p = 1$;

Тогда сила резания равна:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6,7^1 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1 = 1207,4 \text{ Н},$$

Крутящий момент находим по формуле:

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p,$$

Значение коэффициентов $C_m = 0,0346$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; $K_p = 1$;

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0346 \cdot 6,7^{2,0} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 3,4 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3,4 \cdot 1040}{9750} = 0,4 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$0,4 < 8,25$$

8.10. Расчет режимов резания при нарезании резьбы М8

1. Глубина резания $t = 0,677 \text{ мм}$;

Подача для данной глубины резания: $S = 1,25 \text{ мм/об}$

2. Скорость резания, м/мин [2]:

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

T - стойкость инструмента = 90 мин;

m, x, y - показатели степени;

t - глубина резания, мм;

K_v - поправочный коэффициент на скорость резания,

S - подача, мм/об;

равный: $K_v = K_{mv} K_{iv} K_{cv}$,

C_v - постоянный коэффициент;

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{Cv} - коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы;

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$$K_{Mv} = 0,74; K_{Iv} = 1,0; K_{lv} = 1,0;$$

$$K_v = 0,74 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,74,$$

Значение коэффициентов $C_v = 64,8$; $m = 0,9$; $y = 0,5$; $q = 1,2$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{64,8 \cdot 8^{0,9}}{90^{0,9} \cdot 1,25^{0,7}} \cdot 0,74 = 9 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 9}{3,14 \cdot 8} = 360,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\phi} = 360 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 360}{1000} = 9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение крутящего момента

Крутящий момент находим по формуле:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p,$$

где C_M - постоянный коэффициент, q, y -показатели степени;

Значение коэффициентов $C_M = 0,027$; $q = 1,4$; $y = 1,5$; $K_p = 1$;

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,027 \cdot 8^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1 = 7 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{7 \cdot 360}{9750} = 2,5 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$2,5 < 8,25$$

8.11. Расчет режимов резания для точения наружной поверхности по контуру на второй операции

1. Глубина резания: $t = 1 \text{ мм}$.
2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,5 \text{ мм/об}$
3. Скорость резания при наружном точении, м/мин [3]:

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

T - стойкость инструмента, $T=60$ мин;

t - глубина резания, мм;

S - подача , мм/об;

C_v - постоянный коэффициент;

m, x, y - показатели степени;

K_v - произведение коэффициентов,

равное: $K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$,

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{Пv}$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя;

$K_{Иv}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} ,$$

Для пластины из Т15К6 $n_v = 1$ и $K_{\Gamma} = 0,8$, тогда K_{Mv} равно:

$$K_{Mv} = 0,8 \left(\frac{750}{710} \right)^1 = 0,845,$$

Из [2] $K_{Пv} = 1$, $K_{Иv} = 1$, тогда K_v равно:

$$K_v = 0,845 \cdot 1 \cdot 1 = 0,845,$$

Значение коэффициентов $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,845 = 137,7 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 137,7}{3,14 \cdot 42} = 1044,25 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\text{ф}} = 1040 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 1040}{1000} = 137 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (P_z тангенциальную, P_y радиальную и P_x осевую). В данной работе будет рассчитана сила P_z , с дальнейшей целью определения затрачиваемой мощности.

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

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

где C_p - постоянный коэффициент, x, y, n -показатели степени;

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

K_p - поправочный коэффициент, который находится как:

$$K_p = K_{Mp} K_{\text{фп}} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp},$$

Коэффициент K_{rp} не учитывается, так как обработка происходит твёрдым сплавом. Численные значения коэффициентов из [2]

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right) = \frac{710}{750} = 0,95,$$

$$K_{\text{фп}} = 0,94 K_{yp} = 1,25 K_{\lambda p} = 1,$$

Тогда K_p равно:

$$K_p = K_{Mp} K_{\text{фп}} K_{yp} K_{\lambda p} = 0,95 \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,94} \cdot \frac{1}{1,25} = 0,81,$$

Тогда сила резания равна:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n K_p = \\ = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 137^{-0,15} \cdot 0,81 = 971 \text{ Н,}$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{820,9 \cdot 137}{1020 \cdot 60} = 1,85 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,85 < 8,25$$

8.12. Расчет режимов резания для нарезание резьбы М48 х 1,5 резцом

1. Подача для данной глубины резания: $S = 1,5$ мм/об

2. Скорость резания, м/мин [3]:

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

T - стойкость инструмента, $T=70$ мин;

t - глубина резания, мм;

i - число рабочих ходов, $=5$;

S - подача , мм/об;

C_v - постоянный коэффициент;

m, x, y - показатели степени;

K_v - произведение коэффициентов,

равное: $K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Lv}$,

$$K_{Mv} = 0,74; K_{Lv} = 1,0; K_{Pv} = 1,0;$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий
качество обрабатываемого
материала;

K_{Pv} - коэффициент, учитывающий
способ нарезания;

K_{Lv} - коэффициент, учитывающий
материал инструмента.

$$K_v = 0,74 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,74,$$

Значение коэффициентов $C_v = 244$; $m = 0,9$; $x = 0,23$; $y = 0,5$;

Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{244 \cdot 5^{0,23}}{70^{0,9} \cdot 1,5^{0,5}} \cdot 0,74 = 5,1 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 5,1}{3,14 \cdot 48} = 33,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

где d - обрабатываемый диаметра заготовки, мм.

Возможность станка с ЧПУ задавать необходимую частоту вращения, точно до 1 об/мин, тогда фактическая частота вращения:

$$n_{\phi} = 30 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Тогда пересчитаем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 30}{1000} = 5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определение силы резания

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot p^y}{i^u} K_p,$$

где C_p - постоянный коэффициент, x, y, u -показатели степени;

Значение коэффициентов $C_p = 148$; $u = 0,71$; $y = 1,7$;

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $K_p = 0,85$,

Тогда сила резания равна:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot p^y}{i^u} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,25^{1,7}}{5^{0,71}} 0,85 = 691 \text{ Н},$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{691 \cdot 30}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$0,4 < 8,25$$

8.13. Расчёт режимов резания при шлифовании

Для того, чтобы начать расчёты первым делом необходимо установить характеристики инструмента – шлифовального круга.

Размеры круга выбираются в зависимости от выбранного станка в данном случае 400x50x203.

Для круглого шлифования заготовок из незакаленных углеродистых легированных сталей применяют средние и средне твёрдые круги С2-СТ2 [2]

Назначаем круг ПП 400x40x203 25А40С25КА 50 м/с по ГОСТ 2424–83

400 – диаметр круга, мм;

40 – ширина круга, мм;

203 – диаметр крепёжного отверстия, мм;

25А – материал абразива (Белый электрокорунд);

40 – зернистость шлифовального материала;

С2 – степень твёрдости абразивного инструмента (средняя твёрдость);

К – керамическая связка;

50 – максимально допустимая скорость вращения круга, м/с;

А – класс точности;

Произведём расчеты режимов резания для шлифования поверхности с продольной подачей и поверхности с поперечной подачей, руководствуясь справочником [3].

Шлифование поверхности $D_{4.1}$

1. Частота вращения круга, по формуле:

$$n_k = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k},$$

Примем $t = 0,01$ мм; $d = 40$ мм; $V_k = 35 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$; $V_3 = 20 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$; $s = 8 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$; [2]

где d – диаметр заготовки, мм;

D_k – диаметр шлифовального круга
= 400мм;

V_k, V_3 – скорость вращения
круга/заготовки;

d – диаметр заготовки, мм;

$$n_k = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 400} = 1672 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

2. Частота вращения заготовки

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 40} = 160 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

3. Мощность резания при шлифовании рассчитывается по формуле, кВт:

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q,$$

где V_3 , r , x , y , q – коэффициенты и показатели степени [2],

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,5; q = 0;$$

Тогда:

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 20^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 40^0 = 1,2 \text{ кВт};$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,1 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,2 < 4,1$$

Шлифование поверхности $D_{4.2}$ и $D_{4.3}$

1. Частота вращения круга, по формуле:

$$n_k = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k},$$

Примем $t = 0,01$ мм; $d = 50$ мм; $V_k = 35 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$; $V_3 = 15 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$; $s = 8 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$; [2]

где d – диаметр заготовки, мм;

V_k, V_3 – скорость вращения
круга/заготовки;

d – диаметр заготовки, мм;

D_k – диаметр шлифовального круга =
400мм;

$$n_k = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 400} = 1672 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

2. Частота вращения заготовки

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 40} = 119,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

3. Мощность резания при шлифовании рассчитывается по формуле, кВт:

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q,$$

где V_3 , r, x, y, q – коэффициенты и показатели степени [2],

$$C_N = 2,65 ; r = 0,5 ; x = 0,5 ; y = 0,5 ; q = 0;$$

Тогда:

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 15^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 50^0 = 1,0 \text{ кВт};$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,1 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,0 < 4,1$$

8.14. Расчет режимов резания при фрезеровании пазов

Фрезерование пазов будет производиться шпоночной фрезой $D = 14$ мм и стойкостью $T = 60$ мин.

1. Глубина резания $t = 7,5$ мм;

2. Подача на фрезы зуб $s_z = 0,026 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}};$

3. Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v,$$

где C_v, q, m, x, y, u, p – табличные коэффициенты;

D – диаметр фрезы, мм;

z – число зубьев фрезы;

B – ширина фрезерования, мм;

K_v - произведение коэффициентов, равное: $K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$,

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{Пv}$ - коэффициент, учитывающий способ нарезания;

$K_{Иv}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Для пластины из Т15К6 $n_v = 1$ и $K_{\Gamma} = 0,7$, тогда K_{Mv} равно:

$$K_{Mv} = 0,7 \left(\frac{750}{710} \right)^1 = 0,739,$$

Из [2] $K_{Пv} = 1$, $K_{Иv} = 1$, тогда K_v равно:

$$K_v = 0,739 \cdot 1 \cdot 1 = 0,739,$$

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

Определим скорость резания:

$$\begin{aligned} V &= \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v = \\ &= \frac{12 \cdot 14^{0,3}}{30^{0,26} \cdot 7,5^{0,3} \cdot 0,026^{0,25} \cdot 30^0 \cdot 2^0} \cdot 0,739 = 11 \text{ м/мин}, \end{aligned}$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

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

6. Определение силы резания

Сила резания рассчитывается по формуле, Н:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u Z^p}{D^q n^w} K_{Mp},$$

где C_p - постоянный коэффициент, x, y, w, u, p, q -показатели степени;

Значение коэффициентов $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $u = 1,0$; $y = 0,72$; $q = 0,86$; $w = 0$;

K_{Mp} - поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $K_{Mp} = 1,0$,

Тогда сила резания равна:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z^p}{D^q n^w} K_{Mp} =$$

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7,5^{0,86} \cdot 0,026^{0,72} \cdot 30^1 \cdot 2^{0,86}}{14^{0,86} \cdot 250^0} 1,0 = 1728 \text{ Н},$$

8. Крутящий момент

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1728 \cdot 17}{2 \cdot 100} = 121 \text{ Нм}.$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1728 \cdot 11}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,3 < 17,6$$

8.15. Расчет режимов резания на зубофрезерной операции

Для фрезерования шлицов, выбрана червячная фреза характеристиками:

$$m = 2 \text{ мм}, D = 63 \text{ мм}; T = 4 \text{ часа} = 240 \text{ мин}.$$

1. Глубина резания: $t = 0,8 \text{ мм}$.

2. Подача, рассчитывается по формуле, об/мин:

$$S_0^H = S_0^T K_{MS} K_{JS},$$

где S_0^T – табличная подача на один оборот детали, мм/об;

K_{MS} - коэффициент, учитывающий влияние механических характеристик материала заготовки на выбор величины подачи;

K_{JS} - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона нарезаемых зубьев на выбор подачи;

$$S_0^T = 2,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}; K_{MS} = 1,0; K_{JS} = 1,0;$$

Тогда:

$$S_0^H = S_0^T K_{MS} K_{JS} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

3. Скорость резания при наружном точении, м/мин [3]:

$$V = V^T K_{MV} K_{wv} K_{Bv} K_{jv},$$

V^T – табличная скорость при зубофрезеровании, м/мин;

K_{Bv} - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона зубьев ;

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий влияние мех характеристик материала;

K_{jv} - коэффициент, учитывающий влияние числа рабочих ходов;

K_{wv} - коэффициент, учитывающий влияние числа осевых перемещений фрезы ;

Значение коэффициентов $V^T = 30,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; K_{Mv} = K_{wv} = K_{Bv} = K_{jv} = 1,0;$

Определим скорость резания:

$$V = V^T K_{MV} K_{wv} K_{Bv} K_{jv} = 30,5 \text{ м/мин},$$

4. Необходимая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30,5}{3,14 \cdot 63} = 154,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

5. Мощность резания определяется при помощи табличных коэффициентов

$$N_{\text{рез}} = N^T K_{MN} K_{wN} K_{BN} K_{jN};$$

где N^T – табличная скорость при зубофрезеровании, м/мин;

K_{wN} - коэффициент, учитывающий влияние числа осевых перемещений фрезы;

K_{MN} - коэффициент, учитывающий влияние мех характеристик материала;

K_{BN} - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона зубьев;

K_{jN} - коэффициент, учитывающий влияние числа рабочих ходов;

Значение коэффициентов: $N^T = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$; $K_{MN} = K_{wN} = K_{BN} = K_{jN} = 1,0$;

Тогда

$$N_{\text{рез}} = N^T K_{MN} K_{wN} K_{BN} K_{jN} = 1,2 \text{ кВт};$$

Проверка по мощности, из условия

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 3,2 \cdot 0,45 = 1,44 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,45$.

$$1,2 < 1,44$$

Ниже представлена таблица рассчитанных режимов резания табл.8.6

Режимы резания.Табл.8.6.

Наименование операции и перехода	Глубина резания, t	Стойкость инструмента, Т	Подача, S	Принятая скорость резания и частота вращения шпинделя		Главная составляющая силы резания, P	Крутящий момент, $M_{\text{кр}}$	Мощность резания, $N_{\text{рез}}$
	мм	мин	мм/об	V, м/мин	n, об/мин	Н	Нм	кВт
1. Токарная с ЧПУ								
Подрезка торцов $D_{0.1\phi}$	0,82	60	0,5	369	565	821	-	1,6
Точение поверхности $D_{1.2}$	1,0	60	0,5	137	460	1004	-	1,9
Точение поверхности $D_{1.3}$	1,0	60	0,5	138	460	1005	-	1,9
Сверление отверстия $D_{1.5}$	7,0	45	0,3	23	510	4098	6	1,4
Растачивание отверстия $D_{1.7}$	1,0	60	0,2	120	2250	820	-	1,6
Нарезание резьбы М16	1,1	90	2,0	6	123	-	37	0,5
2. Токарная с ЧПУ								

Подрезка торца $D_{01ф}$	0,82	60	0,5	169	565	821	-	1,6
Сверление отверстий $D_{2.3.1}$	3,35	25	0,15	22	1040	1207	3	0,4
Нарезание резьбы М8	0,67	90	1,25	9	360	-	7	2,5
Точение по контуру	1,0	60	0,84	137	1040	971	-	1,85
Нарезание резьбы М48	0,8	70	1,5	5	34	691	-	0,4
4. Круглошлифовальная								
Шлифование поверхности $D_{4.1}$	0,01	60	0,8	20	160	-	-	1,2
Шлифование поверхности $D_{4.2}$ и $D_{4.3}$	0,01	60	0,8	15	120	-	-	1,0
5. Фрезерная								
Фрезерование паза	7,5	60	0,026 мм/зуб	11	250	1728	121	0,3
6. Зубофрезерная								
Фрезерование шлицев	0,8	240	2,5	30,5	154	-	-	1,2

9. Расчет норм времени

Нормирование спроектированного технологического процесса заключается в назначении технически обоснованных норм времени требуемых для выполнения операций. Полученные нормы времени позволяют выполнить дальнейшие расчеты затрат на производство.

Под нормами времени подразумевается расчет штучно-калькуляционного времени выполнения операции, по формуле [3]:

$$t_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{N_{\text{д}}},$$

где $t_{\text{шт}}$ -штучное (машинное) время обработки изделия;

$t_{\text{пз}}$ - подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку к обработке партии деталей, мин;

$N_{\text{д}}$ - количество деталей в партии, шт;

Формула для нахождения штучного времени [3]:

$$t_{\text{шт}} = \sum (t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}}) + t_{\text{т.обс}} + t_{\text{о.обс}} + t_{\text{отд}},$$

где $t_{\text{осн}}$ - основное (машинное) время, время непосредственной обработки, мин;

$t_{\text{всп}}$ - вспомогательное время, затрачиваемое на вспомогательные действия: наладку оборудования; установку и снятия заготовки; измерение детали и т.д, мин;

$$t_{\text{всп}} = 0,25 \cdot t_{\text{осн}},$$

$$t_{\text{опер}} = \sum (t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}}),$$

$t_{\text{т.обс}}$ - время технического обслуживания станка в процессе работы, мин;

$t_{\text{о.обс}}$ - время организационного обслуживания, затрачиваемое на подготовку станка в начале смены и на уборку его в конце смены, мин;

$t_{\text{отд}}$ - время на отдых и естественные надобности, мин;

$$t_{\text{обс}} = t_{\text{т.обс}} + t_{\text{о.обс}} + t_{\text{отд}} = 0,06 \cdot t_{\text{опер}},$$

$$t_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)i}{S \cdot n},$$

$L_{р.х.}$ - длина рабочего хода, мм;

S - подача, мм/об;

n - частота вращения шпинделя,
об/мин;

l - длина обработки, мм;

y - длина врезания, мм;

Δ - длина перебега, мм;

i - количество рабочих ходов.

Формулы расчета длин врезания и перебега:

- при точении [3]:

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

$$\Delta = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1,$$

где t - глубина резания, мм;

φ_1 - вспомогательный угол в плане,
град;

φ - главный угол в плане, град;

- при сверлении [3]:

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 0,5D \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

$$\Delta = 1..2 \text{ мм},$$

где D - диаметр сверла, мм.

9.1. На первой токарной операции

Значения режимов резания из таблицы 8.6.

Подрезка торца $D_{01\phi}$

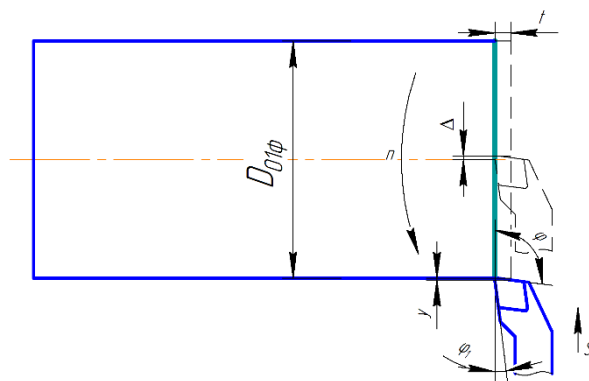


Рис.9.1.1 Эскиз 1.1

$$\begin{aligned} t_{\text{осн1.1}} &= \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)i}{S \cdot n} \\ &= \frac{\left(\frac{D_{01\phi}}{2} + t \cdot \operatorname{ctg} \varphi + t \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1\right) i}{S \cdot n} = \\ &= \frac{\left(\frac{95}{2} + 0,82 \cdot \operatorname{ctg}(95) + 0,82 \cdot \operatorname{ctg}(5)\right) \cdot 1}{0,5 \cdot 565} = \\ &= 0,3 \text{ мин}, \end{aligned}$$

$$t_{\text{всп1.1}} = 0,25 \cdot 0,3 = 0,08 \text{ мин},$$

$$\begin{aligned} t_{\text{опер1.1}} &= t_{\text{осн1.1}} + t_{\text{всп1.1}} = 0,3 + 0,0 \\ &= 0,38 \text{ мин}, \end{aligned}$$

Точение поверхности $D_{1.2}$

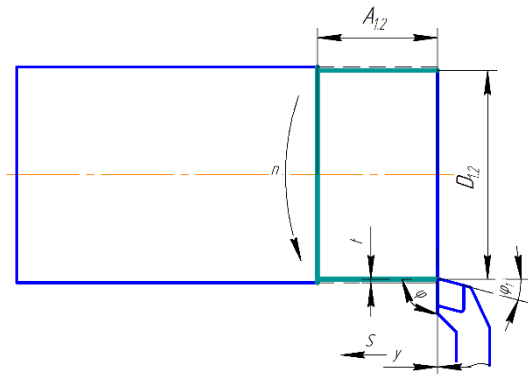


Рис.9. 1.2 Эскиз 1.2

$$t_{\text{осн1.2}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(A_{1.2} + t \cdot \text{ctg} \varphi) \cdot i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{15 \cdot 1}{0,5 \cdot 460} = 0,08 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп1.2}} = 0,25 \cdot 0,08 = 0,02 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер1.2}} = t_{\text{осн1.2}} + t_{\text{всп1.2}} =$$

$$= 0,08 + 0,02 = 0,1 \text{ мин},$$

Точение поверхности $D_{1.3}$

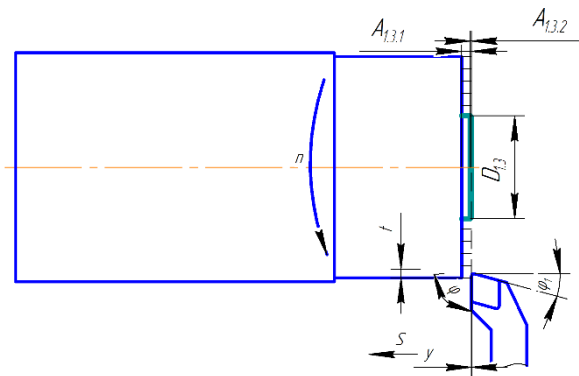


Рис.9. 1.3 Эскиз 1.3

$$t_{\text{осн1.3}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y) i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(A_{1.3.1} + t \cdot \text{ctg} \varphi) i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(4 + 1 \cdot \text{ctg}(95)) \cdot 47}{0,5 \cdot 460} = 1,14 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп1.3}} = 0,25 \cdot 1,15 = 0,29 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер1.3}} = t_{\text{осн1.3}} + t_{\text{всп1.3}} =$$

$$= 1,14 + 0,29 = 1,43 \text{ мин},$$

Сверление отверстия $D_{1.5}$

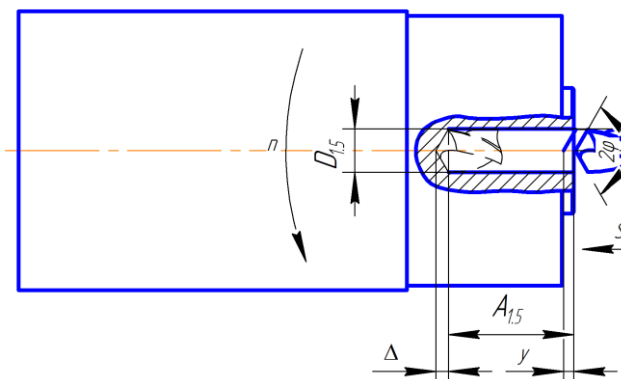


Рис.9. 1.4 Эскиз 1.4

$$t_{\text{осн1.4}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(A_{1.5} + t \cdot \text{ctg} \varphi + 1,5)}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(41 + 7,5 \cdot \text{ctg}(60) + 1,5)}{0,3 \cdot 510} =$$

$$= 0,35 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп1.4}} = 0,25 \cdot 0,35 = 0,09 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер1.4}} = t_{\text{осн1.4}} + t_{\text{всп1.4}} =$$

$$= 0,35 + 0,09 = 0,44 \text{ мин},$$

Растачивание отверстия $D_{1.7}$

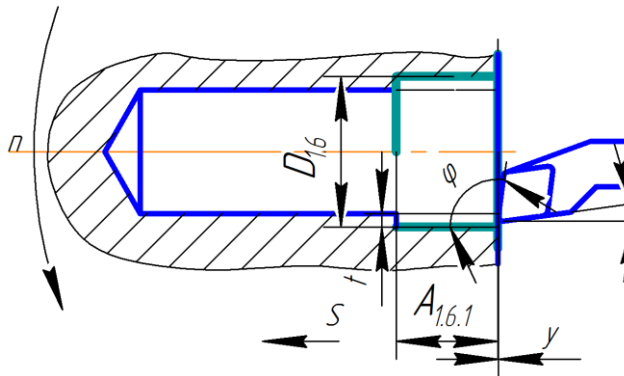


Рис.9. 1.5 Эскиз 1.5

$$t_{\text{осн1.5}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(A_{1.6.1} + t \cdot \text{ctg} \varphi)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(11 + 1,0 \cdot \text{ctg}(105)) \cdot 1}{0,2 \cdot 2250} =$$

$$= 0,03 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп1.5}} = 0,25 \cdot 0,03 = 0,01 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер1.5}} = t_{\text{осн1.5}} + t_{\text{всп1.5}} =$$

$$= 0,03 + 0,01 = 0,04 \text{ мин},$$

Нарезание резьбы М16

$$t_{\text{осн1.6}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} = \frac{A_{3.1.1} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{25 \cdot 5}{2,0 \cdot 123} = 0,51 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп1.6}} = 0,25 \cdot 0,51 = 0,13 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер1.6}} = t_{\text{осн1.6}} + t_{\text{всп1.6}} = 0,51 + 0,13 = 0,64 \text{ мин},$$

Штучное время первой операции

$$t_{\text{опер1}} = \sum t_{\text{опер}} = 0,38 + 0,1 + 1,43 + 0,44 + 0,04 + 0,64 = 3,03 \text{ мин},$$

$$t_{\text{шт1}} = t_{\text{опер1}} + 0,06 \cdot t_{\text{опер1}} = 3,08 + 0,06 \cdot 3,03 = 3,21 \text{ мин},$$

9.2. На второй токарной операции

Подрезка торца $D_{0.1\phi}$

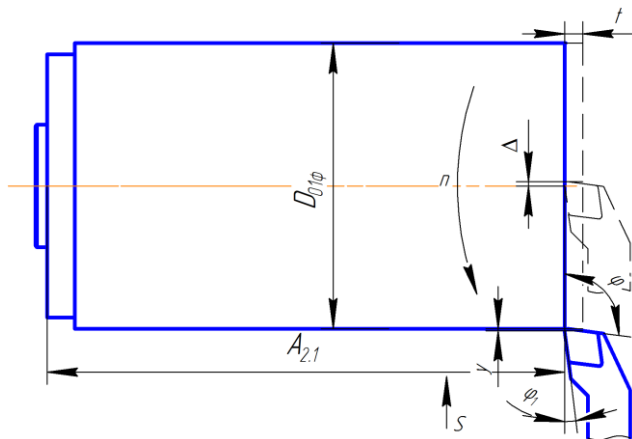


Рис.9.2.1 Эскиз 2.1

$$\begin{aligned}
 t_{\text{осн2.1}} &= \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)i}{S \cdot n} \\
 &= \frac{\left(\frac{D_{0.1\phi}}{2} + t \cdot \text{ctg} \varphi + t \cdot \text{ctg} \varphi_1\right) i}{S \cdot n} = \\
 &= \frac{\left(\frac{95}{2} + 0,82 \cdot \text{ctg}(95) + 0,82 \cdot \text{ctg}(5)\right) \cdot 1}{0,5 \cdot 565} = \\
 &= 0,3 \text{ мин}, \\
 t_{\text{всп2.1}} &= 0,25 \cdot 0,3 = 0,08 \text{ мин},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{опер2.1}} &= t_{\text{осн2.1}} + t_{\text{всп2.1}} = 0,3 + 0,08 \\
 &= 0,38 \text{ мин},
 \end{aligned}$$

Сверление отверстий $D_{2.3.1}$

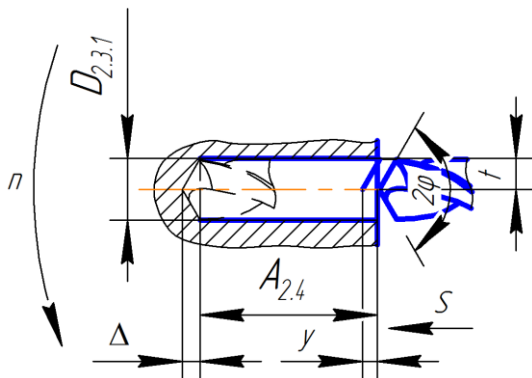


Рис.9.2.2 Эскиз 2.2

$$\begin{aligned}
 t_{\text{осн2.2}} &= \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)}{S \cdot n} \\
 &= \frac{(A_{2.4} + t \cdot \text{ctg} \varphi + 1,5)}{S \cdot n} = \\
 &= \frac{(24 + 3,35 \cdot \text{ctg}(60) + 1,5) \cdot 2}{0,15 \cdot 1040} = \\
 &= 0,39 \text{ мин}, \\
 t_{\text{всп2.2}} &= 0,25 \cdot 0,39 = 0,1 \text{ мин},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{опер2.2}} &= t_{\text{осн2.2}} + t_{\text{всп2.2}} = \\
 &= 0,39 + 0,1 = 0,49 \text{ мин},
 \end{aligned}$$

Нарезание резьб М8

$$t_{\text{осн2.3}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} = \frac{A_{3.1.1} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{20 \cdot 2}{1,25 \cdot 360} = 0,09 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп2.3}} = 0,25 \cdot 0,09 = 0,02 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер2.3}} = t_{\text{осн2.3}} + t_{\text{всп2.3}} = 0,09 + 0,02 = 0,11 \text{ мин},$$

Точение по контуру

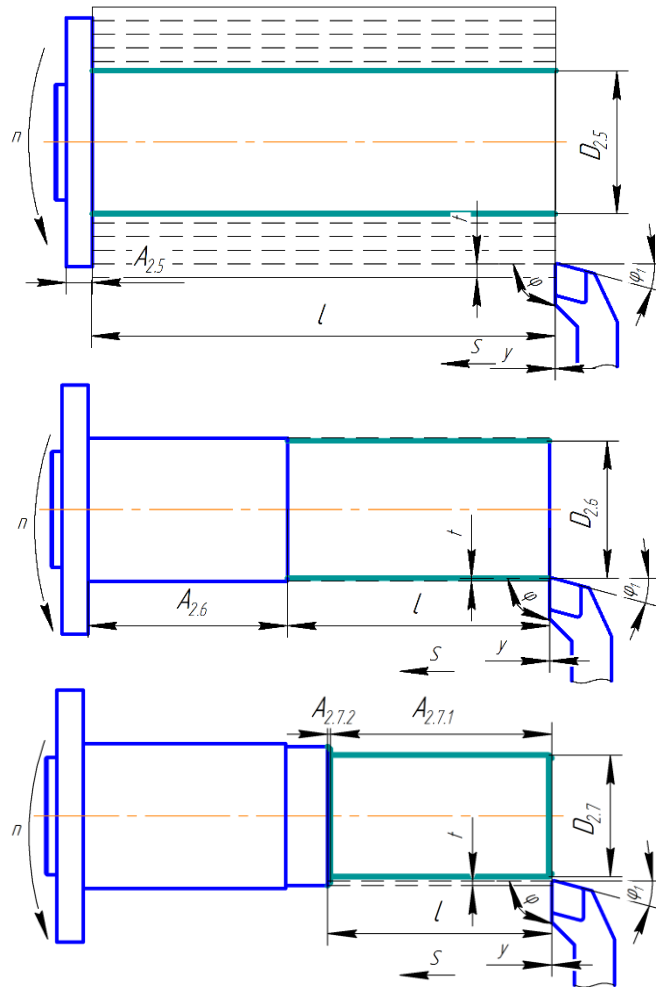


Рис.9.2.3 Эскиз 2.3

$$\begin{aligned}
 t_{\text{осн2.4}} &= \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)i}{S \cdot n} = \\
 &= \frac{(l_1 + t \cdot \text{ctg} \varphi)i + (l_2 + t \cdot \text{ctg} \varphi)i + (l_3 + t \cdot \text{ctg} \varphi)i}{S \cdot n} = \\
 &= \frac{(162 + 1 \cdot \text{ctg}(95)) \cdot 22 + (92 + 1 \cdot \text{ctg}(95)) \cdot 1 + (77 + 1 \cdot \text{ctg}(95)) \cdot 3}{0,5 \cdot 1040} = \\
 &= 7,55 \text{ мин}, \\
 t_{\text{всп2.4}} &= 0,25 \cdot 7,55 = 1,89 \text{ мин}, \\
 t_{\text{опер2.4}} &= t_{\text{осн2.4}} + t_{\text{всп2.4}} = \\
 &= 7,55 + 1,89 = 9,44 \text{ мин},
 \end{aligned}$$

Нарезание резьб М48

$$t_{\text{осн2.5}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} = \frac{12 \cdot 3}{1,5 \cdot 34} = 0,71 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп2.5}} = 0,25 \cdot 0,71 = 0,18 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер2.5}} = t_{\text{осн2.5}} + t_{\text{всп2.5}} = 0,71 + 0,18 = 0,89 \text{ мин},$$

Штучное время второй операции

$$t_{\text{опер2}} = \sum t_{\text{опер}} = 0,38 + 0,49 + 0,11 + 7,55 + 0,89 = 11,31 \text{ мин},$$

$$t_{\text{шт2}} = t_{\text{опер2}} + 0,06 \cdot t_{\text{опер2}} = 11,31 + 0,06 \cdot 11,31 = 11,99 \text{ мин},$$

9.3. На четвертой круглошлифовальной операции

Шлифование поверхности $D_{4.1}$

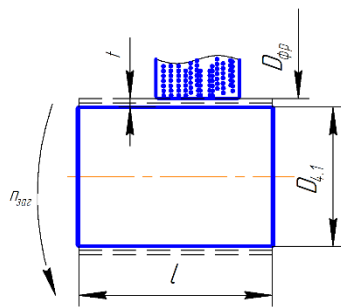


Рис.9.3.1 Эскиз 3.1

$$t_{\text{осн4.1}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{4 \cdot 10 \cdot 1,5}{0,8 \cdot 160} = 0,47 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп4.1}} = 0,25 \cdot 0,47 = 0,12 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер4.1}} = t_{\text{осн4.1}} + t_{\text{всп4.1}} = \\ = 0,47 + 0,12 = 0,59 \text{ мин},$$

Шлифование поверхности $D_{4.2}$

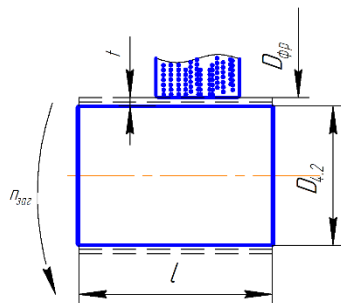


Рис.9.3.2 Эскиз 3.2

$$t_{\text{осн4.2}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{70 \cdot 10}{0,8 \cdot 120} = 10,99 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп4.2}} = 0,25 \cdot 10,99 = 2,75 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер4.2}} = t_{\text{осн4.2}} + t_{\text{всп4.2}} = \\ = 10,99 + 2,75 = 13,75 \text{ мин},$$

Шлифование поверхности $D_{4.3}$

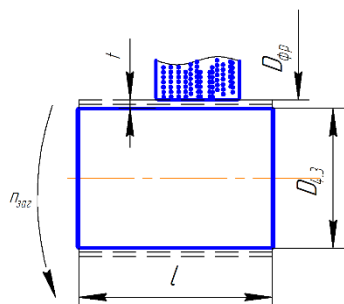


Рис.9.3.3 Эскиз 3.3

$$= \frac{77 \cdot 10 \cdot 1,5}{0,8 \cdot 120} = 12,09 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп}4.3} = 0,25 \cdot 12,09 = 3,02 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}4.3} = t_{\text{осн}4.3} + t_{\text{всп}4.3} = \\ = 12,09 + 3,02 = 15,11 \text{ мин},$$

$$t_{\text{осн}4.3} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} =$$

Штучное время четвертой операции

$$t_{\text{опер}4} = \sum t_{\text{опер}} = 0,59 + 13,74 + 15,11 = 29,44 \text{ мин},$$

$$t_{\text{шт}4} = t_{\text{опер}4} + 0,06 \cdot t_{\text{опер}4} = 29,44 + 0,06 \cdot 29,44 = 31,21 \text{ мин},$$

9.4. На пятой фрезерной операции

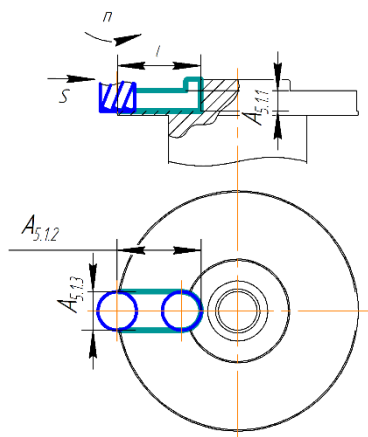


Рис.9.4 Эскиз 4

$$t_{\text{осн}5} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_z \cdot z \cdot n_{\text{фр}}} = \frac{A_{5.1.2} \cdot i}{S_z \cdot z \cdot n_{\text{фр}}}$$

$$= \frac{30 \cdot 2}{0,026 \cdot 2 \cdot 250} = 4,62 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп}5} = 0,25 \cdot 4,62 = 1,16 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}5} = t_{\text{осн}5} + t_{\text{всп}5} = \\ = 4,62 + 1,16 = 5,78 \text{ мин},$$

Штучное время пятой операции

$$t_{\text{шт}5} = t_{\text{опер}5} + 0,06 \cdot t_{\text{опер}5} = 5,78 + 0,06 \cdot 5,78 = 6,13 \text{ мин},$$

9.5. На шестой зубофрезерной операции

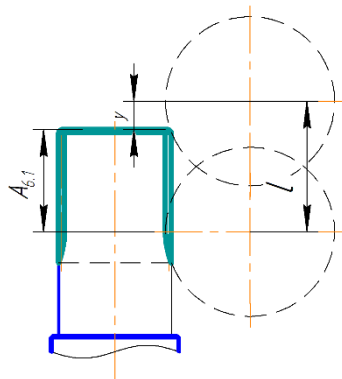


Рис.9.5 Эскиз 5

$$t_{\text{осн6}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n \cdot q} = \frac{A_{6.1} \cdot i \cdot z}{S \cdot n \cdot q}$$

$$= \frac{49,57 \cdot 20}{2,5 \cdot 154,2 \cdot 1} = 2,57 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп6}} = 0,25 \cdot 2,57 = 0,67 \text{ мин},$$

$$\begin{aligned} t_{\text{опер6}} &= t_{\text{осн6}} + t_{\text{всп6}} = \\ &= 2,57 + 0,67 = 3,12 \text{ мин}, \end{aligned}$$

Штучное время шестой операции

$$t_{\text{шт6}} = t_{\text{опер6}} + 0,06 \cdot t_{\text{опер6}} = 3,12 + 0,06 \cdot 3,12 = 3,4 \text{ мин},$$

9.6. Расчет штучно калькуляционного времени

$$\begin{aligned} t_{\text{шт.к}} &= T_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{N_{\text{д}}} = (t_{\text{шт1}} + t_{\text{шт2}} + t_{\text{шт4}} + t_{\text{шт5}} + t_{\text{шт6}}) + \frac{t_{\text{пз}}}{N_{\text{д}}} \\ &= (3,21 + 11,99 + 31,21 + 6,13 + 3,4) + \frac{(7 + 7 + 10 + 9 + 9)}{6000} \\ &= 55,94 \text{ мин} \end{aligned}$$

2.Конструкторска часть

1.Разработка приспособления для фрезерования шпоночных пазов

Для фрезерования торцовых шпоночных пазов разработано вертикальное делительное приспособление. Основой которого является цанга зажимная первого исполнения, выполненная по ГОСТ 2876-80.

Сборочный чертёж представлен на формате А1, спецификация представлена в приложении.

Приспособление состоит из станины 5, в которую устанавливается цанговый патрон 6. Патрон цанговый 6 крепится снизу разрезной гайкой 15, через поджимную втулку 9. Между деталями 6 и 5 необходимо выставить минимальный зазор, не препятствующий повороту патрона 6, относительно станины 5. После чего гайка 15 стопорится винтом 13. В станину 5 запрессовываются втулки направляющие 10. В направляющие втулки 10 вставляется эксцентрик 1, который фиксируется гайкой 14 через шайбу 16. Необходимо установить минимальное осевое перемещение эксцентрика 1, не допускающего его заклинивания, путём регулирования затяжки гайки 14, с последующим её стопорением контргайкой. В патрон 6 устанавливается цанга 7 и навинчивается гайка 2.

2. Принцип работы приспособления

Деталь устанавливается в цангу 7 до упора. Под воздействием зажимной силы гайки 2, передающей усилие на торец цанги 7, последняя перемещается в конусное отверстие цангового патрона 6 и сжимается в радиальном направлении, надёжно закрепляя цилиндрическую поверхность устанавливаемой детали. Для извлечения детали необходимо разжать цангу 7, сняв с неё давление, открутив гайку 2.

Деление и закрепление осуществляется вручную эксцентриком 1. При зажиме плоскость лыски патрона 6 должна быть параллельной оси вращения эксцентрика 1. Эксцентрик, поворачиваясь по часовой стрелке (см. чертёж), затягивает патрон в станину, тем самым закрепляя патрон. При разжиме эксцентрик выталкивает патрон из станины, давая возможность поворота.

Точность деления напрямую зависит от точности изготовления цангового патрона.

Приспособление базируется на станке с помощью шпонок 8.

3. Силовой расчет приспособления.

3.1. Расчет цангового зажима.

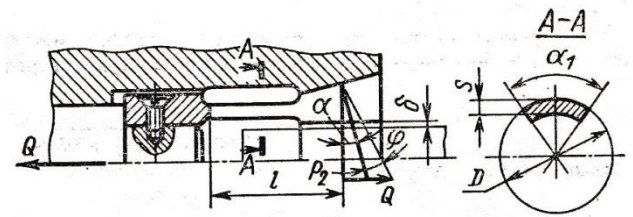


Рис.1. Цанга.

Усилие зажима цанги: [8,стр.185]

$$P = (Q + Q') [tg(\alpha / 2 + \varphi) + tg\varphi_1] , \text{ Н};$$

Где:

Q – Суммарная сила зажима заготовки;

Q' – Усилие, необходимое для сжатия лепестков цанги до соприкосновения с поверхностью заготовки;

α – угол конуса цанги; $\alpha = 30^\circ$.

φ, φ_1 – углы трения;

$f = tg\varphi = 0,25$ - для гладкой цанги.

$$\varphi = \varphi_1 = \arctg f = \arctg 0,25 = 14^\circ$$

$$Q' = 200 \frac{\delta \cdot D^3 \cdot s}{l^3} - \text{ для четырёхлепестковой цанги.}$$

l – длина лепестка от места задела до середины конуса, $l = 68,5 \text{ мм}$;

D – наружный диаметр лепестка цанги, $D = 62,5 \text{ мм}$;

S – толщина стенки лепестка, $s = 3,75 \text{ мм}$;

δ – диаметральный зазор между цангой и заготовкой, $\delta = 0,1 \text{ мм}$.

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{M^2}{r^2} + P_x^2}}{f}, \text{ Н;} \quad [8, \text{ стр.185}]$$

P_x – осевая составляющая силы резания;

$$\frac{P_x}{P_z} = 0,5 \quad [3, \text{ стр.413}]$$

$$P_x = P_z \cdot 0,5 = 1728 \cdot 0,5 = 864 \text{ Н.}$$

r – радиус заготовки;

M – крутящий момент, стремящийся повернуть заготовку;

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{M^2}{r^2} + P_x^2}}{f} = \frac{\sqrt{\frac{120^2}{25^2} + 684^2}}{0,25} = 3453,7 \text{ Н}$$

$$Q' = 200 \frac{\delta \cdot D^3 \cdot s}{l^3} = 200 \frac{0,1 \cdot 62,5^3 \cdot 3,75}{68,5^3} = 56,9 \text{ Н}$$

$$P = (Q + Q') [tg(\alpha/2 + \varphi) + tg\varphi_1] = (3453,7 + 56,9) [tg(15^\circ + 14^\circ) + tg14^\circ] = 485,1 \text{ Н.}$$

Полученное усилие должно передаваться на цангу от гайки.

Определим момент, приложенный к гайке для закрепления детали. [8, стр.188]

$$M = P \frac{d_{cp}}{2} tg(\alpha + \varphi), \text{ Нм}$$

Здесь:

P – усилие, передаваемое гайкой.

d_{cp} – средний диаметр резьбы, $d_{cp} = 88,701 \text{ мм}$.

$$\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = 0,144$$

[8, стр.188]

$$M = P \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = 485,1 \cdot \frac{88,701}{2} \cdot 0,144 = 3098 \text{ Нм.}$$

3.2. Расчет эксцентрика

Осевая составляющая силы резания стремится вытянуть патрон из станины, поэтому усилие передаваемое эксцентриком должно компенсировать её.

$$Q_2 \geq P_x$$

$$Q_1 = \frac{M}{r} \cdot \cos \alpha, \text{ Н}$$

M - момент от приложенной силы к рукоятке эксцентрика.

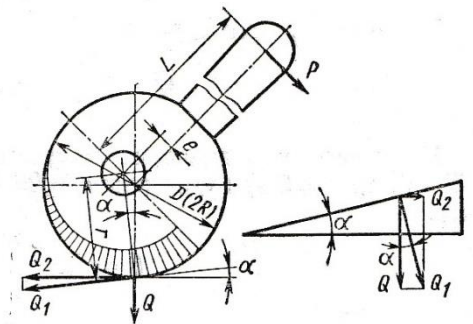


Рис. 2. Эксцентрик

r – расстояние от центра вращения до точки касания.

Определим момент на эксцентрике:

$$M = Q_1 \cdot r \cdot \cos \alpha = 864 \cdot 0,014 \cdot \cos 11,5^\circ = 11,8 \text{ Нм}$$

3.Экономическая часть

1. Техничко-экономическое обоснование

Экономия-уменьшение затрат производственных ресурсов, на производство готовой продукции или работ. Бережливость при расходовании материальных, трудовых, денежных, природных и других ресурсов. Употребляется также в смысле выгоды, эффекта, полученных в результате бережного, рационального использования различных видов ресурсов, сокращение непроизводственных ресурсов, потерь, совершенствования техники и т.п. Экономика ресурсов позволяет достичь более высокого конечного результата при сокращении их расхода. Величина сэкономленных ресурсов, может быть определена в натуральном, трудовом или денежном выражении в соответствующих единицах измерения.

Годовой экономический эффект - годовая экономия приведенных затрат, т.е. текущих и капитальных, приведенных к одной размерности. В производстве различают экономический и социальный эффекты. Экономический эффект характеризует создаваемые потребительские стоимости и произведенные для этого затраты; социальный эффект выражает развитие рабочей силы, повышение ее творческого характера непосредственно в процессе труда. Экономический эффект является одним из важных показателей, применяемых при анализе и оценки экономической эффективности различных вариантов внедрения новой техники, технологии, прогрессивных видов продукции, организации труда и производства. На основании данных о годовом экономическом эффекте оценивается эффективность сравниваемых вариантов и принимается решение о целесообразности внедрения того или иного варианта техники, технологии.

Экономическая эффективность-соотношение между получаемыми результатами производства - продукцией и материальными услугами, с одной стороны, и затратами труда и средств производства, с другой.

Сравнительная экономическая эффективность-разность между сравниваемыми общими величинами экономического эффекта, исчисляемыми при различных вариантах (вновь разрабатываемый вариант и базовый).

Себестоимость продукции - денежное выражение текущих затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции - часть стоимости, включающая затраты на потребление средств производства и оплату труда.

Прибыль-разница между объемом реализации продукции и затратами на ее производство.

В экономическом разделе определим себестоимость изготовления детали «Вал шлицевой», существующего и предлагаемого технологического процесса. А также определим экономическую эффективность предлагаемого варианта технологического процесса относительно существующего, при годовом объеме выпуска.

2. Калькуляция на существующий тех. процесс

1. Себестоимость заготовки.

Для данной детали используется заготовка- круглый прокат обыкновенного качества В2-90 ГОСТ 2590-2006 сталь 30ХГСА. Масса данной заготовки 8,98 кг. Цена за килограмм 30 руб. Так как масса готовой детали составляет 2,4кг, то масса реализующих отходов (8,98-2,4) составляет 6,58 кг.

Цена за килограмм отходов составляет 4руб.

Себестоимость заготовки:

$$Ц_{заг} = 9,89 \cdot 30 - 6,58 \cdot 4 = 270,4 \text{ руб.}$$

2. Заработная плата основных рабочих.

Определяется как сумма расценок, по всем операциям технологического процесса изготовления детали:

Таблица 3.1

Операция	Стоимость 1 часа работы, руб	Время на операцию, ч
Ленточно-отрезная	50	0,05
Токарно-винторезная	100	0,04
Токарная с ЧПУ	100	0,15
Шлифовальная	100	0,025
Фрезерная	100	0,17
Зубофрезерная	100	0,015
Сверлильная	80	0,011
Слесарная	80	0,003
Токарная	100	0,015

$$З_o = (50 \cdot 0,05 + 100 \cdot 0,04 + 100 \cdot 0,025 + 100 \cdot 0,17 + 100 \cdot 0,015 + 80 \cdot 0,011 + 80 \cdot 0,003 + 100 \cdot 0,015) \cdot 1,7 = 51,3 \text{ руб.}$$

k=1,7- коэффициент учитывающий 30% северных и 40% премии завода.

3. Заработная плата вспомогательных рабочих.

Определяется пропорционально сумме заработной платы основных рабо-

чих. Составляет 9% от заработной платы основных рабочих.

$$З\partial = 51,3 \cdot 0,09 = 4,6 \text{ руб.}$$

4. Отчисление на социальное страхование.

Составляет 38,1% от заработной платы основных и вспомогательных рабочих.

$$H = (51,3 + 4,6) \cdot 0,381 = 21,3 \text{ руб.}$$

5. Прямые затраты.

Определяют как сумму первых четырех пунктов.

$$ПЗ = 270,4 + 51,3 + 4,6 + 21,3 = 347,6 \text{ руб.}$$

6. Общепроизводственные расходы.

Составляют 300% от основной заработной платы.

$$ОР = 51,3 \cdot 3 = 153,9 \text{ руб.}$$

7. Производственная себестоимость.

Сумма прямых затрат и общепроизводственных расходов.

$$ПС = 347,6 + 153,9 = 501,5 \text{ руб.}$$

8. Общезаводские расходы.

Составляют 200% от основной заработной платы.

$$ОЗ = 51,3 \cdot 2 = 102,6 \text{ руб.}$$

9. Расходы на продажу.

Составляют 1% от суммы производственной себестоимости и общезаводских расходов.

$$РП = (501,5 + 102,6) \cdot 0,01 = 6,04 \text{ руб.}$$

10. Полная себестоимость.

Определяется как сумма производственной себестоимости, общезаводских расходов и расходов на продажу.

$$ПолС = 501,5 + 102,6 + 6,04 = 610,14 \text{ руб.}$$

11. Прибыль.

Составляет 10% от полной себестоимости.

$$Pr = 610,14 \cdot 0,1 = 61,01 \text{ руб.}$$

12. Трансфертная цена.

Определяется как сумма полной себестоимости и прибыли.

$$Cmp = 610,14 + 61,01 = 671,15 \text{ руб.}$$

3. Калькуляция на усовершенствованный тех. процесс

1. Себестоимость заготовки.

Для данной детали используется заготовка- круглый прокат обыкновенного качества В2-90 ГОСТ 2590-2006 сталь 30ХГСА. Масса данной заготовки 8,98 кг. Цена за килограмм 30 руб. Так как масса готовой детали составляет 2,4кг, то масса реализующих отходов (8,98-2,4) составляет 6,58 кг.

Цена за килограмм отходов составляет 4руб.

Себестоимость заготовки:

$$Ц_{заг} = 9,89 \cdot 30 - 6,58 \cdot 4 = 270,4 \text{ руб.}$$

2. Заработная плата основных рабочих.

Определяется как сумма расценок по всем операциям технологического процесса изготовления детали:

Таблица 3.2

Операция	Стоимость 1 часа работы, руб	Время на операцию, ч
Ленточно-отрезная	50	0,05
Токарно-винторезная	100	0,04
Токарная с ЧПУ	100	0,15
Шлифовальная	100	0,025
Фрезерная	100	0,15
Зубофрезерная	100	0,015
Сверлильная	80	0,011
Слесарная	80	0,003
Токарная	100	0,015

$$З_o = (50 \cdot 0,05 + 100 \cdot 0,04 + 100 \cdot 0,025 + 100 \cdot 0,15 + 100 \cdot 0,015 + 80 \cdot 0,011 + 80 \cdot 0,003 + 100 \cdot 0,015) \cdot 1,7 = 47,9 \text{ руб.}$$

k=1,7- коэффициент учитывающий 30% северных и 40% премии завода.

3. Заработная плата вспомогательных рабочих.

Определяется пропорционально сумме заработной платы основных рабочих. Составляет 9% от заработной платы основных рабочих.

$$З\partial = 47,9 \cdot 0,09 = 4,3 \text{ руб.}$$

4. Отчисление на социальное страхование.

Составляет 38,1% от заработной платы основных и вспомогательных рабочих.

$$H = (47,9 + 4,3) \cdot 0,381 = 19,9 \text{ руб.}$$

5. Прямые затраты.

Определяют как сумму первых четырех пунктов.

$$ПЗ = 270,4 + 47,9 + 4,3 + 19,9 = 342,5 \text{ руб.}$$

6. Общепроизводственные расходы.

Составляют 300% от основной заработной платы.

$$ОР = 47,9 \cdot 3 = 143,7 \text{ руб.}$$

7. Производственная себестоимость.

Сумма прямых затрат и общепроизводственных расходов.

$$ПС = 342,5 + 143,7 = 486,2 \text{ руб.}$$

8. Общезаводские расходы.

Составляют 200% от основной заработной платы.

$$ОЗ = 47,9 \cdot 2 = 95,8 \text{ руб.}$$

9. Расходы на продажу.

Составляют 1% от суммы производственной себестоимости и общезаводских расходов.

$$РП = (486,2 + 95,8) \cdot 0,01 = 5,82 \text{ руб.}$$

10. Полная себестоимость.

Определяется как сумма производственной себестоимости, общезаводских расходов и расходов на продажу.

$$ПолС = 486,2 + 95,8 + 5,82 = 587,82 \text{ руб.}$$

11. Прибыль.

Составляет 10% от полной себестоимости.

$$Pr = 587,82 \cdot 0,1 = 58,78 \text{ руб.}$$

12. Трансфертная цена.

Определяется как сумма полной себестоимости и прибыли.

$$C_{tr} = 587,82 + 58,78 = 646,6 \text{ руб.}$$

Из расчетов видно, что при усовершенствовании тех. процесса полная себестоимость на одну деталь уменьшается на $(610,14 - 587,82) = 22,32$ руб. Экономический эффект предлагаемого технологического процесса:

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot n$$

где; C_1 -себестоимость изготовления детали по существующему технологическому процессу.

C_2 -себестоимость изготовления детали по предлагаемому технологическому процессу.

n - Годовая программа выпуска детали, $n = 6000 \text{ шт} / \text{год}$.

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot n = (610,14 - 22,32) \cdot 6000 = 133920 \text{ руб} / \text{год}.$$

Таким образом, после проведения качественного и количественного анализа сравниваемых вариантов технологического процесса, приходим к выводу о целесообразности применения варианта представленного в данном дипломном проекте.

4. Социальная ответственность

1. Введение

В результате широкой механизации и автоматизации промышленности на современных предприятиях ликвидировано большинство тяжелых и опасных профессий. Производственный травматизм вследствие этого постоянно снижается. Улучшение условий труда, повышение его безопасности влияют на результаты производства – на производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции. Производительность повышается за счет сохранения здоровья и работоспособности человека, экономии живого труда путем повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека. Улучшение условий труда и его безопасность приводят к снижению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Это сохраняет здоровье трудящихся и одновременно приводит к уменьшению затрат на оплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда, на оплату последствий такой работы (временной или постоянной нетрудоспособности), на лечение, переподготовку кадров по причинам, связанным с условиями труда.

2. Анализ опасных и вредных производственных факторов при изготовлении вала шлицевого

В ходе проведения анализа выявлены следующие опасные факторы и возможные причины травматизма рабочих, обслуживающих участок:

1. При обработке используется СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость). При попадании СОЖ на пол во время работы на станке возможны падения и, как следствие, вывихи, переломы и повреждения кожного покрова.
2. При работе на токарных, шлифовальных, фрезерных станках, используемых в данном технологическом процессе, возможен захват волос или элементов одежды вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма, и даже смертельный исход.
3. При фрезеровании и точении деталей возможна вероятность отлета стружки в сторону рабочего места. В этом случае есть вероятность травмы глаз и открытых частей тела.
4. Разрыв шлифовального круга, а также выкрашивание круга может привести к различным травмам у шлифовщика.
5. Наличие разветвленной цепи электропроводки, некачественная изоляция, неправильная эксплуатация электрооборудования могут привести к электротравмам или травмам со смертельным исходом.
6. Слабое и ненадежное крепление инструмента (фрезы, резца, сверла) на станке может явиться причиной травм рук (ушибов и переломов) станочника.

С точки зрения санитарно-гигиенических норм можно выделить следующие вредные факторы, связанные с работой на станках данного технологического процесса:

1. Загрязненность рабочей зоны мелкой стружкой и пылью обрабатываемого материала.

Следствием этого может быть травма глаз и легочные заболевания (пневмокониозы), вызванные длительным воздействием пыли на органы дыхания.

2. Монотонный шум, вызванный работой станков.

При обработке детали на токарных и фрезерных станках раздражающее действие на станочника оказывает шум в виде скрипа и свиста, обусловленный трением инструмента об обрабатываемые материалы, а также шум, возникающий при работе станков. Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха в сочетании с нарушениями со стороны различных органов и систем. Также монотонный шум может привести к ослаблению внимания станочника. Следствием этого могут быть ошибочные переключения станочного оборудования, а это приводит к тяжелым различным травмам.

3. Плохая освещенность. При работе на станках недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего.

4. Использование СОЖ приводит к различным заболеваниям кожи, а также раздражающе действует на слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

3. Техника безопасности

Согласно ПУЭ производственное помещение участка относится к категории помещений без повышенной опасности, если в нем отсутствуют следующие факторы:

1. Сырость (относительная влажность более 75%).
2. Наличие токопроводящего пола.
3. Высокая температура (когда температура длительно «свыше суток» превышает +35 градусов) и токопроводящая пыль.

В нашем помещении присутствуют такие факторы, как токопроводящий пол, так как он железобетонный, и токопроводящая пыль. Проблема токопроводящих полов решается оборудованием рабочих мест деревянными плитами (решетками). А токопроводящая пыль устраняется с помощью устройств местной вытяжной вентиляции.

Основными мерами защиты от поражения электрическим током являются:

1. Обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением путем надежной изоляции, вывешивание плакатов и знаков и т.д.
2. Электрическое разделение сети.
3. Устранение опасности поражения электрическим током при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением и др.
4. Применение специальных электрозащитных средств.
5. Правильная эксплуатация электроустановок.

В нашем случае производство вала осуществляется на металлорежущих станках. А так как каждый металлорежущий станок имеет электропривод, все выше перечисленные меры защиты от поражения электрическим током должны применяться на каждом рабочем месте.

Для снижения влияния опасных производственных факторов на рабочих необходимо провести ряд организационных и технических мер.

В связи с опасностью травматизма при использовании подъемно-транспортных механизмов необходимо проводить обязательную аттестацию работающих на право работы на данных механизмах с выдачей соответствующих документов. Кроме того, необходим контроль над тем, чтобы люди, не имеющие допуска, не работали на данных механизмах. С технической стороны данной проблемы необходимо проводить контрольные испытания подъемно-транспортного оборудования с целью проверки их пригодности к использованию. Испытания должны проводиться один раз в полгода, а сведения о результатах испытаний должны заноситься в специальный журнал.

При работе на токарных станках во избежание попадания стружки в глаза необходимо установить защитные ограждения или выдать защитные очки рабочему.

Для того чтобы предотвратить захват волос вращающимися частями станков или режущим инструментом необходимо выдавать рабочим специальные береты.

Чтобы предотвратить травмирование ног рабочего вследствие падения на них деталей используются специальные ботинки с металлическим носком.

Для избежания травм рабочего при шлифовальных работах необходимо использовать защитные очки и респираторы. Чтобы предотвратить травмирование рук рабочего об острые кромки детали необходимо использовать специальные перчатки.

4. Расчет защитного заземления

При эксплуатации оборудования большое значение имеет соблюдение мер электробезопасности, исключающих возможность поражения человека электрическим током. Одним из распространенных средств защиты от поражения электрическим током является защитное заземление. Оно заключается в соединении нетоковедущих частей электроустановок с землей.

Используемое оборудование относится к установкам с напряжением до 1000В. При линейном напряжении - 380В и фазовом - 220В по таблице выбираем $r_3 = 4 \text{ Ом}$ [2,с.42].

Электроды заземления расположим в ряд (рис.1.). Электроды погружаются в предварительно вырытой траншее глубиной $h = 0,8 \text{ м}$ [2,с.44]. Электроды соединяет шина, закладываемая в траншею. Ширину соединительной шины принимаем $b=0,04 \text{ м}$, тогда глубину заложения шины определим по формуле: $h_n = h - b$.

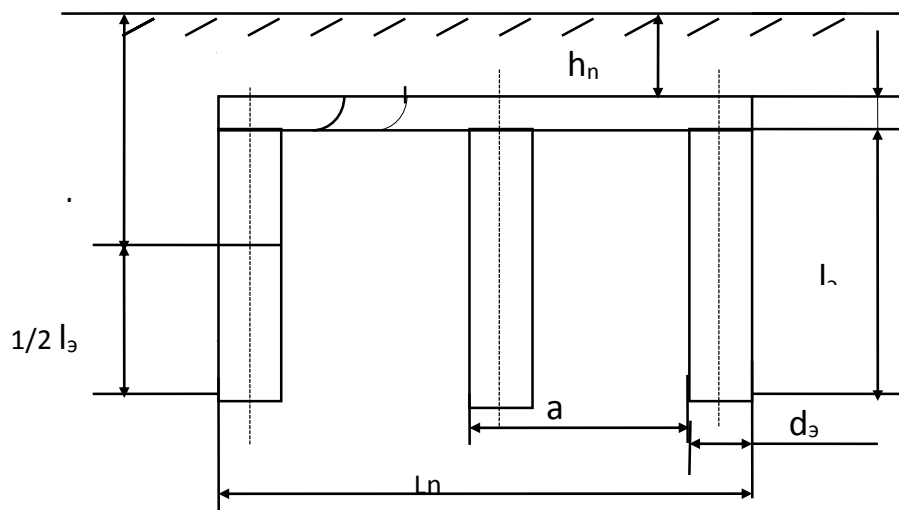


Рис.1.Расположение электродов в заземлении.

$$h_n = 0,8 - 0,04 = 0,76 \text{ м.}$$

В качестве электродов выбираем прутки диаметром $d_э = 0,012$ м и длиной $l_э = 5,5$ м [2,с.44].

Глубина заложения электродов:

$$h_э = h_n + 1/2 \cdot l_э = 0,76 + 0,5 \cdot 5,5 = 3,51 \text{ м.}$$

Расстояние между электродами принимаем $a = 2,0$ м.

Определим сопротивление одного электрода по формуле:

$$r_э = \frac{\rho \cdot K_в}{2\pi \cdot l_э} \left(\ln \frac{2l_э}{d_э} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_э + l_э}{4h_э - l_э} \right),$$

где: $\rho = 60$ Ом·м (грунт - глина) - удельное сопротивление грунта [2,с.38];

$K_в = 1,5$ по таблице [2,с.38] - коэффициент замерзания грунта для вертикальных электродов;

$l_э$ - длина электрода, м;

$h_э$ - глубина заложения электрода, м.

$$r_э = \frac{60 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5,5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,51 + 5,5}{4 \cdot 3,51 - 5,5} \right) = 18,85 \text{ Ом}$$

Определим предварительное число электродов по формуле:

$$n' = \frac{r_э}{r_з} = \frac{18,85}{4} = 4,71 \text{ шт.}$$

Коэффициент использования электродов расположенных в ряд:

$$\frac{a}{l_э} = \frac{1,5}{5,5} = 0,27 < 1,$$

тогда по рекомендациям принимаем $\eta_э = 0,67$ [2,с.45].

Определим окончательно необходимое количество электродов:

$$n = \frac{r_э}{r_з \cdot \eta_э} = \frac{18,85}{4 \cdot 0,67} = 7,3 \text{ шт.}$$

Примем окончательно число электродов $n = 8$ шт.

Определим длину соединительной шины по формуле:

$$L_n = a \cdot (n - 1),$$

где: a - расстояние между электродами, м;

n - число электродов, шт.

$$L_n = 2,0 \cdot (8 - 1) = 14 \text{ м.}$$

Определим сопротивление соединительной шины по формуле:

$$r_n = \frac{\rho \cdot K_r}{2 \cdot \pi \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{h_n \cdot b},$$

где: $K_r = 4,2$ [2,с.38] - коэффициент замерзания грунта для горизонтальной полосы;

L_n - длина соединительной шины, м;

h_n - глубина заложения шины, м;

b - ширина соединительной шины, м.

$$r_n = \frac{60 \cdot 4,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 14} \cdot \ln \frac{2 \cdot 14^2}{0,76 \cdot 0,04} = 27,13 \text{ Ом.}$$

По таблице [2,с.45] определим коэффициент использования полосы

$$\eta_n = 0,76$$

Определим общее сопротивление всего контура защитного заземления:

$$r_\Sigma = \frac{r_\varepsilon \cdot r_n}{r_\varepsilon \cdot \eta_n + r_n \cdot \eta_\varepsilon \cdot n},$$

где: r_ε - сопротивление одного электрода, Ом;

r_n - сопротивление соединительной шины, Ом;

η_ε - коэффициент использования электродов расположенных в ряд;

η_n - коэффициент использования полосы;

n - число электродов, шт.

$$r_\Sigma = \frac{18,85 \cdot 27,13}{18,85 \cdot 0,76 + 27,13 \cdot 0,67 \cdot 8} = 3,2 \text{ Ом.}$$

Условие $r_\Sigma \leq r_3$ ($3,2 \leq 4$) выполнено, следовательно рассчитанное заземление удовлетворяет нормам.

5. Производственная санитария

Производственная санитария – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на рабочих вредных производственных факторов. Для производства трубки охлаждения вредными факторами являются:

1. Загрязнение рабочей зоны мелкой стружкой и пылью. Для устранения этого фактора используют вытяжную вентиляцию и средства индивидуальной защиты (респираторы).

2. Производственный шум. Допустимый уровень шума 80ДбА в соответствии с ГОСТ12.1.003-76. Производственное оборудование и инструменты, создающие в процессе эксплуатации шум, необходимо конструировать в соответствии с требованиями этого стандарта и снабжать паспортом с указанием спектра излучаемой звуковой мощности, определяемой по ГОСТ 8055-73. Практическими мерами по борьбе с шумом на рабочих местах являются: ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования; применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования; облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами; применение индивидуальных средств защиты органов слуха – наушников, вкладышей, шлемов (ГОСТ 12.4.051 – 78).

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны и производственных помещений. Система освещения в цехе должна включать в себя общее и местное освещение. Величина минимальной освещенности должна составлять 400 лк согласно СНиП II – 4 – 95. В нашем случае освещенность цеха комбинированная – сочетание общего освещения с местным источником света на рабочем месте. При устройстве освещения следует помнить, что оно нормируется и по показателям яркости рабочей поверхности. Поверхности, отражающие свет, не должны производить

слепающего действия на человека. Наиболее благоприятно для человека естественное освещение. Физиологами установлено, что при естественном освещении производительность труда рабочих на 10% выше чем при искусственном.

4. Параметры микроклимата в производственном помещении установлены в соответствии СН 245 – 95 в следующих пределах: температура воздуха в тёплое время года от +19 до +24, в холодное время года от +17 до +23, относительная влажность не более 60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

5. Чтобы устранить вредное воздействие на здоровье работающих продуктов горения и испарения СОЖ необходимо установить в цехе систему вентиляции, поддерживающую необходимый состав атмосферы в рабочем помещении. Кроме того, для устранения влияния СОЖ на кожу рук работающих необходимо выдавать им мыло и «биологические перчатки».

6. Чрезвычайная ситуация

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, а так же применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть ЧС.

В настоящее время существует два основных направления минимизации вероятности возникновения последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятиях, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала в современных технических системах. В рамках этого направления на заводе технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво- и пожарозащиты технологического оборудования, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т.д.

Второе направление заключается в подготовке объекта и обслуживающего персонала к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС. Для этого на заводе прогнозируют размеры и степень поражения объектов при воздействии на него поражающих факторов различных видов (взрывы, пожары, отключения электроэнергии, наводнения, землетрясения, террористические акты, нападение вероятного противника и др.), опираясь на экспериментальные и статистические данные о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию.

Повышение устойчивости технических систем и объектов достигается главным образом организационно-техническими мероприятиями. Для этого

сначала исследуется устойчивость и уязвимость предприятия в условиях ЧС.

Исследования включают в себя анализ:

- надежности установок и технологических комплексов;
- последствий аварий отдельных систем производства;
- распространения ударной волны по территории предприятия при взрывах коммуникаций;
- распространения огня при пожарах различных видов;
- рассеивания веществ, высвобождающихся при ЧС;
- возможности вторичного образования токсичных, пожаро- и взрывоопасных смесей и т.п.

Затем разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объекта к восстановлению после ЧС. К таким мероприятиям относятся правильная планировка наземных и подземных зданий и сооружений основного и вспомогательного производства, складских помещений и зданий административно-бытового назначения; внутренняя планировка помещений; расстановка сил и состояние пунктов управления, и надежность узлов связи; безопасное хранение горючих и токсичных веществ и т.д.

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работников и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются государственными постановлениями и указами.

Опасными факторами пожара для людей являются: открытый огонь, искры, повышение температуры воздуха и окружающих предметов, токсичные продукты горения, дым, обрушения и повреждения зданий и сооружений. Причины пожаров в производственном помещении могут быть следующими: пользование открытым огнем, курение в непригодных для этого местах, возгорание промасленной использованной ветоши, появление искры при авариях в электроустановке.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами профилактики и активной защиты. Понятие профилактики включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшения его последствий, таких как предотвращение образования горючей среды, предотвращение образования в горючей среде источников воспламенения, поддержание температуры и давления горючей среды ниже максимально допустимого по горючести и т.д. Под активной пожарной защитой понимаются меры, обеспечивающие успешную борьбу с возникающими пожарами – это применение средств пожаротушения, эвакуация людей, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре и др.

На заводе осуществляются те и другие меры пожарной защиты. В качестве профилактики два раза в год производится инструктаж по пожарной безопасности. Данные инструктажа заносятся в специальный журнал.

В случае возникновения очага возгорания эвакуация людей и оборудования должна производиться по специальным эвакуационным путям, обозначенные на планах эвакуации в случае пожара, которые должны быть вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу.

В соответствии со СНиП II–2–80 все производства делят на категории по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности. Цех, в котором изготавливается вал, относится к категории Д, так как в нашем производстве обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии [2,стр. 350].

Ликвидация чрезвычайных ситуаций осуществляется силами и средствами самого предприятия или с привлечением Вооруженных сил РФ, Войск гражданской обороны РФ и других войск и воинских формирований в соответствии с законодательством Российской Федерации.

7. Пожарная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб.

Предприятия отличается повышенной пожарной опасностью, так как его характеризует сложность производственных установок, значительное количество легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, сжиженных горючих газов, твердых сгораемых материалов, разветвленная сеть трубопроводов с запорно-пусковой и регулирующей арматурой, большая оснащенность электроустановками.

Причинами пожаров технического характера на заводе могут являться:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки);
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- самовозгорание промасленной ветоши;
- износ и коррозия оборудования;
- искры при электрод работах;
- ремонт оборудования на ходу.

Для оценки пожарной опасности необходимо знать, какие огнеопасные вещества или смеси используются или получают или могут образовываться в процессе производства. Введена классификация всех производств по степени пожароопасности: пять категорий: А, Б, В, Г, Д. Данное производство относится к категории Д, т.к. обрабатываемые материалы в данном производстве находятся в холодном твердом состоянии. При любом пожаре тушение должно быть направлено на устранение причин возникновения и создания условий, при которых горение будет невозможным.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяют на организационные, режимные, технические и эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих и т.д.

К техническим мероприятиям относятся соблюдения противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещения оборудования.

Мероприятия режимного характера – запрещение курения в неустановленных местах, производства сварочных работ и других огневых работ в пожароопасных помещениях и т.д.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

Тушение пожара может быть осуществлено сильным охлаждением горящими материалов с помощью веществ обладающих высокой теплоемкостью (вода, пена и др.). Вода является одним из наиболее дешевых и доступных огнегасительных средств. Однако воду нельзя использовать для тушения пожара из веществ вступающих в реакцию с ним, например калия, натрия т.к. выделяющийся при этом водород в смеси с воздухом образует взрывопожароопасную смесь.

Так же воду нельзя использовать для тушения электрических приборов и приборов, находящихся под напряжением. Для тушения пожара в цехе применяются огнетушители ОХП и ОУ.

На случай безопасной эвакуации людей, находящихся в помещении, при пожаре предусматриваются пожарные эвакуационные выходы. Двери этих выходов открывают наружу, в сторону выхода из помещения.

8. Охрана окружающей среды

В современных условиях одной из важнейших задач является защита окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра земли на данном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде крупных промышленных центров, уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Согласно данным инвентаризации источников валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу было выявлено 146 источников выбросов, все организованные. Общее количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ равно 21 тонн/год. Число выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ 53, в т. ч.:

I класса опасности: свинец, хром шестивалентный, никеля растворимые соли.

II класса опасности: марганца оксид, алюминия оксид, меди оксид, кадмия сульфат, азота диоксид, азотная кислота, хлористый водород, серная кислота, фосфорный ангидрид, эпихлоргидрин, фенол, формальдегид, фтористый водород, акрилонитрил.

III класса опасности: железа оксид, олово, сажа, пыль неорганическая (зола углей), серый диоксид, ксилол, толуол, спирт н-бутиловый, аэрозоль краски, пыль талька, парафин.

IV класса опасности: аммиак, углерода оксид, спирт изобутиловый, спирт этиловый, бутилацетат, ацетон, бензин, углеводороды C12-C19.

В целом, предприятие относится к 4 классу опасности. Санитарно-защитной зоны промплощадка предприятия не имеет.

Металлообрабатывающие участки оснащены пылеуловителями типа «Циклон» и барботажно-вихревыми пылеуловителями.

Существует множество мероприятий по защите окружающей среды:

1. Механизация и автоматизация производственных процессов, сопряженных с опасностью для здоровья.

2. Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов.
3. Защита работающих от источников тепловых излучений.
4. Устройство и оборудование вентиляции и отопления.
5. Применение средств воздухоочистки.
6. Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду.
7. Вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения.
8. Применение средств индивидуальной защиты работающих.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести, систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

Список использованной литературы

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвёртого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 1/Под ред. А.М. Дальского, А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., исправленное.- М.: Машиностроение-1, 2003г. 912 с., ил.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А.М. Дальского. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., исправленное.- М.: Машиностроение-1, 2003г. 944 с., ил.
4. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В. И. Баранчиков, А. В. Жаринов, Н. Д. Юдина и др.: Под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.: ил.
5. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В. Ф. Скворцов. – 2-е изд.- Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009 – 91 с.
6. Справочник молодого зуборезчика. Сильвестров Б.Н. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988 – 230 с.,: ил.
7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.: ил.
8. Приспособления для металлорежущих станков: справочник/А.К. Горошкин. -7-е изд., перераб. и доп. – Москва машиностроение, 1979-303с, ил.
9. Техника безопасности и противопожарная техника в машиностроении. Духанин Ю.А., Акулин Д.Ф. – Ленинград: Машиностроение, 1973 – 304 с.

10. Справочник по технике безопасности. Долин П.А. – М.: Энергоиздат, 1984 – 256с.
11. Охрана окружающей среды. Учебное пособие для студентов ВУЗов./ Под ред. Белова С.В. – М.: Высшая школа, 1983 – 264с.
12. Охрана труда в машиностроении. Учебник для машиностроительных ВУЗов./ Под ред. Фельдштейна Е.Э. – Минск: Дизайн ПРО, 1997 – 384с.