

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.03.01. Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления детали «Палец»

УДК 621.882.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Л41	Коваленко Михаил Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП 15.03.01 "Машиностроение"	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н. доцент		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
<i>Универсальные компетенции</i>	
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.03.01. Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель: ООП 15.03.01

_____ Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Л41	Коваленко Михаилу Николаевичу

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Палец»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.05.2019 №4216/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект проектирования – деталь «Палец». Исходными данными являются чертеж детали, годовая программа выпуска.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Проектирование технологического процесса 2. Проектирование станочного приспособления 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 4. Социальная ответственность Заключение
Перечень графического материала	1. Чертеж детали «Палец» 2. Размерная схема технологического процесса 3. Граф дерево 4. Технологическая оснастка 5. Спецификация

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Технологический	Галин Николай Евгеньевич
2. Конструкторский	Галин Николай Евгеньевич
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
4. Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.02.2019
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Л41	Коваленко Михаил Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л41	Коваленко Михаилу Николаевичу

Школа	ИнЭО	Отделение школы (НОЦ)	ИШНПТ ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

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

1. Стоимость ресурсов технического проекта: материально-технических, информационных	Прайс-листы расходных материалов; Система оплаты труда ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов.	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Потенциальные потребители результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование сметы технического проекта.	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование затрат на техническое проектирование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды - накладные расходы.
3. Определение ресурсосберегающей эффективности технического проекта.	Определение коэффициента эффективности технического проектирования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений.
2. График проведения ТП.
3. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности ТП.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.03.2019
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н. доцент		11.03.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л41	Коваленко Михаил Николаевич		11.03.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л41	Коваленко Михаилу Николаевичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ИШНПТ ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема дипломной работы: Разработка технологии изготовления детали «Палец»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения.	Деталь «Палец» изготавливается в механическом цехе №8 предприятия ООО «Томскнефтехим». На участке цеха используется следующее оборудование: токарный станок с ЧПУ, фрезерный станок с ЧПУ.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Рассмотрены правовые нормы трудового законодательства предприятия ООО «Томскнефтехим».
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействий.	Основными вредными факторами на рабочем месте являются: производственный шум, электромагнитное поле, несоответствие нормам микроклимата, освещенность, физические перегрузки. К числу опасных факторов следует отнести наличие - механические опасности (движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования); термические опасности (нагрев оборудования); электрический ток; повышенную степень пожароопасности.
3. Экологическая безопасность	Наличие отходов (металлическая стружка, лампы, СОЖ, абразивная пыль, лом инструмента) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) сильные морозы; 2) несанкционированное проникновение на рабочее место. Предусмотрены мероприятия по обеспечению устойчивости работы производства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			15.03.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л41	Коваленко Михаил Николаевич		15.03.2019

Реферат

Выпускная квалификационная работа 144 стр., 14 рисунков, 30 табл., 17 источников, 6 приложений.

Ключевые слова: технологический процесс, технологическая операция, токарная обработка, фрезерная обработка, допуск, оснастка.

Объектом исследования является деталь «Палец».

Цель работы – разработка технологии изготовления детали «Палец».

В процессе работы проводилось проектирование технологического процесса и проектирование станочного приспособления, оценка ресурсоэффективности проекта, выявление вредных и опасных производственных факторов, и средств защиты от них. Для оформления чертежей использовалась программа «КОМПАС-3D».

В результате проектирования было выявлено, что проект обладает высокими технологическими и технико-эксплуатационными характеристиками.

Область применения: машиностроение.

С экономической точки зрения проект эффективен, за счет использования наиболее оптимального и конкурентоспособного оборудования, и в него целесообразно инвестировать средства.

Определения, обозначения, сокращения

В настоящей пояснительной записке применены следующие термины с соответствующими определениями и сокращениями:

технологический процесс: отрегулированная последовательность взаимосвязанных действий, которые выполняются с начала момента возникновения исходных данных до получения необходимого результата;

технологическая операция: часть технологического процесса, которая непрерывно выполняется на одном рабочем месте;

токарная обработка: механическая обработка резанием наружных и внутренних поверхностей вращения, а именно цилиндрических и конических, торцевание, отрезание, снятие фасок, прорезание каналов, нарезание внутренних и наружных резьб на токарных станках;

фрезерная обработка: механическая обработка резанием плоскостей, пазов, лысок, при которой режущий инструмент совершает вращательные движения, а обрабатываемая заготовка поступательное;

допуск: разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями параметров;

технологическая оснастка: комплектность приспособлений для закрепления заготовок и установки инструмента, выполнения сборочных операций, деталей, транспортирования заготовок или изделий.

Сокращения:

ЧПУ – числовое программное управление;

СИЗ – средство индивидуальной защиты;

ПДУ – предельно допустимые уровни;

ПДК – предельно допустимые концентрации;

СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость;

ТС – технологические масла.

Оглавление

Введение.....	11
1 Технологическая часть	12
1.1 Исходные данные.....	12
1.2 Определение типа производства	12
1.3 Анализ технологичности детали	16
1.4 Разработка маршрута изготовления детали «Палец».....	18
1.5 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали «Палец».....	26
1.6 Выбор оборудования.....	37
1.7 Расчет режимов резания	40
1.8 Нормирование операций технологических процессов	75
2 Конструкторская часть	88
2.1 Описание работы переналаживаемого скальчатого кондуктора с наладкой для сверления радиально расположенных отверстий	88
2.2 Определение силы закрепления заготовки.....	89
2.3 Расчёт привода зажимного устройства.....	92
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	94
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технического проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	94
3.1.1 Потенциальные потребители результатов технического проектирования	95
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	96
3.1.3 Технология QuaD	98
3.2 Планирование технического проектирования работ.....	100
3.2.1 Структура работ в рамках проектирования	100
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	101
3.2.3 Разработка проведения технического проектирования	102

3.3 Смета затрат на технический проект	105
3.3.1. Расчет материальных затрат технического проекта.....	105
3.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы	106
3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	108
3.3.4 Накладные расходы	108
3.3.5 Формирование сметы затрат технического проекта	109
3.4 Определение ресурсосберегающей, эффективности исследования	109
4 Социальная ответственность	113
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	113
4.2 Производственная безопасность	114
4.2.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	116
4.2.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	125
4.3 Экологическая безопасность.....	129
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	132
Заключение	135
Список использованных источников	136
Приложение А Чертеж детали «Палец»	138
Приложение Б Линейная размерная схема.....	139
Приложение В Размерная схема технологического процесса.....	140
Приложение Г Граф дерево.....	141
Приложение Д Технологическая оснастка	142
Приложение Е Спецификация.....	143

Введение

Эффективность производства, его технический прогресс во многом зависит от быстрого развития производства новых машин, оборудования, аппаратов и станков, от внедрения методов технико-экономического анализа.

Повышение эффективности машиностроительного производства на современном этапе определяется повышением качества изделий, снижением трудоемкости, себестоимости и металлоемкости их изготовления.

Для автоматического процесса обработки на металлорежущих станках при помощи устройств с числовым программным управлением, важной частью является сбережение станками универсальности. Это позволяет производить на станках обработку всего перечня деталей, который может быть произведен на универсальных станках надлежащего типа.

Главной задачей рациональной эксплуатации металлорежущих станков с числовым программным управлением является обеспечение безотказной и длительной обработки на них деталей с установленной производительностью, точностью и шероховатостью обработанной поверхности.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления детали «Палец».

Для достижения поставленной цели, необходимо рассчитать припуски, назначить режимы резания. Выбрать соответствующее оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которых будет производиться обработка. Необходимо рассчитать нормы времени, требуемые для изготовления детали «Палец». Разработанный технологический процесс детали «Палец» должен удовлетворять требованиям экономичности изготовления.

1 Технологическая часть

1.1 Исходные данные

Разработать технологический процесс изготовления детали «Палец» представленном на рисунке 1.1. Годовая программа выпуска $N = 1500$ штук.

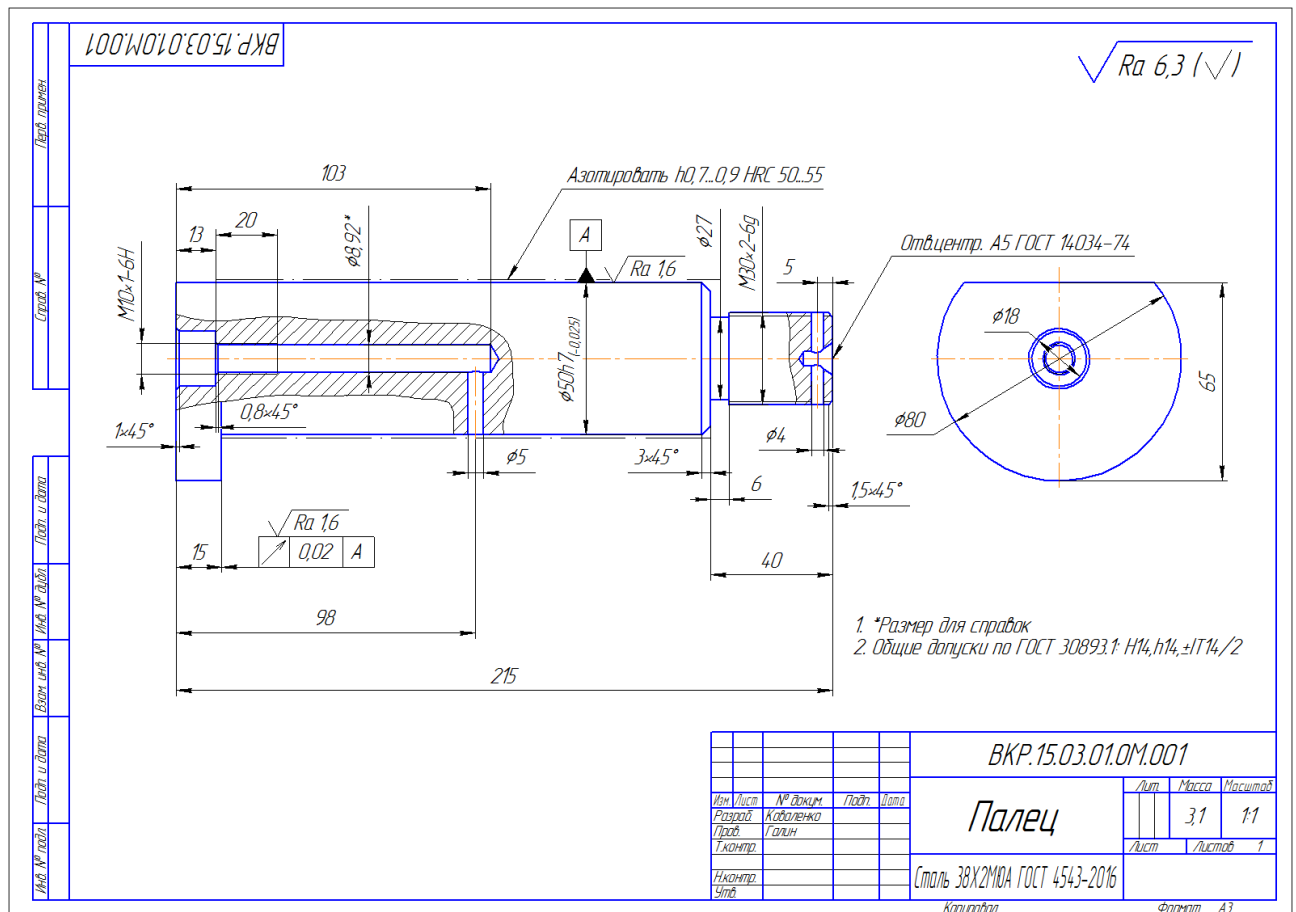


Рисунок 1.1 – Чертеж детали «Палец»

Рисунок 1.1 в масштабе представлен в Приложении А.

1.2 Определение типа производства

Расчет такта выпуска, определение типа производства

На этапе проектирования технологического процесса для того, чтобы определить тип производства необходимо определить коэффициент закрепления операций:

$$K_{3.0} = \frac{t_{\epsilon}}{T_{cp}}, \quad (1)$$

где t_{ϵ} – такт выпуска детали, мин.;

T_{cp} – среднее штучно–калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определим по формуле:

$$t_{\epsilon} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{N_r}, \quad (2)$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, мин.;

N_r – годовой объем выпуска деталей, шт.

$$F_{\text{д}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{K}{100}\right), \quad (3)$$

где $F_{\text{н}} = d \cdot t \cdot n$ – номинальный фонд работы оборудования при 2-х сменном режиме работы;

$K=5\%$ – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени;

$d=247$ – число рабочих дней в 2019 году;

$t=12$ – продолжительность рабочей смены;

$n=2$ – количество рабочих смен в день.

$$F_{\text{д}} = 247 \cdot 12 \cdot 2 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 5630 \text{ ч.}$$

$$t_{\epsilon} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{N_r} = \frac{5630 \cdot 60}{1500} = 225,2 \text{ мин.}$$

Для выполнения операций технологического процесса определим среднее время [1]:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n}, \quad (4)$$

где $T_{ш.к i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.;

n – количество основных операций.

Таблица 1.1 – Определение норм основного времени

Наименование перехода	Основное время обработки T_0 , мин
Отрезка	$0,011 \cdot (D^2 - d^2)$
Черновая подрезка торца	$0,000037 \cdot (D^2 - d^2)$
Чистовая подрезка торца	$0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$
Черновое точение	$0,000075 \cdot dl$
Чистовое точение	$0,00017 \cdot dl$
Черновое растачивание отверстий	$0,00020 \cdot dl$
Сверление отверстий	$0,00052 \cdot dl$
Зенкерование	$0,00021 \cdot dl$
Фрезерование	$0,0070 \cdot dl$
Нарезать резьбу в отверстиях	$0,0004 \cdot dl$
Нарезать резьбы на валу	$0,019 \cdot dl$
d – диаметр обрабатываемой поверхности; l – длина обрабатываемой поверхности; D – диаметр обрабатываемого торца; (D-d) – разность наименьшего и наибольшего диаметров обрабатываемого торца	

Расчет основного времени:

000 Заготовительная:

$$T_0 = 0,011 \cdot D = 0,88 \text{ мин,}$$

005 Токарная:

1 переход

$$T_0 = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (80^2 - 0) = 0,24 \text{ мин,}$$

2 переход

$$T_0 = 0,00052 \cdot dl = 0,00052 \cdot 18 \cdot 7 = 0,065 \text{ мин,}$$

010 Токарная с ЧПУ:

1 переход

$$T_0 = 0,000075 \cdot dl = 0,000075 \cdot 200 \cdot 50 = 0,75 \text{ мин,}$$

2 переход

$$T_0 = 0,000075 \cdot dl = 0,000075 \cdot 43 \cdot 30 = 0,096 \text{ мин,}$$

3 переход

$$T_0 = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 30 \cdot 1,5 = 0,007 \text{ мин,}$$

4 переход

$$T_0 = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 27 \cdot 6 = 0,027 \text{ мин,}$$

5 переход

$$T_0 = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 200 \cdot 50 = 1,7 \text{ мин,}$$

6 переход

$$T_0 = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 50 \cdot 3 = 0,025 \text{ мин,}$$

7 переход

$$T_0 = 0,019 \cdot dl = 0,019 \cdot 30 \cdot 34 = 19,38 \text{ мин,}$$

015 Токарная с ЧПУ:

1 переход

$$T_0 = 0,000052 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000052 \cdot (802 - 302) = 0,286 \text{ мин,}$$

2 переход

$$T_0 = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 80 \cdot 15 = 0,204 \text{ мин,}$$

4 переход

$$T_0 = 0,00052 \cdot dl = 0,00052 \cdot 8,92 \cdot 103 = 0,47 \text{ мин,}$$

5 переход

$$T_0 = 0,00020 \cdot dl = 0,00020 \cdot 16 \cdot 13 = 0,042 \text{ мин,}$$

6 переход

$$T_0 = 0,00017 \cdot dl = 0,00017 \cdot 16 \cdot 1 = 0,0027 \text{ мин,}$$

7 переход

$$T_0 = 0,00021 \cdot dl = 0,00021 \cdot 8,92 \cdot 0,8 = 0,0015 \text{ мин,}$$

8 переход

$$T_0 = 0,0004 \cdot dl = 0,0004 \cdot 10 \cdot 20 = 0,08 \text{ мин,}$$

020 Сверлильная:

$$T_0 = 0,00052 \cdot dl = 0,00052 \cdot 5 \cdot 25 = 0,065 \text{ мин,}$$

025 Сверлильная:

$$T_0 = 0,00052 \cdot dl = 0,00052 \cdot 4 \cdot 30 = 0,062 \text{ мин,}$$

030 Фрезерная:

$$T_0 = 0,0070 \cdot l = 0,0070 \cdot 65 = 0,455 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время i -ой основной операции определим по формуле [1, с. 147]:

$$T_{ш.ки} = \varphi_{к.и} \cdot T_{oi} \quad (5)$$

где $\varphi_k = 1$ (заготовительная операция);

$\phi_k = 2,14$ (токарные станки);

$\phi_k = 1,72$ (вертикально-сверлильные станки);

$\phi_k = 1,84$ (фрезерные станки).

Таблица 1.2 – Результаты расчетов основного и штучно-калькуляционного времен

Операция	ΣT_0 , мин	$\Sigma T_{шт.к}$, мин
000 Заготовительная	0,88	0,88
005 Токарная	0,305	0,6527
010 Токарная с ЧПУ	21,985	47,05
015 Токарная с ЧПУ	1,0862	2,324
020 Сверлильная	0,065	0,112
025 Сверлильная	0,062	0,106
030 Фрезерная	0,455	0,84

По формуле (4) определим среднее время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.к i}}{n} = \frac{0,88 + 0,6527 + 47,05 + 2,324 + 0,112 + 0,106 + 0,84}{7} = 7,43_{мин}$$

По формуле (1) определим коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о.} = \frac{t_b}{T_{cp}} = \frac{225,2}{7,43} = 30,3$$

Так как, $K_{з.о} = 30,3$, то тип производства мелкосерийный.

1.3 Анализ технологичности детали

В соответствии с ГОСТ 14.205-83 технологичность конструкции изделия рассматривается как совокупность свойств изделия, определяющих его приспособленность к достижению приемлемых затрат при производстве, эксплуатации и ремонте.

Проведем анализ конструкции детали:

1. Материал детали (Сталь 38Х2МЮА) обладает удовлетворительной пластичностью и позволяет нам получить заготовку за один ход деформирующего инструмента, что существенно снижает рабочее время и также отразится на снижении себестоимости продукции.

2. Для получения приближенной формы поковки к форме готовой детали потребуется штамп с одним разъемом. Форма детали не требует использования штампов со сложной формой рабочих полостей, что уменьшает стоимость заготовки.

3. Материал детали «Палец» сталь 38Х2МЮА. Данная сталь обладает коэффициентом обрабатываемости: 0,7 - для твердых сплавов, 0,5 - для быстрорежущих сплавов. Следовательно, при обработке, данной стали режущий инструмент будет изнашиваться быстрее, чем при обработке эталонного материала (сталь 45). Это потребует дополнительных затрат на режущий инструмент, снизит производительность обработки детали и повысит ее себестоимость.

4. Так как деталь имеет отверстия под масляные каналы, их обработка связана с применением специального станочного приспособления, а именно: при сверлении отверстия под масляный канал на цилиндрической поверхности, перпендикулярно оси этого цилиндра, это увеличивает себестоимость детали. А для сверления масляного канала с торцевой части детали требуется специальное длинное сверло;

5. В конструкции детали имеются канавки для выхода инструмента. Это необходимо для того, чтобы инструмент не работал «в упор», то есть, не забегая на сопрягаемую поверхность, так как поверхность должна быть обработана полностью. Поэтому канавки предотвращают контакт инструмента с сопрягаемыми поверхностями, тем самым не подрезая их. Это увеличивает ресурс инструмента, тем самым сокращая затраты на него;

6. В конструкции детали предусмотрены две поверхности высокой степени точности, с допуском перпендикулярности и соосности 0,04 мм и 0,025

мм соответственно, которые могут быть достигнуты на станках нормальной точности, что уменьшает себестоимость готовой продукции.

7. Поверхности детали подвергают термической обработке, что потребует дополнительной механической обработки. Так же деталь подвергается химической обработке, а, следовательно, увеличится трудоемкость изготовления детали.

8. В конструкции детали присутствуют концентраторы напряжений на перепаде диаметров, что может привести к появлению трещин в процессе эксплуатации или изготовлении детали [7].

Таблица 1.3 – Химический состав стали марки 38Х2МЮА

Алю- миний	Крем- ний	Марга- нец	Медь	Молиб- ден	Никель	Сера	Угле- род	Фос- фор	Хром
0,7 – 1,1%	0,2 – 0,45%	0,3 – 0,6%	0,3%	0,15 – 0,25%	0,3%	0,025 %	0,35 – 0,42%	0,025 %	1,35 - 1,65 %

На основании вышеперечисленного делаем вывод о том, что деталь с точки зрения ее механической обработки технологична. На чертеже детали обозначен материал Сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-2016. Заготовку детали получаем отрезкой из прутка. Годовая программа выпуска деталей составляет 1500 штук.

1.4 Разработка маршрута изготовления детали «Палец»

Технологический маршрут изготовления детали «Палец» представлен на рис. 1.2-1.8. Маршрут изготовления включает в себя схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, тексты переходов и их эскизы [2].

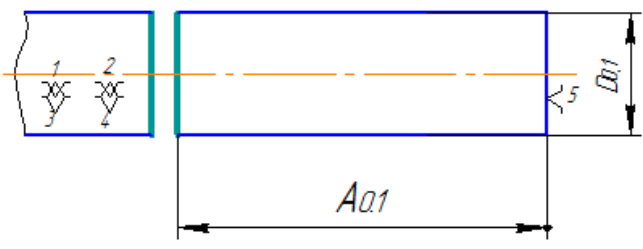
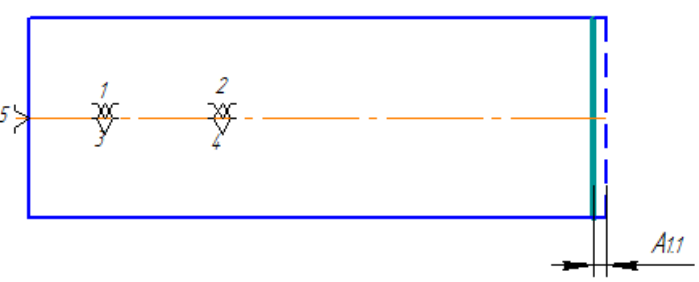
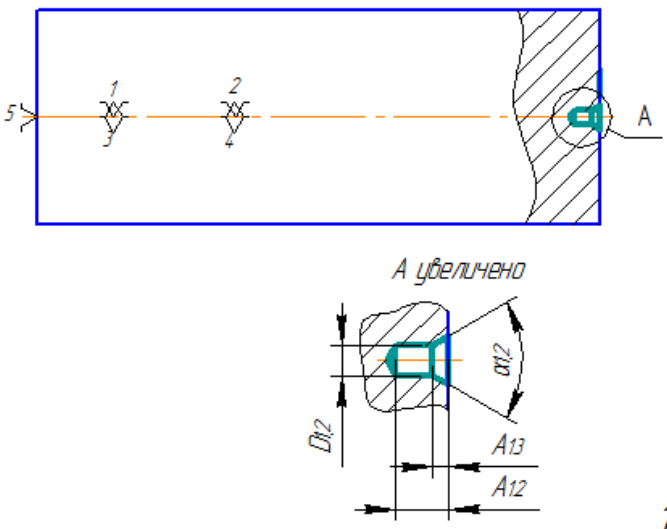
000		<i>Заготовительная</i> 1 <i>Отрезать заготовку выдерживая размер A_{a1}</i>	$\sqrt{Rz80 (\sqrt{I})}$ 
005		<i>Токарная</i> 1 <i>Подрезать торец, выдерживая размер A_{t1}</i>	$\sqrt{Ra 6,3}$ 
		2 <i>Сверлить центральное отверстие, выдерживая размеры D_{t2}, A_{t2}, α_{t2}, A_{t3}</i>	$\sqrt{Ra 6,3}$  1

Рисунок 1.2 – Технологический процесс изготовления детали

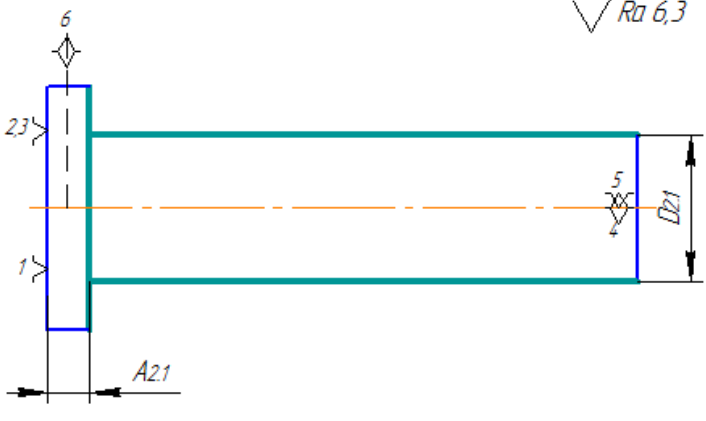
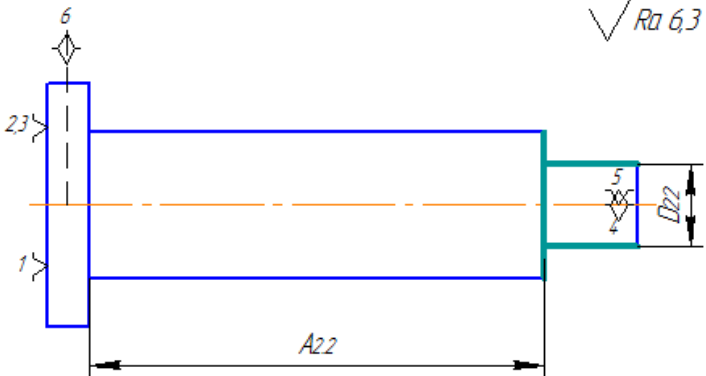
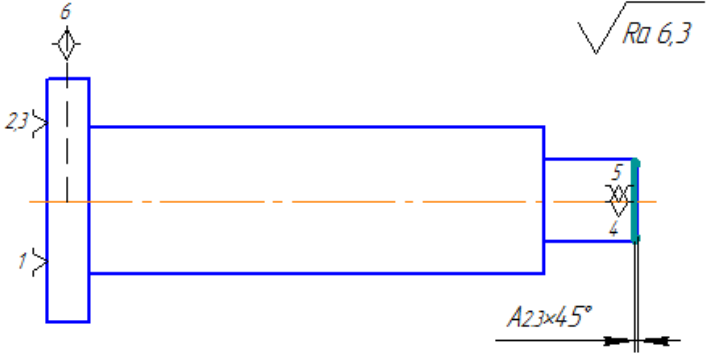
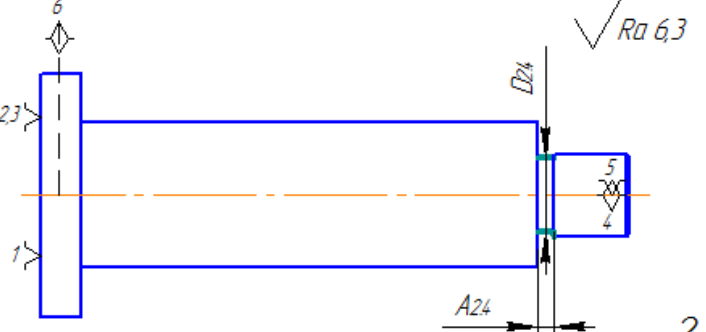
010		1 <i>Токарная с ЧПУ</i> <i>Точить поверхность, выдерживая размеры D21, A21</i>	
	2	<i>Точить поверхность, выдерживая размеры D22, A22</i>	
	3	<i>Точить фаску, выдерживая размер A23×45°</i>	
	4	<i>Точить поверхность, выдерживая размеры D24, A24</i>	

Рисунок 1.3 – Технологический процесс изготовления детали

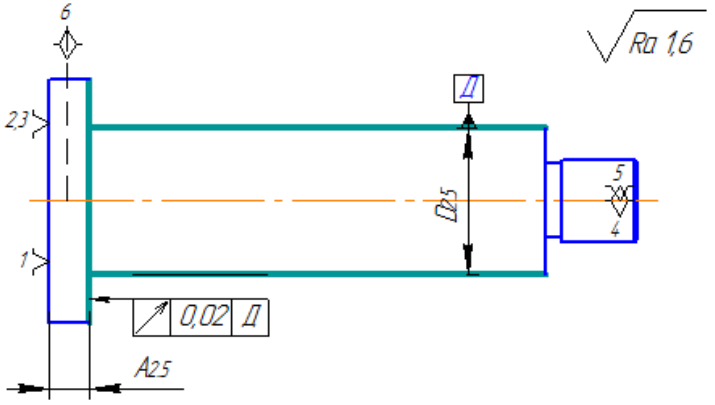
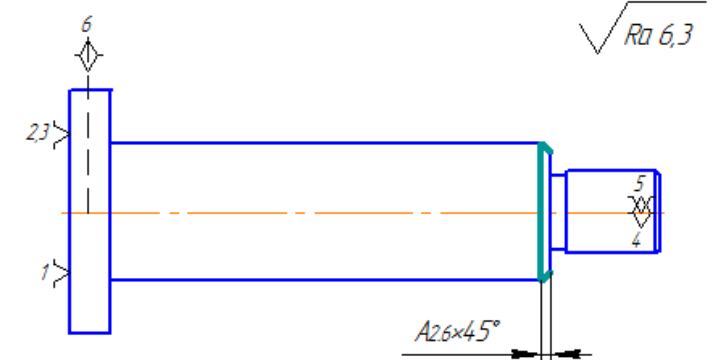
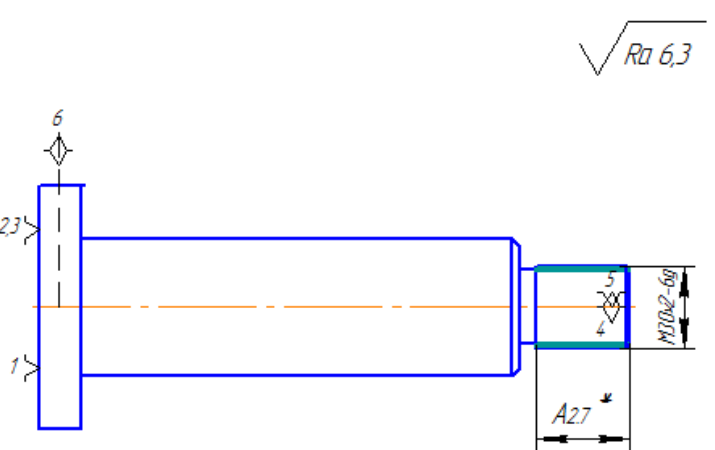
	5 Точить поверхность, выдерживая размеры D25, A25	
	6 Точить фаску, выдерживая размер A26	
	7 Нарезать резьбу, выдерживая размеры M30x2-6g A27	 *Размер для справок

Рисунок 1.4 – Технологический процесс изготовления детали

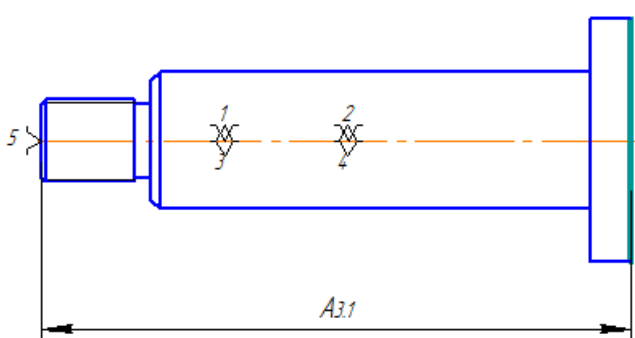
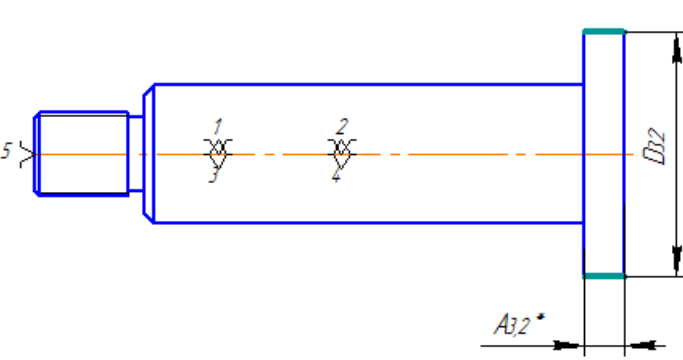
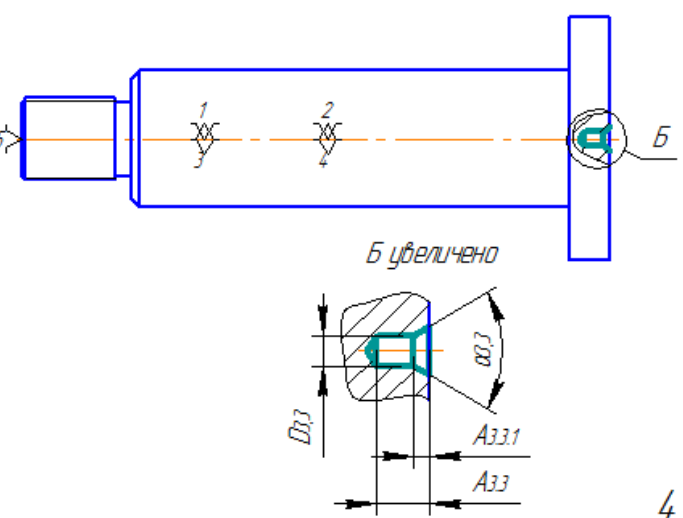
015		<u>Токарная с ЧПУ</u> 1 Подрезать торец, выдерживая размер $A_{3.1}$	$\sqrt{Ra\ 6,3}$ 
	2	Точить поверхность, выдерживая размеры $D_{3.2}$, $A_{3.2}^*$	$\sqrt{Ra\ 6,3}$  $A_{3.2}^*$ $D_{3.2}$ *Размер для справок
	3	Центровать торец, выдерживая размеры $D_{3.3}$, $A_{3.3}$, $a_{3.3}$, $A_{3.3.1}$	$\sqrt{Ra\ 6,3}$  $D_{3.3}$ $A_{3.3.1}$ $A_{3.3}$ Б Б увеличено 4

Рисунок 1.5 – Технологический процесс изготовления детали

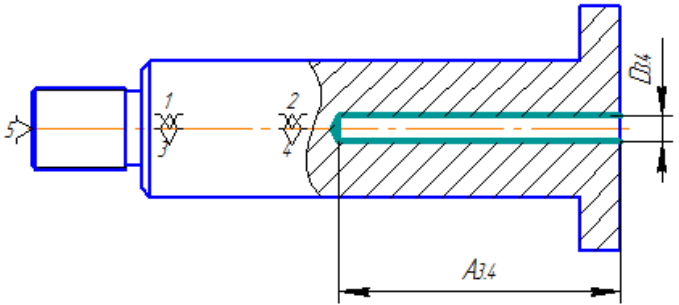
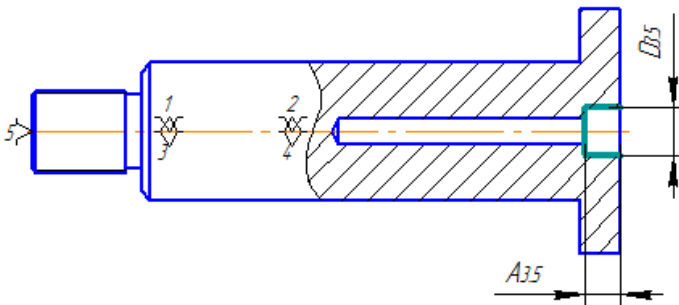
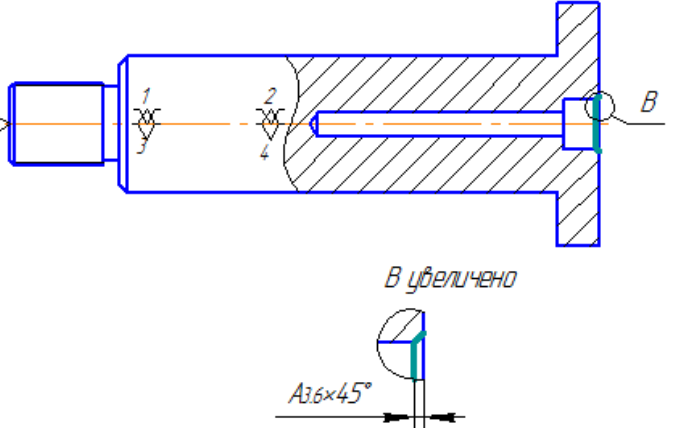
	4	Сверлить отверстие, выдерживая размеры $D_{3.4}$, $A_{3.4}$	$\sqrt{Ra\ 6,3}$ 
	5	Расточить отверстие, выдерживая размеры $D_{3.5}$, $A_{3.5}$	$\sqrt{Ra\ 6,3}$ 
	6	Расточить фаску, выдерживая размер $A_{3.6} \times 45^\circ$	$\sqrt{Ra\ 6,3}$  B увеличено $A_{3.6} \times 45^\circ$ 5

Рисунок 1.6 – Технологический процесс изготовления детали

		7	Зенковать отверстие, выдерживая размер $A_{3.7} \times 45^\circ$	
		8	Нарезать резьбу, выдерживая размеры $A_{3.8}$, $M10 \times 1-6H$	
020		1	<u>Сверлильная</u> Сверлить отверстие, выдерживая размеры $D_{4.1}$, $A_{4.1}$	

6

Рисунок 1.7 – Технологический процесс изготовления детали

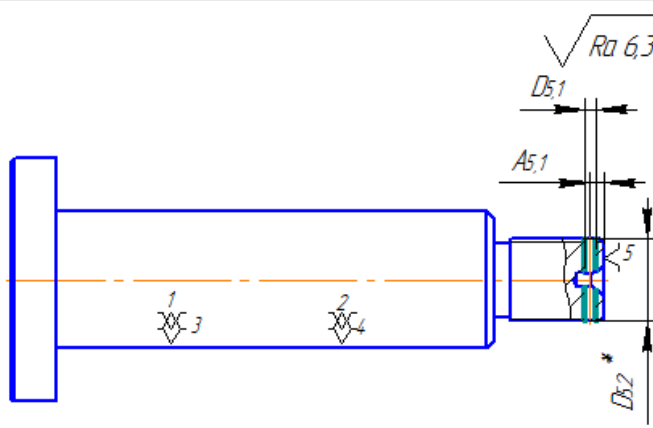
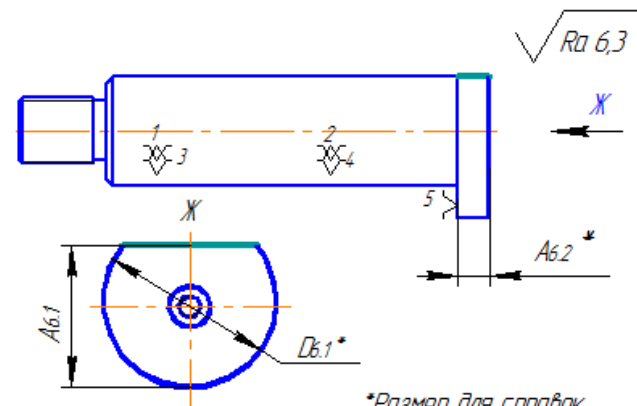
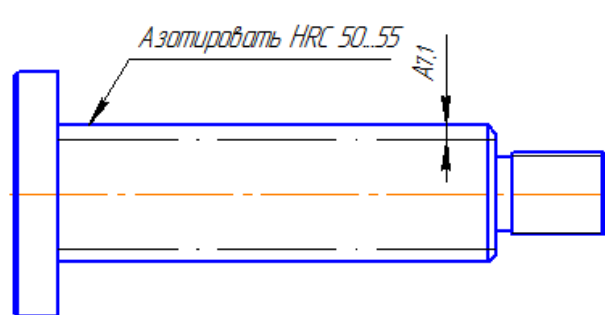
025	1	<u>Сверлильная</u> Сверлить отверстие, выдерживая размеры D _{5.1} , A _{5.1} , D _{6.2} *	 *Размер для справок
030	1	<u>Фрезерная</u> Фрезеровать лыску, выдерживая размеры A _{6.1} , A _{6.2} *, D _{6.1} *	 *Размер для справок
035	1	<u>Слесарная</u> Зачистить заусенцы, притупить острые края	
040	1	<u>Химико-термическая</u> Азотировать поверхность, выдержав размер A _{7.1}	 Азотировать HRC 50..55
045	1	<u>Контрольная</u> Контролировать размер по чертежу	

Рисунок 1.8 – Технологический процесс изготовления детали

1.5 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали «Палец»

Определение минимальных припусков на механическую обработку и технологических размеров. Расчет минимальных припусков

Всего существует два метода расчета минимальных припусков на обработку: нормативный и расчетно-аналитический [3, 6].

Для нормативного метода значения $z_{i \min}$ находят по таблицам, которые основаны путем подытоживания и систематизации производственных сведений.

Для расчетно-аналитического метода $z_{i \min}$ находят путем складывания отдельных частей, что позволяет наиболее полно учесть определенные условия обработки.

Вычисление минимальных значений для осевых припусков будем производить, используя формулу:

$$z_i^{\min} = R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (6)$$

где $z_{\min i}^D$ – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм;

$R_{z\ i-1}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – общее пространственное отклонение формы и расположения поверхности, полученное при предыдущем переходе, мкм;

ε_i – погрешность установки и отладки перед обработкой.

$$\rho_{i-1} = \rho_{f\ i-1} + \rho_{p\ i-1},$$

где $\rho_{f\ i-1}$ – погрешность формы поверхности, полученная на предыдущем переходе.

$\rho_{p\ i-1}$ – погрешность расположения поверхности, полученная на предыдущем переходе.

Определение допусков на технологические размеры

Допуски размеров начальной заготовки находятся по надлежащим стандартам и справочным материалам. Допуски размеров, получаемых на операциях механической обработки, определяют на основании таблиц точности. Эти таблицы включают в себя статистические данные по погрешностям размеров этих заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках. Величина допуска напрямую зависит от типа и способа обработки, используемого нужного оборудования, размера обрабатываемой поверхности и числа рабочих ходов [3, 6].

Определим значение минимальных припусков по формуле (6):

$$z_{1.1}^{\min} = 100 + 80 + 800 + 500 = 1480 \text{ мкм},$$

$$z_{2.5}^{\min} = 25 + 20 + 190 + 500 = 735 \text{ мкм},$$

$$z_{3.1}^{\min} = 100 + 80 + 800 + 60 = 1040 \text{ мкм}.$$

Расчёт линейных технологических размеров

Линейная размерная схема представлена на рисунке 1.9. Определим допуски на технологические размеры:

$$TA_{1.1} = \omega_c + \rho_{i-1} = 0,4 + 0,0215 = 0,4215 = 0,43 \text{ мм};$$

$$\rho_{i-1} = \Delta \cdot L = 0,0001 \cdot 215 = 0,0215 \text{ мм};$$

$$TA_{0.1} = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{3.1} = 0,1 \text{ мм};$$

$$TA_{2.4} = TK4 = 0,3 \text{ мм};$$

$$TA_{5.1} = TK5 = 0,3 \text{ мм};$$

$$TA_{2.3} = TK6 = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{2.6} = TK7 = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{4.1} = TK8 = 0,87 \text{ мм};$$

$$TA_{3.6} = TK9 = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{3.5} = TK10 = 0,43 \text{ мм};$$

$$TA_{3.8} = TK11 = 0,52 \text{ мм};$$

$$TA_{3.7} = TK12 = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{3,4} = TK13 = 0,435 \text{ мм};$$

$$TA_{1,2} = TK14 = 0,5 \text{ мм};$$

$$TA_{1,3} = TK15 = 0,12 \text{ мм};$$

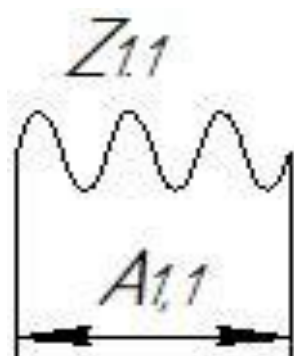
$$TA_{6,1} = TK16 = 0,74 \text{ мм};$$

$$TA_{2,5} = 0,07 \text{ мм};$$

$$TA_{2,1} = 0,07 \text{ мм};$$

$$TA_{2,2} = 0,16 \text{ мм}.$$

Определим технологический размер $A_{1,1}$.



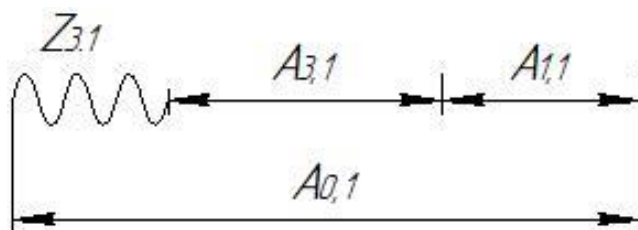
$$A_{1,1} = z_{1,1};$$

$$A_{1,1}^c = Z_{1,1}^{min} + \frac{TZ_{1,1}}{2};$$

$$A_{1,1}^c = 1,48 + \frac{0,43}{2} = 1,695 \text{ мм};$$

$$A_{1,1} = 1,7 \pm 0,215 \text{ мм}.$$

Определим размер $A_{0,1}$.



$$A_{1,1} = 1,7 \pm 0,215 \text{ мм};$$

$$A_{3,1} = 215_{-0,1};$$

$$z_{3,1}^{min} = 1,04;$$

$$TA_{0,1} = 0,4 \text{ мм};$$

$$TZ = \sum_{i=1}^n TA_i$$

$$TZ_{3.1} = TA_{1.1} + TA_{0.1} + TA_{3.1};$$

$$TZ_{3.1} = 0,1 + 0,4 + 0,43 = 0,93 \text{ мм};$$

$$Z_{3.1}^c = Z_{3.1}^{min} + \frac{\sum_{i=1}^n TZ_{3.1}}{2} = 1,04 + \frac{0,93}{2} = 1,505 \text{ мм};$$

$$Z_{3.1}^c = A_{0.1}^c - (A_{1.1}^c + A_{3.1}^c);$$

$$A_{0.1}^c = Z_{3.1}^c + (A_{1.1}^c + A_{3.1}^c);$$

$$A_{0.1}^c = 1,505 + 1,7 + 214,95;$$

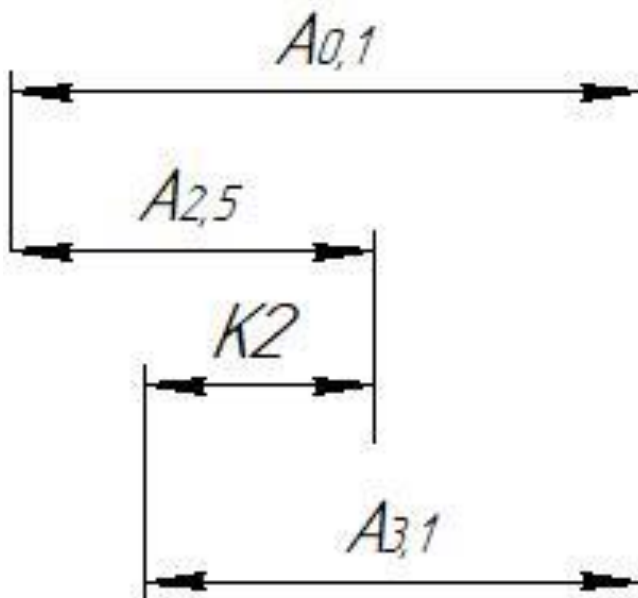
$$A_{0.1}^c = 218,155 \text{ мм};$$

$$A_{0.1}^{max} = A_{0.1}^c + \frac{TA_{0.1}}{2} = 218,155 + \frac{0,4}{2} = 218,355 \text{ мм};$$

$$A_{0.1}^{max} = 218,4 \text{ мм};$$

$$A_{0.1} = 218,4_{-0,4} \text{ мм}.$$

Определим размер $A_{2.5}$.



Так как звеньев в размерной цепи больше трёх, то производим расчёт вероятностным методом:

$$TK_2 = 0,43 \text{ мм};$$

$$TA_{0.1} = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{2.5} = 0,07 \text{ мм};$$

$$TA_{3.1} = 0,1 \text{ мм};$$

$$TK_2 \geq \sqrt{\sum_{i=1}^n (TA_i)^2}$$

$$TK_2 \geq \sqrt{(0,4)^2 + (0,1)^2 + (0,07)^2};$$

$$0,43 \geq 0,41;$$

$$A_{0.1} = 218,4_{-0,4} \text{ мм};$$

$$K_2 = 15_{-0,43} \text{ мм};$$

$$A_{3.1} = 215_{-0,1} \text{ мм};$$

$$K_2^{\text{cp}} = A_{3.1}^{\text{cp}} + A_{2.5}^{\text{cp}} - A_{0.1}^{\text{cp}};$$

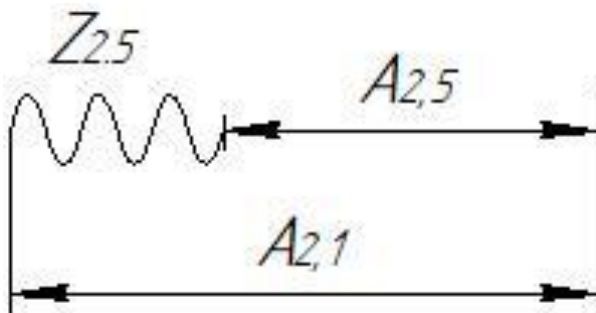
$$A_{2.5}^{\text{cp}} = K_2^{\text{cp}} - A_{3.1}^{\text{cp}} + A_{0.1}^{\text{cp}};$$

$$A_{2.5}^{\text{cp}} = 14,785 - 214,95 + 218,2 = 18,035 \text{ мм};$$

$$A_{2.5}^{\text{max}} = A_{2.5}^{\text{c}} + \frac{TA_{2.5}}{2} = 18,035 + \frac{0,07}{2} = 18,07 \text{ мм};$$

$$A_{2.5} = 18,1_{-0,07} \text{ мм}.$$

Рассчитаем размер $A_{2.1}$



$$A_{2.5} = 18,1_{-0,07};$$

$$z_{2.5}^{\text{min}} = 0,735 \text{ мм};$$

$$TA_{2.1} = 0,07 \text{ мм};$$

$$TZ = \sum_{i=1}^n TA_i$$

$$TZ_{2.5} = TA_{2.1} + TA_{2.5};$$

$$TZ_{2.5} = 0,07 + 0,07 = 0,14 \text{ мм};$$

$$Z_{2.5}^c = Z_{2.5}^{min} + \frac{\sum_{i=1}^n TZ_{2.5}}{2} = 0,735 + \frac{0,14}{2} = 0,805 \text{ мм};$$

$$Z_{2.5}^c = A_{2.1}^c - A_{2.5}^c;$$

$$A_{2.1}^c = A_{2.5}^c + Z_{1.1}^c;$$

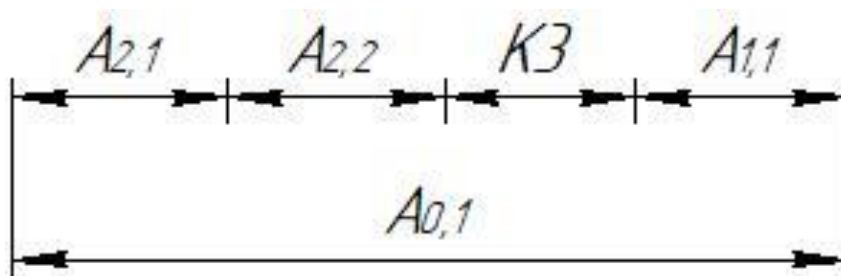
$$A_{2.1}^c = 18,065 + 0,805$$

$$A_{2.1}^c = 18,87$$

$$A_{2.1}^{max} = A_{2.1}^c + \frac{TA_{2.1}}{2} = 18,87 + \frac{0,07}{2} = 18,905$$

$$A_{2.1}^{max} = 19$$

$$A_{2.1} = 19_{-0,07}$$



$$TK_3 = 0,62$$

$$TA_{0.1} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TA_{2,1} = 0,07 \text{ мм}$$

$$TA_{2,2} = 0,16 \text{ мм}$$

$$TA_{1,1} = 0,43 \text{ мм}$$

$$TK \geq \sqrt{\sum_{i=1}^n (TA_i)^2}$$

$$TK_3 \geq \sqrt{(0,43)^2 + (0,4)^2 + (0,16)^2 + (0,07)^2}$$

$$0,62 \geq 0,61$$

Рассчитаем размер $A_{2.2}$

$$A_{2.1} = 19_{-0,07}$$

$$A_{0.1} = 218,4_{-0,4}$$

$$A_{1.1} = 1,7 \pm 0,215$$

$$K_3 = 40_{-0,62}$$

$$K_3^{cp} = A_{0.1}^{cp} - (A_{2.1}^{cp} + A_{2.3}^{cp} + A_{1.1}^{cp})$$

$$A_{2.2}^{cp} = A_{0.1}^{cp} - A_{2.1}^{cp} - A_{1.1}^{cp} - K_3^{cp}$$

$$A_{2.2}^{cp} = 218,2 - 18,965 - 1,7 - 39,69 = 157,845$$

$$A_{2.2} = 157,8 \pm 0,08.$$

Технологические размеры:

$$A_{2.2} = 157,8 \pm 0,08;$$

$$A_{1.1} = 1,7 \pm 0,215;$$

$$A_{0.1} = 218,4_{-0,4};$$

$$A_{2.1} = 19_{-0,07};$$

$$A_{3.1} = 215_{-0,1};$$

$$A_{2.5} = 18,1_{-0,07};$$

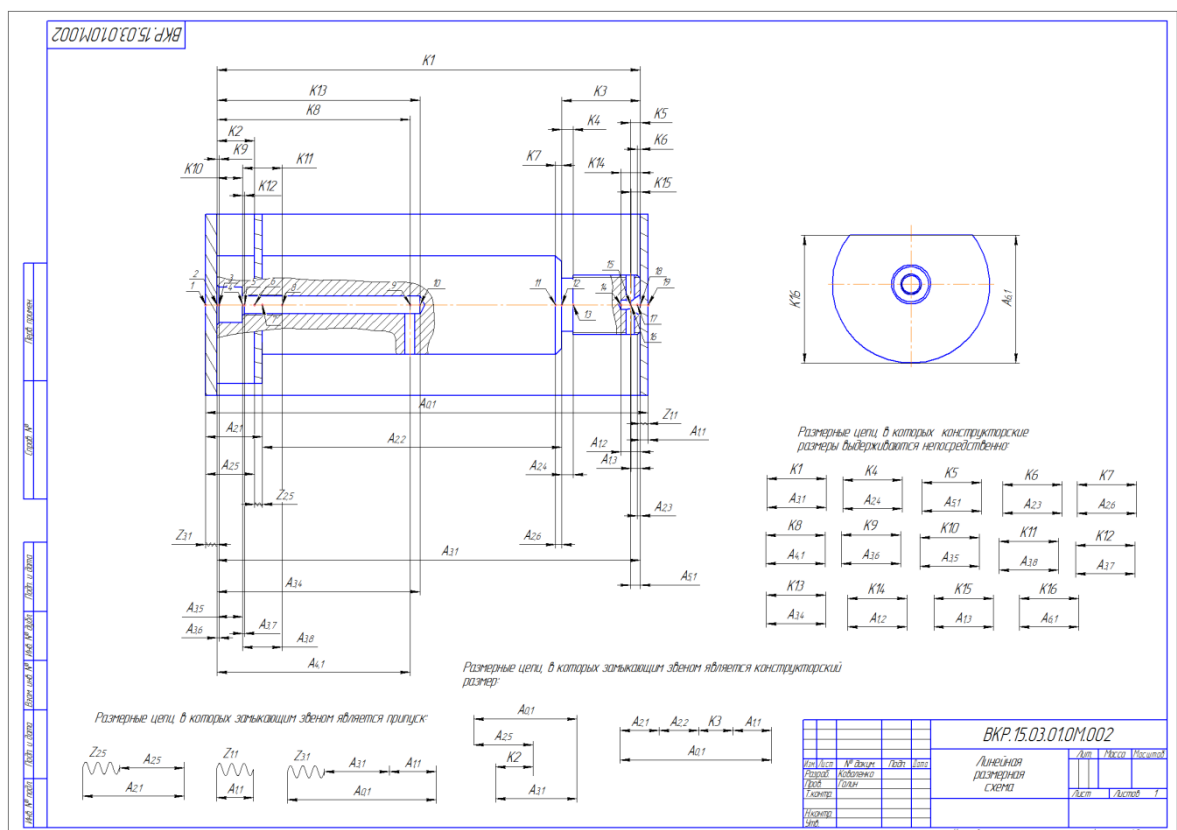


Рисунок 1.9 – Линейная размерная схема

Чертеж линейной размерной схемы приведен в Приложении Б.

Расчёт диаметральных припусков

$$2z_i^{D \min} = 2 \cdot \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (7)$$

где $z_{\min i}^D$ – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм;

R_{zi-1} – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение формы и расположение поверхности, полученное на предыдущем переходе, мкм;

ε_i – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой.

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{fi-1}^2 + \rho_{pi-1}^2}, \quad (8)$$

где ρ_{fi-1} – погрешность формы поверхности, полученная на предыдущем переходе.

ρ_{pi-1} – погрешность расположения поверхности, полученная на предыдущем переходе.

Диаметральная размерная схема представлена на рисунке 1.10. Граф дерева представлен на рисунке 1.11.

$$2z_{3.2}^{\min} = 2 \cdot \left(100 + 80 + \sqrt{500^2 + 0^2} \right)$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{3i}^2 + \varepsilon_{6i}^2}$$

$\varepsilon_6 = 0$ при установке в самоцентрирующем патроне

$$2z_{3.2}^{\min} = 2204,72 \text{ мкм};$$

$$2z_{2.5}^{\min} = 2 \cdot \left(25,2 + 40 + \sqrt{76,2^2 + 50^2} \right)$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{30^2 + 70^2} = 312,6;$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{3i}^2 + \varepsilon_{6i}^2}$$

$\varepsilon_6 = 0$ при установке в самоцентрирующем патроне

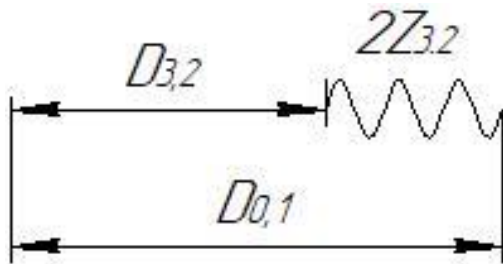
$$2z_{2.5}^{\min} = 313 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем размер $D_{0.1}$

$$2z_{3.2}^{\min} = 2,3 \text{ мм}$$

$$TD_{0.1} = 1,6 \text{ мм}$$

$$D_{3.2} = \varnothing 80_{-0,74} \text{ мм}$$



$$2z_{3.2}^{D \text{ cp}} = \frac{2z_{3.2}^{D \min} + (2z_{3.2}^{D \min} + TD_{0.1} + TD_{3.2})}{2} = \frac{2,3 + (2,3 + 1,6 + 0,74)}{2} = 3,47 \text{ мм};$$

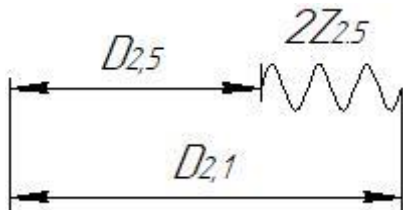
$$D_{0.1}^{\text{cp}} = D_{3.2}^{\text{cp}} + 2z_{3.2}^{\text{cp}} = 79,63 + 3,47 = 83,1 \text{ мм};$$

$$\text{Полагаем } D_{2.4} = \varnothing 85_{-1,2}^{+0,4};$$

$$2z_{3.2} = D_{0.1} - D_{3.2} = 85_{-1,2}^{+0,4} - 80_{-0,74};$$

$$2z_{3.2} = 5_{-1,2}^{+1,14}.$$

Рассчитаем размер $D_{2.1}$



$$2z_{2.5}^{\min} = 0,313 \text{ мм};$$

$$D_{2.5} = \varnothing 50_{-0,025} \text{ мм};$$

$$TD_{2.1} = 0,1 \text{ мм};$$

$$2z_{2.5}^{D \text{ cp}} = \frac{2z_{2.5}^{D \min} + (2z_{2.5}^{D \min} + TD_{2.1} + TD_{2.5})}{2} = \frac{0,313 + (0,313 + 0,1 + 0,025)}{2} = 0,3755 \text{ мм};$$

$$D_{2.1}^{\text{cp}} = D_{2.5}^{\text{cp}} + 2z_{2.5}^{\text{cp}} = 49,9875 + 0,3755 = 50,363 \text{ мм};$$

$$D_{2.1}^{\text{max}} = D_{2.1}^{\text{cp}} + \frac{TD_{2.1}}{2} = 50,363 + \frac{0,1}{2} = 50,413 \text{ мм};$$

Полагаем $D_{2.1} = \varnothing 50,5_{-0,1}$;

$$2z_{2.5} = D_{2.1} - D_{2.5} = 50,5_{-0,1} - 50_{-0,025};$$

$$2z_{2.5} = 0,5^{+0,025}_{-0,1}.$$

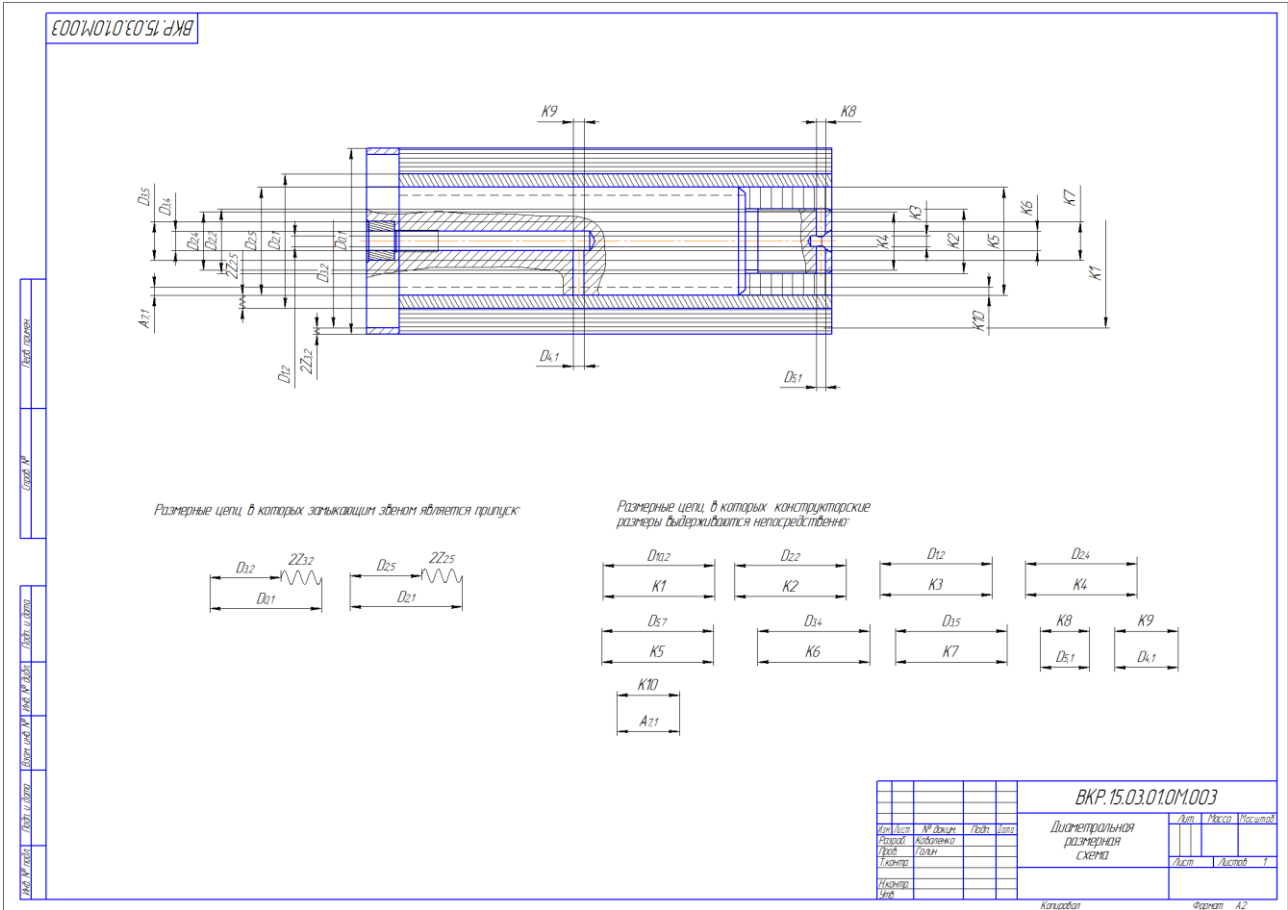


Рисунок 1.10 – Диаметральная размерная схема

Чертеж диаметальной размерной схемы приведен в Приложении В.

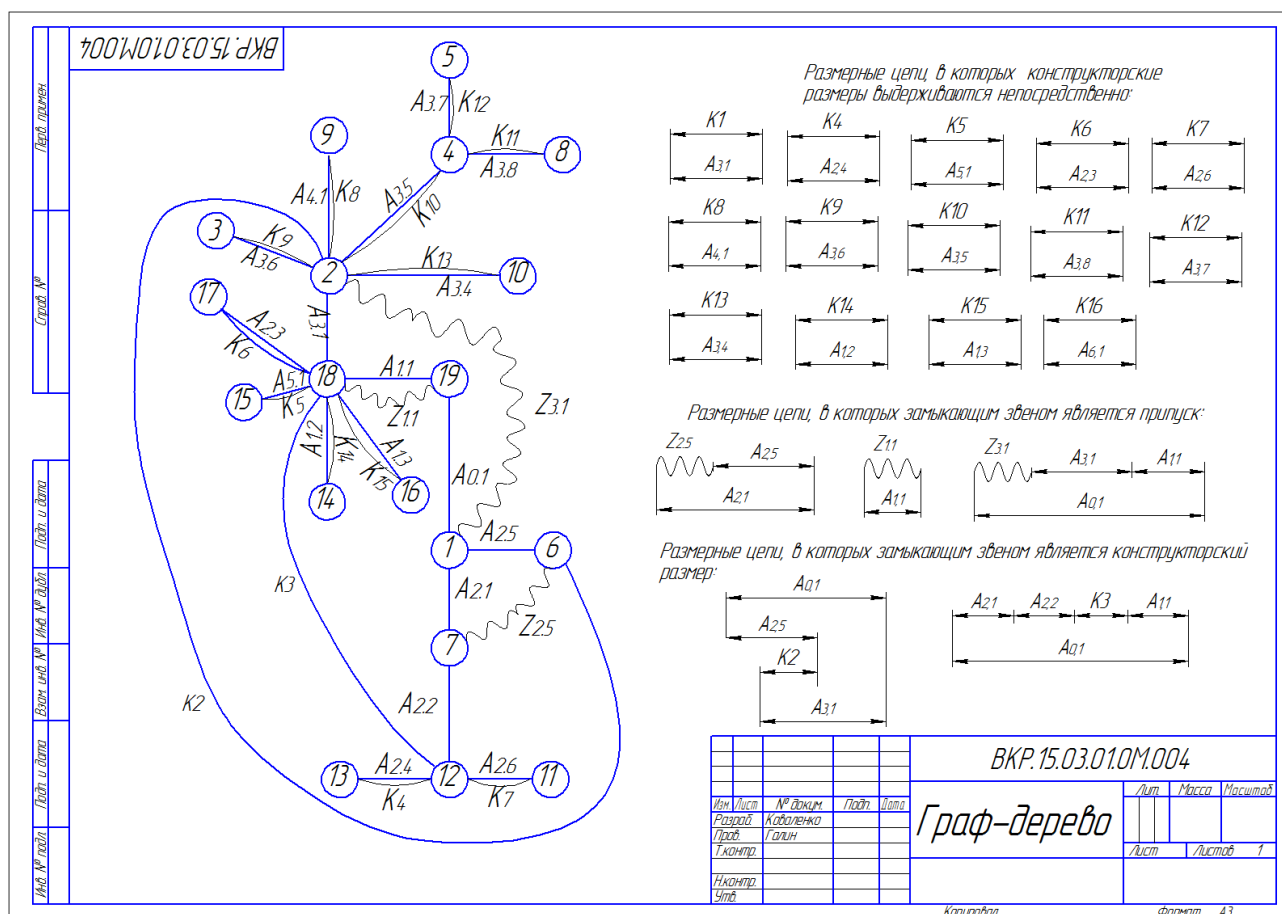


Рисунок 1.11 – Граф дерево

Граф дерево технологических размерных цепей представлен в Приложении Г.

1.6 Выбор оборудования

При назначении режимов резания необходимо учитывать вид обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка [5].

Выбранные станки и соответствующие технические характеристики приведены в таблицах 1.4 - 1.8.

Таблица 1.4 – Полуавтоматический ленточнопильный станок BMSY 325 CGH

Наименование параметров	Величина
Размер полотна	4160x34x1,1
Макс. Сечение круглого профиля (90°)	325 мм
Привод	гидромеханический
Скорость движения ленточного полотна	20-120 м/мин
Потребляемая мощность	2,2 кВт

Таблица 1.5 – Токарный механический станок LS 750

Наименование параметров	Величина
Рабочая зона	
расстояние между центрами	750 мм
макс. Ø установки заготовки над станиной	280 мм
макс. Ø установки заготовки над суппортом	164 мм
макс. Ø установки заготовки без мостка	240 мм
технол. ход, ось X	155 мм
технол. ход, ось Z1	80 мм
масса заготовки (макс.)	15 кг
длина мостка	750 мм
ширина станины	155,5 мм
диапазон поворота верхних салазок	$\pm 45^\circ$
Сечение резцов	25x25
Главный шпиндель	
диапазон частоты вращения	125 – 2000 об/мин
внутренний диаметр шпинделя	25 мм
конус шпинделя	МК 4
Подача	
скорость подачи по оси X	0,03 - 0,3 мм/об
скорость подачи по оси Z	0,015 - 0,15 мм/об

Продолжение таблицы 1.5

ускоренный ход по оси X	3,75 - 600 мм/мин
ускоренный ход по оси Z	1,875 - 300 мм/мин
Нарезание резьбы	
нарезание резьбы, модульная	0,25 - 2,5 мм
нарезание резьбы, витворта	12 - 96 TPI
Задняя бабка	
конус задней бабки	МК 2
ход пиноли задней бабки	85 мм
Мощность	
мощность двигателя гл. шпинделя	7,5 кВт
напряжение в сети	1.

Таблица 1.6 – Токарный станок с ЧПУ HAAS ST-30

Наименование параметров	Ед.изм.	Величины
Максимальный диаметр точения над станиной	мм	806
Максимальный диаметр точения над суппортом	мм	527
Максимальная длина обработки наружных поверхностей	мм	635
Диаметр отверстия в шпинделе	мм	88,9
Диаметр отверстия в тяговой гидравлической трубе	мм	77
Максимальный диаметр прутка в главном шпинделе	мм	76
Максимальный диаметр обрабатываемой детали с револьвером VDI	мм	457
Значение рабочего перемещения по оси X	мм	324
Значение рабочего перемещения по оси Z	мм	660
Максимальная скорость холостых перемещений	м/мин	24
Максимально допустимое усилие по оси X	кН	20,46
Максимально допустимое усилие по оси Z	кН	25,80
Тип инструментального револьвера		VDI
Количество позиций в револьвере		12
Сечения корпусов резцов	мм	25x25
Время смены инструмента	сек	1
Точность позиционирования суппорта	мм	±0,0050
Повторяемость позиционирования суппорта	мм	±0,0025
Частота вращения шпинделя	об/мин	3400
Максимальная мощность привода вращения главного шпинделя	кВт	22,4

Таблица 1.7 – Сверлильный станок Inforce DM150 05-18-001

Наименование параметров	Величина
Напряжение	220В
Мощность	135 Вт
Число скоростей	Плавная регулировка
Частота вращения шпинделя, об/мин	3200-6200
Мах диаметр сверла	9,5
Конус шпинделя	JT1
Тип сверлильного патрона	ключевой
Посадка сверлильного патрона	B10
Расстояние шпиндель-стойка	140
Расстояние шпиндель-стол	200
Расстояние шпиндель-основание	50
Система подачи СОЖ	нет
Размер рабочего стола	240x169
Ход пиноли шпинделя	30
Тип электродвигателя	коллекторный
Габариты	390x325x225

Таблица 1.8 – Фрезерный станок универсальный Abene VHF-320

Наименование параметров	Величина
Размеры стола	800*400
Т-образные пазы	6*18H7
Нагрузка на стол	250 кг
Диапазон перемещений по осям x,y,z	600*480*450
Размер конуса	ISO40/DIN2080
Частота вращения шпинделя	55-3000
Потребляемая мощность	7,5
Скорость подачи по осям x,y,z м/мин	4/4/1,5

1.7 Расчет режимов резания

1. Операция заготовительная

Для данной операции выбираем станок ленточнопильный BMSY 325 CGH.

01 Отрезать заготовку, выдерживая размер $218,4_{-0,4}$

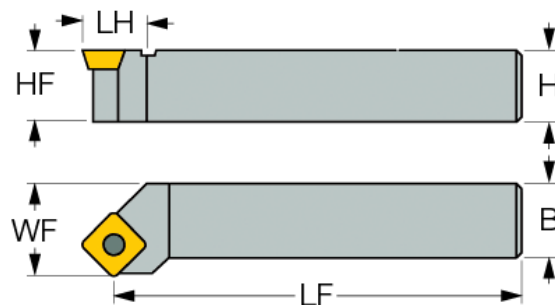
Скорость резания принимаем по паспорту станка $V = 20$ м/мин;

Подачу принимаем $S=30$ мм/мин.

2. Операция 005 токарная

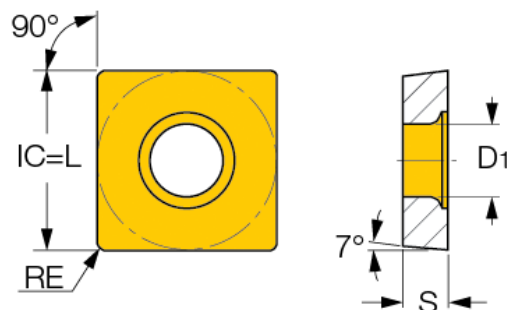
Для данной операции выбираем токарный станок LS 750.

Инструмент для перехода 1: Державка SSSCR 2525M-12.



H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF	HAND	MIID
25	25	25	150	25	32	0	0	P	SCMT 1204

Пластина: SCMT 120408-SM, материал IC807

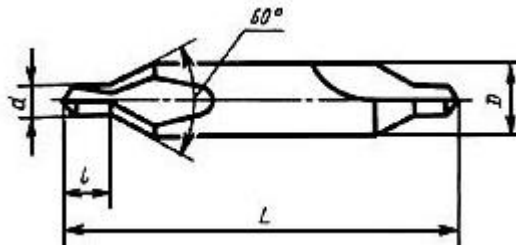


Пластина	L	S	RE	D1	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)	Сплав
SCMT120408-SM	12,7	4,76	0,8	5,5	0,1	0,3	1	4	IC807

Геометрические параметры:

$$\varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 45^\circ; \alpha = 7^\circ; \gamma = 10^\circ; \lambda = 0; r = 0,8.$$

Инструмент для перехода 2: Сверло центровочное (Ø5) 2317-0108 ГОСТ 14952-75, материал Р6М5.



Обозначение	d	D	l		L	
			Ном.	Пред.откл	Ном.	Пред.откл
2317-0105	5	12,5	7,5	-1,2	66	-6

01 Подрезать торец, выдерживая размер $1,7 \pm 0,215$

1. Определяем глубину резания: $t = Z_{1.1}^c = 1,7$ мм;

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,25$ мм/об;

3. Скорость главного движения резания.

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин} \quad (9)$$

где $T = 60$ мин – период стойкости инструмента. [4, с. 268]

t – глубина резания

C_v – постоянный коэффициент; m, x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания.

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты [4, с. 261]:

K_m – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки

$$K_m = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n K_n \quad (10)$$

$$K_r = 0,7$$

$$K_M = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{780}\right)^1 = 0,67$$

K_n – коэффициент, учитывающий состояние поверхности

$$K_n = 0,9 \quad [4, \text{с. 263}]$$

K_u – коэффициент, учитывающий материал инструмента

$$K_u = 1,9 \quad [4, \text{с. 263}]$$

K_{TI} – коэффициент стойкости

$$K_{TI} = 1 \quad [4, \text{с. 264}]$$

K_{TC} – коэффициент изменения периода стойкости

$$K_{TC} = 1 \quad [4, \text{с. 264}]$$

$$K_\varphi = 1 \quad K_{\varphi 1} = 0,87; \quad [4, \text{с. 271}]$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_M \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_{TI} \cdot K_{TC} \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi 1} \quad (11)$$

$$K_v = 0,67 \cdot 0,9 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,99$$

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 1,7^{0,2} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,99 = 266,9 \text{ м/мин.}$$

4 Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 266,9}{3,14 \cdot 85} = 1000 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 1000}{1000} = 266,9 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты:

K_M – коэффициент на характеристику механических свойств обрабатываемого материала,

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad n = 0,75 \quad [4, \text{с. 264}]$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{780}{750}\right)^{0,75} = 1,03$$

$K_\gamma = 1$ – коэффициент на передний угол γ

$K_\phi = 1$ – коэффициент на главный угол в плане

$K_\lambda = 1$ – коэффициент на угол наклона режущей кромки [4, с. 275]

$$K_p = K_M \cdot K_\gamma \cdot K_\phi \cdot K_\lambda \quad (12)$$

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,03,$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,7^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 266,9^0 \cdot 1,03 = 1262,9 \text{ Н.}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (13)$$

$$N_{\text{рез.}} = \frac{1262,9 \cdot 266,9}{1020 \cdot 60} = 5,5 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 7,5 \cdot 0,75 = 5,625 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$5,5 < 5,625$ – условие обработки соблюдено.

02 Сверлить центровое отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 5^{+0,36}_0$; 60°max ;
 $4,85^{+0,12}_0$; $6,3 \text{ max}$

1 Определяем глубину резания

$$t = \frac{D}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

2 Назначаем подачу

$$S_o = 0,09 \text{ мм/об,}$$

3 Определяем скорость резания

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_y} \cdot K_v, \text{ м/мин} \quad (14)$$

$$C_v = 3,5; q = 0,5; y = 0,45; m = 0,12 \quad [4, \text{ с. 278}]$$

$$K_v = K_M \cdot K_n \cdot K_l$$

$$K_M = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n \quad n = 1; K_r = 0,7 \quad [4, \text{ с. 261}]$$

$$K_M = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{780}\right)^1 = 0,67$$

$K_{\text{и}} = 0,3$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала [4, с. 263],

$$K_v = 0,67 \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,201$$

$$T = 6 \text{ мин} \quad [4, \text{ с. 280}]$$

$$V = \frac{3,5 \cdot 5^{0,5}}{6^{0,12} \cdot 0,09^{0,45}} \cdot 0,201 = 3,75 \text{ м/мин}$$

4 Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 3,75}{3,14 \cdot 5} = 238 \text{ об/мин}$$

5 Определяем действительную скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 238}{1000} = 3,7 \text{ м/мин}$$

6 Определяем крутящий момент

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{\text{мп}} \quad (15)$$

$$C_M = 0,041; \quad q = 2; \quad y = 0,7$$

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad n = 0,75 \quad [4, \text{ с. 264}]$$

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{780}{750}\right)^{0,75} = 1,03$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,041 \cdot 5^2 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 1,03 = 1,96 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7 Определяем мощность, затраченную на резание

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \text{ кВт} \quad (16)$$

$$N = \frac{1,96 \cdot 288}{1020 \cdot 60} = 0,01 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 7,5 \cdot 0,75 = 5,625 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}} - \text{условие обработки}$$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta$$

N_d – мощность двигателя станка

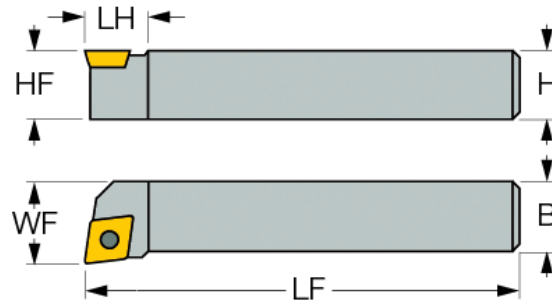
η – коэффициент полезного действия

$0,01 < 5,625$ условие обработки соблюдено.

3.Операция 010 токарная с ЧПУ

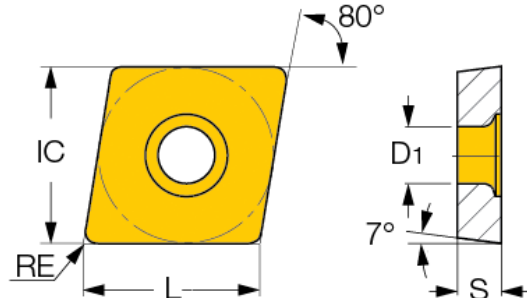
Для данной операции выбираем токарный станок с ЧПУ HAAS ST-30.

Инструмент для переходов (1-3): Державка SCLCR 2525M-12.



H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF	HAND	MIID
25	25	25	150	20	32	0	0	R	CCMT12

Пластина: CCMT120404-SM, материал IC807.

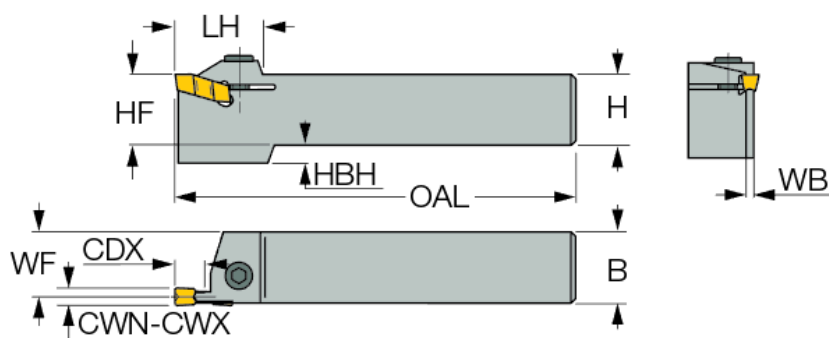


Пластина	L	IC	S	RE	D1	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)	Сплав
CCMT120404-SM	12,9	12,7	4,76	0,4	5,5	0,07	0,25	0,7	3,5	IC807

Геометрические параметры:

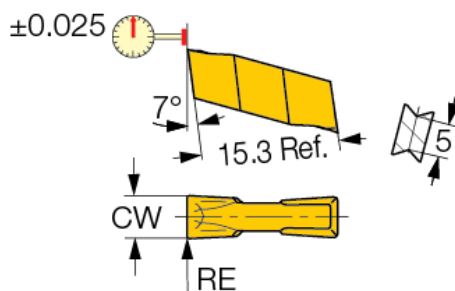
$\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\alpha = 7^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 0,4$.

Инструмент для перехода (4): Державка CHDR 25-6.



H	CWN	HF	CWX	CDX	B	OAL	WF	WB	LH	OAH
25	6	25	6,4	12	25	135	22,3	5,4	29	24,0

Пластина GIF 5,9-0,20, материал IC 808.

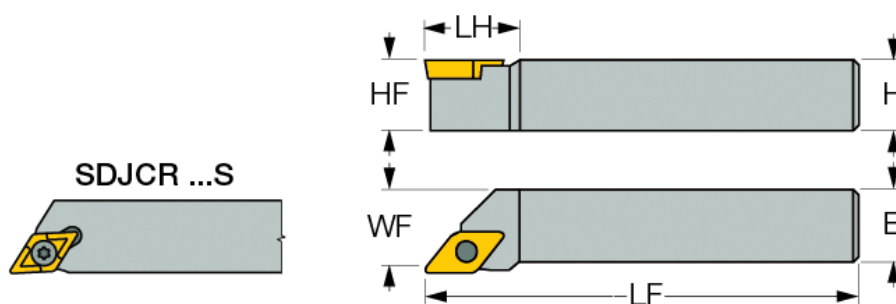


CW	RE	CWTOL	RETOL	CDX	BW	ft (min)	ft (max)	fg (min)	fg (max)	Сплав
5,9	0,2	0,02	0,03	13	4,8	0,04	0,07	0,12	0,21	IC808

Геометрические параметры:

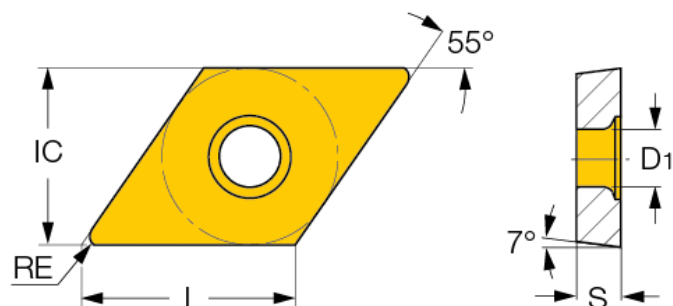
$$\varphi = 90^\circ; \varphi_1 = 2^\circ; \alpha = 7^\circ; \gamma = 10^\circ; \lambda = 0; r = 0,2.$$

Инструмент для перехода (5-6): Державка SDJCR 2525M-11.



H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF	HAND	MIID
25	25	25	150	20	32	0	0	R	DCGT 11T

Пластина: DCGT 11T301-SM, материал IC907.

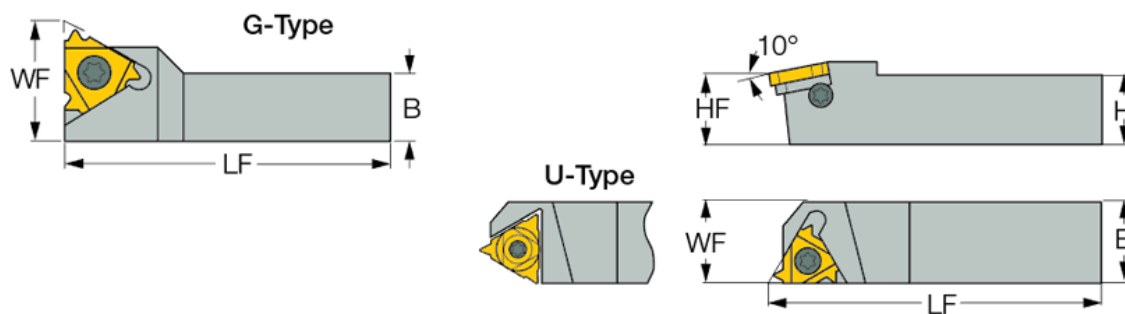


Пластина	L	IC	S	RE	D1	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)	Сплав
DCGT11T302-SM	11,6	9,52	3,97	0,1	4,4	0,05	0,25	0,5	2,5	IC907

Геометрические параметры:

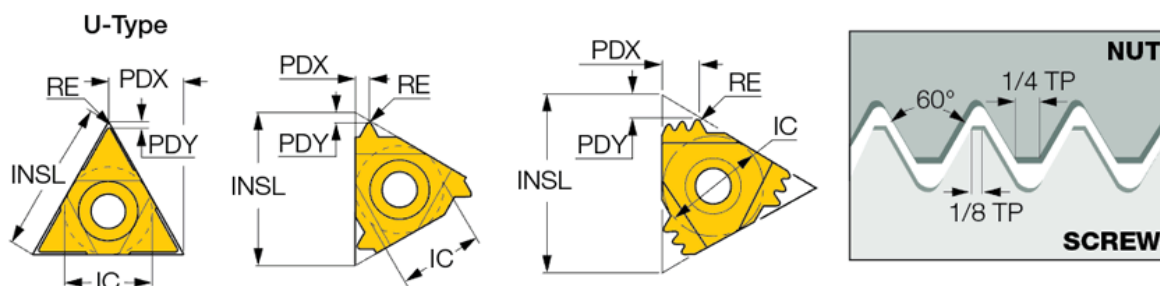
$$\varphi = 93^\circ; \varphi_1 = 10^\circ; \alpha = 7^\circ; \gamma = 10^\circ; \lambda = 0; r = 0,2.$$

Инструмент для перехода (7): Державка SER 2525 M16.



H	HF	B	LF	WF
25	25	25	150	25

Пластина 16 ER 2 ISO, материал IC908.



IC	TP	RE	INSL	PDY	PDX	CICT
9,52	2	0,25	16,49	1	1,3	1

Геометрические параметры:

$$\varepsilon = 60^\circ, \gamma = 0^\circ, \alpha = 10^\circ, r = 0,25.$$

01 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 50,1_{-0,1}; 19_{-0,07}$

1. Определяем глубину резания: $t = \frac{(D_0 - D)}{2} = \frac{85 - 50,5}{2} = 17,25 \text{ мм}$

Количество рабочих ходов – 6;

Глубина резания на каждом проходе: $t = 2,875 \text{ мм};$

2. Определяем подачу: $S = 0,2 \text{ мм/об};$

3. Скорость главного движения резания по формуле (9).

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 0,9 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8$$

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 2,875^{0,2} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,8 = 203,1 \text{ м/мин.}$$

4 Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 203}{3,14 \cdot 50,5} = 1280 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50,5 \cdot 1280}{1000} = 202,96 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{ с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,875^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 202,96^0 \cdot 0,9167 = 1608 \text{ Н.}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание определим по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{1608 \cdot 202,96}{1020 \cdot 60} = 5,33 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$5,33 < 16,8$ - условие обработки соблюдено

02 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 29,8_{-0,13}; 157,8 \pm 0,08$

$$1. \quad \text{Определяем глубину резания: } t = \frac{(D_0 - D)}{2} = \frac{50,5 - 28,9}{2} = 10,8 \text{ мм}$$

Количество рабочих ходов – 5;

Глубина резания на каждом проходе: $t = 2,16 \text{ мм}$;

2 Определяем подачу: $S = 0,2 \text{ мм/об}$;

3. Скорость главного движения резания определим по формуле (9):

$$C_v = 420; \quad x = 0,15; \quad y = 0,2; \quad m = 0,2 \quad [4, \text{ с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 2,16^{0,2} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,8911 = 239,5 \text{ м/мин.}$$

4 Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 239,5}{3,14 \cdot 29,8} = 2559 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29,8 \cdot 2559}{1000} = 239,4 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{ с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,16^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 239,4^0 \cdot 0,9167 = 1208 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание определим по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{1208 \cdot 239,4}{1020 \cdot 60} = 4,72 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$4,72 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

03 Точить фаску, выдерживая размер $1,5 \times 45^\circ$

1. Определяем глубину резания: $t = 1,5 \text{ мм}$

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,25 \text{ мм/об}$;

3. Скорость главного движения резания определим по формуле (9):

$$C_v = 420; \quad x = 0,15; \quad y = 0,2; \quad m = 0,2 \quad [4, \text{ с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты определим по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 1,5^{0,2} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,8911 = 246,4 \text{ м/мин.}$$

4. Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 246,4}{3,14 \cdot 26,8} = 2928 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 26,8 \cdot 2928}{1000} = 246,4 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{ с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,5^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 246,4^0 \cdot 0,9167 = 991,75 \text{ Н.}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание определим по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{991,75 \cdot 264,4}{1020 \cdot 60} = 4,28 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$4,28 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

04 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 27_{-0,52}^{+0,15}$

1. Определяем глубину резания: $t = 6 \text{ мм}$

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,05 \text{ мм/об}$;

3. Скорость главного движения резания определим по формуле (9).

$$C_v = 47; \quad y = 0,8; \quad m = 0,2 \quad [4, \text{ с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$$V = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,05^{0,8}} \cdot 0,8911 = 202,87 \text{ м/мин.}$$

4. Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 202,87}{3,14 \cdot 27} = 2392 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 27 \cdot 2392}{1000} = 202,86 \text{ м/ми}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 408 \quad x = 0,72 \quad y = 0,8 \quad n = 0 \quad [4, \text{ с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 6^{0,72} \cdot 0,05^{0,8} \cdot 202,86^0 \cdot 0,9167 = 1237 \text{ Н.}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание определим по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{1237 \cdot 202,86}{1020 \cdot 60} = 4,1 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$4,1 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

05 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 50_{-0,025}$; $18,1_{-0,07}$

$$1. \quad \text{Определяем глубину резания: } t = \frac{(D_0 - D)}{2} = \frac{50,5 - 50}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Количество рабочих ходов – 1;

$$2. \quad \text{Определяем подачу: } S = 0,1 \text{ мм/об;}$$

3. Скорость главного движения резания определим по формуле (9).

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$$V = \frac{420}{40^{0,15} \cdot 0,25^{0,2} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,8911 = 470 \text{ м/мин.}$$

4 Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 470}{3,14 \cdot 50} = 2993 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 2993}{1000} = 470 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,2^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 470^0 \cdot 0,9167 = 66,5 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание определим по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{66,5 \cdot 470}{1020 \cdot 60} = 0,51 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$0,51 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

06 Точить фаску, выдерживая размер $3 \times 45^\circ$

1. Определяем глубину резания: $t = 3 \text{ мм}$

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,2$ мм/об;

3. Скорость главного движения резания определим по формуле (9).

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты определим по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 3^{0,2} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,8911 = 224,3 \text{ м/мин.}$$

4. Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 224,3}{3,14 \cdot 44} = 1623 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 1623}{1000} = 224 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 3^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 224^0 \cdot 0,9167 = 1678 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание определим по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{1678 \cdot 224}{1020 \cdot 60} = 6,14 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$6,14 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

07 Нарезать резьбу, выдерживая размеры М30×2-6g, 34*

1. Назначаем подачу

Подача S , мм/об равна шагу нарезаемой резьбы $P = 2$

Устанавливаем число черновых рабочих ходов $i = 3$, чистовых рабочих ходов $i=3$ [4, с. 294].

2. Определяем скорость главного движения резания.

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^{m \cdot sy}} \cdot K_v, \text{ мм/мин}$$

При нарезании резьбы резцами с пластинами тв. сплава

Определяем значение коэффициента - C_v и показателей степени

$$C_v = 244; x = 0,23; y = 0,3; m = 0,2 \quad [4, \text{ с. 296}]$$

$$\text{Среднее значение периода стойкости } T = 70 \text{ мин} \quad [4, \text{ с. 296}]$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_m \cdot K_n \cdot K_u$$

$$K_m = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n \quad n = 1; K_r = 0,7 \quad [4, \text{ с. 261}]$$

$$K_m = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{780} \right)^1 = 0,67$$

K_n – коэффициент, учитывающий состояние поверхности,

$$K_n = 1 \quad [4, \text{ с. 263}]$$

K_u – коэффициент, учитывающий материал инструмента,

$$K_u = 1 \quad [4, \text{ с. 263}]$$

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

$$V = \frac{244 \cdot 6^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 2^{0,3}} \cdot 0,67 = 85,7 \text{ м/мин}$$

3. Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 85,7}{3,14 \cdot 30} = 909 \text{ об/мин}$$

D – диаметр резьбы

4. Определяем действительную скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 909}{1000} = 85,6 \text{ м/мин}$$

5. Определяем силу резания

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

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 148 \quad y = 1,7 \quad u = 0,71 \quad [4, \text{ с. 298}]$$

$$n = 0,75 \quad [4, \text{ с. 264}]$$

$$K_M = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{780}{750}\right)^{0,75} = 1,03$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 2^{1,7}}{6^{0,71}} \cdot 1,03 = 1388 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность, затрачиваемую на резание по формуле

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

$$N = \frac{1388 \cdot 82,2}{1020 \cdot 60} = 1,79 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

$N_{\text{д}}$ – мощность двигателя станка

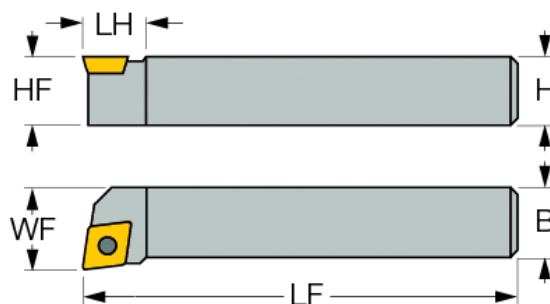
η – коэффициент полезного действия.

$1,79 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

4. Операция 015 токарная с ЧПУ

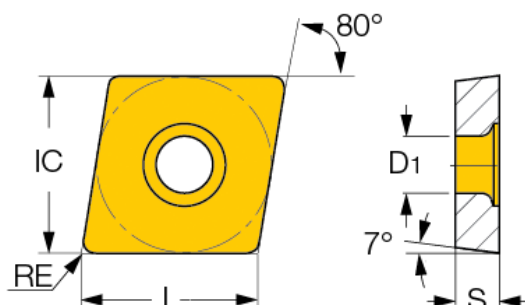
Для данной операции выбираем токарный станок с ЧПУ HAAS ST-30.

Инструмент для переходов (1-2): Державка SCLCR 2525M-12.



H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF	HAND	MIID
25	25	25	150	20	32	0	0	R	CCMT12

Пластина: CCMT120404-SM, материал IC807.

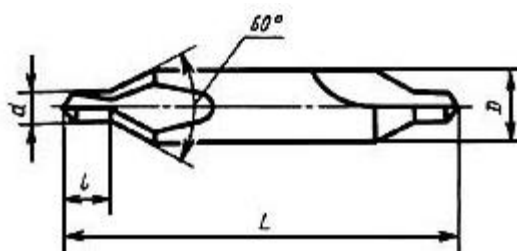


Пластина	L	IC	S	RE	D1	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)	Сплав
CCMT120404-SM	12,9	12,7	4,76	0,4	5,5	0,07	0,25	0,7	3,5	IC807

Геометрические размеры:

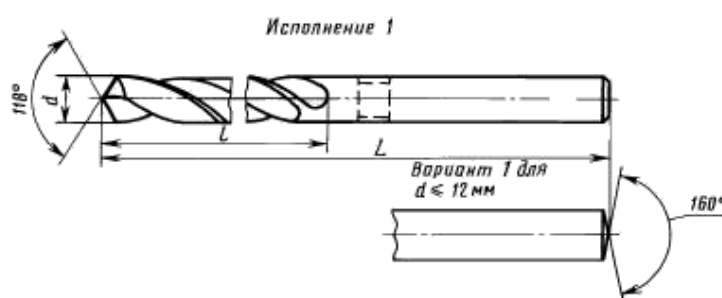
$$\varphi = 95^\circ; \varphi_1 = 10^\circ; \alpha = 7^\circ; \gamma = 10^\circ; \lambda = 0; r = 0,4.$$

Инструмент для перехода 3: Сверло центровочное (Ø5) 2317-0108 ГОСТ 14952-75, материал P6M5.



Обозначение	d	D	l		L	
			Ном.	Пред.откл	Ном.	Пред.откл
2317-0105	5	12,5	7,5	-1,2	66	-6

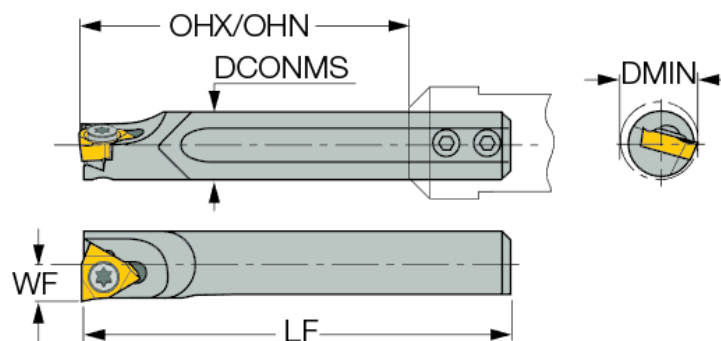
Инструмент для перехода 4: Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком длинная серия (Ø9) 2300-0063 ГОСТ 886-77, материал P6M5.



Обозначение	d	l	L
2300-0063	9	115	175

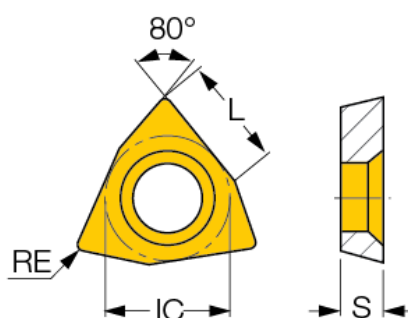
Углы сверла: $2\varphi = 118^\circ$, $\alpha = 30^\circ$, $\gamma = 25^\circ$, $\psi = 53^\circ$, $\omega = 30^\circ$.

Инструмент для переходов (5-7): Державка MG 08-SWUBR-06.



DCONMS	LF	OHN	OHX	WF	Dmin	HAND	MIID
8	72	20	56	4,3	8,7	R	WBMT

Пластина WBMT 080102R, материал IC830.

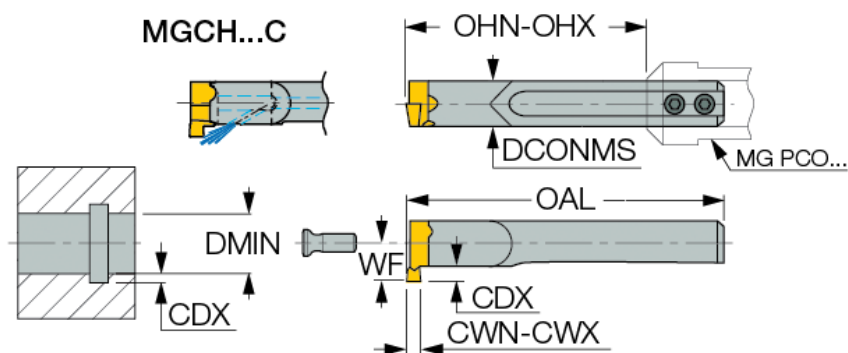


L	IC	S	RE	IH	ap (min)	ap (max)	ft (min)	ft (max)
2,18	3,97	1,59	0,2	R	0,4	2	0,1	0,15

Геометрические размеры:

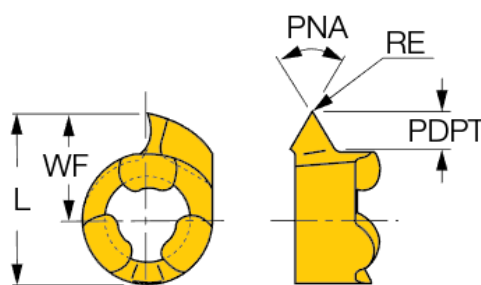
$\varphi = 93^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 0,2$.

Инструмент для перехода 8: Державка MGCH 08C.



DCONMS	OAL	OHN	OHX	CWN	CWX	CSP
8	76	20	56	0,5	5	0

Пластина GIQR 8-MT-0,05, материал IC526.



L	RE	PNA	PDPT	WF	Dmin	TPN	TPIX
7,78	0,05	60	1,5	4,8	8	0,9	28

Геометрические размеры: $\varepsilon = 60^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $r = 0,05$.

01 Подрезать торец, выдерживая размер 215_{-0,1}

1. Определяем глубину резания: $t = Z_{3,1}^c = 1,505$ мм

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,2$ мм/об;

3. Скорость главного движения резания определяем по формуле (9).

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 0,9 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8$$

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 1,505^{0,2} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,8 = 231 \text{ м/мин.}$$

4 Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 231}{3,14 \cdot 85} = 865 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 865}{1000} = 230,8 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{ с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,505^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 230,8^0 \cdot 1,03 = 945,75 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{945,75 \cdot 230,8}{1020 \cdot 60} = 3,6 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 15 \cdot 0,75 = 11,25 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$3,6 < 11,25$ – условие обработки соблюдено.

02. Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 80_{-0,74}; 15^*$

1. Определяем глубину резания: $t = \frac{(D_0 - D)}{2} = \frac{85 - 80}{2} = 2,5 \text{ мм}$

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,2 \text{ мм/об};$

3. Скорость главного движения резания определяем по формуле (9).

$$C_v = 420; \quad x = 0,15; \quad y = 0,2; \quad m = 0,2 \quad [4, \text{ с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 0,9 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8$$

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 2,5^{0,2} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,8 = 208,84 \text{ м/мин.}$$

4 Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 208,84}{3,14 \cdot 80} = 831 \text{ об/мин}$$

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 831}{1000} = 208,7 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{ с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,5^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 208,7^0 \cdot 0,9167 = 1398,2 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{1398,2 \cdot 208,7}{1020 \cdot 60} = 4,76 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$4,76 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

03 Центровать торец, выдерживая размер $\varnothing 5^{+0,36}$; 60°max ; $4,85^{+0,12}$; $6,3 \text{ max}$

1. Определяем глубину резания

$$t = \frac{D}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

2. Назначаем подачу

$$S_o = 0,09 \text{ мм/об}$$

3. Определяем скорость резания по формуле (14):

$$V = \frac{3,5 \cdot 5^{0,5}}{6^{0,12} \cdot 0,09^{0,45}} \cdot 0,201 = 3,75 \text{ м/мин}$$

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 3,75}{3,14 \cdot 5} = 288 \text{ об/мин}$$

5. Определяем действительную скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 288}{1000} = 4,5 \text{ м/мин}$$

6. Определяем крутящий момент по формуле (15):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 5^2 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 1,03 = 1,96 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Определяем мощность, затраченную на резание по формуле (16)

$$N_r = \frac{1,96 \cdot 288}{1020 \cdot 60} = 0,01 \text{ кВт}$$

$$N_{шп} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{рез} < N_{шп}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$0,01 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

04 Сверлить отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 8,95^{+0,2}; 103 \pm 0,435$

1. Определяем глубину резания

$$t = \frac{D}{2} = \frac{8,95}{2} = 4,475 \text{ мм}$$

2. Назначаем подачу

$$S_o = 0,15 \text{ мм/об}$$

$$K_{ls} = 0,75 \text{ – для сверления отверстий } l \leq 11D \quad [4, \text{ с. 277}]$$

$$K_{жс} = 0,75 \text{ – при средней жёсткости системы СПИД,}$$

$$S = 0,75 \cdot 0,75 \cdot 0,15 = 0,08 \text{ мм/об,}$$

3. Определяем скорость резания по формуле (14):

$$V = \frac{3,5 \cdot 8,95^{0,5}}{8^{0,12} \cdot 0,08^{0,45}} \cdot 0,1206 = 3 \text{ м/мин}$$

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 3}{3,14 \cdot 8,95} = 106 \text{ об/мин}$$

5. Определяем действительную скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,95 \cdot 106}{1000} = 2,97 \text{ м/мин}$$

6. Определяем крутящий момент по формуле (15)

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 8,95^2 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 1,03 = 5,77 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Определяем мощность, затраченную на резание по формуле (16):

$$N_r = \frac{5,77 \cdot 106}{1020 \cdot 60} = 0,01 \text{ кВт}$$

$$N_{шп} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{рез} < N_{шп}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$0,01 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

05 Расточить отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 18^{+0,43}$, $13 \pm 0,215$

1. Определяем глубину резания: $t = \frac{(D - D_0)}{2} = \frac{18 - 8,95}{2} = 4,525 \text{ мм}$

Количество рабочих ходов – 3;

2. Определяем подачу: $S = 0,12 \text{ мм/об}$;

3. Глубина резания на каждом проходе $t = 1,42 \text{ мм}$

Скорость главного движения резания определяем по формуле (9).

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{ с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$K=0,9$ для обработки внутренних поверхностей

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 1,42^{0,2} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 0,8911 \cdot 0,9 = 259,6 \text{ м/мин.}$$

4. Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 259,6}{3,14 \cdot 18} = 4593 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=3000$ об/мин по паспорту станка

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 3000}{1000} = 169,56 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{ с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,42^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 169,56^0 \cdot 0,9167 = 541,4 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{541,4 \cdot 169,56}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$1,5 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

06 Расточить фаску, выдерживая размер $1 \times 45^\circ$

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

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,12 \text{ мм/об}$;

3. Скорость главного движения резания по формуле (9).

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$K=0,9$ для обработки внутренних поверхностей

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 1^{0,2} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 0,8911 \cdot 0,9 = 235 \text{ м/мин.}$$

4. Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 235}{3,14 \cdot 20} = 3742 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=3000$ об/мин по паспорту станка

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 3000}{1000} = 188,4 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 188,4^0 \cdot 0,9167 = 79,7 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{79,7 \cdot 169,56}{1020 \cdot 60} = 0,22 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ – условие обработки соблюдено

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$0,22 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

07 Расточить фаску, выдерживая размер 0,8×45°

1. Определяем глубину резания: $t = 0,8$ мм

Количество рабочих ходов – 1;

2. Определяем подачу: $S = 0,12$ мм/об;

3. Скорость главного движения резания определяем по формуле (9).

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 269}]$$

Поправочные коэффициенты по формуле (10).

Общий поправочный коэффициент на скорость резания по формуле (11):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,8911$$

$K=0,9$ для обработки внутренних поверхностей

$$V = \frac{420}{60^{0,15} \cdot 0,8^{0,2} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 0,8911 \cdot 0,9 = 291 \text{ м/мин.}$$

4. Расчетное число частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 291}{3,14 \cdot 10,55} = 8784,37 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=3000$ об/мин по паспорту станка

5. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,55 \cdot 3000}{1000} = 99,381 \text{ м/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 204 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = 0 \quad [4, \text{с. 273}]$$

Соответствующие поправочные коэффициенты определим по формуле (12):

$$K_p = 1,03 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,9167$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,8^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 99,381^0 \cdot 0,9167 = 305 \text{ Н}$$

7. Мощность, затрачиваемую на резание по формуле (13):

$$N_{\text{рез.}} = \frac{305 \cdot 169,56}{1020 \cdot 60} = 0,845 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шп}} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{рез} < N_{шп}$ – условие обработки соблюдено,

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

$0,845 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

08. Нарезать резьбу, выдерживая размер M10×1-6H; 20±0,26

1. Назначаем подачу

Подача S , мм/об равна шагу нарезаемой резьбы $P = 1$

Устанавливаем число черновых рабочих ходов $i = 3$, чистовых рабочих ходов $i=3$ [4, с. 294].

2. Определяем скорость главного движения резания по формуле:

$$C_v = 244; x = 0,23; y = 0,3; m = 0,2 \quad [4, \text{с. 296}]$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания определим по формуле (18):

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

$$V = \frac{244 \cdot 6^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1^{0,3}} \cdot 0,67 = 105,54 \text{ м/мин}$$

3. Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 105,54}{3,14 \cdot 10} = 3361 \text{ об/мин}$$

D – диаметр резьбы,

Принимаем $n = 3300$ по паспорту станка.

4. Определяем действительную скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 3300}{1000} = 103,62 \text{ м/мин}$$

5. Определяем силу резания

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

Коэффициенты и показатели степени:

$$C_p = 148 \quad y = 1,7 \quad u = 0,71 \quad [4, \text{с. 298}]$$

$$n = 0,75$$

[4, с. 264]

$$K_M = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{780}{750}\right)^{0,75} = 1,03$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1^{1,7}}{6^{0,71}} \cdot 1,03 = 427,2 \text{ Н}$$

6. Определяем мощность, затрачиваемую на резание по формуле:

$$N = \frac{427,2 \cdot 103,62}{1020 \cdot 60} = 0,72 \text{ кВт}$$

$$N_{шп} = 22,4 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$N_{рез} < N_{шп}$ – условие обработки соблюдено,

N_d – мощность двигателя станка

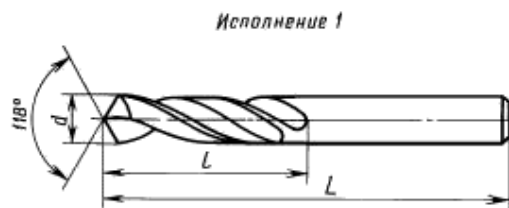
η – коэффициент полезного действия.

$0,72 < 16,8$ – условие обработки соблюдено.

5. Операция 020 Сверлильная

Для данной операции выбираем сверлильный станок Inforce DM150 05-18-001.

Инструмент для перехода 1: Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком короткой серии ($\varnothing 5,1$) 2300-5447 ГОСТ 4010-77, материал Р6М5.



Обозначение	d	l	L
2300-5475	5,1	26	62

Углы сверла $2\varphi = 118^\circ$, $\alpha = 30^\circ$, $\gamma = 25^\circ$, $\psi = 53^\circ$, $\omega = 30^\circ$.

01 Сверлить отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 5^{+0,3}$; $98 \pm 0,435$

1. Определяем глубину резания

$$t = \frac{D}{2} = \frac{5,1}{2} = 2,55 \text{ мм}$$

2. Назначаем подачу

$$S_o = 0,09 \text{ мм/об}$$

$$K_{ls} = 0,9 - \text{ для сверления отверстий } l \leq 5D \quad [4, \text{ с. 277}]$$

$$S = 0,9 \cdot 0,09 = 0,08 \text{ мм/об}$$

3. Определяем скорость резания по формуле (14):

$$V = \frac{3,5 \cdot 5,1^{0,5}}{15^{0,12} \cdot 0,08^{0,45}} \cdot 0,1206 = 2,146 \text{ м/мин}$$

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 2,146}{3,14 \cdot 5,1} = 134 \text{ об/мин}$$

5. Определяем действительную скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,1 \cdot 134}{1000} = 2,145 \text{ м/мин}$$

6. Определяем крутящий момент по формуле (15):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 5,1^2 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 1,03 = 1,87 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Определяем мощность, затраченную на резание по формуле (16):

$$N_r = \frac{1,87 \cdot 134}{1020 \cdot 60} = 0,004 \text{ кВт},$$

$$N_{шп} = 0,135 \cdot 0,75 = 0,1 \text{ кВт},$$

Делаем проверку:

$N_{рез} < N_{шп}$ – условие обработки соблюдено,

N_d – мощность двигателя станка

η – коэффициент полезного действия.

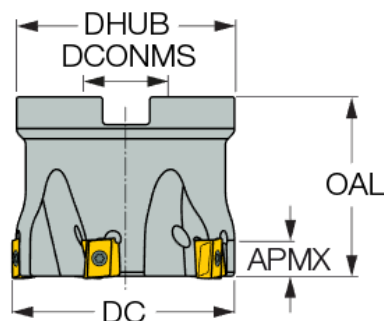
$$0,004 < 0,1 - \text{ условие обработки соблюдено.}$$

На основании расчета операции 020 сверлильная, провели расчет операции 025 сверлильная, результаты которого представлены в таблице 1.9.

7. Операция 030 Фрезерная

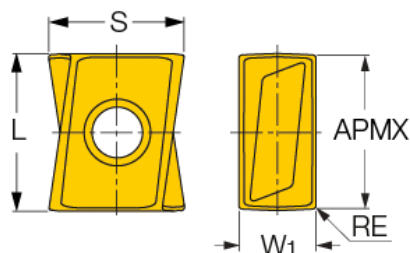
Для данной операции выбираем фрезерный станок универсальный Abene VHF-320.

Инструмент для перехода 1: Фреза торцовая насадная (Ø32) T490 FLN D032-03-16-08.



Dc	CICT	APMX	OAL	DHUB	DCONMS	Arbor	CSP
32	3	8	35	30,4	16	A	1

Пластина T490 LNHT 080408PNR, материал IC830



W1	L	APMX	RE	S	fz (min)	fz (max)
4,24	8,59	8	0,8	7,16	0,08	0,15

Геометрические размеры:

$$\varphi = 90^\circ, \varphi_1 = 3^\circ, \alpha = 10^\circ, \alpha_1 = 10^\circ, \gamma = 8^\circ, \lambda = 10^\circ; r = 0,8.$$

01 Фрезеровать лыску, выдерживая размеры 65_{-0,74}; 80*; 15*

1. Глубина резания $t = D_{6.1} - A_{6.1} = 80 - 65 = 15$ мм

2. Количество рабочих ходов 5

3. Глубина резания на каждом проходе $t = 3$ мм

4. Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб

5. Определим ширину фрезерования $B = 2 \cdot (\sqrt{(40)^2 - (65 - 40)^2} = 62,5$ мм.

6. Скорость резания

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \text{ м/мин}$$

Значения коэффициента C_v и показателя степени:

$$C_v = 108; q = 0,2; x = 0,06; y = 0,3; u = 0,2; p = 0; m = 0,32 \quad [4, \text{ с. 286}]$$

$$\text{Значение периода стойкости } T = 120 \text{ мин} \quad [4, \text{ с. 290}]$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_M \cdot K_n \cdot K_l$$

$$K_M = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n \quad n = 1; \quad K_r = 0,7 \quad [4, \text{ с. 261}]$$

$$K_M = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{780} \right)^1 = 0,67$$

$K_n = 1$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала [4, с. 263],

$$K_l = 1 \quad [4, \text{ с. 281}],$$

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

$$V = \frac{108 \cdot 32^{0,2}}{120^{0,32} \cdot 3^{0,06} \cdot 0,1^{0,3} \cdot 62,5^{0,2} \cdot 3^0} \cdot 0,67 = 25,5 \text{ м/мин}$$

7. Определим число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25,5}{3,14 \cdot 32} = 253 \text{ об/мин}$$

8. Определяем действительную скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 253}{1000} = 25,4 \text{ м/мин}$$

9. Минутная подача

$$S_M = S_z \cdot Z \cdot n_d = 0,1 \cdot 3 \cdot 253 = 76 \text{ мм/мин}$$

$$\text{Уточняем подачу на зуб } S_z = \frac{S_M}{n_d \cdot Z} = \frac{76}{253 \cdot 3} = 0,1 \text{ мм/зуб}$$

10. Определяем главную составляющую силы резания

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

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad n = 0,3 \quad [4, \text{ с. 264}]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{780}{750} \right)^{0,3} = 1,01$$

Значение коэффициента C_p и показателей степени:

$$C_p = 218; x = 0,92; y = 0,78; u = 1; q = 1,15; w = 0 \quad [4, \text{ с. 291}]$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 3^{0,92} \cdot 0,1^{0,78} \cdot 62,5^1 \cdot 3}{32^{1,15} \cdot 212^0} \cdot 1,01 = 3497,9 \text{ Н}$$

11. Определяем мощность, потребную на резание по формуле:

$$N = \frac{3497,9 \cdot 25,4}{1020 \cdot 60} = 1,45 \text{ кВт}$$

Делаем проверку:

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}} - \text{условие обработки,}$$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta$$

N_d – мощность двигателя станка,

η – коэффициент полезного действия,

$$N_{\text{шп}} = 7,5 \cdot 0,75 = 5,6 \text{ кВт}$$

$1,45 < 5,6$ – условие обработки соблюдено.

Таблица 1.9 – Результаты расчета режимов резания

Номер Операции	Содержание переходов Переход	Наименование операции	Режимы резания			
			t, мм	i	S, мм/об мм/мин мм/зуб	n, об/мин V, м/мин
000	1 Отрезать заготовку, выдержав размер 218,4 _{-0,4} ; Ø85*	Заготовительная	-	1	30 мм/мин	20 м/мин
005	1 Подрезать торец, выдерживая размер 1,7±0,215	Токарная	1,7	1	0,25 мм/об	1000 об/мин 266,9 м/мин
	2 Сверлить центровое отверстие, выдерживая размеры Ø5; 60° max; 4,85 ^{+0,12} ; 6,3 max.		2,5	1	0,09 мм/об	3,75 м/мин 238 об/мин
010	1 Точить поверхность, выдерживая размеры Ø50,5 _{-0,1} ; 19 _{-0,07}	Токарная с ЧПУ	2,875	6	0,2 мм/об	202,96 м/мин 1280 об/мин
	2 Точить поверхность, выдерживая размеры Ø29,8 _{-0,13} ; 157,8±0,08		2,16	5	0,2 мм/об	239,4 м/мин 2559 об/мин
	3 Точить фаску, выдерживая размер 1,5×45°		1,5	1	0,25 мм/об	246,4 м/мин 2928 об/мин
	4 Точить поверхность, выдерживая размер 27 _{-0,52} ; 6±0,15		6	1	0,05 мм/об	202,86 м/мин 2392 об/мин
	5 Точить поверхность, выдерживая размеры Ø50 _{-0,025} ; 18,1 _{-0,07}		0,25	1	0,1 мм/об	470 м/мин 2993 об/мин
	6 Точить фаску, выдерживая размер 3×45°		3	1	0,2 мм/об	224 м/мин 1623 об/мин
	7 Нарезать резьбу, выдерживая размеры М30×2- 6g; 34*		0,28	6	2 мм/об	85,6 м/мин 909 об/мин

Продолжение таблицы 1.9

015	1 Подрезать торец, выдерживая размер 215 _{-0,1}	Токарная с ЧПУ	1,505	1	0,2 мм/об	230,8 м/мин 865 об/мин
	2 Точить поверхность, выдерживая размеры Ø80 _{-0,74} ; 15*		2,5	1	0,2 мм/об	230,8 м/мин 865 об/мин
	3 Центровать торец, выдерживая размеры Ø5; 60° max; 4,85 ^{+0,12} ; 6,3 max.		2,5	1	0,09 мм/об	4,5 м/мин 288 об/мин
	4 Сверлить отверстие, выдерживая размеры Ø8,95 ^{+0,2} ; 103±0,435		4,475	25	0,08 мм/об	2,97 м/мин 106 об/мин
	5 Расточить отверстие, выдерживая размеры Ø18 ^{+0,43} ; 13±0,215		1,42	3	0,12 мм/об	169,56 м/мин 3000 об/мин
	6 Расточить фаску, выдерживая размер 1×45°		1	1	0,12 мм/об	235 м/мин 3000 об/мин
	7 Расточить фаску, выдерживая размер 0,8×45°		0,8	1	0,12 мм/об	99,381 м/мин 3000 об/мин
	8 Нарезать резьбу, выдержав размеры M10×1-6H; 20±0,26		0,14	6	1 мм/об	103,62 м/мин 3361 об/мин
020	1 Сверлить отверстие, выдерживая размеры Ø5 ^{+0,3} ; 98±0,435	Сверлильная	2,55	1	0,08 мм/об	2,145 м/мин 134 об/мин
025	1 Сверлить отверстие, выдерживая размеры Ø4 ^{+0,3} ; 5±0,15	Сверлильная	2,05	1	0,045 мм/об	2,76 м/мин 215 об/мин
030	1 Фрезеровать лыску, выдерживая размеры 65 _{-0,74} ; 15*	Фрезерная	3	5	0,1 мм/зуб 76 мм/мин	25,4 м/мин 253 об/мин

1.8 Нормирование операций технологических процессов

Расчет основного времени

Основное время – это время, расходуемое на движение инструмента на рабочей подаче.

Расчет основного времени производим по следующей формуле [4]:

$$t_0 = \frac{L_i}{S_n}, \text{ мин} \quad (17)$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчетную длину обработки определяют, как:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ мм} \quad (18)$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_1 – значение подвода инструмента, мм;

l_2 – значение врезания инструмента, мм;

l_3 – значение перебега инструмента, мм.

Величины подвода и перебега для токарной, сверлильной и фрезерной операций принимаем равной 1 мм, для заготовительной и слесарной операции данный параметр принимаем равным 0.

Величина врезания инструмента в каждом конкретном случае определяется как:

000 Заготовительная

01 Отрезать заготовку, выдерживая размер 218,4_{-0,4}

Определяем основное время

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_{\text{мин}}} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S_{\text{мин}}} = \frac{(85 + 5) \cdot 1}{30} = 3 \text{ мин}$$

$$l = D_{0.1} = 85 \text{ мм},$$

$$T_{\text{общ.}}^{000} = 3 \text{ мин.}$$

005 Токарная

01 Подрезать торец, выдерживая размер $1,7 \pm 0,215$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{85 \cdot 1}{1000 \cdot 0,25} = 0,34 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$l = \frac{D}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ мм}$$

$$L = 18 + 2 = 20 \text{ мм}$$

02 Сверлить центровое отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 5$; 60° max, 6,3 max, $4,85^{+0,12}$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{8,3 \cdot 1}{238 \cdot 0,09} = 0,39 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1 = 6,3 + 2 = 8,3 \text{ мм}$$

$$T_{\text{общ.}}^{005} = 0,34 + 0,39 = 0,73 \text{ мин.}$$

010 Токарная с ЧПУ

01 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 50,5_{-0,1}$; $19_{-0,07}$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{218,95 \cdot 6}{1280 \cdot 0,2} = 5,14 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$l = 197,7 + \frac{85 - 50,5}{2} = 214,95$$

$$L = 214,95 + 4 = 218,95 \text{ мм.}$$

02 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 29,8_{-0,13}$; $157,8 \pm 0,08$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{54,7 \cdot 5}{2559 \cdot 0,2} = 0,54 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$l = 39,9 + \frac{50,5 - 29,8}{2} = 50,7 \text{ мм}$$

$$L = 50,7 + 4 = 54,7 \text{ мм.}$$

03 Точить фаску, выдерживая размеры $1,5 \times 45^\circ$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{6,12 \cdot 1}{2928 \cdot 0,25} = 0,0085 \text{ мин}$$

$$l = \sqrt{1,5^2 + 1,5^2} = 2,12 \text{ мм}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$L = 2,12 + 4 = 6,12 \text{ мм.}$$

04 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 27_{-0,52}; 6 \pm 0,15$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{13,75 \cdot 1}{2392 \cdot 0,05} = 0,12 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = 2 \text{ мм}$$

$$l = \frac{D - d}{2} = \frac{50,5 - 27}{2} = 11,75 \text{ мм}$$

$$L = 11,75 + 2 = 13,75 \text{ мм.}$$

05 Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 50_{-0,025}; 18,1_{-0,07}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{175,3 \cdot 1}{2993 \cdot 0,1} = 0,58 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$l = 157,8 + \frac{85 - 50}{2} = 175,3 \text{ мм}$$

$$L = 175,3 + 4 = 179,3 \text{ мм.}$$

06 Точить фаску, выдерживая размеры $3 \times 45^\circ$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{8,3 \cdot 1}{1623 \cdot 0,2} = 0,026 \text{ мин}$$

$$l = \sqrt{3^2 + 3^2} = 4,3 \text{ мм}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$L = 4,3 + 4 = 8,3 \text{ мм.}$$

07 Нарезать резьбу, выдержав размеры М30×2-6g; 34*

$$T_o = \frac{l + l_1}{n_d \cdot P} \cdot i = \frac{34 + 8}{909 \cdot 2} \cdot 6 = 0,14 \text{ мин}$$

l_1 – врезание и перебег резца

$$l_1 = 4P = 4 \cdot 2 = 8 \text{ мм}$$

P – подача, равная шагу нарезаемой резьбы

$$T_{10}^{\text{общ}} = 5,14 + 0,54 + 0,0085 + 0,12 + 0,58 + 0,026 + 0,14 = 6,6 \text{ мин.}$$

015 Токарная с ЧПУ

01 Подрезать торец, выдерживая размер 215_{-0,1}

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{85 \cdot 1}{1000 \cdot 0,2} = 0,425 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$l = \frac{D}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ мм}$$

$$L = 18 + 2 = 20 \text{ мм.}$$

02 Точить поверхность, выдерживая размеры Ø80_{-0,74}; 15*

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{19 \cdot 1}{831 \cdot 0,2} = 0,12 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$l = 15 \text{ мм}$$

$$L = 15 + 4 = 19 \text{ мм.}$$

03 Сверлить центровое отверстие, выдерживая размеры Ø5; 60° max, 6,3 max, 4,85^{+0,12}

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{8,3 \cdot 1}{238 \cdot 0,09} = 0,39 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1 = 6,3 + 2 = 8,3 \text{ мм.}$$

04 Сверлить отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 8,95^{+0,2}; 103 \pm 0,435$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{103 \cdot 1}{106 \cdot 0,08} = 12 \text{ мин}$$

05 Расточить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 18^{+0,43}; 13 \pm 0,215$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{21,525 \cdot 3}{3000 \cdot 0,12} = 0,18 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$l = 13 + \frac{18 - 8,95}{2} = 17,525 \text{ мм}$$

$$L = 17,525 + 4 = 21,525 \text{ мм.}$$

06 Расточить фаску, выдерживая размеры $1 \times 45^\circ$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{5,42 \cdot 1}{3000 \cdot 0,12} = 0,015 \text{ мин}$$

$$l = \sqrt{1^2 + 1^2} = 1,42 \text{ мм}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$L = 1,42 + 4 = 5,42 \text{ мм.}$$

07 Расточить фаску, выдерживая размеры $0,8 \times 45^\circ$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S_o} = \frac{5,14 \cdot 1}{3000 \cdot 0,12} = 0,015 \text{ мин}$$

$$l = \sqrt{0,8^2 + 0,8^2} = 1,14 \text{ мм}$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$L = 1,14 + 4 = 5,14 \text{ мм.}$$

08. Нарезать резьбу, выдерживая размеры $M10 \times 10-6H; 20 \pm 0,26$

$$T_o = \frac{l + l_1}{n_d \cdot P} \cdot i = \frac{20 + 4}{3361 \cdot 1} \cdot 6 = 0,05 \text{ мин}$$

l_1 – врезание и перебег резца

$$l_1 = 4P = 4 \cdot 1 = 4 \text{ мм}$$

P – подача, равная шагу нарезаемой резьбы

$$T_{15}^{\text{общ}} = 0,425 + 0,12 + 0,39 + 12 + 0,18 + 0,015 + 0,015 + 0,05 = 13,2 \text{ мин.}$$

020 Сверлильная

01 Сверлить отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 5^{+0,3}; 98 \pm 0,435$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{24,5 \cdot 1}{134 \cdot 0,08} = 2,3 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1 = 20,5 + 4 = 24,5 \text{ мм}$$

025 Сверлильная

01 Сверлить отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 4^{+0,3}; 5 \pm 0,15$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{32,8 \cdot 1}{215 \cdot 0,045} = 3,4 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1 = 29,8 + 3 = 32,8 \text{ мм.}$$

030 Фрезерная

01 Фрезеровать лыску, выдерживая размер $65_{-0,74}; 80^*; 15^*$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{\text{мин}}} = \frac{96,5 \cdot 5}{76} = 6,4 \text{ мин}$$

$$L = l + l_1 + l_2 = 62,5 + 34 = 96,5 \text{ мм.}$$

Расчет вспомогательного времени

Вспомогательное время для операции суммируется из времени на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали.

$$t_v = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}},$$

где $t_{\text{уст}}$ – время на установку и снятие детали;

$t_{\text{упр}}$ – время на управление станком;

$t_{\text{изм}}$ – время измерения детали.

000 Заготовительная

$$t_v = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}} = 0,3 + 0,22 + 0,04 = 0,56 \text{ мин}$$

$$t_{уст} = a \cdot Q^x = 0,235 \cdot 10^{0,102} = 0,3 \text{ мин} \quad [6, \text{ с. 235}]$$

$$t_{изм} = \sum k \cdot D_{изм}^z \cdot L_{изм}^u \quad [6, \text{ с. 241}]$$

$$t_{унр} = 0,28 + 0,18 + 0,1 + 0,44 + 0,9 + 0,12 = 2,02 \text{ мин} \quad [6, \text{ с. 234}]$$

$$t_{изм} = 0,0065 \cdot 85^0 \cdot 218,4^{0,328} = 0,04 \text{ мин}$$

005 Токарная операция

$$t_{\sigma} = t_{уст} + t_{унр} + t_{изм} = 0,4 + 2,02 + 0,1 = 2,52 \text{ мин}$$

$$t_{уст} = a \cdot Q^x = 0,248 \cdot 10^{0,210} = 0,4 \text{ мин}$$

$$t_{изм} = 0,0187 \cdot 5^{0,21} \cdot 6,3^{0,33} + 0,0187 \cdot 10,6^{0,21} \cdot 4,85^{0,33} = 0,1 \text{ мин}$$

010 Токарная операция с ЧПУ

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

$$t_{\sigma} = t_{уст} + t_{унр} = 0,43 + 3,11 = 3,54 \text{ мин}$$

$$t_{уст} = a \cdot Q^x = 0,248 \cdot 9,8^{0,236} = 0,43 \text{ мин}$$

$$t_{унр} = 0,09 + 0,05 + 0,1 + 0,46 + 0,06 + 0,08 + 0,05 + 0,6 \cdot 2 + 0,9 + 0,12 = 3,11 \text{ мин} \quad [6, \text{ с. 234}]$$

015 Токарная операция с ЧПУ

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

$$t_{\sigma} = t_{уст} + t_{унр} = 0,34 + 2,08 = 2,42 \text{ мин}$$

$$t_{уст} = a \cdot Q^x = 0,248 \cdot 3,5^{0,236} = 0,34 \text{ мин}$$

$$t_{унр} = 0,09 + 0,18 + 0,1 + 0,12 + 0,06 + 0,05 + 0,46 + 0,9 + 0,12 = 2,08 \text{ мин} \quad [6, \text{ с. 234}]$$

020 Сверлильная

$$t_{\sigma} = t_{уст} + t_{унр} + t_{изм} = 1,12 + 0,37 + 0,26 = 1,75 \text{ мин}$$

$$t_{уст} = 0,12 + 0,04 + 0,23 + 0,73 = 1,12 \text{ мин}$$

$$t_{ypr} = 0,07 + 0,06 + 0,02 + 0,06 + 0,16 = 0,37 \text{ мм}$$

$$t_{изм} = 0,0113 \cdot 5^{0,21} \cdot 20^{0,33} + 0,0195 \cdot 98^{0,526} = 0,26 \text{ мин}$$

025 Сверлильная

$$t_{\text{в}} = t_{yct} + t_{ypr} + t_{изм} = 1,12 + 0,37 + 0,09 = 1,58 \text{ мин}$$

$$t_{уст} = 0,12 + 0,04 + 0,23 + 0,73 = 1,12 \text{ мин}$$

$$t_{ypr} = 0,07 + 0,06 + 0,02 + 0,06 + 0,16 = 0,37 \text{ мм}$$

$$t_{изм} = 0,0113 \cdot 4^{0,21} \cdot 20^{0,33} + 0,0195 \cdot 5^{0,526} = 0,09 \text{ мин}$$

030 Фрезерная

$$t_{\text{в}} = t_{yct} + t_{ypr} + t_{изм} = 0,89 + 0,39 + 0,035 = 1,315 \text{ мин}$$

$$t_{уст} = 0,12 + 0,04 + 0,73 = 0,89 \text{ мин}$$

$$t_{ypr} = 0,15 + 0,06 + 0,18 = 0,39 \text{ мин}$$

$$t_{изм} = 0,01 \cdot 65^{0,15} \cdot 15^{0,2} = 0,035 \text{ мин}$$

Расчет оперативного времени

$$t_{оп} = t_{очн} + t_{\text{в}}$$

000 Заготовительная

$$t_{оп} = t_{очн} + t_{\text{в}} = 3 + 0,56 = 3,56 \text{ мин}$$

005 Токарная

$$t_{оп} = t_{очн} + t_{\text{в}} = 0,73 + 2,52 = 3,25 \text{ мин}$$

010 Токарная с ЧПУ

$$t_{оп} = t_{очн} + t_{\text{в}} = 6,6 + 3,54 = 10,14 \text{ мин}$$

015 Токарная с ЧПУ

$$t_{оп} = t_{очн} + t_{\text{в}} = 13,2 + 2,15 = 15,35 \text{ мин}$$

020 Сверлильная

$$t_{оп} = t_{очн} + t_{\text{в}} = 2,3 + 1,75 = 4,05 \text{ мин}$$

025 Сверлильная

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{в}} = 3,4 + 1,58 = 4,98 \text{ мин}$$

030 Фрезерная

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{в}} = 6,4 + 1,315 = 7,8 \text{ мин}$$

Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}}$$

000 Заготовительная

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} = 0,03 \cdot 3,56 = 0,11 \text{ мин}$$

005 Токарная

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} = 0,03 \cdot 3,25 = 0,1 \text{ мин}$$

010 Токарная с ЧПУ

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} = 0,03 \cdot 10,14 = 0,31 \text{ мин}$$

015 Токарная с ЧПУ

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} = 0,03 \cdot 15,35 = 0,5 \text{ мин}$$

020 Сверлильная

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} = 0,03 \cdot 4,05 = 0,13 \text{ мин}$$

025 Сверлильная

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} = 0,03 \cdot 4,98 = 0,15 \text{ мин}$$

030 Фрезерная

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} = 0,03 \cdot 7,8 = 0,24 \text{ мин}$$

Расчет времени на отдых

$$t_{\text{отд}} = \beta \cdot t_{\text{оп}}$$

000 Заготовительная

$$t_{\text{отд}} = \beta \cdot t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 3,56 = 0,15 \text{ мин}$$

005 Токарная

$$t_{\text{отд}} = \beta \cdot t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 3,25 = 0,13 \text{ мин}$$

010 Токарная с ЧПУ

$$t_{om\partial} = \beta \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 10,14 = 0,41 \text{ мин}$$

015 Токарная с ЧПУ

$$t_{om\partial} = \beta \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 15,35 = 0,62 \text{ мин}$$

020 Сверлильная

$$t_{om\partial} = \beta \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 4,05 = 0,17 \text{ мин}$$

025 Сверлильная

$$t_{om\partial} = \beta \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 4,98 = 0,2 \text{ мин}$$

030 Фрезерная

$$t_{om\partial} = \beta \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 7,8 = 0,32 \text{ мин}$$

Определение подготовительно-заключительного времени

000 Заготовительная

$$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2} + T_{п.з3}$$

$T_{п.з}$ – время на открытие наряда, чертежа, технологической документации.

На ознакомление рабочего с документами и осмотр заготовки затрачивается 4 мин; на инструктаж мастера – 2 мин; на установку рабочих органов станка или зажимного приспособления по двум координатам в нулевое положение – 4 мин; итого на комплекс приемов – 10 мин.

$T_{п.з1} = 6$ мин – время на установку прутка,

$$T_{п.з} = 4 + 2 + 4 + 6 = 16 \text{ мин.}$$

005 Токарная

$$T_{п.з1} = a + b \cdot n_{и} + c \cdot P_p + d \cdot P_{пп} \quad [6, \text{с. 241}]$$

$$T_{п.з1} = 11,3 + 0,8 \cdot 2 + 0,5 \cdot 2 + 0,4 \cdot 4 = 15,5 \text{ мин}$$

$T_{п.з2} = 0,6$ мин – установить резец и снять

$T_{п.з3} = 0,12$ мин – установить сверло центровочное и снять

$T_{п.з4} = 0,05$ ми – изменить число оборотов шпинделя и величину подачи

$T_{п.з5} = 3$ мин – обслуживание через инструментальную кладовую

$$T_{п.з} = 15,5 + 0,6 + 0,12 + 0,05 + 3 = 19,27 \text{ мин.}$$

010 Токарная с ЧПУ

$$T_{п.31} = a + b \cdot n_{и} + c \cdot P_p + d \cdot P_{пп} \quad [6, \text{с. 241}]$$

$$T_{п.31} = 11,3 + 0,8 \cdot 5 + 0,5 \cdot 2 + 0,4 \cdot 4 = 17,9 \text{ мин}$$

$$T_{п.32} = 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ мин} - \text{установить резец и снять}$$

$$T_{п.33} = 0,05 \text{ ми} - \text{изменить число оборотов шпинделя и величину подачи}$$

$$T_{п.34} = 3 \text{ мин} - \text{обслуживание через инструментальную кладовую}$$

$$T_{п.3} = 17,9 + 2,4 + 0,05 + 3 = 23,35 \text{ мин.}$$

015 Токарная с ЧПУ

$$T_{п.31} = a + b \cdot n_{и} + c \cdot P_p + d \cdot P_{пп} \quad [6, \text{с. 241}]$$

$$T_{п.31} = 11,3 + 0,8 \cdot 5 + 0,5 \cdot 2 + 0,4 \cdot 4 = 17,9 \text{ мин}$$

$$T_{п.32} = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ мин} - \text{установить резец и снять}$$

$$T_{п.33} = 0,12 \cdot 2 = 0,24 \text{ мин} - \text{установить сверло и снять}$$

$$T_{п.34} = 0,05 \text{ ми} - \text{изменить число оборотов шпинделя и величину подачи}$$

$$T_{п.35} = 3 \text{ мин} - \text{обслуживание через инструментальную кладовую}$$

$$T_{п.3} = 17,9 + 1,8 + 0,24 + 0,05 + 3 = 23 \text{ мин.}$$

020 Сверлильная

$$T_{п.31} = a + b \cdot n_{и} + c \cdot P_p + d \cdot P_{пп} \quad [6, \text{с. 241}]$$

$$T_{п.31} = 10 + 1,1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 2 = 12,1 \text{ мин}$$

$$T_{п.32} = 0,06 - \text{установить и снять инструмент}$$

$$T_{п.33} = 0,06 - \text{установить кондукторную втулку и снять}$$

$$T_{п.34} = 0,02 \text{ мин} - \text{включить и выключить вращение шпинделя}$$

$$T_{п.35} = 3 \text{ мин} - \text{обслуживание через инструментальную кладовую}$$

$$T_{п.3} = 12,1 + 0,06 + 0,06 + 0,02 + 3 = 15,24 \text{ мин.}$$

025 Сверлильная

$$T_{п.31} = a + b \cdot n_{и} + c \cdot P_p + d \cdot P_{пп} \quad [6, \text{с. 241}]$$

$$T_{п.31} = 10 + 1,1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 2 = 12,1 \text{ мин}$$

$T_{п.32} = 0,06$ – установить и снять инструмент

$T_{п.33} = 0,06$ – установить кондукторную втулку и снять

$T_{п.34} = 0,02$ мин – включить и выключить вращение шпинделя

$T_{п.35} = 3$ мин – обслуживание через инструментальную кладовую

$T_{п.3} = 12,1 + 0,06 + 0,06 + 0,02 + 3 = 15,24$ мин.

030 Фрезерная

$T_{п.31} = a + b \cdot n_{и} + c \cdot P_p + d \cdot P_{пп}$ [6, с. 241]

$T_{п.31} = 11,5 + 1,2 \cdot 1 + 0,3 \cdot 2 + 0,5 \cdot 2 = 14,3$ мин

$T_{п.32} = 0,12$ – установить и снять инструмент

$T_{п.33} = 0,16$ – поставить щиток ограждения от стружки

$T_{п.34} = 0,02$ мин – включить и выключить вращение шпинделя

$T_{п.35} = 3$ мин – обслуживание через инструментальную кладовую

$T_{п.3} = 14,3 + 0,12 + 0,16 + 0,02 + 3 = 17,6$ мин.

Расчет штучного времени

$t_{шт} = t_{он} + t_{обс} + t_{отд}$

000 Заготовительная

$t_{шт} = 3,56 + 0,11 + 0,15 = 3,82$ мин

005 Токарная

$t_{шт} = 3,25 + 0,1 + 0,13 = 3,48$ мин

010 Токарная с ЧПУ

$t_{шт} = 10,14 + 0,31 + 0,41 = 10,86$ мин

015 Токарная с ЧПУ

$t_{шт} = 15,35 + 0,5 + 0,62 = 16,47$ мин

020 Сверлильная

$t_{шт} = 4,05 + 0,13 + 0,17 = 4,35$ мин

025 Сверлильная

$t_{шт} = 4,98 + 0,15 + 0,2 = 5,33$ мин

030 Фрезерная

$$t_{um} = 7,8 + 0,24 + 0,32 = 8,36 \text{ мин}$$

Расчет штучно-калькуляционного времени

$$t_{шт.к} = \sum t_{шт} + \frac{\sum t_{пз}}{N}, \quad (19)$$

где N – объем партии детали;

t_{um} – штучное время;

$t_{пз}$ – подготовительно-заключительное время.

$$\sum t_{шт} = 3,82 + 3,48 + 10,86 + 16,47 + 4,35 + 5,33 + 8,36 = 52,67 \text{ мин}$$

$$\sum t_{пз} = 16 + 19,27 + 23,35 + 23 + 15,24 + 15,24 + 17,6 = 129,7 \text{ мин.}$$

$$t_{шт.к} = 52,67 + \frac{129,7}{3000} = 52,72 \text{ мин.}$$

2 Конструкторская часть

2.1 Описание работы переналаживаемого скальчатого кондуктора с наладкой для сверления радиально расположенных отверстий

На рисунке 2.1 показано специализированное приспособление – переналаживаемый скальчатый кондуктор с наладкой для сверления радиально расположенных отверстий в деталях типа валов.

Кондуктор состоит из плиты 1, на которой смонтирован корпус 5, прижимной плиты 8 с запрессованной кондукторной втулкой 7, и упора 4. На корпус 5, с запрессованными в него штифтами 14 и 15, устанавливается призма 6 и фиксируется винтами 20. Обрабатываемая деталь устанавливается на призму 6 до упора 4, смонтированного в стойке 3. Корпус 5 имеет возможность перемещаться вдоль паза плиты 1 и фиксируется с помощью болтов 19 и сухарей 2.

Закрепление и раскрепление обрабатываемой детали осуществляется пневмоприводом, перемещающим кондукторную плиту 8, закрепленную на колонках (скалках) 12 гайками 24.

Наладки по заданной координате обрабатываемого отверстия осуществляется путем перемещения корпуса 5 вдоль плиты 1. При этом отсчёт размера производится по линейке 10 и нониусной планке 9.

Пневмопривод приспособления состоит корпуса 5, в котором запрессована втулка 17, штока 13, а также поршня 18, который перемещается внутри гильзы 16. Сжатый воздух подаётся из цеховой магистрали через штуцеры 11. Управление подачи воздуха осуществляется краном (на чертеже не показан).

Кондуктор снабжён комплектом сменных кондукторных втулок 7, что обеспечивает возможность сверления отверстий различного диаметра. В приспособлении возможно использование упоров 4 различных диаметров и длин. Других наладочных элементов не требуется, так как необходимая

переналадка обеспечивается регулированием специально предусмотренных узлов приспособления. Приспособление используется для обработки деталей с широким диапазоном как по длине, так и по диаметру.

В плите 1 имеются резьбовые отверстия для рым-болтов, необходимых для безопасной установки и снятия кондуктора со станка с помощью кран-балки.

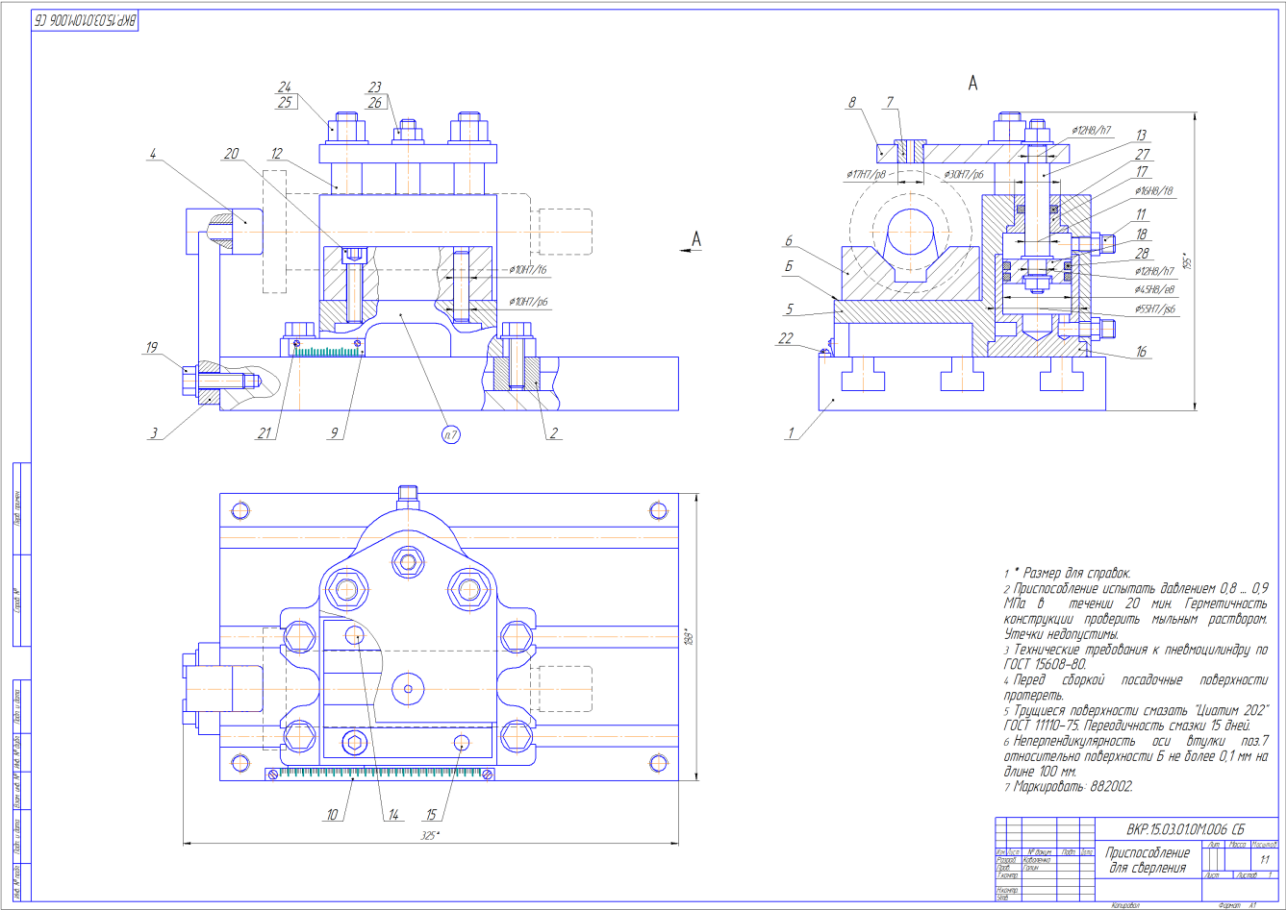


Рисунок 2.1 – Технологическая оснастка

Чертеж технологической оснастки представлен в Приложении Д. Спецификация представлена в Приложении Е.

2.2 Определение силы закрепления заготовки

Величину потребных сил зажима определяют, решая задачу статики на равновесие твердого тела под действием всех приложенных к нему сил и моментов.

Методика расчета зажимных сил заключается в следующем:

1. Выбирается наиболее рациональная схема установки детали, т.е. намечается положение и тип опор, места приложения сил зажима с учетом направления сил резания в самый неблагоприятный момент обработки.

2. На выбранной схеме стрелками отмечаются все приложенные к детали силы, стремящиеся нарушить положение детали в приспособлении (силы резания, силы зажима) и силы, стремящиеся сохранить это положение (силы трения, реакции опор). При необходимости учитываются и силы инерции.

3. Выбирают уравнения равновесия статики, применимые к данному случаю и определяют искомое значение величины сил зажима Q_1 .

4. Приняв коэффициент надежности закрепления (коэффициент запаса), необходимость которого вызывается неизбежными колебаниями сил резания в процессе обработки, определяется фактически потребная сила зажима:

$$Q = K \cdot Q_1 \quad (20)$$

Коэффициент запаса K рассчитывается применительно к конкретным условиям обработки по формуле:

$$K = \prod_{i=0}^5 K_i, \quad (21)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса ($K_0 = 1,5$);

K_1 – коэффициент, учитывающий изменение силы резания, обусловленное неравномерностью снимаемого при обработке припуска:

$K_1 = 1$ – для чистовой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от прогрессирующего затупления инструмента ($K_2 = 1,0 – 1,9$).

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании ($K_3 = 1,2$).

K_4 – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления. ($K_4 = 1$ – для механизированных силовых приводов (пневматических, гидравлических));

K_5 – данный коэффициент учитывается только при наличии крутящих моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь. ($K_5 = 1$ – при установке детали базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта).

$$K = 1,5 \times 1 \times 1,15 \times 1,2 \times 1 = 2,1$$

Величина K может колебаться в пределах $1,5 \dots 1,8$. Если $K < 2,5$, то при расчёте надёжности закрепления её следует принять равной $K = 2,5$ (согласно ГОСТ 12.2.029-88).

Составляем схему по определению требуемой силы закрепления заготовки при её установке в призму.

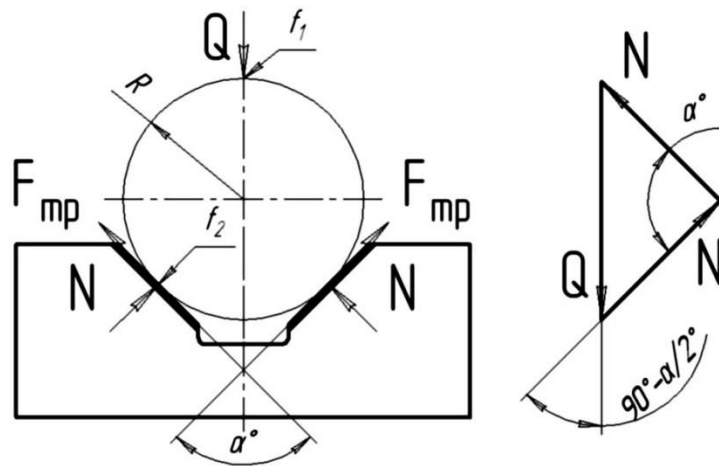


Рисунок 2.2 – Схема базирования

Заготовка контактирует наружной поверхностью с установочными поверхностями призмы с одной стороны, и с подвижной прижимной плитой с другой. Заготовка удерживается от проворота за счёт сил трения, на торце заготовки сил трения нет.

При действии на заготовку момента сил резания M_p , стремящегося повернуть заготовку вокруг оси потребная сила зажима определяется из условия равновесия:

$$k \cdot M_p = Q' \cdot f_1 \cdot R + 2 \cdot N \cdot f_2 \cdot R \quad (22)$$

где – N определяем из треугольника векторов:

$$2N = \frac{Q'}{\sin \alpha/2} \quad (23)$$

M_p – момент сил резания, действующих на заготовку (равен крутящему моменту, создаваемому сверлом, рассчитан ранее $M_p = M_{кр} = 1,87 \text{ Н} \cdot \text{м}$)

Q' – сила закрепления;

N – реакция установочной поверхности призмы;

f_1 – коэффициент трения по зажимному элементу;

f_2 – коэффициент трения по установочному элементу;

α – угол призмы.

Из этого следует:

$$Q' = \frac{k \cdot M_p}{f_1 R + \frac{f_2 R}{\sin \alpha/2}}, \quad (24)$$

$$Q' = \frac{2,1 \times 1,87}{0,025 \times (0,16 + \frac{0,3}{0,7})} = 266 \text{ Н}.$$

2.3 Расчёт привода зажимного устройства

В качестве привода зажимного устройства применяем пневмоцилиндр двустороннего действия.

Пневматические приводы предназначены для обеспечения необходимых усилий и скоростей рабочих органов, экономичности, надёжности и долговечности, безопасности и быстродействия при использовании сжатого воздуха с заданными параметрами и при заданных условиях эксплуатации.

Источником энергии для пневматических приводов служит сжатый воздух. Диапазон давление воздуха в цеховой пневмосистеме $P_v = 0.4 \dots 1.0 \text{ МПа}$, а рабочее давление составляет $p = 0.4 \text{ МПа}$. Они могут выполняться в виде поршневых пневмоцилиндров одно- и двустороннего действия, и пневмокамер с плоской и выпуклой диафрагмой одно- и двустороннего действия.

Сила, развиваемая поршневым приводом двустороннего действия, определяется по формуле:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} p \eta, \quad (25)$$

где – W – усилие на штоке, Н;

D – диаметр цилиндра, мм;

p – рабочее давление воздуха в пневмосистеме, МПа;

η – к.п.д. цилиндра ($\eta = 0.85 \dots 0.9$).

Сила, развиваемая поршневым приводом тянущего типа, определяется по формуле:

$$W = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta \quad (26)$$

где d – диаметр штока, мм.

Из этого следует:

$$W = \frac{3,14 \times (45^2 - 16^2)}{4} \times 0,4 \times 0,85 = 472 \text{ Н.}$$

Расчётное усилие на штоке (W) превышает потребное усилие зажима (Q), условие выполняется:

$$W_{\text{расч}} > Q_{\text{потреб}}$$

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность разработки технологического процесса детали «Палец», а также оценку ресурсоэффективности и конкурентоспособности технического проекта.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- структурировать работу в рамках технического проекта;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения исследования;
- рассчитать смету технического проекта.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технического проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Оценка коммерческого потенциала разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения технического проектирования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимого технического проектирования.

Проведение оценки потенциала будущего продукта необходимо осуществлять на каждой стадии технического проектирования, и каждый раз подход к оценке сугубо индивидуален. Постоянный мониторинг соответствия полученной оценки технологии и тенденций развития отрасли или продукта, поиск новых ниш для использования и реализации нового продукта или

технологии - залог снижения риска опоздания с выходом на рынок и других рисков.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов технического проектирования

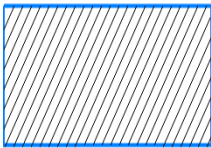
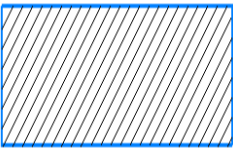
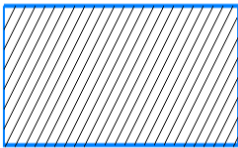
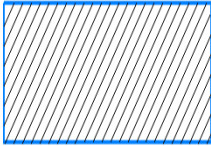
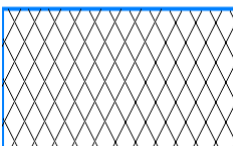
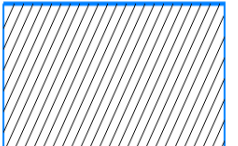
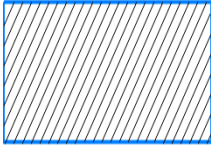
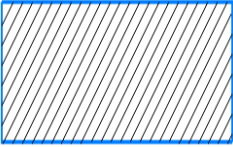
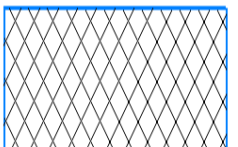
Для того чтобы определить потенциальных потребителей данной разработки, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Карта сегментирования рынка представлена в таблице 3.1.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка.

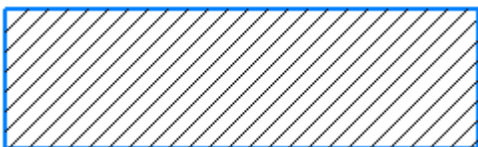
Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Сегментирование рынка по разработке технологии изготовления детали «Палец»: размер и возможности станочного комплекса.

Таблица 3.1 – Карта сегментирования рынка по разработке технологии изготовления детали «Палец»

Критерии		Возможности станочного производства		
		Современное оборудование	Профессионализм персонала	Необходимое оборудование
Размер компании	ООО «Томскнефтехим»			
	АО «НПЦ «Полус»			
	АО НПФ «Микран»			

Максимальное соответствие



Средний уровень соответствия



Из анализа карты, можно сделать вывод, что наиболее эффективным производством является ООО «Томскнефтехим», не смотря на это остальные компании могут составить конкуренцию. Однако производство детали «Палец» потребует от остальных компаний существенного финансового вложения как в развитие станочной базы, так и в поиск новых профессиональных сотрудников.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

С помощью данного анализа в технический проект вносятся коррективы, которые помогают успешно противостоять конкурентам. В ходе проведения анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Для этой цели используется вся имеющаяся информация о конкурентных разработках. Также анализ дает возможность оценить сравнительную эффективность разработки и определить направления для ее дальнейшего повышения.

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3.2. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [9, стр. 7]:

$$K = \sum B_i \cdot V_i \quad (27)$$

где: K – конкурентоспособность технической разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Разработка технического решения ООО «Томскнефтехим»:

$$K = \sum B_i \cdot V_i = 43 \cdot 4,74 = 203,82$$

Разработка технического решения конкурентных предприятий АО «НПЦ «Полус» (K_1) и АО НПФ «Микран» (K_2):

$$K_1 = \sum B_i \cdot V_i = 36 \cdot 3,76 = 135,36$$

$$K_2 = \sum B_i \cdot V_i = 34 \cdot 3,52 = 119,68$$

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{ϕ}	K_{K1}	K_{K2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Качество	0,23	5	4	4	1,25	1,14	0,98
2.Способ изготовления	0,09	4	4	3	0,72	0,60	0,45
3.Износостойкость	0,03	3	3	3	0,09	0,09	0,06
4.Надежность	0,05	4	5	4	0,23	0,25	0,21
5.Простота эксплуатации	0,10	5	5	3	0,37	0,37	0,28
6. Сокращение количества операций в технологическом процессе	0,11	5	3	3	0,33	0,19	0,20
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,10	5	4	3	0,45	0,38	0,32
2. Конкурентноспособность продукта	0,08	4	2	4	0,50	0,20	0,35
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	3	3	3	0,27	0,19	0,21
4. Себестоимость	0,14	5	3	4	0,53	0,35	0,46
Итого	1,00	43	36	34	4,74	3,76	3,52

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1-слабая позиция, а 5-сильная.

На основании проведенного анализа мы выявили, что деталь конкурентоспособна. Также деталь является надежной, так как выполнена из жаропрочной стали. Деталь проста в эксплуатации, так как предназначена для

определенного вида деятельности и выполнена по определенным требованиям. Разработка выполнялась в соответствии со стандартами ЕСТПП.

3.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в технический проект.

В основе технологии QuaD лежит о нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) показатели оценки коммерческого потенциала разработки;
- 2) показатели оценки качества разработки.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле [9,стр. 10]:

$$П_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot Б_i, \quad (28)$$

где $П_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – средневзвешенное значение i -го показателя.

Таблица 3.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1.Качество	0,23	93	100	0,93	0,2139
2.Способ изготовления	0,09	77	100	0,77	0,0693
3.Износостойкость	0,03	75	100	0,75	0,0225
4.Надежность	0,10	85	100	0,85	0,0850
5.Простота эксплуатации	0,05	75	100	0,75	0,0375
6. Сокращение количества операций в технологическом процессе	0,11	83	100	0,83	0,0913
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Цена	0,10	90	100	0,90	0,0900
8. Конкурентоспособность продукта	0,08	79	100	0,79	0,0632
9. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	75	100	0,75	0,0525
10. Себестоимость	0,14	90	100	0,90	0,1260
Итого	1,00	822	100	8,22	0,8512

$$P_{cp} = 21,39 + 6,93 + 2,25 + 8,5 + 3,75 + 9,13 + 9 + 6,32 + 5,25 + 12,6 = 85,12$$

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Значение $P_{cp} = 85,12$ показывает, что разработка перспективна.

3.2 Планирование технического проектирования работ

Проектирование работ предполагает выполнение определённых стадий и этапов. Оно включает составление в текстовой и графической форме плана работ.

Для успешной реализации проекта необходимо устанавливать реальные этапы с чётко обозначенными началом и окончанием. Разработка детального плана работ связана с описанием процессов и их последовательности, выполняемых на каждом этапе, необходимых для этого специалистов, средств и ресурсов. Такой подход в большей степени позволяет избежать упущений и ошибок.

3.2.1 Структура работ в рамках проектирования

Планирование выпускной квалификационной работы (ВКР) включает в себя:

- обсуждение проблематики выбранной темы;
- цель работы;
- разделы, которые должны быть проработаны;
- определение участников и построение графика проведения работ.

Таблица 3.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель, студент
	2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент
Основной этап	3	Выполнение технологической части работы: - Определение типа производства; - Анализ технологичности детали; - Разработка технологического	Студент

Продолжение таблицы 3.4

		процесса изготовления детали; - Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали; - Выбор оборудования; - Расчет режимов резания; - Нормирование операций технологического процесса.	
	4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	5	Проектирование технологической оснастки детали «Палец».	Студент
	6	Проверка выполненной технологической оснастки с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
Заключительный этап	7	Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Студент
	8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент
	9	Подготовка к защите ВКР.	Студент

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников технического проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проектирования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула

[9, стр.20]:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5}, \quad (29)$$

где: $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

3.2.3 Разработка проведения технического проектирования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе таблицы 3.5 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР.

Таблица 3.5 – Временные показатели проведения технического проектирования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}
		$t_{\min}$, чел-дни	$t_{\max}$, чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни	
- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель	1	1	1	1
	Студент	1	1	1	1
Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	10	15	12	12
Выполнение технологической части работы: - Определение типа производства;					

Продолжение таблицы 3.5

- Анализ технологичности детали; - Разработка технологического процесса изготовления детали; - Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали; - Выбор оборудования; - Расчет режимов резания; - Нормирование операций технологического процесса.	Студент	25	30	27	27
Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
Проектирование технологической оснастки детали «Палец».	Студент	2	3	2,4	2,4
	Студент	20	23	21,2	21,2
Проверка выполненной технологической оснастки с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4
Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Студент	12	15	13,2	13,2
Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	10	15	12	12
Подготовка к защите ВКР.	Студент	2	3	2,4	2,4

Таблица 3.6 – Календарный план-график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кол-во дней, Трі	Продолжительность выполнения работы, календарные дни														
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель	1	■														
		Студент	1	□														
2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	12	▬														
3	Выполнение технологической части работы.	Студент	27			▬												
4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	2,4						■									
		Студент	2,4						▬									
5	Проектирование технологической оснастки детали «Палец».	Студент	21,2							▬								
6	Проверка выполненной технологической оснастки с научным руководителем.	Научный руководитель	2,4									■						
		Студент	2,4									▬						
7	Выполнение других разделов.	Студент	13,2										▬					
8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	12												▬			
9	Подготовка к защите ВКР.	Студент	2,4														□	

▬ – Студент ■ – Научный руководитель

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине февраля. По графику видно, что выполнение технологической части работы, самая продолжительная часть и составляет 27 рабочих дней. Такие работы как, составление и утверждение темы ВКР, согласование выполненной технологической части с научным руководителем, согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем, выполнялись двумя исполнителями. Защита работы в начале июня.

3.3 Смета затрат на технический проект

При планировании сметы технического проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы технического проекта используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- полная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.3.1. Расчет материальных затрат технического проекта

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

К материальным затратам можно отнести: бумага формата А4, ручки, USB-накопитель.

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Пачка бумаги А4	Шт.	1	250	250
Ручка	Шт.	4	20	80
USB накопитель	М/бит	1	400	400
Итого:				730

Материальные затраты на выполнение технического проекта составили 730 рублей.

3.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается полная заработная плата научного руководителя и студента, которая рассчитывается по формуле [9, стр. 26]:

$$З_{п} = З_{осн} + З_{доп} \quad (30)$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [9, стр. 26]:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}, \quad (31)$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, руб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [9, стр. 27]:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}}}{Д_{\text{мес}}}, \quad (32)$$

где: $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$Д_{\text{мес}}$ – количество рабочих дней, раб. дн.

Месячный должностной оклад руководителя составляет 33664 руб., оклад бакалавра составляет 19200 руб.

Среднедневная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{43763}{26} = 1683$$

Среднедневная заработная плата бакалавра темы, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{24960}{26} = 960$$

Основная заработная плата одного руководителя, руб.:

$$З_{\text{оснР}} = 6 \cdot 1683 = 10100$$

Основная заработная плата одного бакалавра, руб.:

$$З_{\text{оснБ}} = 93 \cdot 960 = 89280$$

Таблица 3.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33664	43763	1683	6	10100
Бакалавр	19200	24960	960	93	89280
Итого					99380

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают оплату при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [9, стр.28]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (33)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Таблица 3.9 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	к _{доп} , руб	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	З _п , руб.
Руководитель	15%	10100	1500	11600
Бакалавр	12%	89280	10714	100000
Итого:				111600

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [9, стр. 29] :

$$З_{внеб} = K_{внеб} \cdot З_{п}, \quad (34)$$

где $K_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равен 30,2%.

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 111,6 = 33,7 \text{ тыс. р.}$$

3.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16% от общей суммы затрат.

3.3.5 Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технического проекта продукции.

Определение бюджета затрат на технический проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Расчет сметы затрат технического проекта

Наименование	Сумма, тыс. р.	Структура затрат, %
Материальные расходы	0,7	0,4
Полная заработная плата	111,6	64,2
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	33,7	19,4
Накладные расходы	28	16,0
Итого:	174	100,0

3.4 Определение ресурсосберегающей, эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле [9, стр. 32]:

$$I \frac{исп_i}{финр} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (35)$$

где: $I \frac{исп_i}{финр}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения технического проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель:

$$I \frac{испi}{финр} = \frac{173800}{173800} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле [9, стр. 32]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (36)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 3.11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1.Повышение производительности труда пользователя	0,42	5	4
2.Удобство в эксплуатации	0,28	5	3
3.Энергосбережение	0,13	4	3
4. Надежность	0,17	5	4
Итого:	1,00	4,75	3,75
$I_{p1} = 0,42*5 + 0,28*5 + 0,13*4 + 0,17*5 = 4,87;$ $I_{p2} = 0,42*4 + 0,28*3 + 0,13*3 + 0,17*4 = 3,59.$			

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [9, стр. 33]:

$$I_{испi} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}^{испi}}, \quad (37)$$

Получаем, $I_{исп1} = 4,87/1 = 4,87$;

$$I_{исп2} = 3,59/1 = 3,59.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$) определяется по формуле [9, стр. 33]:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}, \quad (38)$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что наиболее эффективный вариант решения технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности это первый вариант исполнения разработки.

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп1.	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки	1,00	1,00
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,87	3,59
Интегральный показатель эффективности	4,87	3,59
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,35	1,35

Выводы по главе: в результате проведения оценки ресурсоэффективности разрабатываемого проекта было получено достаточно высокое значение интегрального показателя (4,87 из 5). Полученный результат показывает эффективность реализации данного проекта.

Высокие оценки производительности, надежности, эксплуатации говорят о корректности выполненной разработки.

В ходе выполнения данного раздела можно сделать вывод о том, что достигнутые цели были выполнены с помощью поэтапного решения задач:

1) Проведен анализ конкурентных технических решений, который доказал, что перспективность разработки выше среднего.

2) Была проведена QuaD-технология, на основании которой был сделан вывод о целесообразности вложения денежных средств в технический проект.

3) На этапе планирования был построен план-график выполнения этапов работ для научного руководителя и бакалавра. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было проведено в первой половине февраля. Выполнение технологической части работы, самая продолжительная часть, которая составляет 27 рабочих дней. Защитить технический проект планируется в начале июня.

4) Была рассчитана смета технического проекта. Из расчета видно, что на реализацию проекта необходимы затраты в размере 174 тыс. р.

5) Был определен интегральный показатель ресурсоэффективности. Значение показателя составило 4,87 из 5, что показывает о эффективности реализации данного проекта.

4 Социальная ответственность

Целью раздела «Социальная ответственность» является выявление и анализ вредных и опасных факторов, имеющих место на объекте, в данном случае – механический цех №8, и разработка мер по снижению воздействия этих факторов на персонал, а также принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

При этом необходимо следовать правилам, нормам, инструкциям и прочим документам, закрепленным в нормативно-правовых актах. Социальная ответственность должна обеспечивать: исключение несчастных случаев; защиту здоровья работников; снижение вредных воздействий на окружающую среду; экономное расходование невозобновляемых природных ресурсов.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На основании Коллективного договора между Работодателем и Работниками Общества с ограниченной ответственностью «Томскнефтехим» на 2017-2019 гг. рассмотрим правовые нормы трудового законодательства:

1) Нормальная продолжительность рабочего времени для работников предприятия не может превышать 40 часов в неделю.

2) Работнику предоставляется ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительностью 28 календарных дней.

3) Оплата труда каждого работника зависит от его личного трудового вклада, квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества труда, с учетом результатов работы предприятия, и максимальным размером не ограничивается.

4) Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере.

Размер повышенной оплаты труда составляет:

- до 12 % за работу в тяжелых и вредных условиях труда;
- до 24 % за работу в особо тяжелых и особо вредных условиях труда

5) Выплачивать премию за высокий профессионализм работникам, имеющим стаж работы на предприятии не менее 5 лет, при условии отсутствия случаев нарушения трудовой, производственной дисциплины, иных взысканий.

6) Работодатель обеспечивает предоставление работникам, работающим во вредных условиях труда, санаторно-курортное лечение за счет средств социального страхования при условии финансирования Фондом социального страхования данных предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников.

7) Работодатель обязуется обеспечивать здоровые и безопасные условия труда работников на основе комплекса социально-трудовых, организационно-технических, лечебно-профилактических и санитарно-гигиенических мероприятий в соответствии с действующим законодательством по охране труда и промышленной безопасности, признавая приоритетными направлениями своей деятельности – сохранение жизни и здоровья работников.

4.2 Производственная безопасность

В данном разделе рассматривается производственное помещение, промышленного предприятия ООО «Томскнефтехим» цех №8, в котором производится изготовление детали типа «Палец».

При производстве детали типа «Палец» на участке цеха используется следующее оборудование: токарный станок, сверлильный станок, токарный станок с ЧПУ, фрезерный станок с ЧПУ.

Составим обобщающую таблицу «Опасные и вредные факторы при изготовлении детали «Палец»» (табл.4.1), которая необходима для целостного представления обо всех выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте, связи их с запроектированными видами работ [10].

Для выбора опасных и вредных факторов используем ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 4.1 – Опасные и вредные факторы при изготовлении детали «Палец»

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Изготовление детали	- Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Повышенный уровень вибрации; - Повышенный уровень электромагнитных излучений; - Недостаточная освещенность на рабочем месте; - Неблагоприятные условия микроклимата	- Механические повреждения (движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования); - Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования; - Электрический ток; - Пожароопасность.	- ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ; - ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ; - ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ; - ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ; - ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; - ГОСТ Р 12.1.0192009 ССБТ; - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03; - СанПиН 2.2.4.548–96; - СН 2.2.4/2.1.8.562–96; - СП 52.13330.2011; - ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ; - СНиП 23-05-95.

4.2.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

4.2.1.1 Повышенный уровень шума

Источником возникновения шума на территории цеха №8 являются технологическое оборудование в основных производственных цехах, металлообрабатывающие станки основного и вспомогательного производств.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Согласно ему, допустимые уровни звукового давления следует принимать, как в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В цехе №8 уровень шума составляет 75 дБ.

Для защиты от шума согласно «СП 51.13330.2011. Защита от шума» применяются строительно-акустические меры: звукоизоляция ограждающих конструкций; звукопоглощающие конструкции и экраны; глушители шума; правильная планировка и застройка. К шумопоглощающим относятся экраны, панели которых заполнены звукопоглощающим материалом: базальтовой ватой. Со стороны источника шума шумопоглощающие экраны покрыты перфорированным металлическим листом для улучшения вхождения звука в панель и последующего поглощения его кинетической энергии [11].

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяются: противοшумные вкладыши, наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

4.2.1.2 Повышенный уровень вибрации

При изготовлении детали типа «Палец», на рабочего может воздействовать локальная вибрация, источником которой являются станки.

Санитарно-гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации, ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ». Вибрационная безопасность. Общие требования».

Для нашего случая выбираем категорию: 3 тип «а». Характеристика условий труда: технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Санитарные нормы показателей вибрационной нагрузки на оператора для длительности смены 8 ч приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Допустимые уровни вибрационной нагрузки

Вид вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Направление действия	Нормативные, скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения			
			виброускорения		виброскорости	
			м x с-2	дБ	м x с-2 x 10-2	дБ
Локальная	-	X_L, Y_L, Z_L	2.0	126	2.0	112
Общая	3 тип «а»	Z_0, Y_0, X_0	0.1	100	0.2	92

Для ослабления действия вибрации на организм человека принимаются следующие меры: балансировка вращающихся масс; уменьшение технологических допусков на изготовление и сборку машин и инструментов; ограничение времени воздействия вибрации.

В качестве фундамента всегда рекомендуется использовать сплошную монолитную железобетонную плиту, сглаживающую влияние неоднородностей грунтового основания и способствующую распределению, а значит снижению колебаний по площади фундамента.

Требования к фундаменту:

- 1) Масса плиты должна быть в 4-5 раз возможной силы вибрации;
- 2) Фундаменты под виброоборудование располагают ниже уровня фундаментов под здание;
- 3) Обязательно устройство демпфирующего слоя между фундаментом под оборудование и грунтом (ракушечник, перлит, резина и тд.).

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяются: перчатки, виброизолирующая обувь, коврики [11].

4.2.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электрических полей являются системы передачи и распределения электроэнергии, а также электрооборудование.

В соответствии с ГОСТ 12.1.002 – 84 устанавливается допустимая мощность электромагнитных полей (ЭМП): $< 10 \text{ мкВт/см}^2$ – допускается пребывание в течение 8 часов; от 10 до 100 мкВт/см^2 – пребывание не более 2 часов; $> 100 \text{ мкВт/см}^2$ – допустимое время пребывания < 20 минут;

Для населения – не более 1 мкВт/см^2 .

К коллективным средствам защиты относятся: стационарные устройства экранирования, переносные (передвижные) экранирующие средства защиты.

К индивидуальным средствам защиты относятся: защитные костюмы; для защиты глаз-специальные радиозащитные очки, плотно прилегающие к коже лица и имеющие стекла, отражающие электромагнитные излучения (очки изготавливаются из стекол специальных марок, металлизированных диоксидом олова.); специальная обувь, имеющая электропроводящую резиновую подошву [12].

Предельно допустимые уровни (ПДУ) магнитного поля устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия установлены в СанПиН 2.2.4.3359-16 и приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Предельно допустимые уровни магнитного поля

Время пребывания (ч)	Допустимые уровни МП Н (А/м)/В (мкТл) при воздействии	
	общем	локальном
<1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

К коллективным средствам защиты относится проведение организационных и технических мероприятий.

Организационные мероприятия: выбор рациональных режимов работы оборудования, соблюдение правил безопасной эксплуатации источников МП, ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия МП, организация рабочих мест на расстояниях от токоведущих частей оборудования, обеспечивающих соблюдение ПДУ.

Технические мероприятия: использование технических средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места (экранов, отражателей, ограждений). Для изготовления экранов используются: листовая сталь толщиной до 2 мм, стальная (медная, латунная) сетка с ячейкой до 2.5 мм.

К индивидуальным средствам защиты относятся: защитная одежда (из металлизированной ткани НАНОТЕКС) и обувь, щитки защитные лицевые.

4.2.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В механическом цехе №8 предусматривается естественное, совмещенное и искусственное освещение.

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» – определяет нормы освещенности для производственных помещений в зависимости от характеристики зрительной работы, определяемой минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона.

Нормы освещенности производственных помещений приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Нормы освещенности для производственных помещений

Характер истика зрительн ой работы	Разряд зрител ьной работы	Под разр яд зрит ельн ой рабо ты	Искусственное освещение		Естественное освещение		Совмещенное освещение		
			Освещенность, лк		КЕО* е _н , %				
			при системе комбини рованно го освещен ия	при системе общего освещения	при верхнем или комбини рованно м освещен ии	при боковом освещен ии	при верхне м или комбин ирован ном освеще нии	при боков ом осве щении и	
Средней точности	IV	б*	500	200	4	1.5	2.4	0.9	

*К подразряду зрительной работы «б» относится периодическая работа при постоянном пребывании в помещении

Мероприятия по устранению недостаточной освещенности: применение комбинированного освещения. Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

4.2.1.5 Отклонение параметров микроклимата

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха относятся: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения [11].

Санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения, в соответствии с «СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, представленным в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб* (233 - 290)	17 - 19	60 - 40	0.2
Теплый	Пб (233 - 290)	19 - 21	60 - 40	0.2

*К категории Пб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, представленным в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин		для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более **
Холодный	Пб (233-290)	15.0-16.9	19.1-22.0	15-75	0.2	0.4
Теплый	Пб (233-290)	16.0-18.9	21.1-27.0	15-75*	0.2	0.5

* При температурах воздуха 25 °С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со специальными требованиями.

** При температурах воздуха 26 - 28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со специальными требованиями.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тел работающих от производственных источников, представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
Не более 25	100

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин: 21°С - при категории работ Пб.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используется: механизация и автоматизация технологических процессов; устройство систем вентиляции, системы местного кондиционирования воздуха и отопления; защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов; применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы.

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук и головные уборы.

4.2.1.6 Химические вещества

В металлообрабатывающем цехе присутствуют такие вредные вещества, как: смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) и технологические масла (ТС). Пары этих жидкостей в воздухе, не должны превышать величину предельно-допустимой концентрации. Предельно допустимые концентрации компонентов смазочно-охлаждающей жидкости приведены в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблица 4.9 – Предельно допустимые концентрации компонентов смазочно-охлаждающей жидкости

Наименование вещества	Величина ПДК, (мг/м3)	Класс опасности
Акриловая кислота	5.0	3
Акролеин	0.2	2
Аммиак	20.0	4
Ацетон	200	4
Бутадиен	100	4
Буталакрилат	10.0	3
Винилацетат	0.2	2
Гексахлорэтан	0.08	1
Дихлорэтан	10.0	2
Метанол	5.0	3
Метатиол	0.8	2

Продолжение таблицы 4.9

Метилакрилат	5.0	3
Метилпропионат	10.0	3
Масляный альдегид	5.0	3
Метилметакрилат	0.7	2
Минеральное масло	5.0	3
Метилнафталин	20.0	4
Меркаптан	0.1	1
Сероуглерод	10.0	2
Сера	6.0	4
Свинец	0.01	1
Сернистый газ	10.0	3
Нитрит натрия	5.0	3
Тетрахлорэтан	5.0	3
Трихлорэтан	20.0	4
Тетрахлорметан	2.0	2
Углерод оксид	20.0	4
Уксусная кислота	5.0	3
Фенол	0.3	2
Формальдегидд	0.8	2
Этанол	5.0	4
Этилметакрилат	0.048	1
Хлор	1.0	2
Хром 3+	1.0	3
Хром 6+	0.01	1
Хлористый водород	5.0	2
Бензол	5.0	2

Периодичность контроля за ПДК вредных веществ устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для 1 класса - не реже 1 раза в 10 дней, 2 класса - не реже 1 раза в месяц, 3 и 4 классов - не реже 1 раза в квартал.

Средства защиты: коллективные средства – вентиляция, очистка воздуха; герметизация устройств, в которых ведутся производственные процессы связанные с образованием паров; механизация и автоматизация технологического процесса. Индивидуальные средства – спецодежда, средства защиты органов дыхания (респираторы), рук (перчатки), лица, глаз (защитные очки) [13].

4.2.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

4.2.2.1 Механические опасности

К механическим опасностям относят: движущиеся механизмы и их части, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; расположение рабочего места на значительной высоте; повышенная запыленность воздуха, стружка от обработки деталей. Слабое и ненадежное крепление инструмента (фрезы, резца, сверла) на станке может явиться причиной травм рабочего. Возможно падение заготовки/детали при установке и снятии со станка, что может привести к ушибу или перелому. Процесс резания сопровождается пылевыведением, при обработке магния. Также в процессе резания испаряется СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость), которая используется на станках.

Коллективные средства защиты реализуются при механизации и автоматизации производственных процессов; использовании роботов и манипуляторов, дистанционном управлении оборудованием; определении размеров опасной зоны; применении ограждений, блокировок, световой и звуковой сигнализации.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) специальная одежда, обувь, защитные каски, маски [14].

4.2.2.2 Электроопасность

Безопасные номиналы: $I < 0.1 \text{ А}$; $U < 36 \text{ В}$; $R_{\text{заземл}} < 4 \text{ Ом}$.

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции, ошибочно поданное напряжение на рабочее место; отсутствие заземления, замыкание в результате аварии.

Электроустановки разделяют по напряжению: с напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием

агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током производственное помещение (механический цех) относится к классу помещений с повышенной опасностью, так как характеризуется наличием токопроводящей пыли и токопроводящего железобетонного пола, также есть возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой).

Проблема токопроводящих полов решается оборудованием рабочих мест деревянными плитами (решетками). А токопроводящая пыль устраняется с помощью устройств местной вытяжной вентиляции.

Для защиты персонала от поражающего действия электрического тока применяют специальные защитные средства, которые делятся на:

- а) основные защитные средства;
- б) дополнительные защитные средства.

В электроустановках напряжением до 1000 В, используются СИЗ:

- электрические перчатки;
- инструмент с изолированными рукоятками;
- указатели напряжения.

Дополнительными называются такие защитные средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от напряжения током.

В электроустановках напряжением до 1000 В:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические резиновые коврики;
- изолирующие подставки.

Основные и дополнительные защитные средства при всех операциях должны применяться совместно друг с другом.

Средства коллективной защиты в механическом цехе от поражающего действия тока:

1. Защитное заземление.
2. Зануление.
3. Защитное отключение.
4. Защитные ограждения.
5. Разделительные трансформаторы.

К средствам защиты от повышенного уровня статического электричества относятся: заземляющие устройства; нейтрализаторы; увлажняющие устройства; антиэлектростатические вещества; экранирующие устройства.

4.2.2.3 Пожаробезопасность

В соответствии с «НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение цеха №8 относится к категории «В4», так как в цехе обрабатывается магний, который относится к огнеопасным веществам.

Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются специальными государственными постановлениями и указами СНиП 21-0197* Пожарная безопасность зданий и сооружений, ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда «Пожарная безопасность. Общие требования».

Источники пожарной опасности в помещении механического цеха

Магний (Сильно огнеопасен в виде порошка. Вещество может спонтанно воспламеняться при контакте с искрой в мелкораздробленном состоянии. В огне выделяет раздражающие или токсичные пары (или газы)); Высокая температура: перегрев оборудования в огнеопасной атмосфере; Выход из строя, например, короткое замыкание.

Меры по обеспечению пожарной безопасности. Средства пожаротушения

Средства пожаротушения подразделяют на первичные, стационарные и передвижные (пожарный автомобили).

К первичным средствам относятся передвижные (свыше 25 л) и ручные (до 10 л) огнетушители, переносные огнегасительные установки, внутренние пожарные краны, ящики с песком, асбестовые покрывала, противопожарные щиты с набором инвентаря и др. Для быстрой локализации очагов возгорания служат ручные огнетушители.

В производственном помещении, где изготавливается деталь "Палец" размещено электрооборудование, находящееся под напряжением. Так же изготавливаются детали из магния. Для ликвидации возгорания применяются только порошковые огнетушители для тушения металлов (ОП-5) и углекислотные (ОУ-3) огнетушители для тушения возгораний в электроустановках [15].

Для быстроты оповещения о начале пожара используется система пожарной сигнализации.

Для предотвращения возникновения пожаров:

- 1) Проводятся профилактические мероприятия, инструктажи рабочих.
- 2) В каждом цехе предусмотрены меры эвакуации: запасные выходы, пожарные проходы, планы эвакуации.
- 3) Присутствуют средства пожаротушения.
- 4) В доступном месте висят инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планы эвакуации с телефонами спецслужб.
- 5) Имеется звуковая пожарная сигнализация.
- 6) Система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

План эвакуации цеха №8 приведен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – План эвакуации цеха №8

4.3 Экологическая безопасность

Влияние объекта исследования на окружающую среду

Механическая обработка металлов на станках сопровождается образованием: металлической стружки, отработанной смазочноохлаждающей жидкости (СОЖ), пыли. Пары эмульсии и пыль через вентиляционную систему поступают из помещений в атмосферу. Помимо этого имеется и промышленный мусор. Загрязнение гидросферы металлорежущими станками

может произойти при чистке станков и его узлов. В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, которые наблюдают за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды [16].

Методы обеспечения экологической безопасности

- совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с меньшим уровнем негативного воздействия на окружающую среду;
- замена токсичных отходов на нетоксичные.
- вовлечение образовавшихся отходов во вторичное производство.
- ограничение выбросов промышленного производства с последующей утилизацией или захоронением отходов.
- разработка и внедрение малоотходных технологий.

1. Металлическая стружка. Образование производственных отходов в виде металлической стружки подразумевает под собой утилизацию или вторичную переработку данного материала. В частности, стружка - материал, пригодный для последующего применения и переплавки в сталеплавильных печах для получения нового металла.

Общий цикл утилизации стружки следующий: стружка по конвейерной ленте из станка попадает в цеховой бак приемки стружки, затем погрузчиком, на территории предприятия, складировается в специальных контейнерах, они различаются по виду стружки – для каждого вида стружки отдельный контейнер, как только контейнеры заполняются стружкой их, вывозят на металлоперерабатывающие предприятия и продают как вторсырье. Там стружка очищается от посторонних включений (мусор, масла, СОЖ), путем прогонки через магнитные ковши и печи малой температуры, брикетируется и далее может быть доставлена на сталелитейные предприятия, где она может быть переплавлена как сама по себе, так и добавлена в другие расплавы в печах, из которых в дальнейшем получают сталь для заготовок, которые вновь используются на производстве.

2. СОЖ. Химическая и физическая устойчивость СОЖ позволяет организовать их циклическое использование с регулярным восстановлением первоначальных свойств. Оно заключается в механической очистке от твердых включений, нейтрализации окислителей, обеззараживании и биологической очистке.

Для нашего предприятия рентабельней утилизировать СОЖ на специальных заводах и фабриках. Отработанная СОЖ из баков станков откачивается насосами в специальные бочки для хранения и транспортировки агрессивной жидкости и доставляется погрузчиком на складе ГСМ на хранение, до заполнения всей свободной тары. Далее ее отвозят в компанию, специализирующуюся на переработке отработанных спец. жидкостей.

3. Абразив, пыль, масляный туман. Все эти категории отходов объединяются одним общим свойством – переносом по воздуху.

Для металлообрабатывающего цеха характерно механическое удаление воздуха из помещения с поступлением воздуха через окна и двери.

Как правило, вентиляция для удаления воздуха осуществляется осевыми вентиляторами, установленными на крыше или стене цеха, и имеет выходной рукав непосредственно на улицу, в окружающую среду.

Так же существует метод, при котором к рабочей зоне станка непосредственно подается передвижной фильтровальный агрегат. Благодаря такой схеме удастся исключить капитальные и эксплуатационные затраты для стационарных вытяжных систем, более гибкая настройка удаления загрязнения из зоны станка.

Фильтры подразделяются в зависимости от задачи удержания тех или иных вредных веществ в воздухе:

- Агрегаты для улавливания пыли. Предназначены для удаления твердых сухих пылей (абразивных, металлических, неметаллических - графит, стекло и т.п.) при среднем размере от 3 мкм и более или от 0,3 мкм и более при наличии БУО.

Цель защиты атмосферы от вредных выбросов сводится к обеспечению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и приземном слое атмосферы, равных или менее ПДК (предельно допустимая концентрация). Для соблюдения ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест устанавливают предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ из систем вытяжной вентиляции, различных технологических и энергетических установок.

Согласно Федеральному закону № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» предприятия, оказывающие воздействия на среду обитания и здоровье человека в обязательном порядке должны иметь санитарно-защитную зону (СЗЗ), которая предназначена для: обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов за ее пределами; создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки; организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Рассмотрим ЧС техногенного характера – несанкционированное проникновение на рабочее место и ЧС природного характера – сильные морозы (относятся к группе метеорологических опасных явлений) [17].

1) Сильные морозы.

Производственное помещение предприятия ООО «Томскнефтехим» - цех №8, находится в городе Томске (умеренный климатический пояс).

В зимний период температура в г. Томск может опускаться до -45°C . Сильные морозы могут привести к авариям на электросетях, теплосетях, водоканале, транспорте.

На случай отключения электроэнергии на предприятии предусмотрена резервная дизель-электрическая установка с запасом топлива. Для отопления производственных площадей используют 2 газовых котла, один котёл находится в резерве.

Ущерб от сильных морозов связан также с переохлаждением, замораживанием технических объектов, разрушением систем отопления, при возникновении отключения теплоснабжения в цеху предприятия имеется газовые обогреватели с катализатором (дизельные станции, калориферы и т.п.), которые могут обогреть производственные помещения в сильные морозы, чтобы работа на производстве не прекратилась.

На предприятии собственная насосная станция, для обеспечения его водой. На случай аварии предусмотрен резерв воды, который позволит предприятию бесперебойно функционировать несколько дней.

Транспорт, обслуживающий производство, круглогодично находится и обслуживается в отапливаемом ангаре. Все вышеперечисленные меры предусмотрены для бесперебойного функционирования предприятия в случае ЧС.

2) Несанкционированное проникновение на рабочее место.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие оборудовано системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи. Также предусмотрено расположение помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. На предприятии создана служба гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, способная быстро и правильно реагировать на любые возможные ЧС на предприятии.

Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Выводы по главе: в ходе выполнения данного раздела были рассмотрены вопросы: анализ вредных и опасных факторов производственной среды,

обеспечение производственной безопасности, экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях не только актуальная для современного человека область знаний, права и деятельности, но и весьма сложная область, включившая в себя в теоретическом и практическом плане значительное число различных дисциплин, правовых норм и огромный опыт трудной и опасной работы по противодействию чрезвычайным ситуациям.

Заключение

В ходе проведенной выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс изготовления детали «Палец» на основании исходных данных с заданными характеристиками.

В первом разделе, был определен тип производства (мелкосерийный), произведен анализ технологичности конструкции детали и выбор исходной заготовки. Также был разработан технологический процесс и выполнен его размерный анализ. На основании технологического процесса изготовления детали было выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование операций.

Во втором разделе работы было спроектировано станочное приспособление к сверлильной операции.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен анализ конкурентных технических решений, разработан график проведения технического проекта, рассчитан бюджет наудотехнического исследования и определена его ресурсоэффективность.

Раздел «Социальная ответственность» содержит анализ вредных и опасных факторов производственной среды, рассмотрены также вопросы обеспечения экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Список использованных источников

1. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Данилевский, В.В. Технология машиностроения / В.В. Данилевский. – М.: Высш. Школа, 1977. – 479 с.
3. Скворцов, В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф Скворцов. – Томск: изд. ТПУ 2006. – 100 с.
4. Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2 / А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. Безъязычный, В.Ф. Расчет режимов резания: учебное пособие / В.Ф Безъязычный, И.Н. Аверьянов, А.В. Кордюков, – Рыбинск: РГАТА, 2009 – 185 с.
6. Султан-заде, Н.М. Технология машиностроения. Выпускная квалификационная работа для бакалавров / Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. – М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 288 с.
7. Анализ технологичности детали [Электронный ресурс] – URL: https://studwood.ru/1601758/tovarovedenie/analiz_tehnologichnosti_detali (дата обращения 12.03.2019).
8. Блюмберг, В.А., Справочник фрезеровщика / В.А. Блюмберг, Е. И. Зазерский – Ленинград: Машиностроение, 1984. – 288 с.
9. Видяев, И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
10. Назаренко, О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-

е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.

11. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П.П. Кукин и др. – 5-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2009. – 335 с.

12. Аврамов, Ю.С. Защита человека от электромагнитных воздействий / Ю. С. Аврамов, Н. Н. Грачев, А. Д. Шляпин. – Москва: Изд-во МГИУ, 2002. – 232 с.

13. Пряников, В.И. Техника безопасности в химической промышленности: учебное пособие / В. И. Пряников. – Москва: Химия, 1989. – 288 с.

14. Корнилович, О.П. Техника безопасности при работе с инструментами и приспособлениями / О. П. Корнилович. – Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 93 с.

15. Максименко, Г.Т. Техника безопасности при применении пожароопасных, взрывоопасных и токсичных материалов / Г. Т. Максименко, В. М. Покровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев, 1987. – 150 с.

16. Коробкин, В. И. Экология: учебник / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – 19-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. – 603 с.

17. Жуков, В.И. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / В. И. Жуков, Л. Н. Горбунова; Сибирский федеральный университет (СФУ). – Москва; Красноярск: Инфра-М Изд-во СФУ, 2014. – 392 с.

Приложение А (обязательное) Чертеж детали «Палец»

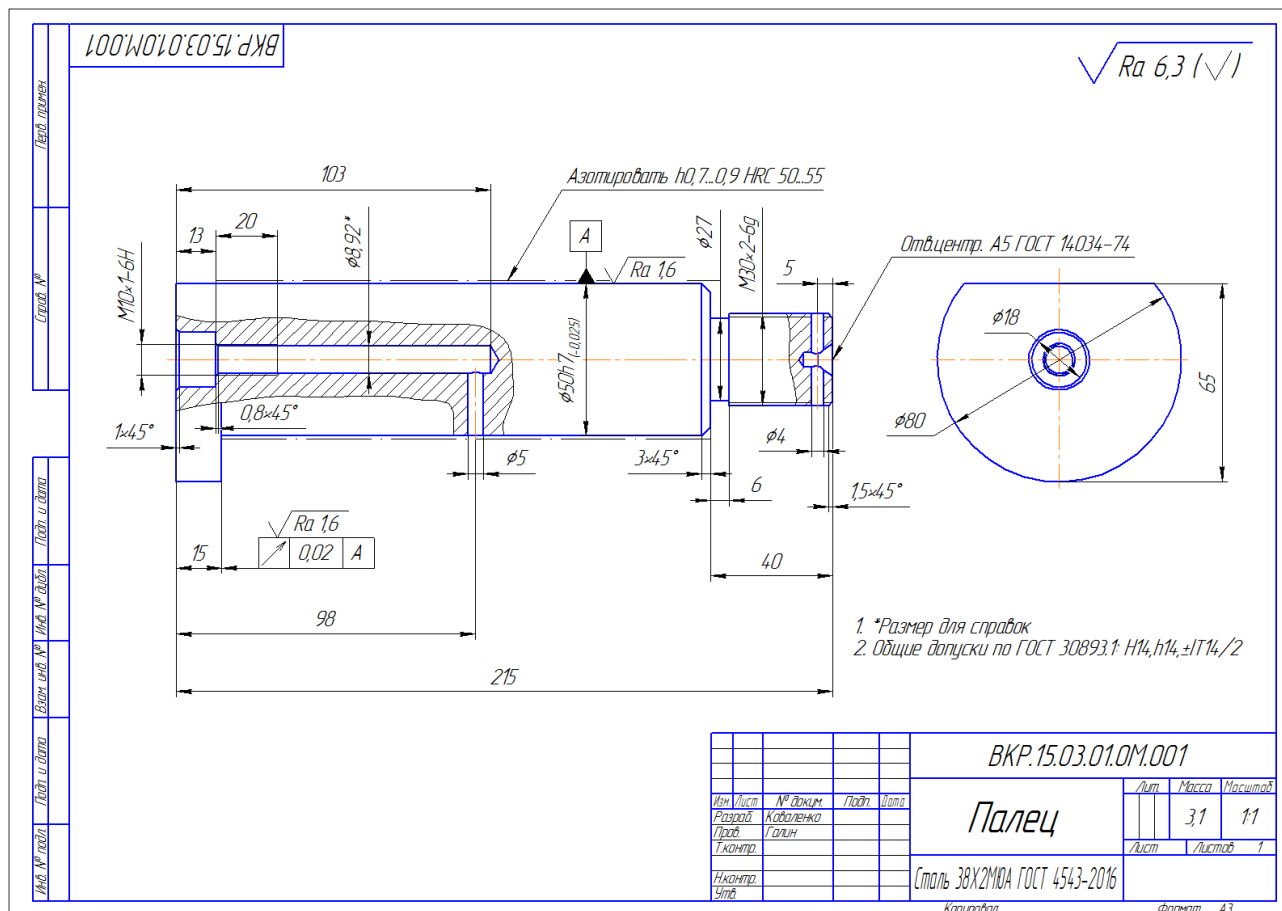


Рисунок А.1 – Чертеж детали «Палец»

Линейная размерная схема

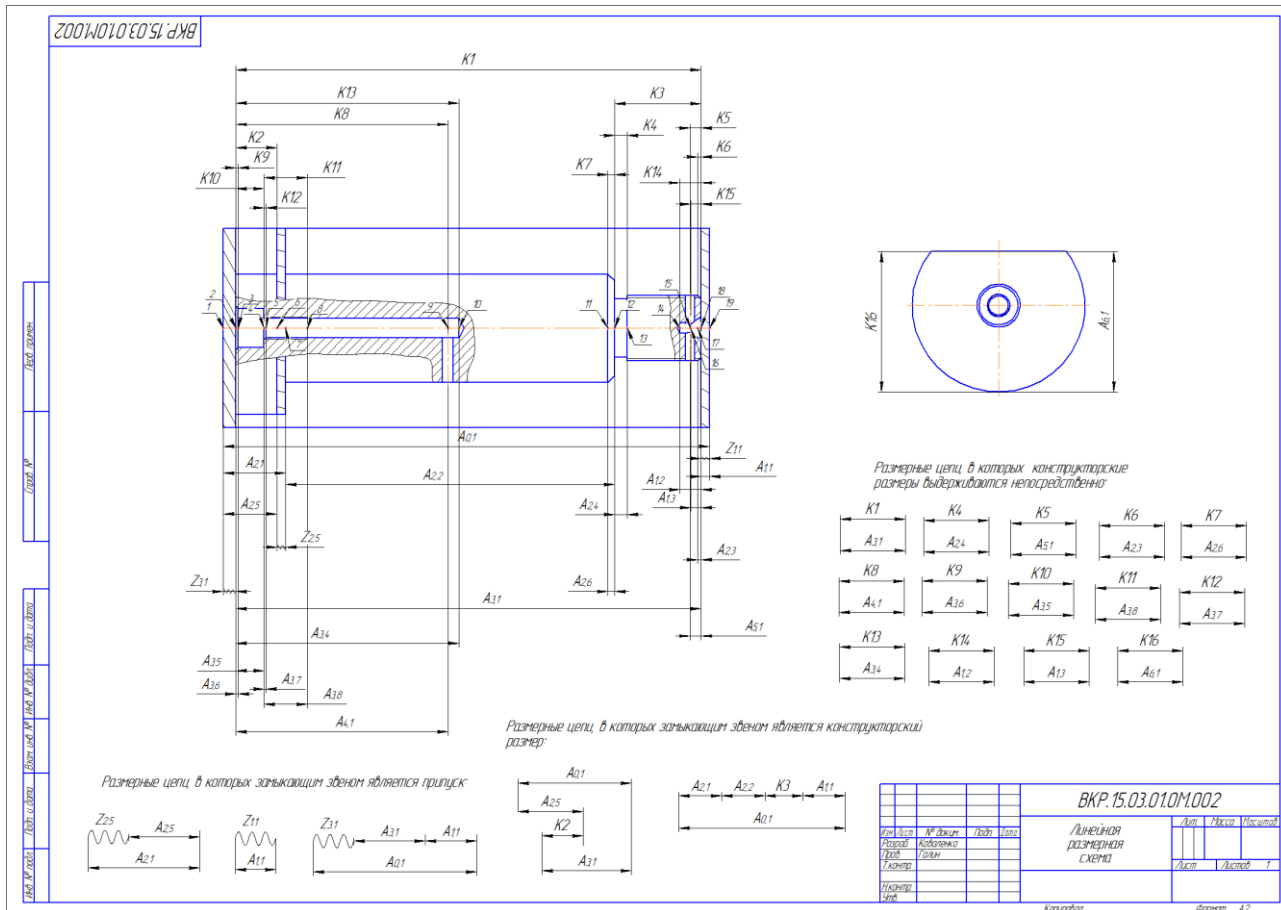


Рисунок Б.1 – Линейная размерная схема

Приложение Г (обязательное) Граф дерево

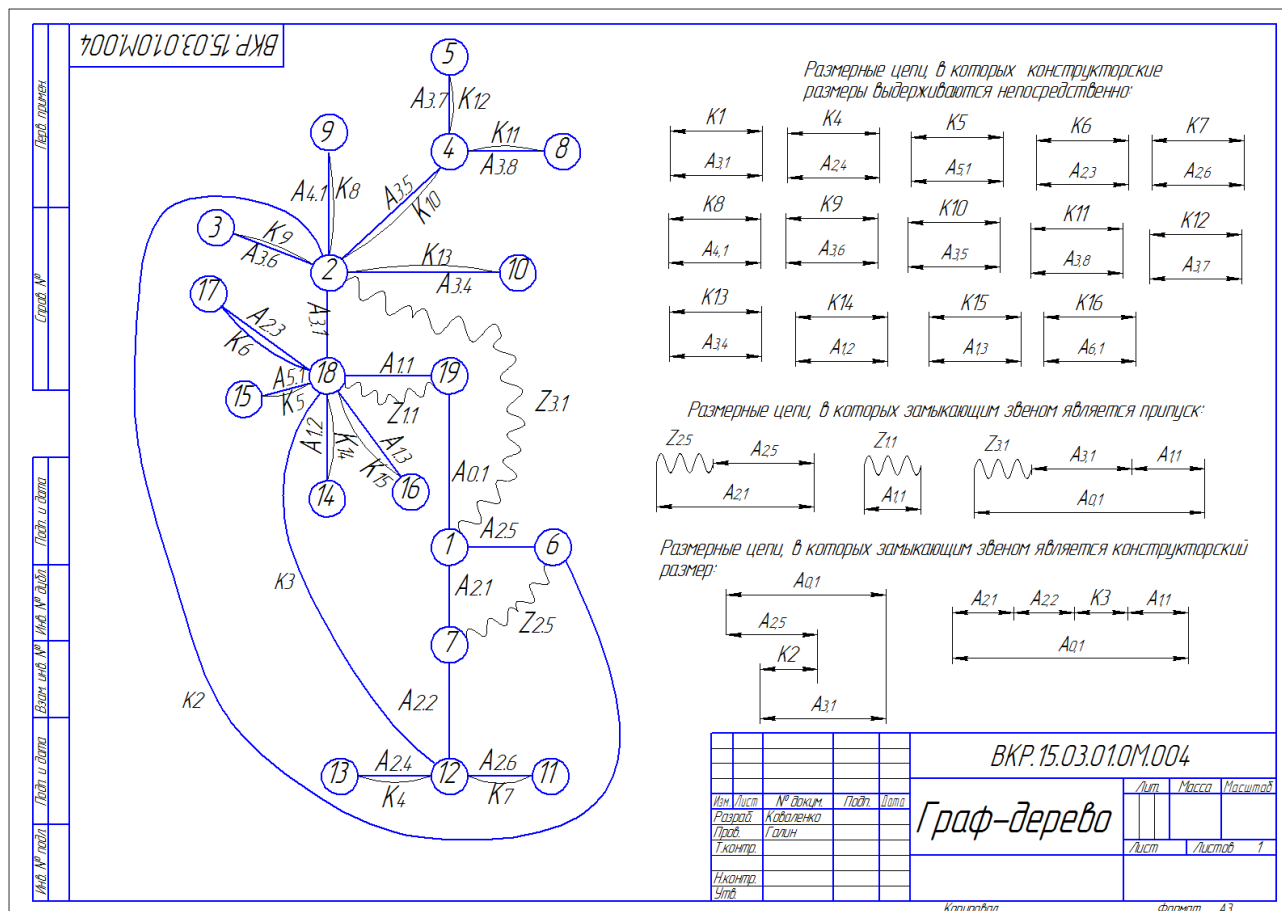


Рисунок Г.1 – Граф дерево

Приложение Д (обязательное) Технологическая оснастка

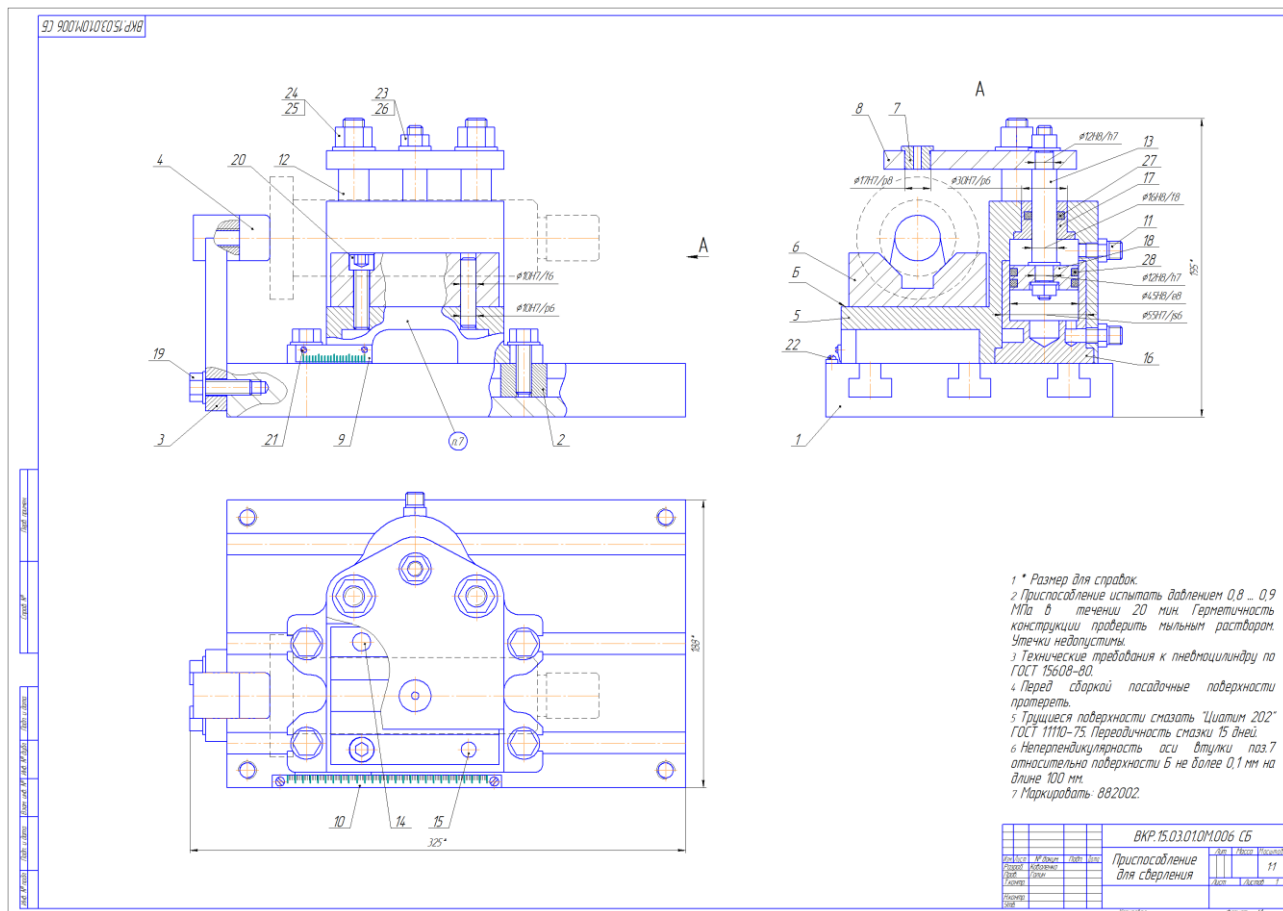


Рисунок Д.1 – Технологическая оснастка

Приложение Е (обязательное) Спецификация

[illegible]

Рисунок Е.1 – Спецификация

