

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления детали Концентратор

УДК 621.81-217.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л31	Толстобров Антон Анатольевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2018 г

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

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Ефременков Е.А
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л31	Толстоброву Антону Анатольевичу

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления детали Концентратор	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	05.05.2018г №2348/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>-Чертеж детали; -Годовая программа выпуска.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<i>-Аналитический обзор научно-технической литературы; -Определение типа производства, форм и методов организации работ; -Анализ технологичности конструкции детали; -Выбор заготовки; -Разработка маршрута обработки детали; -Размерный анализ техпроцесса; -Выбор оборудования; -Расчет и назначение режимов обработки; -Нормирование технологического процесса; -Конструирование приспособления.</i>
Перечень графического материала	<i>-Чертеж детали; -Чертеж приспособления</i>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологический	Петровский Евгений Николаевич
Конструктоский	Петровский Евгений Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л31	Толстобров Антон Анатольевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
38Л31	Толстобров Антон Анатольевич

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость расходных материалов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления во внебюджетные фонды (27,1%) - расчет дополнительной заработной платы (15%)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- потенциальные потребители результатов исследования; - анализ конкурентных технических решений; - SWOT – анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- структура работ в рамках научного исследования; - определение трудоемкости выполнения работ; - разработка графика проведения научного исследования; - бюджет научно – технического исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение интегрального показателя эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Старикова Екатерина Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
38Л31	Толстобров Антон Анатольевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
38Л31	Толстобров Антон Анатольевич

ШКОЛА	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема дипломной работы: «Разработка технологического процесса изготовления детали "Концентратор" и оснастки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения.	<p>Деталь «Концентратор» изготавливается в КМ (Комплекс машиностроения) предприятия АО "НИИПП"</p> <p>На участке цеха используется следующее оборудование: токарные станки с ЧПУ, фрезерные станки с ЧПУ, ленточная пила, координатно-шлифовальный станок, плоско-шлифовальный станок, закалочная печь, верстаки, ПК, измерительные микроскопы.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью; – предлагаемые средства защиты; <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности; – термические опасности; – электробезопасность. 	<p>Основными вредными факторами на Рабочем месте являются:</p> <p>производственный шум, электромагнитное поле, несоответствие нормам микроклимата, освещенность, физические перегрузки. Расчет освещения рабочего места</p> <p>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; пожарная безопасность; промышленная санитария.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу; – анализ воздействия объекта на гидросферу; – анализ воздействия объекта на литосферу; – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>В данном разделе рассматривается воздействие оборудования и материалов, находящихся в цехе на окружающую природную среду. Так же рассматриваются Меры по обеспечению экологической безопасности. Наличие отходов: стружка, СОЖ, абразивная пыль, и способы утилизации.</p>

<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Наиболее вероятные ЧС, которые могут возникнуть в цехе - это:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. сильные морозы. 2. несанкционированное проникновение на рабочее место.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства, мероприятия при компоновке рабочей зоны, приведен перечень НТД. План эвакуации. План размещения светильников.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		26.02.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
38Л31	Толстобров Антон Анатольевич		26.02.2018

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 15.03.01. Машиностроение

Уровень образования Бакалавр

Отделение школы Материаловедения

Период выполнения _____ 2017/2018 учебный год

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.03.18	Проектирование технологического процесса	30
30.04.18	Проектирование станочного приспособления	30
10.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
17.05.18	Социальная ответственность	15
28.05.18	Оформление работы	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Е.Н.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01. Машиностроение	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 173 с., 10 источников, 6 прил.

Ключевые слова: технология, разработка, оснастка, точность, базирование.

Объектом исследования является деталь «Концентратор».

Цель работы – разработка технологического процесса изготовления детали «Концентратор».

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

В результате исследования 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.

Оглавление

Реферат	1
Введение	3
1. Технологическая часть	4
1.1. Техническое задание.....	5
1.2. Анализ технологичности детали.	7
1.3. Расчет такта выпуска, определение типа производства.....	7
1.4. Расчет основного времени по переходам операций	10
базового техпроцесса	10
1.5. Выбор заготовки	14
1.6. Расчет получения заготовки	15
1.7. Разработка маршрута обработки детали «Концентратор»	16
1.8. Технологический процесс изготовления.	17
1.9. Определение минимальных припусков на обработку	30
1.10. Размерный анализ техпроцесса	34
1.11. Расчет диаметральных технологических размеров	34
1.12. Расчет линейных технологических размеров	37
1.13. Расчет продольных технологических размеров	38
1.14. Принятый маршрутный технологический процесс.....	48
1.15. Выбор оборудования	62
1.16. Расчет и назначение режимов резания.....	66
1.17. Нормирование технологических операций	98
1.18. Расчет вспомогательного времени	101
1.19. Расчет оперативного времени.....	103
1.20. Расчет времени на обслуживание рабочего места	103
1.21. Расчет времени на отдых.....	104
1.22. Определение подготовительно-заключительного времени.	105
1.23. Расчет штучного времени	107
1.24. Расчет штучно-калькуляционного времени	108
2. Конструкторская часть.....	109
2.1. Введение	110
2.2. Описание конструкции станочного приспособления.....	111
и его сборки.....	111
2.3. Точностной расчет станочного приспособления	116
Расчет точности установки заготовки в приспособлении	116

2.4. Расчет погрешности станочного приспособления.....	117
3. Заключение	118
4. Список литературы	119

Введение.

Машиностроение играет основополагающую роль в ускорении научно-технического прогресса, в повышении производительности труда, в переводе экономики на интенсивный путь развития, создает условия, определяющие развитие многих видов производства и отраслей промышленности.

Важными задачами машиностроения являются совершенствование технологических процессов, внедрение автоматизации производства и точечной механизации. Необходимо так же использовать достижения науки, совершенствовать методы управления персоналом, следить за нормами охраны труда, отдыхом, организацией питания персонала.

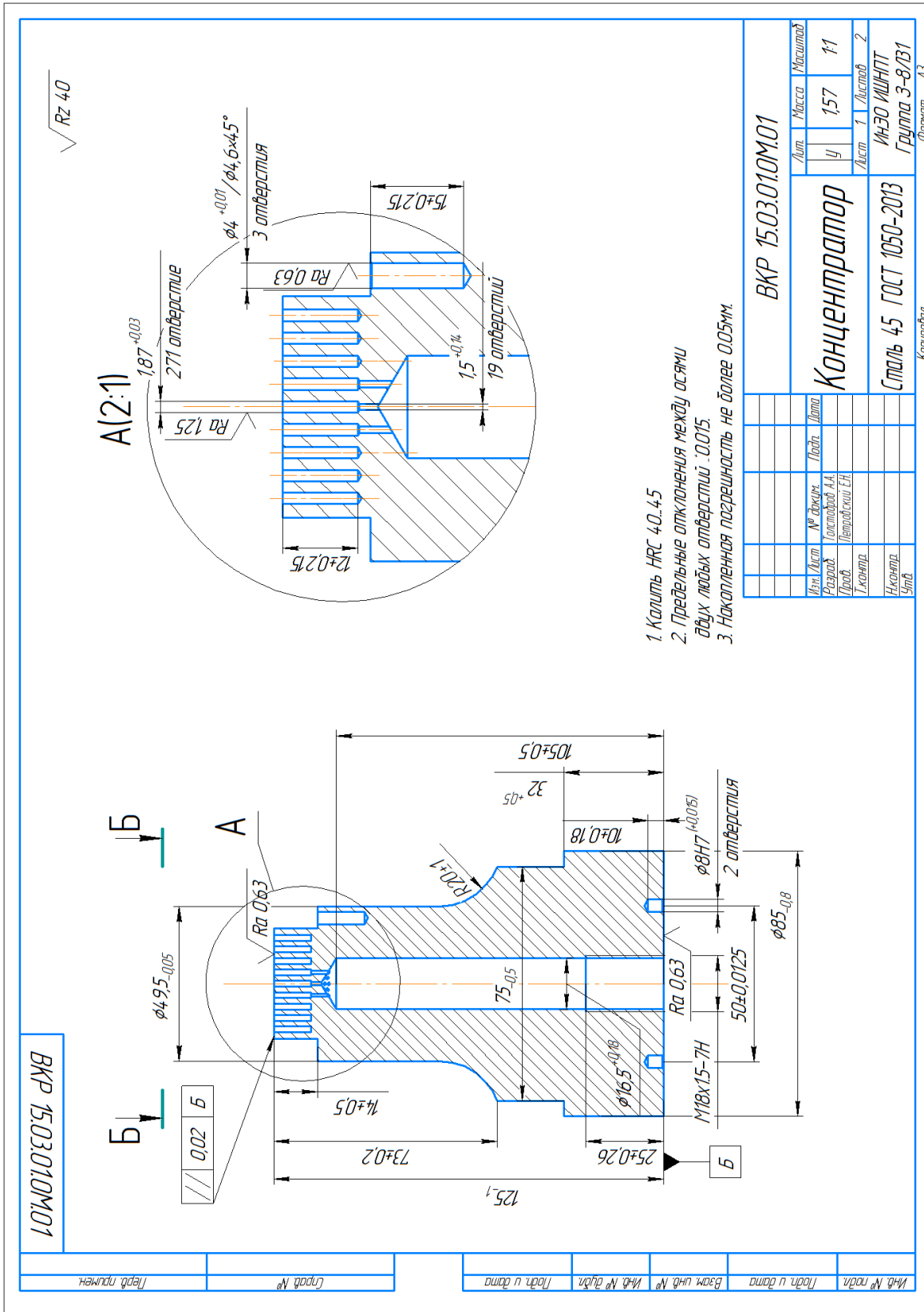
Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование технологического процесса изготовления детали – «Концентратор». Для этого необходимо рассчитать припуски, режимы резания. Выбрать оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка. Кроме того, необходимо рассчитать время, требуемое для изготовления детали. Спроектированный технологический процесс должен удовлетворять требованиям экономичности изготовления детали.

1. Технологическая часть

1.1. Техническое задание

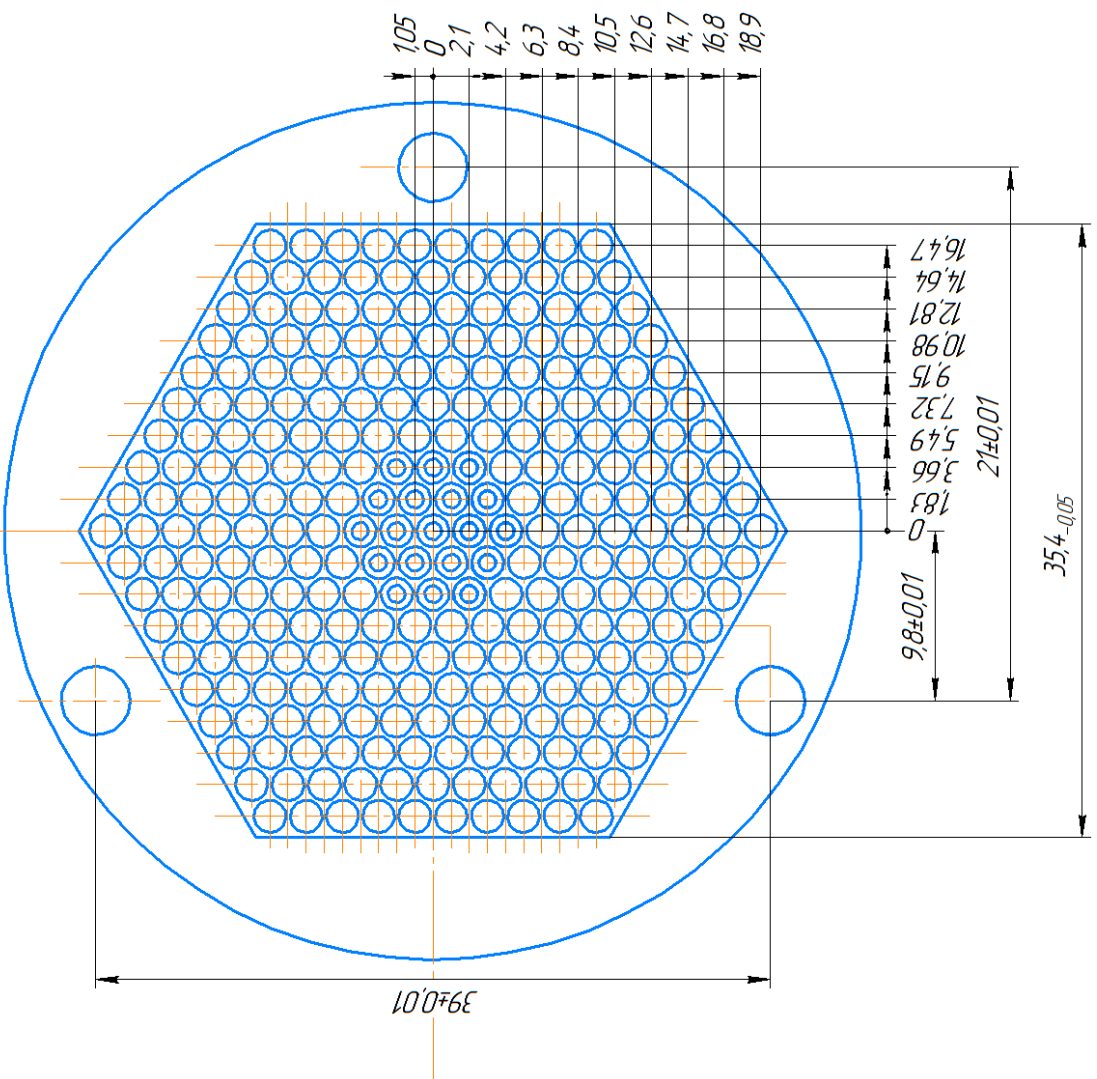
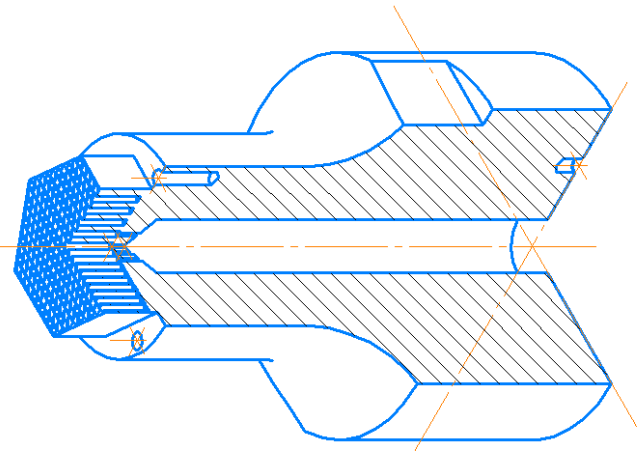
Разобрать технологический процесс изготовления детали «Концентратор».

Чертёж детали представлен ниже. Годовая программа выпуска: 2000 шт.



BKP 15.03.01.0M.01

Б-Б(4:1)



Изд. №	Изд. в дата	Взам. УИД. №	Изд. №	Изд. №	Изд. в дата

Изд. №	Изд. в дата	Изд. №	Изд. в дата	Изд. №	Изд. в дата
BKP 15.03.01.0M.01					Лист 2

1.2. Анализ технологичности детали.

Деталь имеет простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, так как большинство поверхностей являются наружными. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

При этом деталь имеет ряд отверстий которые можно признать нетехнологичными, так как имеют большую глубину:

1. Отверстие $\text{Ø}16.5 \times 105$ ($l:d > 5$)
2. 271 отверстие $\text{Ø}1.87 \times 12$ ($l:d > 5$)
3. 19 отверстий $\text{Ø}1.5 \times 18$ ($l:d > 5$)

Форма детали позволяет использовать круглый прокат в качестве заготовки и не целесообразно применение литья или штамповки в условиях серийного производства.

1.3. Расчет такта выпуска, определение типа производства.

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой выпускаемых изделий при большом объеме выпуска. Серийное производство характеризуется более широкой номенклатурой выпускаемых изделий и меньшим объемом выпуска. Серийное производство является наиболее гибким и устойчивым, наиболее поддается автоматизированию. Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий.

Тип производства определяется коэффициентом закрепления операций по формуле:

$$K_{3.0} = \frac{t_B}{T_{cp}}, \quad (1.2.1)$$

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

t_B - такт выпуска детали, мин/шт.

Такт выпуска детали, вычисляют по формуле:

$$t_B = \frac{\Phi_D \cdot 60}{N_r}, \quad (1.2.2)$$

где Φ_D – действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, ч;

$N_r=2000$ – годовой объем выпуска деталей, шт.

$$\Phi_D = \Phi_n \cdot \left(1 - \frac{K}{100}\right), \quad (1.2.3)$$

$\Phi_n = d \cdot t \cdot n$ – номинальный фонд работы оборудования при 2х сменном режиме, ч;

$K=3\%$ - коэффициент, учитывающий потери рабочего времени;

$d=247$ – число рабочих дней в 2017 году;

$t=8$ – продолжительность рабочей смены, ч;

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

$$\Phi_D = 247 \cdot 8 \cdot 2 \cdot \left(1 - \frac{3}{100}\right) = 3833 \text{ ч.}$$

$$t_B = \frac{\Phi_D \cdot 60}{N_r} = \frac{3833 \cdot 60}{2000} = 115 \text{ мин.}$$

Определяем среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса (среднюю трудоемкость) по формуле:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.к.i}}{n},$$

где $T_{шт.к.i}$ – штучно – калькуляционное время i -ой основной операции, мин.;
 n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем операций техпроцесса ($n=$).

Основное технологическое время T_0 на операционные переходы определяем по укрупненным нормативам таблица 1.2.1. [5, прилож.11 с.244]

Таблица 1.2.1 формулы для определения норм основного времени

Наименование перехода	Основное время обработки, T_0 , мин
Отрезка	$0,011 \cdot D$
Черновая подрезка торца	$0,000037 \cdot (D2-d2)$
Чистовая подрезка торца	$0,000052 \cdot (D2-d2)$
Черновое точение	$0,000075 \cdot dl$
Чистовое точение	$0,00017 \cdot dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	$0,00018 \cdot dl$
Черновое растачивание отверстий	$0,00020 \cdot dl$
Сверление отверстий	$0,00052 \cdot dl$
Зенкерование	$0,00021 \cdot dl$
Фрезерование	$0,00701$
d-диаметр обрабатываемой поверхности; l-длина обрабатываемой поверхности; D- диаметр обрабатываемого торца; (D-d)-разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца.	

1.4. Расчет основного времени по переходам операций

базового техпроцесса

005 Отрезная:

$$T_0 = 0,011 \cdot D = 0,011 \cdot 90 = 0,999 \text{ мин.}$$

010 Токарная с ЧПУ:

- переход 1

$$T_0 = 0,000037 \cdot (D_2 - d_2) = 0,000037 \cdot 902 = 0,299 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,000075 \cdot d_l = 0,000075 \cdot 85 \cdot 55 = 0,350 \text{ мин}$$

$$T_0 = 0,00017 \cdot d_l = 0,00017 \cdot 85 \cdot 55 = 0,794 \text{ мин}$$

- переход 3

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l \cdot 3 = 0,00052 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 = 0,039 \text{ мин}$$

- переход 4

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l = 0,00052 \cdot 105 \cdot 8 = 0,437 \text{ мин}$$

- переход 5

$$T_0 = 0,00031 \cdot d_l = 0,00031 \cdot 105 \cdot 16,5 = 0,537 \text{ мин}$$

- переход 6

$$T_0 = 0,00040 \cdot d_p l_p = 0,00040 \cdot 18 \cdot 25 = 0,18 \text{ мин}$$

- переход 7

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l \cdot 2 = 0,00052 \cdot 3,8 \cdot 5 \cdot 2 = 0,020 \text{ мин}$$

- переход 8

$$T_0 = 0,004 \cdot l \cdot 2 = 0,0040 \cdot 12,5 \cdot 2 = 0,100 \text{ мин}$$

015 Токарная с ЧПУ:

- переход 1

$$T_0 = 0,000037 \cdot (D_2 - d_2) = 0,000037 \cdot 902 = 0,299 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,000075 \cdot d_l = 0,000075 \cdot 74 \cdot 49,5 = 0,274 \text{ мин}$$

$$T_0 = 0,00017 \cdot d_l = 0,00017 \cdot 74 \cdot 49,5 = 0,622 \text{ мин}$$

- переход 3

$$T_0 = 0,004 \cdot 1 \cdot 2 = 0,0040 \cdot 80 \cdot 2 = 0,64 \text{ мин}$$

020 Фрезерная с ЧПУ:

- переход 1

$$T_0 = 0,007 \cdot 1 = 0,007 \cdot 122 = 0,854 \text{ мин}$$

$$T_0 = 0,004 \cdot 1 = 0,004 \cdot 122 = 0,488 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l \cdot 3 = 0,00052 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 3 = 0,012 \text{ мин}$$

- переход 3

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l \cdot 3 = 0,00052 \cdot 3,8 \cdot 15 \cdot 3 = 0,089 \text{ мин}$$

- переход 4

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l \cdot 271 = 0,00052 \cdot 1 \cdot 1,85 \cdot 271 = 0,260 \text{ мин}$$

- переход 5

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l \cdot 252 = 0,00052 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 252 = 2,358 \text{ мин}$$

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l \cdot 19 = 0,00052 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 19 = 0,296 \text{ мин}$$

025 Шлифовальная:

- переход 1

$$T_0 = 0,0025 \cdot 1 = 0,0025 \cdot 90 = 0,225 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,0025 \cdot 50 = 0,125 \text{ мин}$$

030 Фрезерная с ЧПУ:

- переход 1

$$T_0 = 0,00031 \cdot d_l \cdot 271 = 0,00031 \cdot 1,8 \cdot 12 \cdot 271 = 1,814 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,00031 \cdot d_l \cdot 271 = 0,00031 \cdot 1,9 \cdot 12 \cdot 271 = 1,915 \text{ мин}$$

035 Расточная:

- переход 1

$$T_0 = 0,0018 \cdot d_l \cdot 3 = 0,0018 \cdot 4 \cdot 15 \cdot 3 = 0,324 \text{ мин}$$

040 Шлифовальная:

- переход 1

$$T_0 = 0,0025 \cdot 1 = 0,0025 \cdot 90 = 0,225 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время i -ой основной операции, вычисляют по формуле:

$$T_{шт.к.i} = T_{oi} \cdot \varphi_{к.i}, \quad (1.2.5)$$

где T_{oi} - основное технологическое время i -ой операции, мин.;

$\varphi_{к.i}$ – коэффициент i -ой основной операции, зависящий от типа производства и вида оборудования.

Для единичного производства: [5, табл.П11.2 с.245]

$$\varphi_{к} = 2,14 \text{ (токарные станки)}$$

$$\varphi_{к} = 1,84 \text{ (фрезерные станки)}$$

$$\varphi_{к} = 2,10 \text{ (шлифовальные станки)}$$

Таблица 1.2.2 Основное и штучно-калькуляционное время для основных операций базового техпроцесса

Наименование операции	ΣT_0 , мин.	$\Sigma T_{шт.к.}$, мин.
005 Отрезная	0,999	2,137
010 Токарная	2,756	5,897
015 Токарная	1,195	2,557
020 Фрезерная	4,357	8,016
035 Шлифовальная	0,35	0,735

040 Фрезерная ЧПУ	3,729	6,861
045 Координатно - шлифовальная	0,324	0,68
050 Шлифовальная	0,225	0,472

Средне штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.к.}i}}{n} = \frac{2,137 + 5,897 + 2,557 + 8,016 + 0,735 + 6,861 + 0,68 + 0,472}{8} = 3,41 \text{ мин.}$$

Коэффициент закрепления операций (серийности):

$$K_{3.0} = \frac{t_B}{T_{\text{ср}}} = \frac{115}{3,41} = 33,$$

По значению коэффициента определяем тип производства при $K_{3.0}=10-20$ – производство является среднесерийным.

Определяем размер партии деталей (количество деталей, запускаемых в производство одновременно) по формуле:

$$\Pi = \frac{N_r \cdot a}{\Phi}, \quad (1.2.6)$$

где $\Phi=247$ – количество рабочих дней в 2017 году;

$a=15$ – нормы запаса (дне) для хранения на складе готовых деталей на складе

$$\Pi = \frac{N_r \cdot a}{\Phi} = \frac{2000 \cdot 15}{247} = 121 \text{ шт.}$$

Полученный ориентировочный размер партии для обеспечения ритмичности работы участка рекомендуется округлить до величины, кратной месячному объему выпуска

$$\Pi = \frac{N_r}{12} = \frac{5000}{12} = 166 \text{ шт.}$$

1.5. Выбор заготовки

Одним из основополагающих принципов выбора метода получения заготовки является обеспечение максимального приближения ее формы, размеров и качества поверхности к аналогичным характеристикам получаемой детали. В этом случае существенно сокращается расход металла, объем механической обработки и производственный цикл изготовления детали.

В машиностроении основными видами заготовок для деталей являются стальные и чугунные отливки, отливки из цветных металлов и сплавов, штамповки и всевозможные профили.

С учетом материала и серийности, заготовкой для детали будет являться прокат круглый сталь 45 ГОСТ 2590-88, обычной точности, диаметром $\varnothing 90^{+0.5}_{-1.3}$ (рисунок 2).

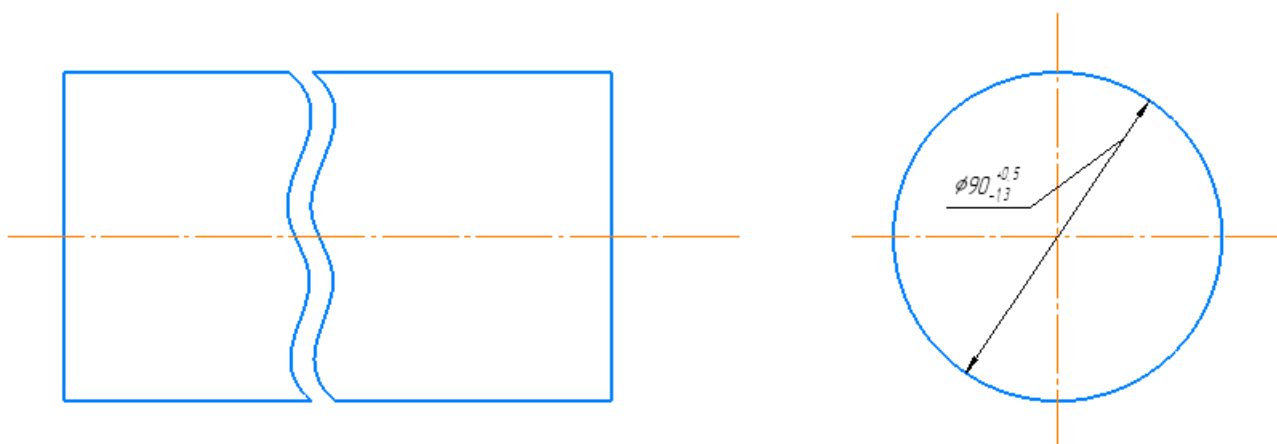


Рисунок – Заготовка (круглый прокат Сталь 45 ГОСТ 2590-88)

Сведения о материале Сталь 45 ГОСТ 2590-88 представлены в следующих таблицах

Таблица 1 - Химический состав в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
до 0.5	до 0.37	0.5-0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.08	97

Таблица 2 - Механические свойства при T=20°C

Сортамент	σ_B	δ_5	HB ⁻¹
-	МПа	%	МПа
Пруток ГК	590	18	170

1.6. Расчет получения заготовки

Выбираем заготовку сортовой круглый прокат нормальной точности ГОСТ 2590-88, $\varnothing 90^{+0.5}_{-1.3}$, длиной 130^{+1}_{-1}

Масса заготовки из круглого проката $Q_{пр}$, кг :

$$Q_{пр} = \rho \cdot V,$$

где $\rho = 7,86 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³ – плотность материала;

V – объем прутка, мм³.

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L,$$

где R – радиус прутка, мм;

L – длина заготовки, мм.

$$V = 3,14 \cdot 452 \cdot 130 = 826605 \text{ мм}^3.$$

Тогда,

$$Q_{пр} = 7,86 \cdot 10^{-6} \cdot 826605 = 6,5 \text{ кг}.$$

Коэффициент полезного использования материала:

$$K_{\text{им}}^{\text{пр}} = \frac{m_{\text{д}}}{Q^{\text{пр}}},$$

где $m_{\text{д}}$ – масса детали, кг.

Тогда,

$$K_{\text{им}}^{\text{пр}} = \frac{3,143}{6,5} = 0,48$$

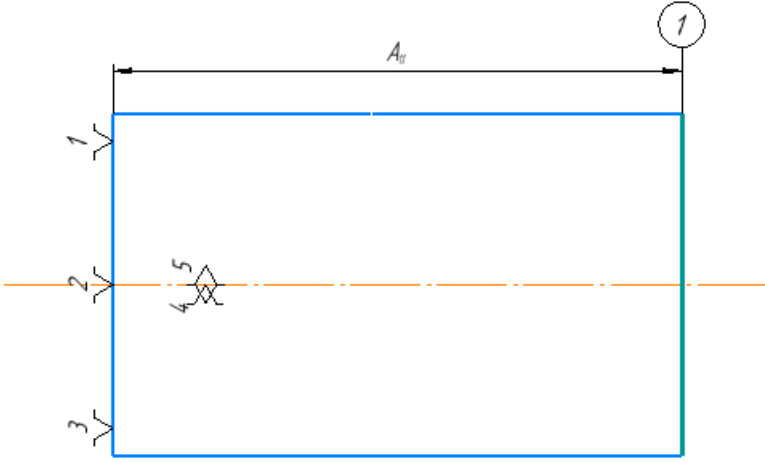
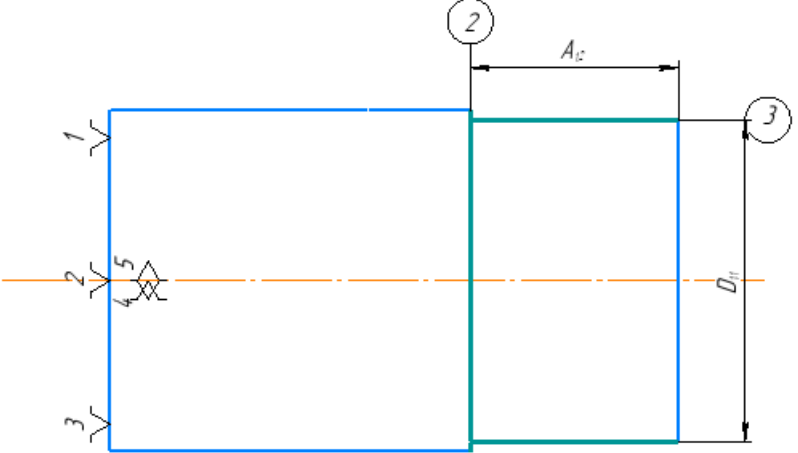
1.7. Разработка маршрута обработки детали «Концентратор»

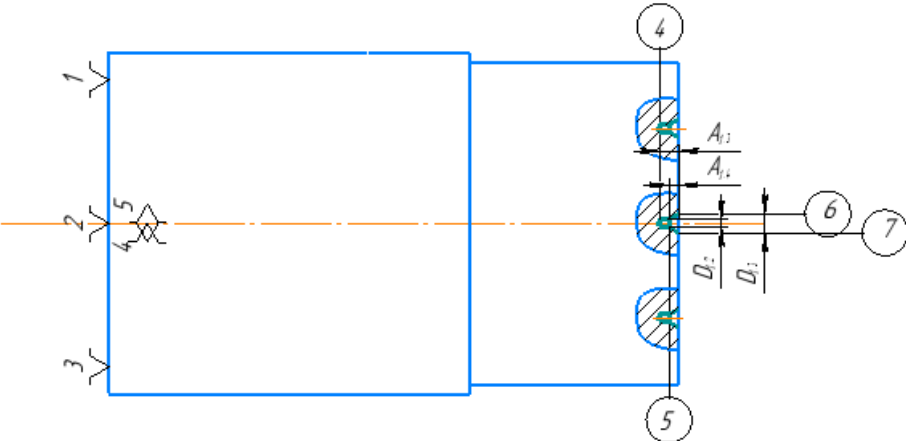
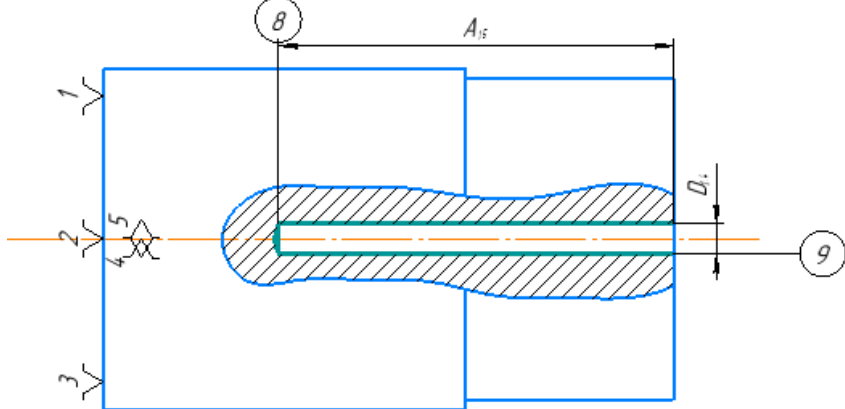
Проектирование техпроцесса обработки детали начинается с разработки маршрута обработки поверхностей. Это необходимо для последующего расчета технологических (промежуточных) размеров заготовки по технологическим переходам обработки.

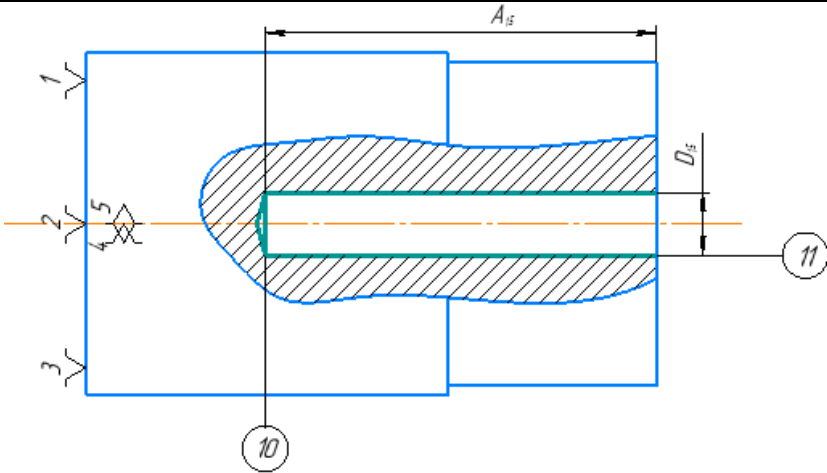
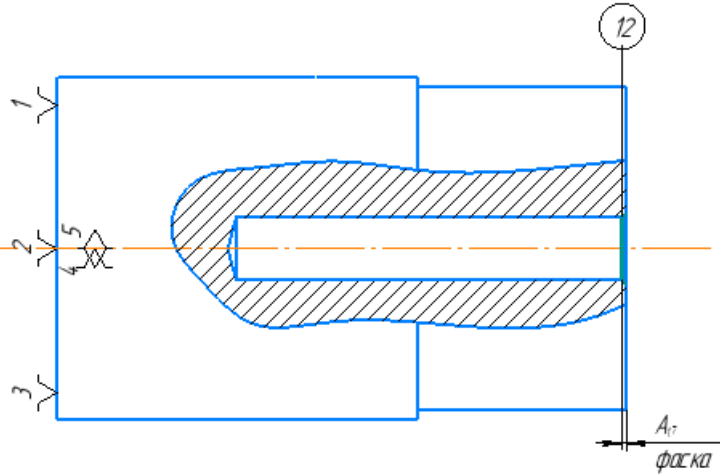
При установлении последовательности обработки сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы. Затем обрабатывают поверхности менее точные. Заканчивают обработку поверхности, которая является наиболее точной и имеет наибольшее значение для детали. Обработку легкоповреждаемых поверхностей выносят в конец маршрута

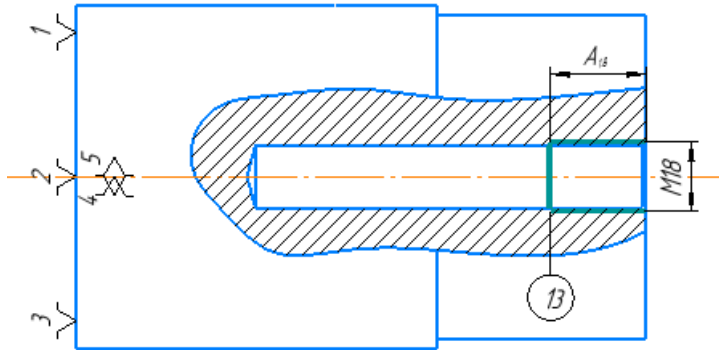
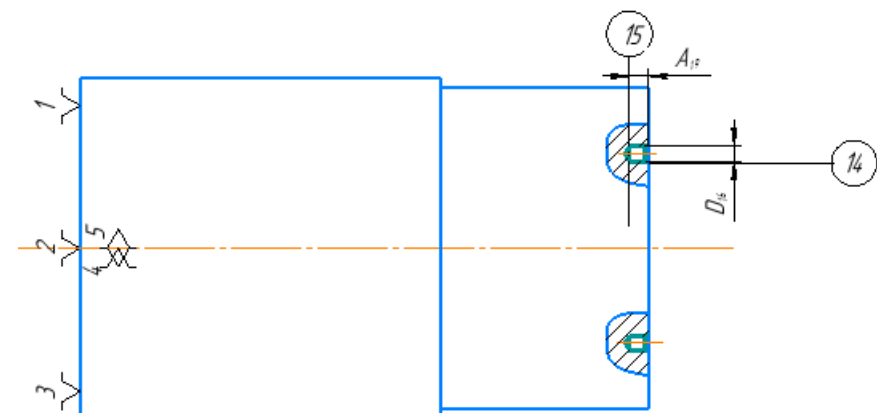
1.8. Технологический процесс изготовления.

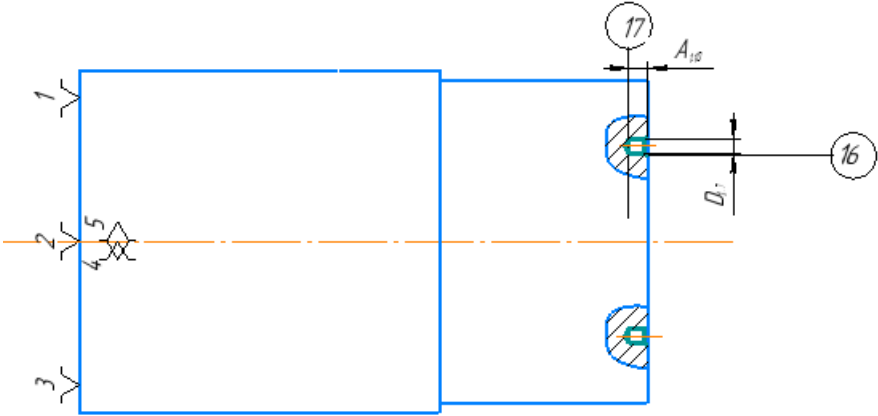
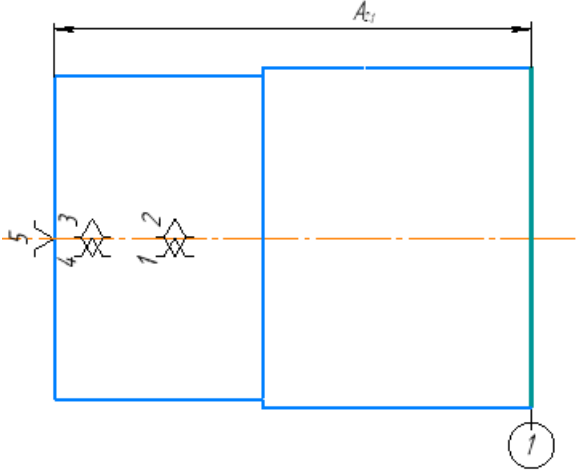
Номер		Вид обработк и	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	
Операци и	Переход а				
005	1	Заготовительная	Отрезка заготовки в размер $A_{0.1}$.		
010	1	Токарна я ЧПУ	Подрезка торца в размер $A_{1.1}$.		

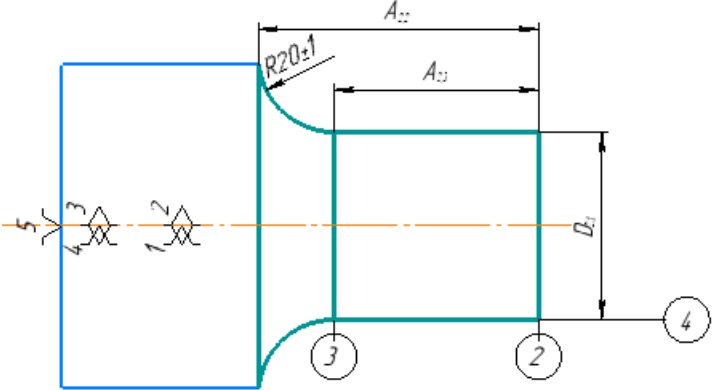
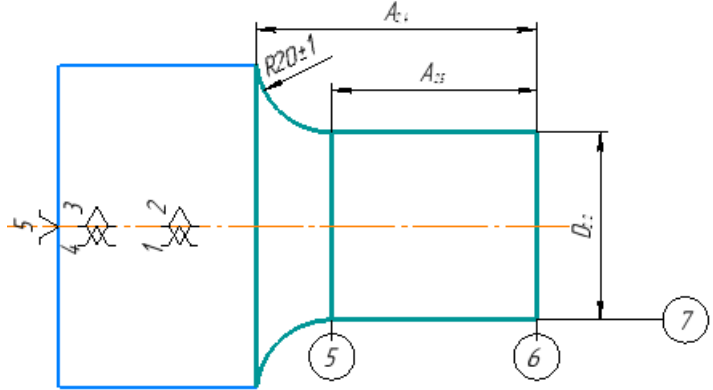
				
	2		<p>Проточка на глубину $A_{1,2}$, с получение диаметра $D_{1,1}$.</p>	

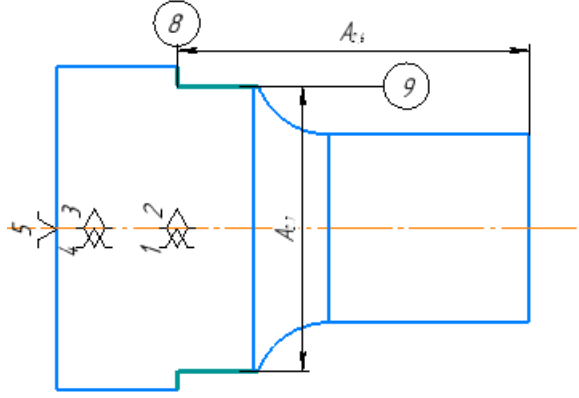
	3		<p>Зацентрировать 3 отверстия образуя размеры: $A_{1.3}, A_{1.4},$ $D_{1.2}, D_{1.3}.$</p>	
	4		<p>Просверлить отверстие $D_{1.4}$, на глубину $A_{1.5}.$</p>	

	5		<p>Рассверлить отверстие $D_{1.5}$, на глубину $A_{1.6}$.</p>	
	6		<p>Подрезать фаску $A_{1.7}$.</p>	

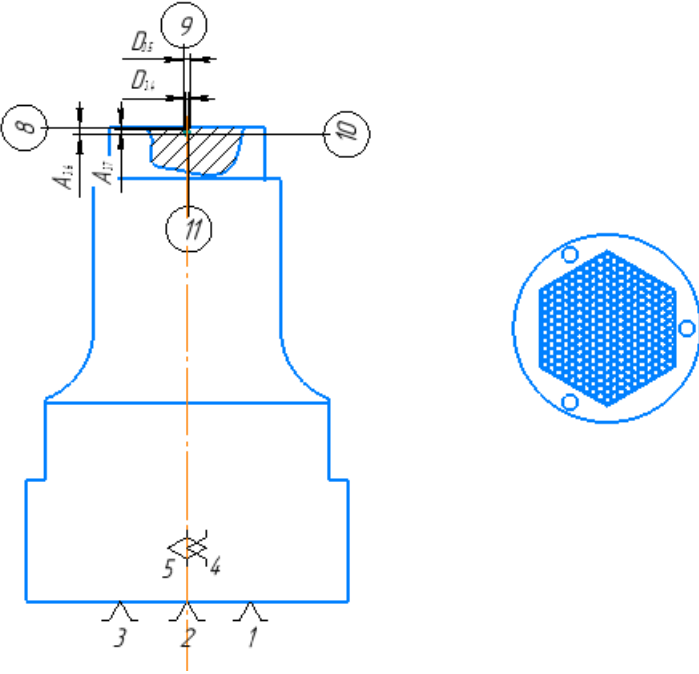
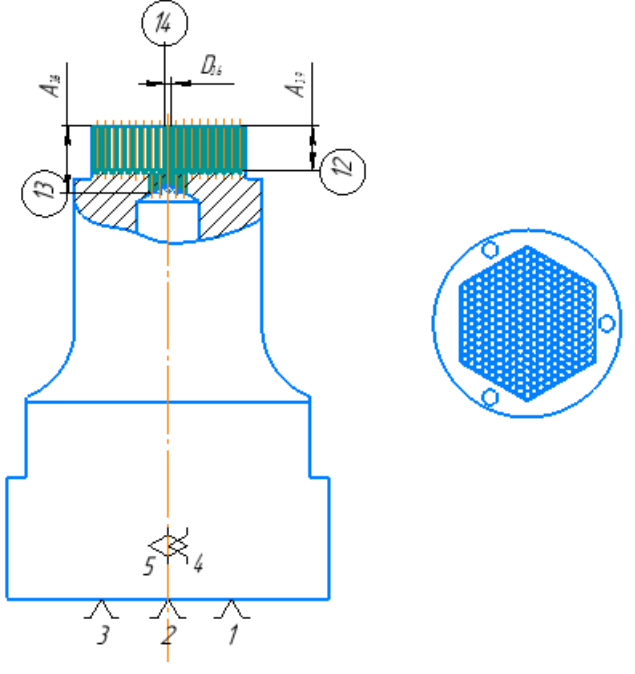
	7		<p>Нарезать резьбу М18х1.5 на глубину $A_{1.8}$.</p>	
	8		<p>Просверлить 2 отверстия $D_{1.6}$, на глубину $A_{1.9}$.</p>	

	9		<p>Расфрезеровать 2 отверстия $D_{1.7}$, на глубину $A_{1.10}$.</p>	
015	1	Токарная ЧПУ	<p>Подрезать торец в размер $A_{2.1}$.</p>	

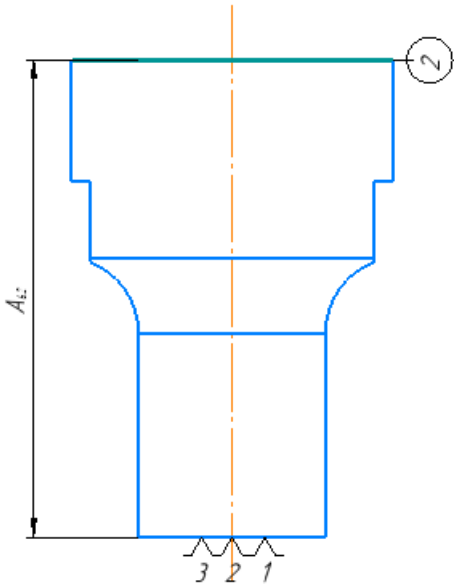
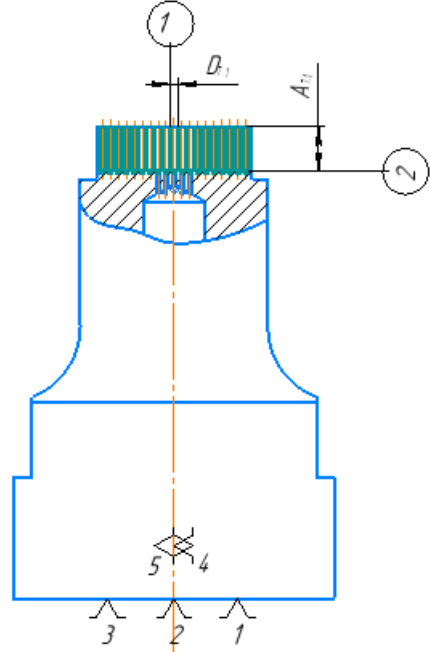
	2		Проточить $D_{2.1}$, на длину $A_{2.3}$, подрезать радиус $R20^{+1}_{-1}$ до размер	
	3		Проточить $D_{2.2}$, на длину $A_{2.4}$, подрезать радиус $R20^{+1}_{-1}$ до размера $A_{2.5}$.	

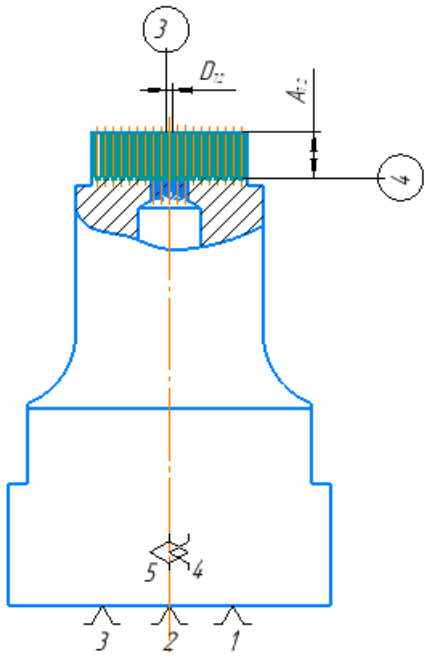
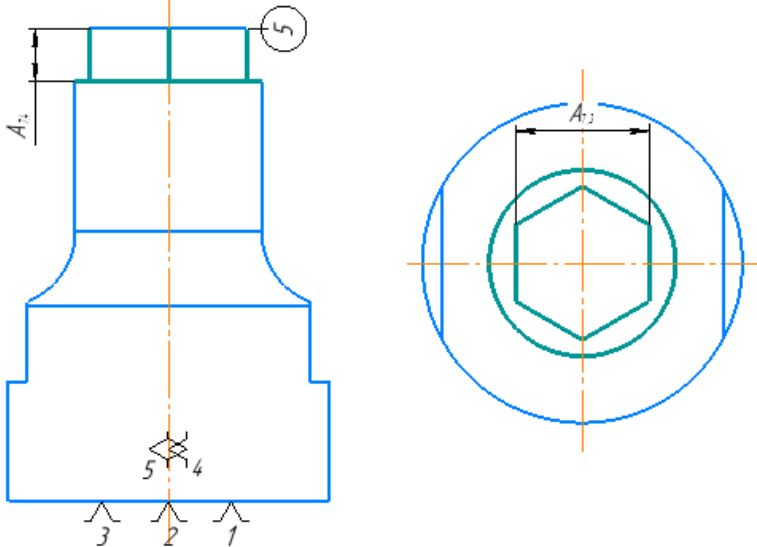
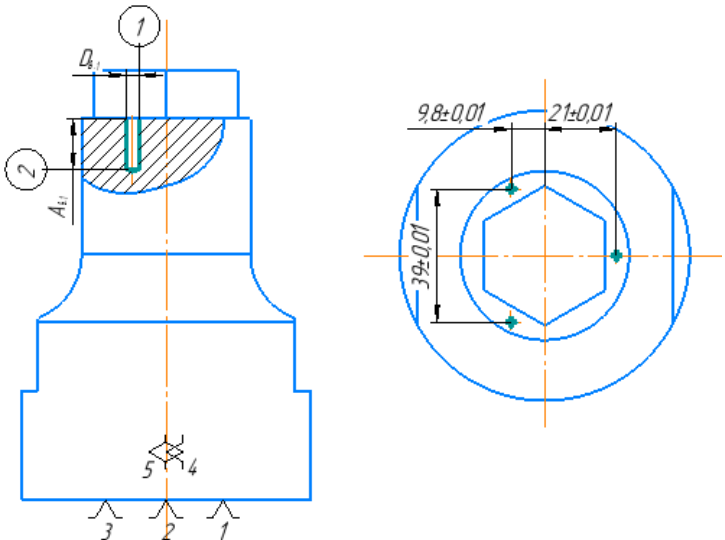
	4		<p>Фрезеровать лыски в размер $A_{2.7}$, на глубину $A_{2.6}$.</p>	
--	---	--	--	---

020	1	Фрезерная ЧПУ	Фрезеровать шестигранник $A_{3.2}$, на глубину $A_{3.1}$.	
	2		Зацентрировать 3 отверстия $D_{3.1}$ на глубину $A_{3.3}$.	
	3		Просверлить 3 отверстия $D_{3.3}$ на глубину $A_{3.5}$.	

	4		<p>Зацентрировать 271 отверстие $D_{3.5}$ на глубину $A_{3.7}$, согласно размерной сетке отверстий</p>	
	5		<p>Просверлить 252 отверстия $D_{3.6}$ на глубину $A_{3.8}$ и 19 отверстий $D_{3.6}$ на глубину $A_{3.9}$, согласно размерной сетке отверстий</p>	

	6		Снять фаску $D_{3.7}$, на глубину $A_{3.10}$, на 3 отверстиях	
025	1	Слесарная	Притупить острые кромки.	
030	1	Термообработка	Калить HRC 40...45	
035	1	Плоская шлифовка	Шлифовать поверхность 1, до размера $A_{6.1}$.	

	2		<p>Шлифовать поверхность 2, до размера $A_{6.2}$.</p>	
040	3	Фрезерная ЧПУ	<p>Рассверлить 271 отверстие $D_{7.1}$ на глубину $A_{7.1}$, согласно размерной сетке отверстий</p>	

	4		<p>Расвер- лить 271 отверсти е $D_{7.2}$. на глубину $A_{7.2}$, согласно размерной сетке отверстий</p>	
	5		<p>Фрезеровать шестигранн ик $A_{7.3}$, на глубину $A_{7.4}$.</p>	
045	1	Координатно-шлифовальная	<p>Расшлифо- вать 3 отверстия $D_{8.1}$ на глубину $A_{8.1}$</p>	

050	1	Плоско-шлифовальная	Шлифовать поверхность 1, до размера $A_{9,1}$.	
055	1	Слесарная	Зачистить, притупить острые кромки.	

1.9. Определение минимальных припусков на обработку

Припуски принято делить на общие и промежуточные. Общий припуск необходим для выполнения всех технологических переходов обработки данной поверхности, промежуточный – для выполнения отдельного перехода.

Принято различать минимальное, максимальное, среднее и номинальное значения припуска на обработку. Однако первичным, определяющим остальные категории припуска, является его минимальное значение.

Минимальный припуск должен быть таким, чтобы его удаление было достаточно для обеспечения требуемой точности и качества поверхностного слоя обработанной поверхности.

Таким образом, минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле [3, стр. 47]:

$$Z_{i \min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right), \quad (1.5.1)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

ρ_{i-1}^{\square} – суммарное пространственное отклонение расположения и форм обрабатываемой поверхности на предшествующем переходе (операции), мкм, вычисляют по формуле:

$$\rho_{i-1}^{\square} = \sqrt{\rho_{\Phi_{i-1}}^2 + \rho_{\rho_{i-1}}^2}, \quad (1.5.2)$$

где $\rho_{\rho_{i-1}}^{\square}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi_{i-1}}^{\square}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода, мкм, определяют по формуле:

$$\rho_{\Phi_{i-1}}^{\square} = \Delta_k \cdot l,$$

где Δ_k – кривизна проката, мкм/мм;

l – вылет заготовки из патрона, мм;

$\varepsilon_{y_i}^{\square}$ – погрешность установки на выполняемом переходе (операции), мкм.

Расчет припуска на обработку плоскости, определяется по формуле [4, стр. 47]:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (1.5.4)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

ρ_{i-1}^{\square} – суммарное пространственное отклонение расположения и форм обрабатываемой поверхности на предшествующем переходе (операции), мкм.

$$\rho_{i-1}^{\square} = \rho_{\Phi_{i-1}}^{\square} + \rho_{\rho_{i-1}}^{\square}, \quad (1.5.5)$$

где $\rho_{\rho_{i-1}}^{\square}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi_{i-1}}$ - погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода, мкм.

Таким образом найдем минимальный припуск на обточку заготовки до размера $\emptyset 85_{-0,8}$

$$2z_{1.1}^{\min} = 2 \cdot (115 + 125 + \sqrt{30^2 + 600^2}) = 1680 \text{ мкм} = 1,68 \text{ мм};$$

$$\rho_{\Phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l = 150 \cdot 0,2 = 30 \text{ мкм}$$

Теперь подсчитаем минимальный припуск на подрезку торца заготовки:

$$z_{1.1}^{\min} = 115 + 75 + 60 + 255 = 505 \text{ мкм} = 0,505 \text{ мм};$$

Отметим, что указанный торец был сформирован при отрезке предыдущей заготовки.

Таким же образом найдем минимальный припуск на черновую обточку заготовки до

размера $\emptyset 49,5_{-0,05}$:

$$2z_{2.1}^{\min} = 2 \cdot (115 + 125 + \sqrt{16^2 + 600^2}) = 1680 \text{ мкм} = 1,68 \text{ мм};$$

$$\rho_{\Phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l = 80 \cdot 0,2 = 16 \text{ мкм}$$

Чистовую обточку заготовки до размера $\emptyset 49,5_{-0,05}$:

$$2z_{2.2}^{\min} = 2 \cdot (115 + 75 + \sqrt{16^2}) = 412 \text{ мкм} = 0,412 \text{ мм};$$

$$\rho_{\Phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l = 80 \cdot 0,2 = 16 \text{ мкм}$$

Теперь подсчитаем минимальный припуск на подрезку торца заготовки

$$z_{2.1}^{\min} = 115 + 75 + 60 + 255 = 505 \text{ мкм} = 0,505 \text{ мм};$$

И далее припуски на шлифовку торцов:

$$z_{6.1}^{\min} = 20 + 25 + 8 + 7 = 60 \text{ мкм} = 0,06 \text{ мм};$$

$$z_{6.2}^{\min} = 20 + 25 + 5 + 4 = 54 \text{ мкм} = 0,054 \text{ мм};$$

$$z_{9.1}^{\min} = 5 + 20 + 5 + 4 = 34 \text{ мкм} = 0,034 \text{ мм};$$

Припуск под фрезеровку торцевого обнижения:

$$z_{7.4}^{\min} = 115 + 90 + 15 + 80 = 300 \text{ мкм} = 0,30 \text{ мм}$$

$$2z_{3,2}^{\min} = 115 + 90 + 15 + 80 = 300 \text{ мкм} = 0,60 \text{ мм}$$

Далее посчитаем диаметральные припуски для сверления отверстий:

Начнем с отверстия $\varnothing 16,5^{+0,16}$:

$$2z_{1,5}^{\min} = 2 \cdot (22 + 37) = 118 \text{ мкм} = 0,118 \text{ мм};$$

Отверстие $\varnothing 4^{+0,01}$:

$$2z_{8,1}^{\min} = 2 \cdot \left(22 + 37 + \sqrt{(15 + 40)^2 + 110^2} \right) = 364 \text{ мкм} = 0,364 \text{ мм};$$

Отверстие $\varnothing 1,87^{+0,03}$:

$$2z_{7,2}^{\min} = 2 \cdot (22 + 37) = 118 \text{ мкм} = 0,118 \text{ мм};$$

Рассчитанные минимальные припуски на обработку сводим в таблицу

Минимальные припуски на обработку

Минимальный припуск на обрабатываемый диаметр, мм		Минимальный припуск на обрабатываемую плоскость, мм
$2z_{1,1}^{\min} = 1,68 \text{ мм}$		$Z_{1,1}^{\min} = 0,505 \text{ мм}$
$2z_{2,1}^{\min} = 1,68 \text{ мм}$	$2z_{2,2}^{\min} = 0,412 \text{ мм}$	$Z_{2,1}^{\min} = 0,505 \text{ мм}$
$2z_{1,5}^{\min} = 0,118 \text{ мм}$		$Z_{6,1}^{\min} = 0,06 \text{ мм}$
$2z_{8,1}^{\min} = 0,364 \text{ мм}$		$Z_{6,2}^{\min} = 0,054 \text{ мм}$
$2z_{7,2}^{\min} = 0,118 \text{ мм}$		$Z_{9,1}^{\min} = 0,034 \text{ мм}$
		$Z_{7,4}^{\min} = 0,300 \text{ мм}$
		$2z_{3,2}^{\min} = 0,600 \text{ мм}$

1.10. Размерный анализ техпроцесса

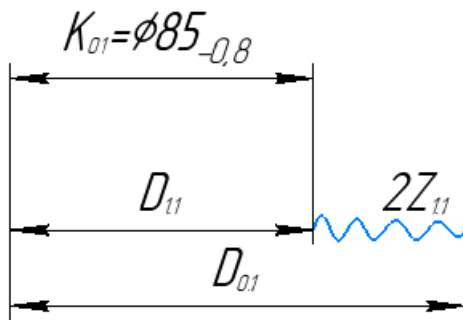
Расчетная схема изготовления детали представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях обработки детали. На основании технологического процесса изготовления детали «Концентратор», составляется размерная схема, которая содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу работы. Для облегчения составления размерных цепей, на базе размерной схемы строится граф технологических размерных цепей. Сначала, как правило, рассчитываются диаметральные, а затем – продольные технологические размеры. Это обусловлено тем, что обработка поверхностей вращения может сопровождаться изменением продольных размеров заготовки.

1.11. Расчет диаметральных технологических размеров

Расчет выполняется методом максимума-минимума с использованием способа средних значений.

Расчет диаметра проката.

Сначала из размерной цепи $D_{1.1}$, $D_{0.1}$, $2Z_{1.1}^{min}$, в которой $D_{1.1} = K_{D1} = 85_{-0.8}$ мм, находим $D_{0.1}$.



Для этого определяем

$$D_{1.1}^c = D_{1.1} + \frac{BOD_{1.1} + HOD_{1.1}}{2} = 85 + \frac{0 - 0.8}{2} = 84.6 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$2Z_{1.1}^c = 2Z_{1.1}^{min} + \frac{TD_{1.1} + TD_{0.1}}{2} = 1.68 + \frac{0.8 + 1.8}{2} = 2.98 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{0.1}^c = D_{1.1}^c + 2Z_{1.1}^c = 84.6 + 2.98 = 87.58 \text{ мм.}$$

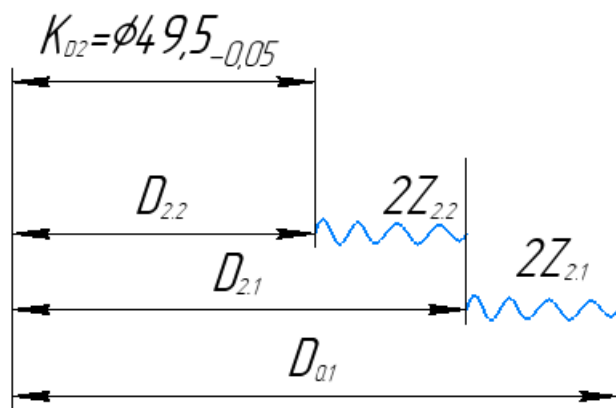
Исходя из этого можем принять диаметр проката $D_{01\phi} = 90_{-1,3}^{+0,5}$

Фактическое значение припуска $2Z_{1,1}$ будет

$$2Z_{1.1\phi} = D_{01\phi} - D_{1.2} = 90_{-1,3}^{+0,5} - 85_{-0,8} = 5_{-1,3}^{+1,3} \text{ мм}$$

Расчет технологических размеров при обработке наружной поверхности $\phi 49,5_{-0,05}$ мм.

Сначала из размерной цепи $D_{2.1}, D_{2.2}, 2Z_{2.1}^{min}$, в которой $D_{2.2} = K_{D2} = 49,5_{-0,05}$ мм, находим $D_{2.1}$.



Для этого определяем

$$D_{2.2}^c = D_{2.2} + \frac{BOD_{2.2} + HOD_{2.2}}{2} = 49.5 + \frac{0 - 0.05}{2} = 49.475 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$2Z_{2.1}^c = 2Z_{2.1}^{min} + \frac{TD_{2.2} + TD_{2.1}}{2} = 0.412 + \frac{0.05 + 0.19}{2} = 0.532 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{2.1}^c = D_{2.2}^c + 2Z_{2.1}^c = 49.475 + 0.532 = 50.007 \text{ мм.}$$

Звено $D_{2.1}$ записываем в виде $D_{2.1} = 50.007_{-0.085}^{+0.085}$ мм.

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $D_{2.1} = 50.092_{-0.19}$ мм, принимаем $D_{2.1} = 50.1_{-0.2}$.

Далее переходим к размерной цепи $D_{2.1}$, $D_{0.1}$, $2Z_{2.2}^{min}$, в которой $D_{2.1} = 50.1_{-0.2}$ мм, находим $D_{0.1}$.

Находим

$$2Z_{2.1}^c = 2Z_{2.1}^{min} + \frac{TD_{2.1} + TD_{0.1}}{2} = 1.68 + \frac{0.2 + 1.8}{2} = 2.68 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{0.1}^c = D_{2.1}^c + 2Z_{2.1}^c = 50.007 + 2.68 = 52.687 \text{ мм.}$$

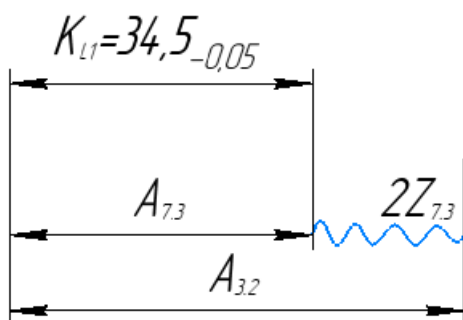
Звено $D_{0.1}$ записываем в виде $D_{0.1} = 52.687_{-0.15}^{+0.15}$ мм.

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $D_{0,1}=52.837_{-0,3}$ мм, принимаем $D_{0,1}=53_{-0,45}$.

1.12. Расчет линейных технологических размеров

Расчет припуска для фрезерования шестигранника $A_{7,3} = 34,5_{-0,05}$.

Рассмотрим размерную цепь $A_{7,3}, 2Z_{7,3}^{min}, A_{3,2}$, найдем технологический размер $A_{3,2}$.



Для этого определяем

$$A_{7,3}^c = A_{7,3} + \frac{BOA_{7,3} + НОА_{7,3}}{2} = 34.5 + \frac{0 - 0.05}{2} = 34.475 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$2Z_{7,3}^c = 2Z_{7,3}^{min} + \frac{TA_{7,3} + TA_{3,2}}{2} = 0.6 + \frac{0.05 + 0.62}{2} = 0.935 \text{ мм}$$

и вычисляем

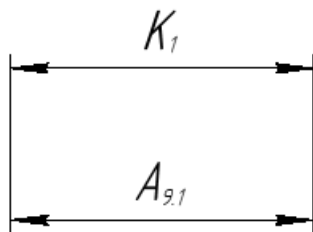
$$A_{3,2}^c = A_{7,3}^c + 2Z_{7,3}^c = 34.475 + 0.935 = 35.41 \text{ мм.}$$

Исходя из этого можем принять размер $A_{3,2} = 35.41_{-0,3}^{+0,3}$

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $A_{3,2}=35.71_{-0,6}$ мм, принимаем $A_{3,2}=35.5_{-0,4}$

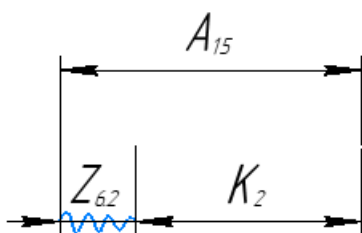
1.13. Расчет продольных технологических размеров

1) Найдем технологический размер $A_{9,1}$ из размерной цепи



$$A_{9,1} = K_1 = 125_{-1} \text{ мм.}$$

2) Найдем технологический размер $A_{1,5}$ из размерной цепи



$$K_2 = 105_{-0,5}^{+0,5}$$

$$Z_{6,2}^{min} = 0,054 \text{ мм}$$

$$K_2^c = K_2 + \frac{BOK_2 + HOK_2}{2} = 105 + \frac{0,5 - 0,5}{2} = 105 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$Z_{6,2}^c = Z_{6,2}^{min} + \frac{TK_2 + TA_{1,5}}{2} = 0,054 + \frac{1 + 1}{2} = 1,054 \text{ мм}$$

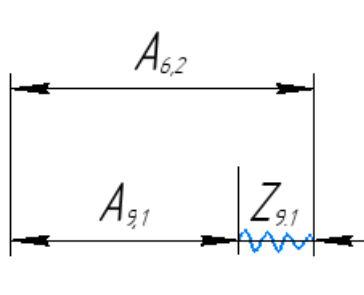
$$A_{1,5}^c = K_2^c + Z_{6,2}^c = 105 + 1,054 = 106,054 \text{ мм}$$

Исходя из этого можем принять размер $A_{1,5\phi} = 106_{-1}^0$

Тогда

$$Z_{6,2\phi} = A_{1,5\phi} - K_2 = 106_{-1}^0 - 105_{-0.5}^{+0.5} = 1_{-1,5}^{+0,5}$$

3) Найдем технологический размер $A_{6,2}$ из размерной цепи



$$A_{9,1} = 125_{-1} \text{ мм.}$$

$$Z_{9,1}^{min} = 0,034 \text{ мм}$$

$$A_{9,1}^c = A_{9,1} + \frac{BOA_{9,1} + НОA_{9,1}}{2} = 125 + \frac{0 - 1}{2} = 124,5 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$Z_{9,1}^c = Z_{9,1}^{min} + \frac{TA_{9,1} + TA_{6,2}}{2} = 0,034 + \frac{1 + 0,15}{2} = 0,609 \text{ мм}$$

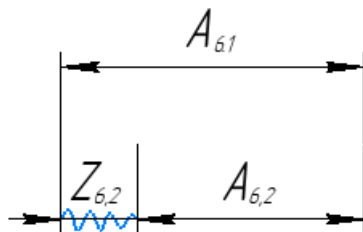
$$A_{6,2}^c = K_2^c + Z_{6,2}^c = 124,5 + 0,609 = 125,109_{-0,075}^{+0,075} \text{ мм}$$

Исходя из этого можем принять размер $A_{6,2\phi} = 125,184_{-0,15}^0$

Тогда

$$Z_{9,1\phi} = A_{6,2\phi} - A_{9,1} = 125,184_{-0,15}^0 - 125_{-1} = 0,184_{-0,15}^{+1}$$

4) Найдем технологический размер $A_{6,1}$ из размерной цепи



$$A_{6,2} = 125,184_{-0,15}^0 \text{ мм.}$$

$$Z_{6,2}^{min} = 0,054 \text{ мм}$$

$$A_{6,2}^c = 125,109.$$

Затем находим

$$Z_{6.2}^c = Z_{6.2}^{min} + \frac{TA_{6.1} + TA_{6.2}}{2} = 0.054 + \frac{0.15 + 0.15}{2} = 0.204 \text{ мм}$$

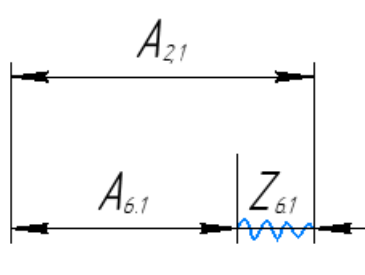
$$A_{6.1}^c = A_{6.2}^c + Z_{6.2}^c = 125.109 + 0.204 = 125.313 \begin{matrix} +0.075 \\ -0.075 \end{matrix} \text{ мм}$$

Исходя из этого можем принять размер $A_{6.1\phi} = 125.388 \begin{matrix} +0 \\ -0.15 \end{matrix}$

Тогда

$$Z_{6.2\phi} = A_{6.2\phi} - A_{6.2\phi} = 125.388 \begin{matrix} +0 \\ -0.15 \end{matrix} - 125.184 \begin{matrix} +0 \\ -0.15 \end{matrix} = 0.204 \begin{matrix} +0.15 \\ -0.15 \end{matrix}$$

5) Найдем технологический размер $A_{2.1}$ из размерной цепи



$$A_{6.1} = 125.388 \begin{matrix} +0 \\ -0.15 \end{matrix} \text{ мм.}$$

$$Z_{6.1}^{min} = 0.06 \text{ мм}$$

$$A_{6.1}^c = 125.313 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$Z_{6.1}^c = Z_{6.1}^{min} + \frac{TA_{6.1} + TA_{2.1}}{2} = 0.06 + \frac{0.15 + 0.25}{2} = 0.26 \text{ мм}$$

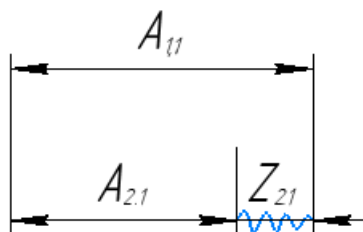
$$A_{2.1}^c = A_{6.1}^c + Z_{6.1}^c = 125.313 + 0.26 = 125.573 \begin{matrix} +0.125 \\ -0.125 \end{matrix} \text{ мм}$$

Исходя из этого можем принять размер $A_{2.1\phi} = 125.698 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix}$

Тогда

$$Z_{6.1\phi} = A_{6.1\phi} - A_{2.1\phi} = 125.698 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix} - 125.388 \begin{matrix} +0 \\ -0.15 \end{matrix} = 0.31 \begin{matrix} +0.15 \\ -0.25 \end{matrix}$$

6) Найдем технологический размер $A_{1.1}$ из размерной цепи



$$A_{2.1} = 125.698 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix} \text{ мм.}$$

$$Z_{2.1}^{min} = 0.505 \text{ мм}$$

$$A_{2.1}^c = 125.573 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$Z_{2.1}^c = Z_{2.1}^{min} + \frac{TA_{1.1} + TA_{2.1}}{2} = 0.505 + \frac{0.25 + 0.25}{2} = 0.755 \text{ мм}$$

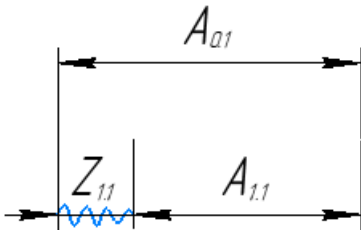
$$A_{1.1}^c = A_{2.1}^c + Z_{2.1}^c = 125.573 + 0.755 = 126.328 \begin{matrix} +0.125 \\ -0.125 \end{matrix} \text{ мм}$$

Исходя из этого можем принять размер $A_{1.1\phi} = 126.453 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix}$

Тогда

$$Z_{2.1\phi} = A_{1.1\phi} - A_{2.1\phi} = 126.453 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix} - 125.698 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix} = 0.755 \begin{matrix} +0.25 \\ -0.25 \end{matrix}$$

7) Найдем технологический размер $A_{0.1}$ из размерной цепи



$$A_{1.1} = 126.453 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix} \text{ мм}$$

$$Z_{1.1}^{min} = 0.505 \text{ мм}$$

$$A_{1.1}^c = 126.328 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$Z_{1.1}^c = Z_{2.1}^{min} + \frac{TA_{1.1} + TA_{0.1}}{2} = 0.505 + \frac{0.25 + 1}{2} = 1.13 \text{ мм}$$

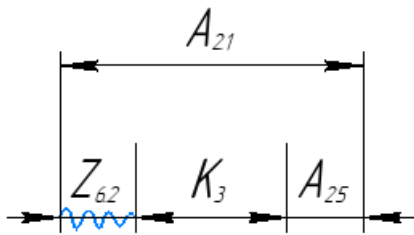
$$A_{0.1}^c = A_{2.1}^c + Z_{2.1}^c = 126.328 + 1.13 = 127.458 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.5 \end{matrix} \text{ мм}$$

Исходя из этого можем принять размер $A_{0.1\phi} = 127.958 \begin{matrix} 0 \\ -1 \end{matrix}$

Тогда

$$Z_{1.1\phi} = A_{0.1\phi} - A_{1.1\phi} = 127.958 \begin{matrix} 0 \\ -1 \end{matrix} - 126.453 \begin{matrix} 0 \\ -0.25 \end{matrix} = 1.13 \begin{matrix} +0.25 \\ -1 \end{matrix}$$

8) Найдем технологический размер $A_{2.5}$ из размерной цепи



$$A_{2.1} = 125.698 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.25 \end{smallmatrix} \text{ мм.}$$

$$Z_{6.2}^{min} = 0.054 \text{ мм}$$

$$K_3 = 32_{-0.62} \text{ мм}$$

Найдем $A_{2.1}^C$

$$A_{2.1}^C = 125.573 \text{ мм}$$

Найдем K_3^C

$$K_3^C = K_3 + \frac{BOK_3 + HOK_3}{2} = 32 + \frac{0 - 0.62}{2} = 31.69 \text{ мм.}$$

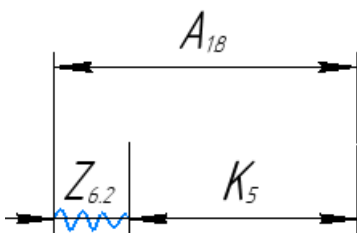
Затем находим

$$Z_{6.2}^C = Z_{6.2}^{min} + \frac{TK_3 + TA_{2.1} + TA_{2.5}}{2} = 0.054 + \frac{0.62 + 0.25 + 0.4}{2} = 0.689 \text{ мм}$$

$$A_{2.6}^C = A_{2.1}^C - Z_{6.2}^C - K_3^C = 125.573 - 31.69 - 0.689 = 93.194 \text{ мм}$$

$$A_{2.6} = 93.194 \begin{smallmatrix} +0.2 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$$

9) Найдем технологический размер $A_{1.8}$ из размерной цепи



$$Z_{6.2}^{min} = 0.054 \text{ мм}$$

$$K_5 = 25 \begin{smallmatrix} +0.26 \\ -0.26 \end{smallmatrix} \text{ мм}$$

Найдем K_5^C

$$K_5^C = K_5 + \frac{BOK_5 + HOK_5}{2} = 25 + \frac{0.26 - 0.26}{2} = 25 \text{ мм.}$$

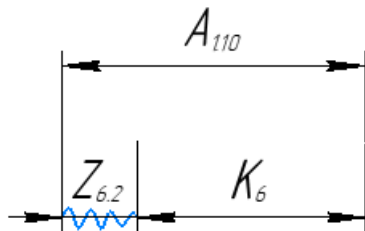
Затем находим

$$Z_{6.2}^c = Z_{6.2}^{min} + \frac{TK_5 + TA_{1.8}}{2} = 0.054 + \frac{0.52 + 0.52}{2} = 0.574 \text{ мм}$$

$$A_{1.8}^c = Z_{6.2}^c + K_5^c = 25 + 0.574 = 25.574 \text{ мм}$$

$$A_{1.8} = 25.574 \begin{matrix} +0.26 \\ -0.26 \end{matrix} \text{ мм}$$

10) Найдем технологический размер $A_{1.10}$ из размерной цепи



$$Z_{6.2}^{min} = 0.054 \text{ мм}$$

$$K_6 = 5 \begin{matrix} +0.15 \\ -0.15 \end{matrix} \text{ мм}$$

Найдем K_6^c

$$K_6^c = K_6 + \frac{BOK_6 + HOK_6}{2} = 5 + \frac{0.15 - 0.15}{2} = 5 \text{ мм.}$$

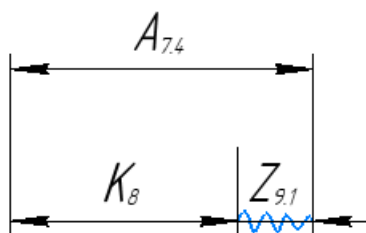
Затем находим

$$Z_{6.2}^c = Z_{6.2}^{min} + \frac{TK_6 + TA_{1.10}}{2} = 0.054 + \frac{0.15 + 0.15}{2} = 0.204 \text{ мм}$$

$$A_{1.10}^c = Z_{6.2}^c + K_6^c = 25 + 0.204 = 5.204 \text{ мм}$$

$$A_{1.10} = 5.204 \begin{matrix} +0.15 \\ -0.15 \end{matrix} \text{ мм}$$

11) Найдем технологический размер $A_{7.4}$ из размерной цепи



$$Z_{9.1}^{min} = 0.034 \text{ мм}$$

$$K_8 = 14 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.5 \end{matrix} \text{ мм}$$

Найдем K_7^c

$$K_8^C = K_8 + \frac{BOK_8 + HOK_8}{2} = 14 + \frac{0.5 - 0.5}{2} = 14 \text{ мм.}$$

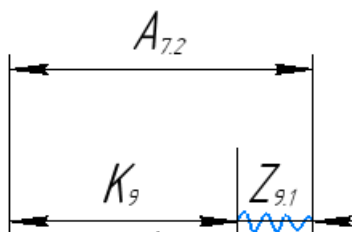
Затем находим

$$Z_{9.1}^C = Z_{9.1}^{min} + \frac{TK_8 + TA_{7.4}}{2} = 0.034 + \frac{0.5 + 0.5}{2} = 0.534 \text{ мм}$$

$$A_{7.4}^C = Z_{9.1}^C + K_8^C = 14 + 0.534 = 14.534 \text{ мм}$$

$$A_{7.4} = 14.534 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.5 \end{matrix} \text{ мм}$$

12) Найдем технологический размер $A_{7.2}$ из размерной цепи



$$Z_{9.1}^{min} = 0.034 \text{ мм}$$

$$K_9 = 12 \begin{matrix} +0.215 \\ -0.215 \end{matrix} \text{ мм}$$

Найдем K_9^C

$$K_9^C = K_9 + \frac{BOK_9 + HOK_9}{2} = 12 + \frac{0.215 - 0.215}{2} = 12 \text{ мм.}$$

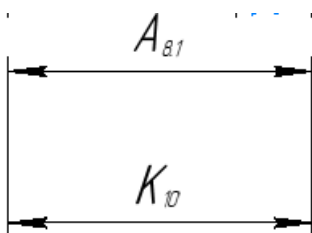
Затем находим

$$Z_{9.1}^C = Z_{9.1}^{min} + \frac{TK_9 + TA_{7.2}}{2} = 0.034 + \frac{0.215 + 0.215}{2} = 0.249 \text{ мм}$$

$$A_{7.2}^C = Z_{9.1}^C + K_9^C = 12 + 0.249 = 12.249 \text{ мм}$$

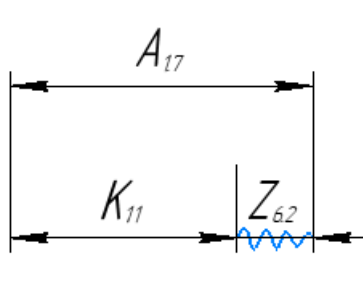
$$A_{7.2} = 12.249 \begin{matrix} +0.215 \\ -0.215 \end{matrix} \text{ мм}$$

13) Найдем технологический размер $A_{8.1}$ из размерной цепи



$$K_{10} = A_{8.1} = 15 \begin{matrix} +0.215 \\ -0.215 \end{matrix} \text{ мм}$$

14) Найдем технологический размер $A_{1.7}$ из размерной цепи



$$Z_{6.2}^{min} = 0.054 \text{ мм}$$

$$K_{11} = 1_{-0.2}^{+0.2} \text{ мм}$$

Найдем K_9^C

$$K_{11}^C = K_{11} + \frac{BOK_{11} + HOK_{11}}{2} = 1 + \frac{0.2 - 0.2}{2} = 1 \text{ мм.}$$

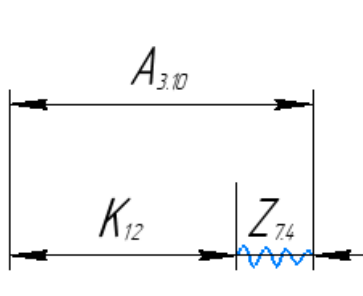
Затем находим

$$Z_{6.2}^C = Z_{6.2}^{min} + \frac{TK_{11} + TA_{1.7}}{2} = 0.054 + \frac{0.2 + 0.2}{2} = 0.254 \text{ мм}$$

$$A_{1.7}^C = Z_{6.2}^C + K_{11}^C = 1 + 0.254 = 1.254 \text{ мм}$$

$$A_{1.7} = 1.254_{-0.2}^{+0.2} \text{ мм}$$

15) Найдем технологический размер $A_{3.10}$ из размерной цепи



$$Z_{7.4}^{min} = 0.3 \text{ мм}$$

$$K_{12} = 0.3_{-0.2}^{+0.2} \text{ мм}$$

Найдем K_9^C

$$K_{12}^C = K_{12} + \frac{BOK_{12} + HOK_{12}}{2} = 0.3 + \frac{0.2 - 0.2}{2} = 0.3 \text{ мм.}$$

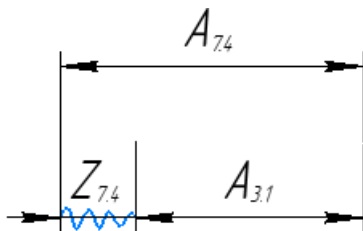
Затем находим

$$Z_{7.4}^c = Z_{7.4}^{min} + \frac{TK_{12} + TA_{3.10}}{2} = 0.3 + \frac{0.4 + 0.4}{2} = 0.7 \text{ мм}$$

$$A_{3.10}^c = Z_{7.4}^c + K_{12}^c = 0.3 + 0.7 = 1 \text{ мм}$$

$$A_{3.10} = 1 \begin{matrix} +0.2 \\ -0.2 \end{matrix} \text{ мм}$$

16) Найдем технологический размер $A_{3.1}$ из размерной цепи



$$Z_{7.4}^{min} = 0.3 \text{ мм}$$

$$A_{7.4} = 14.534 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.5 \end{matrix} \text{ мм}$$

Найдем K_9^c

$$A_{7.4}^c = A_{7.4} + \frac{BOK_{7.4} + HOK_{7.4}}{2} = 14.534 + \frac{0.5 - 0.5}{2} = 14.534 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$Z_{7.4}^c = Z_{7.4}^{min} + \frac{TA_{7.4} + TA_{3.1}}{2} = 0.3 + \frac{1 + 0.4}{2} = 1 \text{ мм}$$

$$A_{3.1}^c = Z_{7.4}^c + A_{7.4}^c = 1 + 14.534 = 15.534 \text{ мм}$$

$$A_{3.1} = 15.5 \begin{matrix} +0 \\ -1 \end{matrix} \text{ мм}$$

Результаты расчета продольных и диаметральных технологических размеров сведем в таблицу

Продольные и диаметральные технологические размеры

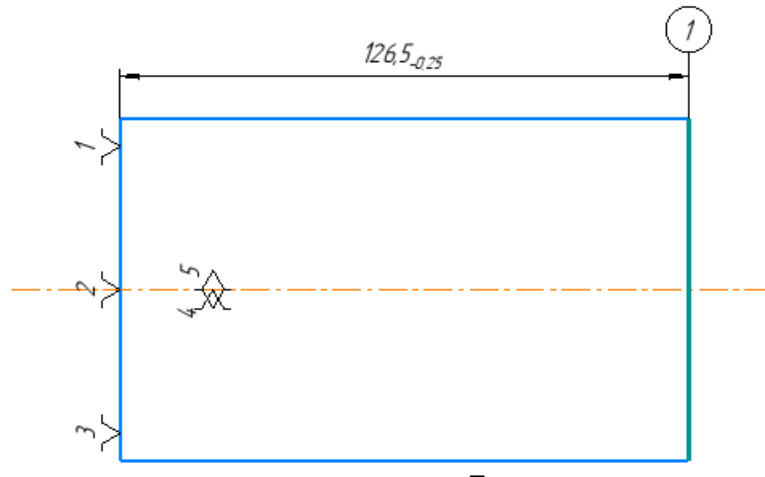
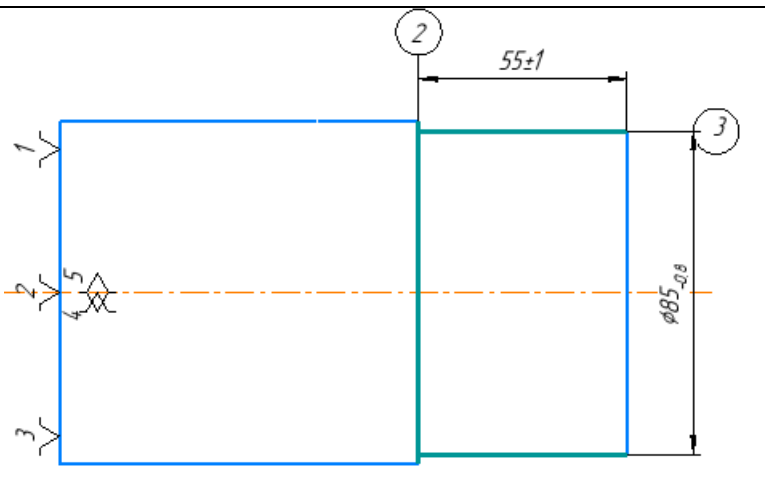
Обозначение технологического размера	Среднее значение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
$A_{0.1}$	127.5	$128 \begin{matrix} 0 \\ -1 \end{matrix}$

A _{1.1}	126.25	126.5 ⁰ _{-0.25}
A _{1.5}	105.5	106 ⁺⁰ ₋₁
A _{1.7}	1.25	1.25 ^{+0.2} _{-0.2}
A _{1.8}	25.6	25.6 ^{+0.25} _{-0.25}
A _{1.10}	5.2	5.2 ^{+0.15} _{-0.15}
A _{2.1}	125.55	125.7 ⁺⁰ _{-0.25}
A _{2.2}	73.5	73.5 ^{+0.2} _{-0.2}
A _{2.3}	53.9	53.9 ^{+0.2} _{-0.2}
A _{2.6}	93.2	93.2 ^{+0.2} _{-0.2}
A _{6.1}	125.325	125.4 ⁰ _{-0.15}
A _{6.2}	125.125	125.2 ⁰ _{-0.15}
A _{7.2}	12.25	12.25 ^{+0.215} _{-0.215}
A _{7.4}	14.5	14.5 ^{+0.5} _{-0.5}
A _{8.1}	15	15 ^{+0.215} _{-0.215}
A _{9.1}	124.5	125 ₋₁
A _{3.1}	15	15.5 ⁰ ₋₁
A _{3.10}	1	1 ^{+0.2} _{-0.2}
A _{3.2}	35.3	35.5 ⁰ _{-0.4}
D _{0.1}	Ø87.2	Ø87.6 ⁰ _{-0.8}
D _{2.1}	Ø49.9	Ø50.1 ⁰ _{-0.2}
D _{1.1}	Ø52.775	Ø53 ⁰ _{-0.45}

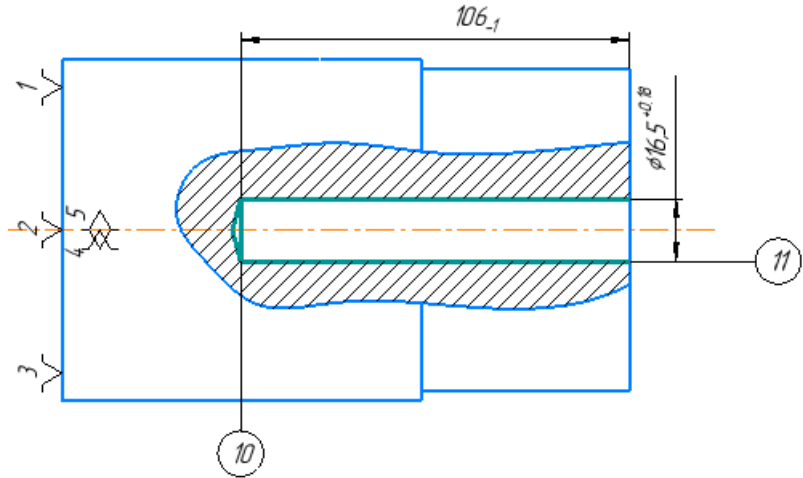
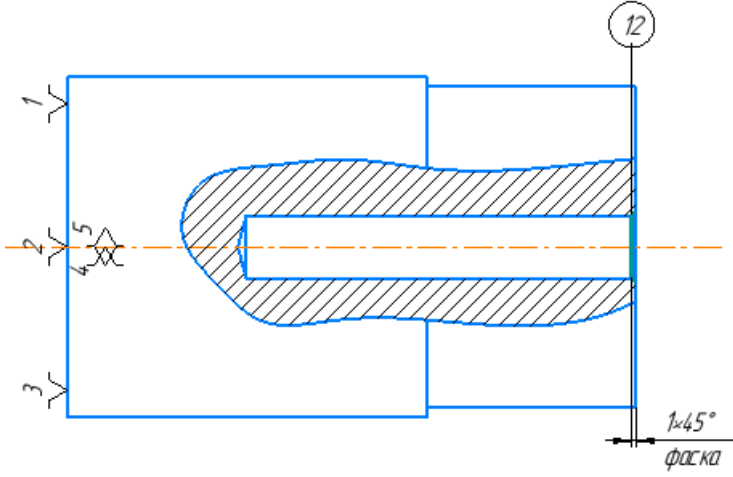
Рассчитав продольные и диаметральные технологические размеры принимаем маршрут обработки детали «Концентратор», оформленный в таблицу.

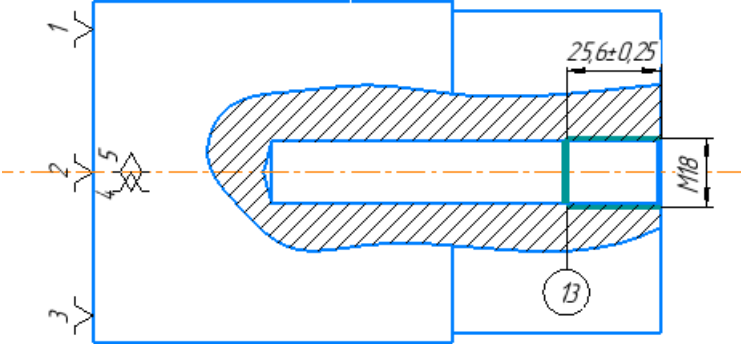
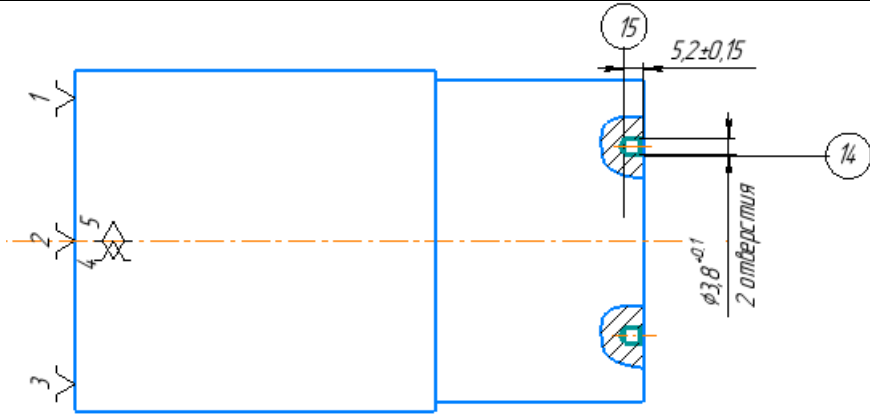
1.14. Принятый маршрутный технологический процесс.

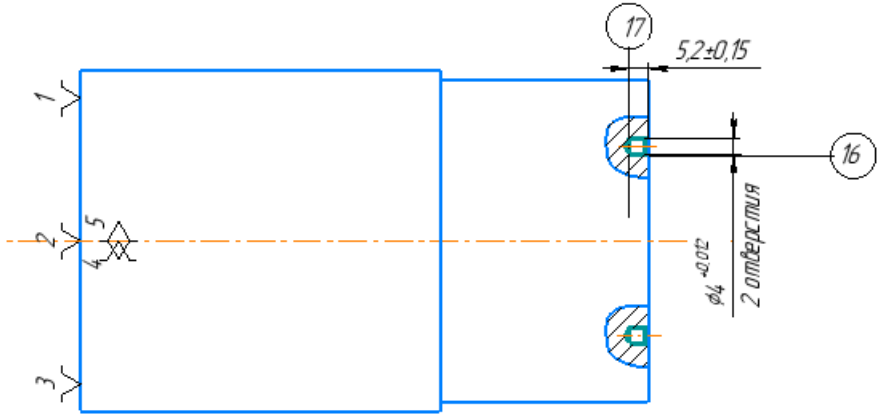
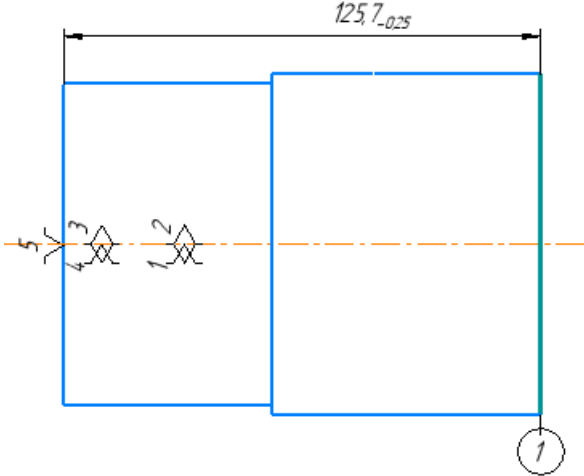
Номер		Вид обра- ботки	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Оп ера- ции	Пер ехо- да			
0	1	Заготовительная	Отрезка заготовки $\varnothing 90^{+0.5}_{-1.3}$ в размер 128^0_{-1} .	

1	1	Токарная ЧПУ	Подрезка торца в размер $126.5_{-0.25}$.	
	2		<p>Черновая проточка на глубину 55^{+1}_{-1} с получением диаметра $\varnothing 87.6^0_{-0.8}$. И чистовая проточка с получением диаметра $\varnothing 85^0_{-0.8}$</p>	

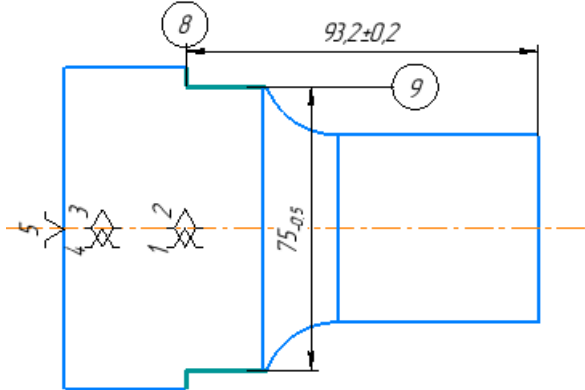
3	<p>Зацентрировать 3 отверстия, центровкой, диаметром $\varnothing 2$ мм, на глубину $5^{+0,5}_{-0,5}$.</p>	
4	<p>Просверлить отверстие $\varnothing 8$ мм, на глубину 106^{+0}_{-1}.</p>	

5		<p>Рассверлить отверстие $\varnothing 16,5^{+0,18}_{+0}$, на глубину 106^{+0}_{-1}.</p>	 <p>Technical drawing showing a part with a hole. The hole diameter is $\varnothing 16,5^{+0,18}_{+0}$ and the depth is 106^{+0}_{-1}. Callouts 1, 2, 3, 4, 5, 10, and 11 are present.</p>
6		<p>Подрезать фаску $1 \times 45^\circ$.</p>	 <p>Technical drawing showing a part with a hole. The hole diameter is $\varnothing 16,5^{+0,18}_{+0}$ and the depth is 106^{+0}_{-1}. Callouts 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, and 12 are present. A chamfer of $1 \times 45^\circ$ is indicated.</p>

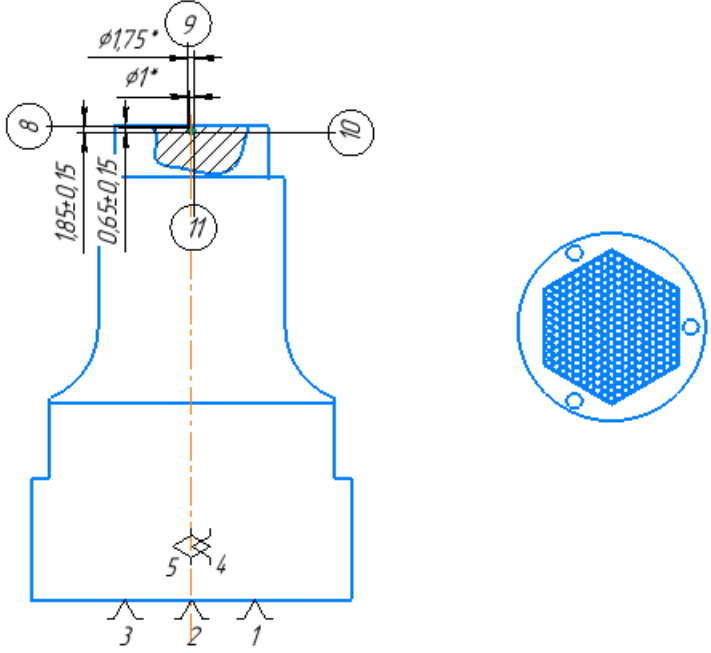
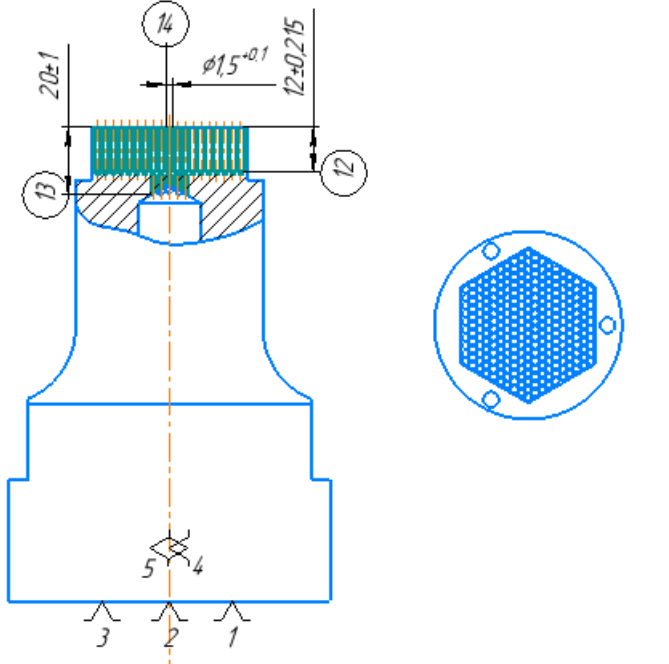
7	<p>Нарезать резьбу M18x1.5 на глубину $25,6^{+0,25}_{-0,25}$.</p>	
8	<p>Просверлить 2 отверстия $\varnothing 3,8^{+0,1}_{+0}$, на глубину $5,2^{+0,15}_{-0,15}$.</p>	

	9		<p>Расфрезеровать 2 отверстия</p> <p>$\varnothing 4_{+0}^{+0,01}$,</p> <p>на глубину $5,2_{-0,15}^{+0,15}$.</p>	
2	1	Токарная ЧПУ	<p>Подрезать торец в размер</p> <p>$125,7_{-0,25}$</p>	

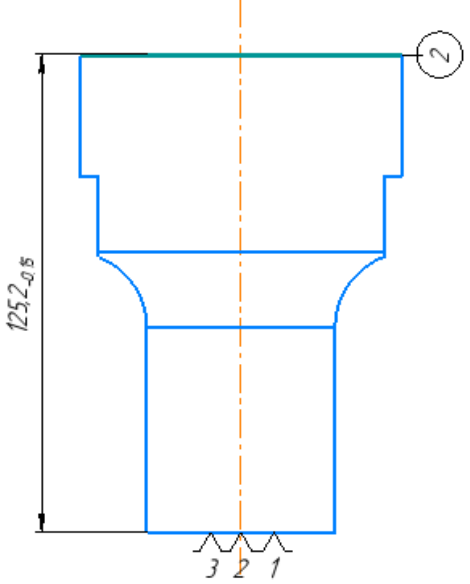
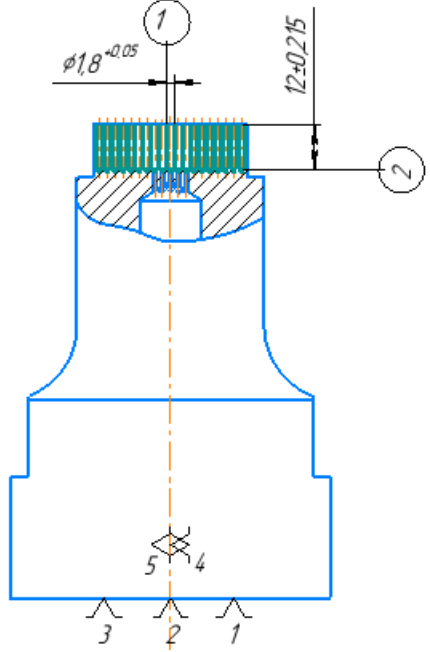
	2	<p>Проточить в черновую $\varnothing 53_{-0,45}^{+0}$, на длину $\varnothing 53,9_{-0,2}^{+0,2}$, подрезать радиус $R20_{-1}^{+1}$ до размера $\varnothing 73,5_{-0,2}^{+0,2}$.</p>	
	3	<p>Проточить $\varnothing 50,1_{-0,2}^{+0}$, на длину $\varnothing 53,9_{-0,2}^{+0,2}$, подрезать радиус $R20_{-1}^{+1}$ до размера $\varnothing 73,5_{-0,2}^{+0,2}$. После этого точить в чистовую $\varnothing 49,5_{-0,05}^{+0}$</p>	

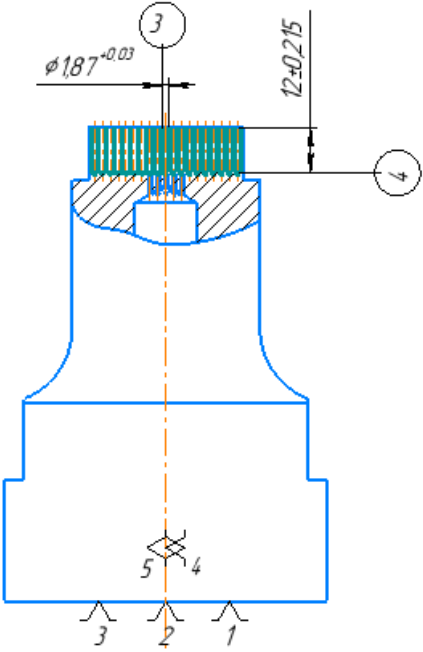
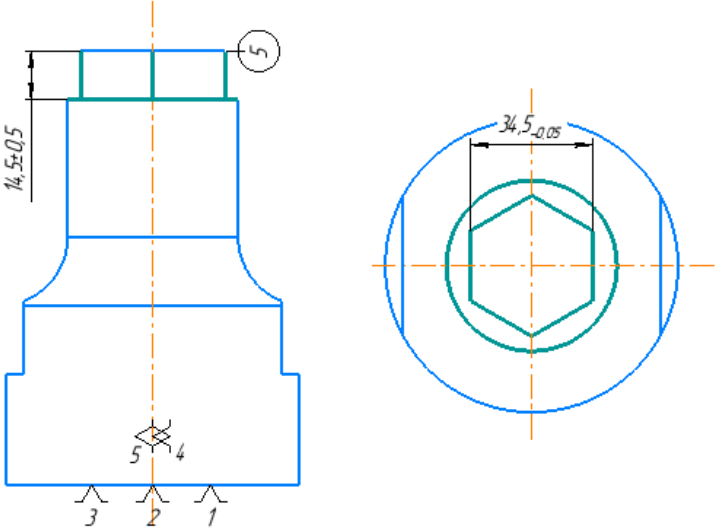
	4	<p>Фрезеровать лыски в размер $75^{+0}_{-0,5}$, на глубину $\varnothing 93,2^{+0,2}_{-0,2}$</p>	
--	---	---	---

3	1	Фрезерная ЧПУ	<p>Фрезеровать шестигранник $35,5^{+0}_{-0,4}$, на глубину $15,5^{+0}_{-1}$.</p>	
	2		<p>Зацентровать 3 отверстия, центровкой, диаметром $\varnothing 1$ мм, на глубину $2,5^{+0,5}_{-0,5}$.</p>	
	3		<p>Просверлить 3 отверстия $\varnothing 1^{+0,1}_{+0}$, на глубину $15^{+0,215}_{-0,215}$</p>	

4		<p>Зацентровать 271 отверстия, центровкой, диаметром $\varnothing 1$ мм, на глубину $1,85^{+0,15}_{-0,15}$.</p>	
5		<p>Просверлить 252 отверстия $\varnothing 1,5^{+0,14}$ на глубину $12^{+0,215}_{-0,125}$ и 19 отверстий $\varnothing 1,5^{+0,14}$ до вскрытия.</p>	

	6		<p>Снять фаску $1^{+0,2}_{-0,2} \times 45^\circ$ на 3 отверстиях</p>	
4	1	Слесарная	<p>Притупить острые кромки.</p>	
5	1	термическая работка	<p>Калить HRC 40...45</p>	
6	1	Плоская шлифовка	<p>Шлифовать поверхность 1, до размера $125,4_{-0,15}$.</p>	

	2		<p>Шлифовать поверхность 2, до размера $125,2_{-0,15}$.</p>	
7	1	Фрезерная ЧПУ	<p>Рассверлить 271 отверстие $\varnothing 1,8^{+0,05}$ на глубину $12^{+0,215}_{-0,125}$</p>	

2	<p>Рассверлить 271 отверстие $\varnothing 1,87^{+0,03}$ на глубину $12^{+0,215}_{-0,125}$</p>	
3	<p>Фрезеровать шестигранник $34,5_{-0,05}$, на глубину $14,5^{+0,5}_{-0,5}$.</p>	

8	1	Координатно-шлифовальная	<p>Расшлифовать 3 отверстия $\varnothing 4^{+0,01}$ на глубину $15^{+0,215}_{-0,215}$</p>	
9	1	Плоско-шлифовальная	<p>Шлифовать поверхность 1, до размера 125_{-1}.</p>	
10	1	Слеводри-аля	<p>Зачистить, притупить острые кромки.</p>	

1.15. Выбор оборудования

Ленточнопильный станок автоматический Bomar Workline 510.350 DG:

Паспортные данные станка:

Тип исполнения: Маятниковый

Разворот пильной рамы: 60-45-0-45-60 град.

Параметры профильной заготовки (Ширина и Высота): 510x350 мм

Мощность двигателя: 3 кВт

Скорость движения ленточного полотна: 20-120 м/мин

Размер ленточного полотна: 4780x1.1x34 мм

Высота рабочего стола: 761 мм

Минимальное раскрытие тисков: 5 мм

Масса: 725 кг

Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-25:

Макс. устанавливаемый диаметр над станиной, 806 мм

Макс. устанавливаемый диаметр над кареткой, 527 мм

Макс. обрабатываемый диаметр (зависит от револьвера), 330 мм

Макс. длина обработки (без патрона), 533 мм

Диаметр 3-х кулачкового патрона, 254 мм

Макс. диаметр обрабатываемого прутка, 76 мм

Диаметр отверстия в шпинделе, 88,9 мм

Макс. частота вращения шпинделя, 3400 об/мин

Максимальный крутящий момент, 407 Нм

Максимальная мощность шпинделя, 22,4 кВт

Перемещение по оси X, 236 мм

Перемещение по оси Z, 533 мм

Макс. осевое усилие, 22,7 кН

Макс. скорость холостых подач, 24 м/мин

Тип револьвера VDI40/BMT65

Количество инструментальных гнезд в револьвере, 12 шт

Макс. количество приводных станций, 12 шт
Макс. скорость вращения приводного инструмента, 6000 об/мин
Конус пиноли задней бабки, №4
Точность позиционирования, $\pm 0,0050$ мм
Повторяемость, $\pm 0,0025$ мм
Объем бака СОЖ, 208 л
Ориентировочная масса станка, 5580 кг

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-2

Макс. перемещение по оси X, 762 мм
Макс. перемещение по оси Y, 406 мм
Макс. перемещение по оси Z, 508 мм
Максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, 610 мм
Минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, 102 мм
Длина стола, 914 мм
Ширина стола, 356 мм
Макс. нагрузка на стол (равном. распределенная), 1361 кг
Ширина Т-образных пазов, 16 мм
Расстояние между Т-образными пазами, 125 мм
Размер конуса шпинделя 40
Максимальная частота вращения шпинделя, 8100 об/мин
Макс. мощность шпинделя, 22,4 кВт
Макс. крутящий момент, 122 Нм
Макс. осевое усилие, 18,7 кН
Макс. скорость холостых подач, 25,4 м/мин
Макс. рабочие подачи по осям XYZ, 16,5 м/мин
Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, 20 шт
Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), 89 мм
Макс. масса инструмента, 5,4 кг

Время смены инструмента (среднее), 4,2 сек

Точность позиционирования, $\pm 0,0050$ мм

Повторяемость, $\pm 0,0025$ мм

Объем бака СОЖ, 208 л

Ориентировочная масса станка , 3550 кг

Закалочные печи серии РК 105/12 производства LAC

Макс. температура, 1280 °С

Внутренний объем, 105 л

Внешние габариты, 1450x1500x1800 мм

Внутренние габариты, 500x350x600 мм

Подв. мощность макс., 21 кВт

Выключатель печи, 40/3 А

Масса, 660 кг

Напряжение, 400 В

Плоскошлифовальный станок ЗД711ВФ11

Размеры зеркала стола, 200x630 мм

Размер образца-изделия, 380x120x120 мм

Перпендикулярность траектории поперечного перемещения стола к направлению его продольного перемещения, 25 мкм

Наибольшие размеры обрабатываемых поверхностей, мм:

Длина 630 мм

Ширина:

с выходом шлифовального круга 200 мм

без выхода шлифовального круга 280 мм

Высота:

при наибольшем диаметре шлифовального круга 400 мм

при наименьшем диаметре шлифовального круга 470 мм

Наибольшая масса устанавливаемой заготовки (вместе с приспособлением или электромагнитной плитой), 200 кг

Размеры шлифовального круга, 300x76x40 мм

Частота вращения шпинделя, 1910 об/мин

Пределы рабочих подач:

стола, 2...30 м/мин

суппорта, 0,3...40 мм/ход

шлифовальной головки, 0,002...0,08 мм

Мощность привода главного движения, 4,0 кВт

Габаритные размеры станка: 2715x1788x2035 мм

Масса, 2950 кг

Координатно-шлифовальный станок HAUSER тип: 3 SMO

Перемещение по оси X	400 мм
Перемещение по оси Y	250 мм
Макс высота заготовки	500 мм
Диаметр шлифования	220 мм
Площадь стола	600 x 320 мм
Вылет	310 мм
Угловой диапазон	12 °
Число оборотов шлифов. шпинделя	50000 об/мин
Окружная скорость	max. 35 м/сек
Потребляемая мощность	7 кВт
Главный привод	6 кВт
Масса станка	2 тонны

1.16. Расчет и назначение режимов резания

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования. Элементы режима резания обычно устанавливают в следующем порядке: глубина резания t , подача, скорость резания.

Операция 005 «Заготовительная»

Оборудование: Ленточнопильный станок модели **Bomar Workline 510.350 DG**. Мощность мотора – 3 кВт. Качественное биметаллическое ленточное полотно Honsberg Spectra класса M42. Размер ленточного полотна 3800×0,9×27 мм. Форма зуба / шаг (зубьев на дюйм) - 4/6, (Германия), производится с использованием высоколегированного хромом (~4%) материала подложки и режущей кромки из быстрорежущей инструментальной стали M42 / Bi-metal с 8 % содержанием кобальта. Твердость зуба примерно 68 HRC, комбинированная с прочным материалом подложки с повышенной усталостной прочностью при изгибе, хорошо подходит для резки большинства рядовых марок стали с твердостью до ~ 45 HRC любых диаметров. Приведенные режимы для разрезания выбираем из справочных данных для данного материала.

Подача $S_M \leq 50$ мм/мин,

Принимаем $S_M=40$ мм/мин.

Скорость резания (V) – 12 м/мин

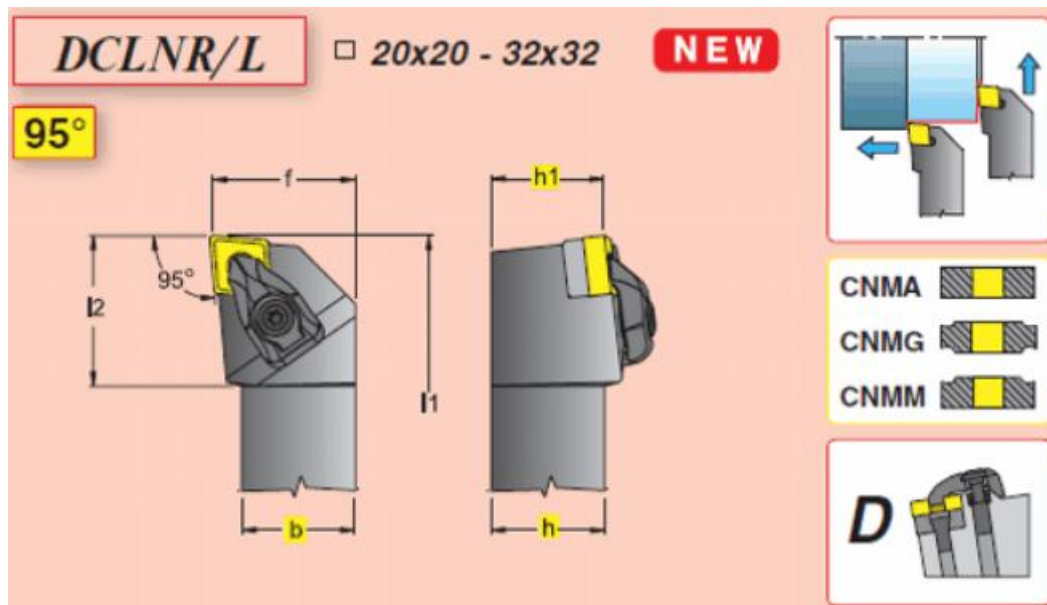
Операция 010 «Токарная».

Оборудование: **Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-25**. Мощность привода главного движения – 22,4 кВт, наибольший диаметр детали, обрабатываемой в патроне: над верхней частью суппорта – 527 мм, над станиной –

806 мм, максимальный обрабатываемый диаметр -330мм. Максимальная частота вращения: шпинделя - 3400 об/мин, приводного инструмента - 6000 об/мин.

Режущий инструмент:

Оправка DCLNR/L M12 (Радиус при вершине - 0.5)



Сменная многогранная пластина: CNMG 120404 - UA

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

Операция 010 переход 1

1. Общая глубина резания: $t = Z_{1.2}^c = 1,5$ мм.

Количество рабочих ходов – 1;

Глубина резания: $t_1 = 1,5$

2. Подача для данной глубины резания:

$S_1 = 0,9$ (черновое точение) [2, с.364] ;

3. Расчетная формула, скорости резания, м/мин [2, с.363]

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V$$

где T- стойкость инструмента, мин; t- глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

C_V - постоянный коэффициент; m, x, y- показатели степени;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий

фактические условия резания. [2, с.369]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где K_{MV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\delta_B} \right)^{n_V} = 1 \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,41 \quad [2, \text{с.360}]$$

где:

K_r - коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_r = 1$

n_V - показатель степени характеризующий состояние поверхности, $n_V = 1$

δ_B - предел прочности при растяжении для стали 45, $\delta_B = 530$

$K_{ПВ}$ - коэффициент учитывающий состояние поверхности, $K_{ПВ1} = 0,9$; $K_{ПВ2} = 1$ [2, с.361]

$K_{ИВ}$ - коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{ИВ} = 1$ [2, с.361]

$$K_{V1} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1 = 1,41$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 120$ мин. [2, с.363]

Значения коэффициентов: $C_V = 280$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,45$

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_1^x \cdot S_1^y} \cdot K_V = \frac{280}{120^{0,20} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 1,41 = 150,02 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 150 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_1}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 90} = 530 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n_1 = 530 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$,

5. Фактическая скорость резания:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 600}{1000} = 150 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp} = 2,14; \quad K_{\phi p} = 1; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad [2, \text{с.374}]$$

$$1) \quad K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,14$$

$$C_p = 300, \quad x = 1, \quad y = 0,75, \quad n = -0,15 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_{z1} = 10 \cdot C_p \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 150^{-0,15} \cdot 2,14 = 4191 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез.1}} = \frac{P_{z1} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4191 \cdot 150}{1020 \cdot 60} = 10,27 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

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

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

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

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$10,27 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 2

1. Общая глубина резания: $t = Z_{1,1}^c = 5 \text{ мм.}$

Количество рабочих ходов – 3;

Глубина резания: $t_1 = 2 \text{ мм; } t_2 = 0,5 \text{ мм.}$

2. Подача для данной глубины резания:

$S_1 = 0,9$ (черновое точение) $[2, \text{с.364}]$;

$S_2 = 0,35 \text{ мм/об}$ (чистовое точение) $[2, \text{с.366}]$;

3. Расчетная формула, скорости резания, м/мин [2, с.363]

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V$$

где T- стойкость инструмента, мин; t- глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

C_V - постоянный коэффициент; m, x, y- показатели степени;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания. [2, с.369]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где K_{MV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\delta_b} \right)^{n_V} = 1 \left(\frac{750}{530} \right)^{1.75} = 1,83 \quad [2, \text{с.360}]$$

где:

K_r - коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_r = 1$

n_V - показатель степени характеризующий состояние поверхности, $n_V = 1.75$

δ_b - предел прочности при растяжении для стали 45, $\delta_b = 530$

$K_{ПВ}$ - коэффициент учитывающий состояние поверхности, $K_{ПВ1} = 0,9$; $K_{ПВ2} = 1$ [2, с.361]

$K_{ИВ}$ - коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{ИВ} = 1$ [2, с.361]

$$K_{V1} = 1,83 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,647$$

$$K_{V2} = 1,83 \cdot 1 \cdot 1 = 1,83$$

Период стойкости инструмента принимаем: T = 120 мин. [2, с.363]

Значения коэффициентов: $C_V = 280$; m = 0,20; x = 0,15; y = 0,45

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_1^x \cdot S_1^y} \cdot K_V = \frac{280}{120^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 1,647 = 167,29 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 167 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_2^x \cdot S_2^y} \cdot K_V = \frac{280}{120^{0,20} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,35^{0,45}} \cdot 1,83 = 350,49 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 350 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_1}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 90} = 590 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$
$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 350}{3,14 \cdot 86} = 1296 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n_1 = 600 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$, $n_2 = 1300 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 600}{1000} = 169 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$
$$V_2 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 86 \cdot 1300}{1000} = 351 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp} = 2,14; \quad K_{\varphi p} = 1; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad [2, \text{с.374}]$$

$$2) \quad K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,14$$

$$C_p = 300, \quad x = 1, \quad y = 0,75, \quad n = -0,15 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_{z1} = 10 \cdot C_p \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 169^{-0,15} \cdot 2,14 = 5588 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot C_p \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 350^{-0,15} \cdot 2,14 = 614 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез.1}} = \frac{P_{z1} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{5588 \cdot 169}{1020 \cdot 60} = 15,43 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{рез.2}} = \frac{P_{z2} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{614 \cdot 351}{1020 \cdot 60} = 3,52 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

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

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

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

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$15,43 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 3

1. Режущий инструмент: сверло центровочное $\varnothing 2$ мм YG-1 5303020, твердый сплав

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

Глубина резания: $t = \frac{D}{2} = \frac{2}{1} = 1$ мм.

2. Подача $S = 0,09$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1 = 1,41$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 2^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,09^{0,30}} \cdot 1,41 = 59,83 \text{ м/мин.}$$

примем $V = 60$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 2} = 9554 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 6000$ об/мин (максимум приводного инструмента).

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 6000}{1000} = 37,68 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 2^1 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 2,14 = 539 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 2,14 = 0,42 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,42 \cdot 6000}{9750} = 0,26 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$0,26 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 4

1. Режущий инструмент: сверло $\varnothing 8$ мм YG-1 5407080, твердый сплав

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

$$\text{Глубина резания: } t = \frac{D}{2} = \frac{8}{1} = 4 \text{ мм.}$$

2. Подача $S = 0,22$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad [2, \text{ с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 0,8 = 1,12$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 8^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,22^{0,30}} \cdot 1,41 = 68,63 \text{ м/мин.}$$

примем $V=65$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 8} = 2587 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 2600$ об/мин

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 2600}{1000} = 65,3 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 8^1 \cdot 0,22^{0,7} \cdot 2,14 = 4027 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 2,14 = 14,033 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{14,033 \cdot 2587}{9750} = 3,72 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$3,72 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 5

1. Режущий инструмент: сверло $\varnothing 16,5$ мм YG-1 5407165, твердый сплав

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

Глубина резания: $t = \frac{D-d}{2} = \frac{16.5-8}{1} = 4.25$ мм.

2. Подача $S = 0,35$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20; x = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 0,8 = 1,12$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 16,5^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,30} \cdot 4,25^{0,20}} \cdot 1,12 = 61,7 \text{ м/мин.}$$

примем $V = 60$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 16,5} = 1158 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 1150$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16,5 \cdot 1150}{1000} = 60,7 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 16,5^1 \cdot 0,35^{0,7} \cdot 4,25^{1,2} \cdot 2,14 = 64667 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14, x = 1,2$$

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16,5^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 4,25^{0,9} \cdot 2,14 = 314 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14, x = 0,9$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{314 \cdot 1150}{9750} = 37 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$37 > 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке невозможна.

Уменьшим обороты до 500 об/минуту

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{314 \cdot 500}{9750} = 16,1 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

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

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

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

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$16,1 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 6

1. Режущий инструмент: сверло $\varnothing 7,5$ мм YG-1 5407075, твердый сплав
Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

Глубина резания: $t = \frac{D}{2} = \frac{7,5}{1} = 3,75$ мм.

2. Подача $S = 0,22$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 0,8 = 1,12$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 7,5^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,22^{0,30}} \cdot 1,12 = 62,63 \text{ м/мин.}$$

примем $V=60$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 7,5} = 2547 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 2600$ об/мин

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7,5 \cdot 2600}{1000} = 61,2 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 7,5^1 \cdot 0,22^{0,7} \cdot 2,14 = 3,775 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 7,5^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 2,14 = 12,33 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{12,33 \cdot 2600}{9750} = 3,88 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$3,88 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 7

1. Режущий инструмент: сверло-фреза $\varnothing 20$ мм YG-1 5400200, материал – твердый сплав. (ST-Group)

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88.

2. Глубина резания: $t = 1$ мм.

3. Подача $S = 0,22$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 100$ м/мин.

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 20} = 1592 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 1600$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1600}{1000} = 100,5 \text{ м/мин.}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 20^1 \cdot 0,22^{0,7} \cdot 2,14 = 10069 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 2,14 = 87,71 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{87,71 \cdot 1600}{9750} = 14,39 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$14,39 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 8

1. Режущий инструмент: метчик машинный для метрической резьбы с винтовыми стружечными канавками MM910C NR35 (M18, шаг 1,5), материал – P6M5. (Каталог «ТИЗ» «Инструмент высокоточный с вышлифованным профилем»).

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88.

2. Подача $S = 1,25$ мм/об.
3. Скорость резания возьмем из каталога
 $V = 2$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 2}{3,14 \cdot 18} = 38 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 40$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 40}{1000} = 2,07 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет крутящего момента:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q P^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 18^2 \cdot 1,5^{0,7} \cdot 2,14 = 317 \text{ Нм}$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{317 \cdot 40}{9750} = 1,3 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$1,3 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 9

1. Режущий инструмент: фреза Ø6 фирмы YG-1 EM308060

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88.

2. Возьмем каталожные режимы резания:

$$n = 6000 \text{ об/мин}$$

$$F = 400 \text{ мм/мин}$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 6 \cdot 6000}{1000} = 113 \text{ м/мин}$$

$$S_z = \frac{F}{n \cdot z} = \frac{400}{6000 \cdot 4} = 0.016 \text{ мм/зуб}$$

3. Сила резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n Z}{D^q n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 101 \cdot 8^{0.88} \cdot 0.016^{0.75} \cdot 0.25^1 \cdot 4}{6^{0.87} \cdot 6000^0} = 59,58 \text{ Нм}$$

$$C_p = 101, x = 0.88, y = 0.75, u = 1, q = 0.87, w = 0, K_{mp} = 2.14.$$

4. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{59.58 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 1,78 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5. Мощность резания:

$$N_{рез.2} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{59,58 \cdot 113}{1020 \cdot 60} = 0,11 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

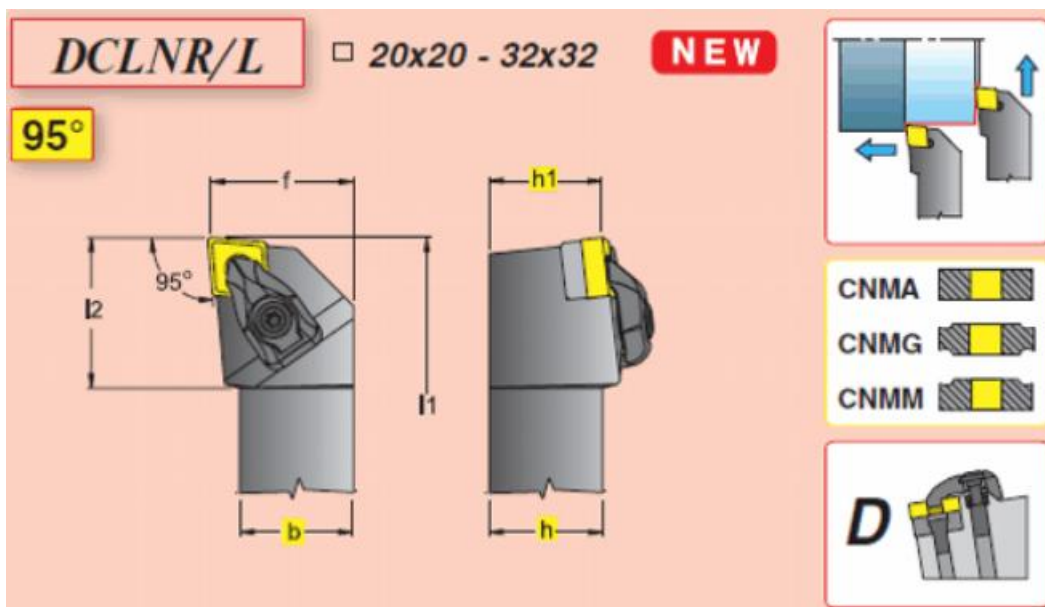
$$0,11 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 015 переход 1

Режущий инструмент:

Оправка DCLNR/L M12 (Радиус при вершине - 0.5)



Сменная многогранная пластина: CNMG 120404 - UA

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

1. Общая глубина резания: $t = Z_{1.2}^c = 1,5$ мм.

Количество рабочих ходов – 1;

Глубина резания: $t_1 = 1,5$

2. Подача для данной глубины резания:

$S_1 = 0,9$ (черновое точение) [2, с.364] ;

3. Расчетная формула, скорости резания, м/мин [2, с.363]

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V$$

где T - стойкость инструмента, мин; t - глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

C_V - постоянный коэффициент; m , x , y - показатели степени;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания. [2, с.369]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где K_{MV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\delta_B} \right)^{n_V} = 1 \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,41 \quad [2, \text{с.360}]$$

где:

K_r - коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_r = 1$

n_V - показатель степени характеризующий состояние поверхности, $n_V = 1$

δ_B - предел прочности при растяжении для стали 45, $\delta_B = 530$

$K_{ПВ}$ - коэффициент учитывающий состояние поверхности, $K_{ПВ1} = 0,9$; $K_{ПВ2} = 1$ [2, с.361]

$K_{ИВ}$ - коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{ИВ} = 1$ [2, с.361]

$$K_{V1} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1 = 1,41$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 120$ мин. [2, с.363]

Значения коэффициентов: $C_V = 280$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,45$

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_1^x \cdot S_1^y} \cdot K_V = \frac{280}{120^{0,20} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 1,41 = 150,02 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 150 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_1}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 90} = 530 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n_1 = 530 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$,

5. Фактическая скорость резания:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 600}{1000} = 150 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp} = 2,14; \quad K_{\varphi p} = 1; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,14$$

$$C_p = 300, \quad x = 1, \quad y = 0,75, \quad n = -0,15 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_{z1} = 10 \cdot C_p \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 150^{-0,15} \cdot 2,14 = 4191 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез.1}} = \frac{P_{z1} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4191 \cdot 150}{1020 \cdot 60} = 10,27 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

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

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

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

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$10,27 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 015 переход 2

1. Общая глубина резания: $t = Z_{2.1}^c = 1,5 \text{ мм.}$

Количество рабочих ходов – 9;

Глубина резания: $t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5 = t_6 = t_7 = t_8 = 2,15 \text{ мм; } t_9 = 0,55 \text{ мм.}$

2. Подача для данной глубины резания:

$S_1=0,9$ (черновое точение) [2, с.364] ;

$S_2 = 0,35$ мм/об (чистовое точение) [2, с.366];

3. Расчетная формула, скорости резания, м/мин [2, с.363]

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V$$

где T - стойкость инструмента, мин; t - глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

C_V - постоянный коэффициент; m , x , y - показатели степени;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания. [2, с.369]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где K_{MV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\delta_b} \right)^{n_V} = 1 \left(\frac{750}{530} \right)^{1.75} = 1,83 \quad [2, \text{с.360}]$$

где:

K_r - коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_r = 1$

n_V - показатель степени характеризующий состояние поверхности, $n_V = 1.75$

δ_b - предел прочности при растяжении для стали 45, $\delta_b = 530$

$K_{ПВ}$ - коэффициент учитывающий состояние поверхности, $K_{ПВ1} = 0,9$; $K_{ПВ2} = 1$ [2, с.361]

$K_{ИВ}$ - коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{ИВ} = 1$ [2, с.361]

$$K_{V1} = 1,83 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,647$$

$$K_{V2} = 1,83 \cdot 1 \cdot 1 = 1,83$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 120$ мин. [2, с.363]

Значения коэффициентов: $C_V = 280$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,45$

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_1^x \cdot S_1^y} \cdot K_V = \frac{280}{120^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 1,647 = 167,29 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 167 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_2^x \cdot S_2^y} \cdot K_V = \frac{280}{120^{0,20} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,35^{0,45}} \cdot 1,83 = 350,49 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 350 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_1}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 90} = 590 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 350}{3,14 \cdot 86} = 1296 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n_1 = 600 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$, $n_2 = 1300 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 600}{1000} = 169 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 86 \cdot 1300}{1000} = 351 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_P – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp} = 2,14; \quad K_{\phi p} = 1; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,14$$

$$C_P = 300, \quad x = 1, \quad y = 0,75, \quad n = -0,15 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_{z1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 169^{-0,15} \cdot 2,14 = 5588 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 350^{-0,15} \cdot 2,14 = 614 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез.1}} = \frac{P_{z1} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{5588 \cdot 169}{1020 \cdot 60} = 15,43 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{рез.2}} = \frac{P_{z2} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{614 \cdot 351}{1020 \cdot 60} = 3,52 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

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

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

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

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$15,43 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 015 переход 3

1. Режущий инструмент: фреза $\varnothing 12$ фирмы YG-1 EM308120

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88.

Глубина фрезерования $t = 20$ мм

Ширина фрезерования $B = 5$ мм

2. Возьмем каталожные режимы резания:

$$n = 3700 \text{ об/мин}$$

$$F = 700 \text{ мм/мин}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 3700}{1000} = 140 \text{ м/мин}$$

$$S_z = \frac{F}{n \cdot z} = \frac{700}{3700 \cdot 4} = 0,047 \text{ мм/зуб}$$

3. Сила резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n Z}{D^q n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 101 \cdot 20^{0,88} \cdot 0,047^{0,75} \cdot 5^1 \cdot 4}{12^{0,87} \cdot 3700^0} \cdot 2,14 = 7012 \text{ Нм}$$

$$C_p = 101, x = 0,88, y = 0,75, u = 1, q = 0,87, w = 0, K_{mp} = 2,14.$$

4. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{7012 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 420 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{7012 \cdot 140}{1020 \cdot 60} = 16.04 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$16.04 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 020 переход 1

1. Режущий инструмент: фреза $\varnothing 12$ фирмы YG-1 EM308120

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88.

Глубина фрезерования $t = 14$ мм

Ширина фрезерования $B = 7$ мм

2. Возьмем каталожные режимы резания:

$$n = 3700 \text{ об/мин}$$

$$F = 700 \text{ мм/мин}$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 12 \cdot 3700}{1000} = 140 \text{ м/мин}$$

$$S_z = \frac{F}{n \cdot z} = \frac{700}{3700 \cdot 4} = 0.047 \text{ мм/зуб}$$

3. Сила резания:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n Z}{D^q n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 101 \cdot 14^{0.88} \cdot 0,047^{0.75} \cdot 7^1 \cdot 4}{12^{0.87} \cdot 3700^0} \cdot 2.14 = 7172 \text{ Н}$$

$$C_p = 101, x = 0.88, y = 0.75, u = 1, q = 0.87, w = 0, K_{mp} = 2.14.$$

4. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{7172 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 430 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{7172 \cdot 140}{1020 \cdot 60} = 16.4 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$16.4 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 020 переход 2

1. Режущий инструмент: сверло центровочное $\varnothing 1$ мм YG-1 5303010, твердый сплав

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

Глубина резания: $t = \frac{D}{2} = \frac{1}{2} = 0.5$ мм.

2. Подача $S = 0,09$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1 = 1,41$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 1^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,09^{0,30}} \cdot 1,41 = 43,78 \text{ м/мин.}$$

примем $V = 40$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 1} = 12738 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 12500$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 12500}{1000} = 39,25 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 1^1 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 2,14 = 269 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 1^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 2,14 = 0,107 \text{ Нм}$$

$$C_M = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,107 \cdot 12500}{9750} = 0,14 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$0,14 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 010 переход 3

1. Режущий инструмент: сверло $\varnothing 3,8$ мм YG-1 5407038, твердый сплав
Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

Глубина резания: $t = \frac{D}{2} = \frac{3,8}{2} = 1,9$ мм.

2. Подача $S = 0,09$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 0,8 = 1,12$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 3,8^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,09^{0,30}} \cdot 1,12 = 79,84 \text{ м/мин.}$$

примем $V = 80$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 80}{3,14 \cdot 3,8} = 6704 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 6700$ об/мин

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,8 \cdot 6700}{1000} = 79,94 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 3,8^1 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 2,14 = 1024 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 2,14 = 1,55 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,55 \cdot 6700}{9750} = 1,06 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

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

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

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

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$1,06 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 020 переход 4

1. Режущий инструмент: сверло центровочное $\varnothing 1$ мм YG-1 5303010, твердый сплав

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

Глубина резания: $t = \frac{D}{2} = \frac{1}{2} = 0,5$ мм.

2. Подача $S = 0,09$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1 = 1,41$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 1^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,09^{0,30}} \cdot 1,41 = 43,78 \text{ м/мин.}$$

примем $V = 40$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 1} = 12738 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 12500$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 12500}{1000} = 39,25 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 1^1 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 2,14 = 269 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 1^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 2,14 = 0,107 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,107 \cdot 12500}{9750} = 0,14 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$0,14 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 020 переход 5

1. Режущий инструмент: сверло $\varnothing 1,5$ мм YG-1 5407015, твердый сплав

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88

$$\text{Глубина резания: } t = \frac{D}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$$

2. Подача $S = 0,09$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V, \quad [2, \text{ с.382}]$$

где $T = 60$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 34,2; q = 0,45; y = 0,30; m = 0,20$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV} = 1,41 \cdot 1 \cdot 0,8 = 1,12$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 1,5^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 0,09^{0,30}} \cdot 1,41 = 52,55 \text{ м/мин.}$$

примем $V=50$ м/мин.

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 1,5} = 10615 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 10500$ об/мин

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1,5 \cdot 10500}{1000} = 49,45 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 1,5^1 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 2,14 = 404 \text{ Н}$$

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7, K_p = 2,14$$

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 1,5^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 2,14 = 0,24 \text{ Нм}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2, y = 0,8, K_p = 2,14$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,24 \cdot 10500}{9750} = 0,26 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

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

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

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,9 = 20,16 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$0,26 < 20,16.$$

Обработка при заданных режимах на данном станке возможна.

Операция 030 Переход 1

Для получения детали из стали 45 твердостью 42...45 единиц, необходимо равномерно нагреть заготовку до температуры 820...840 градусов, затем закалить в воде. Отпуск производится при температуре 180...220 градусов и дальнейшем охлаждении на воздухе.

Операция 035

Операция плоской шлифовки на плоскошлифовальном станке 3Д711ВФ11
Круг 14А50СМ1К (для сталей твердостью 40-50 HRC).

1. Вводные данные:

$$V_k = 30 \text{ м/с, [2, с.382]}$$

$$V_3 = 5 \text{ м/мин,}$$

$$t = 0.05 \text{ мм,}$$

$$S = 1 \frac{\text{мм}}{\text{ход}},$$

$$d_k = 300 \text{ мм,}$$

Операция 040 переход 1

1. Режущий инструмент: сверло $\varnothing 1,8$ мм YG-1 5407018, твердый сплав
Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88 45 HRC

$$\text{Глубина резания: } t = \frac{D-d}{2} = \frac{1.8-1.5}{2} = 0.15 \text{ мм.}$$

2. Возьмем режимы резания из каталога ST-Group

Для обработки стали твердостью 40-50 HRC рекомендуют:

Подачу на оборот $S = 0,04$ мм/об

Количество оборотов $n = 9000$ об/мин.

Тогда скорость резания $V_c = \frac{9000 \cdot 1,8 \cdot 3,14}{1000} = 50,8$ м/мин,

А минутная подача $F=360$ мм/мин

Операция 040 переход 2

1. Режущий инструмент: сверло $\varnothing 1,8$ мм YG-1 5407018, твердый сплав
Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88 45 HRC

Глубина резания: $t = \frac{D-d}{2} = \frac{1,9-1,8}{2} = 0,5$ мм.

2. Возьмем режимы резания из каталога ST-Group

Для обработки стали твердостью 40-50 HRC рекомендуют:

Подачу на оборот $S = 0,04$ мм/об

Количество оборотов $n = 8500$ об/мин.

Тогда скорость резания $V_c = \frac{8500 \cdot 1,8 \cdot 3,14}{1000} = 48$ м/мин,

А минутная подача $F=340$ мм/мин

Операция 040 переход 3

1. Режущий инструмент: фреза $\varnothing 6$ фирмы SGS 33с

Обрабатываемый материал – Сталь 45 ГОСТ 2590-88. 45 HRC

Глубина фрезерования $t = 0,5$ мм

Ширина фрезерования $B = 7$ мм

2. Возьмем каталожные режимы резания.

Для обработки стали твердостью 40-50 HRC рекомендуют:

$n = 2900$ об/мин

$F = 120$ мм/мин

$S_z = 0,007$ мм/зуб

$V = 56$ м/мин

№ Операции.	Наименование операции и перехода.	Режимы резания			
		n, об/мин	F, мм/мин	V, м/мин	S, мм/об (мм/зуб)
005	1. Заготовительная.	-	-	12	40
010	1. Токарная (подрезать торец)	530	-	150	0.9
	2. Токарная (проточить внешний диаметр)	530/1300	-	167/350	0.9/0.35
	3. Токарная (зацентрировать 3 отверстия)	6000	-	37	0.09
	4. Токарная (просверлить Ø8)	2600	-	65	0.22
	5. Токарная (рассверлить Ø16.5)	1150	-	60	0.35
	6. Токарная (снять фаску)	1600	-	100	0.22
	7. Токарная (нарезать резьбу М18)	38	-	2	1.25
	8. Токарная (просверлить 2 отверстия Ø7.5)	2600	-	61	0.22
	9. Токарная (расфрезеровать Ø8)	6000	400	113	0.016
015	1. Токарная (подрезать торец)	530	-	150	0.9
	2. Токарная (проточить)	600/1300	-	169/351	0.9/0.09

	внешний диаметр)				
	3. Токарная (фрезеровать лыски)	3700	700	140	0.047
020	1. Фрезерная (фрезеровать шестигранник)	3700	700	140	0.047
	2. Фрезерная (зацентровать 3 отверстия)	12500	-	39	0.09
	3. Фрезерная (просверлить 3 отверстия Ø3.8)	6700	-	80	0.09
	4. Фрезерная (зацентровать 271 отверстие)	12500	-	39	0.09
	5. Фрезерная (просверлить 271 отверстие Ø1.5)	10500	-	50	0.09
025	1. Слесарная	-	-	-	-
030	1. Термообработка	-	-	-	-
035	1. Шлифовальная	-	-	5	1
	2. Шлифовальная	-	-	5	1
040	1. Фрезерная (рассверлить 271 отверстие Ø1.8)	9000	360	51	0.04
	2. Фрезерная (рассверлить 271 отверстие Ø1.9)	8500	340	48	0.04
	3. Фрезерная	2900	120	56	0.007

	(фрезеровать шестигранник)				
045	1. Шлифовальная	-	-	5	1

1.17. Нормирование технологических операций

Расчет основного времени

Основное время – время, затрачиваемое на движение инструмента на рабочей подаче.

Расчет основного времени производят на основании следующей зависимости [8]:

$$t_o = \frac{Li}{Sn}, \text{ мин};$$

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:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ мм};$$

здесь l – размер детали на данном переходе, мм;

l_1 - величина подвода инструмента, мм;

l_2 – величина врезания инструмента, мм.

l_3 – величина перебега инструмента, мм.

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

Величина врезания инструмента в каждом конкретном случае определяется как:

$$l_2 = \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi};$$

где t – глубина резания, мм;

φ - угол в плане.

005. Заготовительная

1. Отрезать заготовку.

Определяем основное время

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S} = \frac{(90 + 5) \cdot 1}{40} = 2.4 \text{ мин}$$

010. Токарная операция с ЧПУ.

1. Подрезать торец .

Определяем основное время

$$T_{01} = \frac{(L+l_1+l_3) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(45+1+1) \cdot 1}{530 \cdot 0.9} = 0.098 \text{ мин.}$$

2. Проточить $\varnothing 85$.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(55+1+1) \cdot 1}{530 \cdot 0.9} = 0.117 \text{ мин.}$$

$$T_{02} = \frac{(L+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(55+1+1) \cdot 1}{1300 \cdot 0.09} = 0.478 \text{ мин.}$$

3. Зацентровать 3 отверстия.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 3 \cdot \frac{(5+1) \cdot 1}{6000 \cdot 0.09} = 0.033 \text{ мин.}$$

4. Просверлить $\varnothing 8$.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(106+1) \cdot 1}{2600 \cdot 0.22} = 0.187 \text{ мин.}$$

5. Рассверлить $\varnothing 16.5$.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(106+1) \cdot 1}{1150 \cdot 0.35} = 0.265 \text{ мин}$$

6. Снять фаску.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(11+1) \cdot 1}{1600 \cdot 0.22} = 0.034 \text{ мин}$$

7. Нарезать резьбу M18x1.5.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(25+1) \cdot 1}{38 \cdot 1.25} = 0.547 \text{ мин}$$

8. Просверлить Ø7.5.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 2 \cdot \frac{(8+1) \cdot 1}{2600 \cdot 0.22} = 0.031 \text{ мин}$$

9. Расфрезеровать Ø8.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 2 \cdot \frac{(25+9) \cdot 1}{400} = 0.170 \text{ мин}$$

015.Токарная операция с ЧПУ.

1. Подрезать торец .

$$T_{01} = \frac{(L+l_1+l_3) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(45+1+1) \cdot 1}{530 \cdot 0.9} = 0.098 \text{ мин.}$$

2. Проточить Ø49.5.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = 8 \cdot \frac{(85+1+1) \cdot 1}{600 \cdot 0.9} = 1.28 \text{ мин.}$$

$$T_{02} = \frac{(L+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(85+1+1) \cdot 1}{1300 \cdot 0.09} = 0.743 \text{ мин.}$$

3. Фрезеровать лыски.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 2 \cdot \frac{(40+1) \cdot 1}{700} = 0.117 \text{ мин}$$

020.Фрезерная операция с ЧПУ.

1. Фрезеровать шестигранник.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(168+7) \cdot 1}{700} = 0.25 \text{ мин}$$

2. Зацентровать 3 отверстия.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 3 \cdot \frac{(2.5+1) \cdot 1}{12500 \cdot 0.09} = 0.009 \text{ мин.}$$

3. Просверлить 3 отверстия Ø3.8.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 3 \cdot \frac{(15+1) \cdot 1}{6700 \cdot 0.09} = 0.079 \text{ мин.}$$

4. Зацентровать 271 отверстие.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 271 \cdot \frac{(2+1) \cdot 1}{12500 \cdot 0.09} = 0.722 \text{ мин.}$$

5. Просверлить 271 отверстие Ø1.5.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 271 \cdot \frac{(12+1) \cdot 1}{10500 \cdot 0.09} = 3.72 \text{ мин.}$$

025 Слесарная. Снять заусенцы, притупить острые кромки.

$$T=0,05\text{мин.}$$

035.Операция плоской шлифовки.

1. Время на шлифовку каждой плоскости примем равно 1 мин.

040.Фрезерная операция с ЧПУ.

2. Просверлить 271 отверстие $\varnothing 1.8$.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 271 \cdot \frac{(12+1) \cdot 1}{9000 \cdot 0.04} = 9.78 \text{ мин.}$$

3. Просверлить 271 отверстие $\varnothing 1.9$.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = 271 \cdot \frac{(12+1) \cdot 1}{8500 \cdot 0.04} = 10.361 \text{ мин.}$$

4. Фрезеровать шестигранник.

$$T_{01} = \frac{(L+l_1) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(168+7) \cdot 1}{120} = 1.458 \text{ мин}$$

045.Операция плоской шлифовки.

1. Время на шлифовку плоскости примем равным 1 мин.

050.Операция внутренней шлифовки.

1. Время на шлифовку отверстий примем равным 3 мин.

055 Слесарная. Снять заусенцы, притупить острые кромки.

$$T=0,05\text{мин}$$

1.18. Расчет вспомогательного времени

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

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}};$$

Где $t_{\text{уст}}$ - время на установку и снятие детали;

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

$t_{изм}$ - время измерения детали.

005. Заготовительная операция.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,35 + 0,12 = 0,47 \text{ мин},$$

010. Токарная операция с ЧПУ.

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

Установ А.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,55 + 0,23 = 0,78 \text{ мин},$$

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

015. Токарная операция с ЧПУ.

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,55 + 0,23 = 0,78 \text{ мин};$$

020. Фрезерная операция с ЧПУ

Обработка выполняется за одну установку.

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,14 + 0,32 + 0,32 + 0,23 = 1,01 \text{ мин};$$

035. Шлифовальная операция

Установ А.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,27 + 0,23 = 0,5 \text{ мин},$$

Установ Б.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,27 + 0,23 = 0,5 \text{ мин},$$

040. Фрезерная операция с ЧПУ

Обработка выполняется за одну установку.

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,14 + 0,32 + 0,32 + 0,23 = 1,01 \text{ мин};$$

045. Шлифовальная операция

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,27 + 0,23 = 0,5 \text{ мин},$$

050. Кругло-шлифовальная операция.

$$t_{\epsilon} = t_{уст} + t_{упр} = 0,14 + 0,32 + 0,32 + 0,23 = 1,01 \text{ мин};$$

1.19. Расчет оперативного времени

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в}$$

005. Заготовительная.

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 2,4 + 0,47 = 2,87 \text{ мин}$$

010. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 1,96 + 0,78 = 2,74 \text{ мин}$$

015. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 2,238 + 0,78 = 3,018 \text{ мин}$$

020. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 4,78 + 1,01 = 5,79 \text{ мин}$$

035. Шлифовальная операция

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 2 + 1 = 3 \text{ мин}$$

040. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 21,599 + 1,01 = 22,609 \text{ мин}$$

045. Шлифовальная операция

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 1 + 1 = 2 \text{ мин}$$

050. Шлифовальная операция

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{в} = 3 + 1,01 = 4,01 \text{ мин}$$

1.20. Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$t_{обс} = \alpha * t_{оп}$$

005. Заготовительная.

$$t_{обс} = \alpha * t_{оп} = 0,03 * 2,87 = 0,086 \text{ мин}$$

010. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{обс} = \alpha * t_{оп} = 0,03 * 2,74 = 0,082 \text{ мин}$$

015. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{обс} = \alpha * t_{оп} = 0,03 * 3,018 = 0,09 \text{ мин}$$

020. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{обс} = \alpha * t_{оп} = 0,03 * 5,79 = 0,173 \text{ мин}$$

035. Шлифовальная операция

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,03 \cdot 3 = 0,09 \text{ мин}$$

040. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,03 \cdot 22,609 = 0,678 \text{ мин}$$

045. Шлифовальная операция

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,03 \cdot 2 = 0,06 \text{ мин}$$

050. Шлифовальная операция

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,03 \cdot 4,01 = 0,12 \text{ мин}$$

1.21. Расчет времени на отдых

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

005. Заготовительная.

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 2,87 = 0,115 \text{ мин};$$

010. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 2,74 = 0,11 \text{ мин};$$

015. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 3,018 = 0,12 \text{ мин};$$

020. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 5,79 = 0,231 \text{ мин};$$

035. Шлифовальная операция

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 3 = 0,12 \text{ мин};$$

040. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 22,609 = 0,904 \text{ мин};$$

045. Шлифовальная операция

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 2 = 0,08 \text{ мин};$$

050. Шлифовальная операция

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{он}} = 0,04 \cdot 4,01 = 0,16 \text{ мин};$$

1.22. Определение подготовительно-заключительного времени.

005. Заготовительная.

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

$t_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации. На ознакомление 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.

$$t_{пз2} = 3 \text{ мин}$$

$$t_{пз} = 10 + 3 = 13 \text{ мин}$$

010. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

$t_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации. На ознакомление 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. В соответствии с руководящим материалом Оргстанкпрома принята единая норма для всех станков с ЧПУ $t_{пз2} = 12$ мин.

$$t_{пз3} = 5,4 \text{ мин} \quad \text{время на взятие пробной стружки}$$

$$t_{пз} = 12 + 10 + 5,4 = 27,4 \text{ мин.}$$

020. Фрезерная операция с ЧПУ (шлиц)

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

$t_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации. На ознакомление 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 – 10мин. В соответствии с руководящим материалом Оргстанкпрома принята единая норма для всех станков с ЧПУ $t_{пз2} = 12$ мин

$t_{пз3} = 2$ мин - на установку инструмента

$t_{пз} = 10 + 12 + 2 \times 4 = 30$ мин.

035. Шлифовальная.

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

$t_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации. На ознакомление 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 – 4мин; итого на комплекс приемов – 10мин.

$t_{пз2} = 3$ мин

$t_{пз} = 10 + 3 = 13$ мин

040. Фрезерная операция с ЧПУ (шлиц)

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

$t_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации. На ознакомление 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 – 4мин; итого на комплекс приемов – 10мин. В соответствии с руководящим материалом Оргстанкпрома принята единая норма для всех станков с ЧПУ $t_{пз2} = 12$ мин

$t_{пз3} = 2$ мин - на установку инструмента

$t_{пз} = 10 + 12 + 2 \times 3 = 28$ мин.

045. Шлифовальная.

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

$t_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации. На ознакомление 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.

$$t_{пз2} = 3 \text{ мин}$$

$$t_{пз} = 10 + 3 = 13 \text{ мин}$$

050. Координатно - шлифовальная.

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}$$

$t_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации. На ознакомление 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.

$$t_{пз2} = 3 \text{ мин}$$

$$t_{пз} = 10 + 3 = 13 \text{ мин}$$

1.23. Расчет штучного времени

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд}$$

005. Заготовительная.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} = 2,4 + 0,47 + 0,086 + 0,115 = 3,071 \text{ мин.}$$

010. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{шт} = t_{он} + t_{обс} + t_{отд} = 2,74 + 0,082 + 0,11 = 2,932 \text{ мин.}$$

015. Токарная операция с ЧПУ

$$t_{шт} = t_{он} + t_{обс} + t_{отд} = 3,018 + 0,09 + 0,12 = 3,228 \text{ мин.}$$

020. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{шт} = t_{он} + t_{обс} + t_{отд} = 5,79 + 0,173 + 0,231 = 6,194 \text{ мин.}$$

035. Шлифовальная операция

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{он}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}} = 3 + 0,09 + 0,12 = 3,21 \text{ мин.}$$

040. Фрезерная операция с ЧПУ

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{он}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}} = 22,609 + 0,678 + 0,904 = 24,191 \text{ мин.}$$

045. Шлифовальная операция

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{он}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}} = 2 + 0,06 + 0,08 = 2,14 \text{ мин.}$$

050. Шлифовальная операция

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{он}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}} = 4,01 + 0,12 + 0,16 = 4,29 \text{ мин.}$$

1.24. Расчет штучно-калькуляционного времени

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

где N – объем партии деталей.

$$\sum t_{\text{шт}} = 3,071 + 2,932 + 3,228 + 6,194 + 3,21 + 24,191 + 2,14 + 4,29 = 49,255$$

$$\sum t_{\text{пз}} = 13 + 27,4 + 30 + 13 + 28 + 13 + 13 = 137,4$$

$$t_{\text{шт.к}} = 49,255 + \frac{137,4}{2000} = 49,323 \text{ мин.}$$

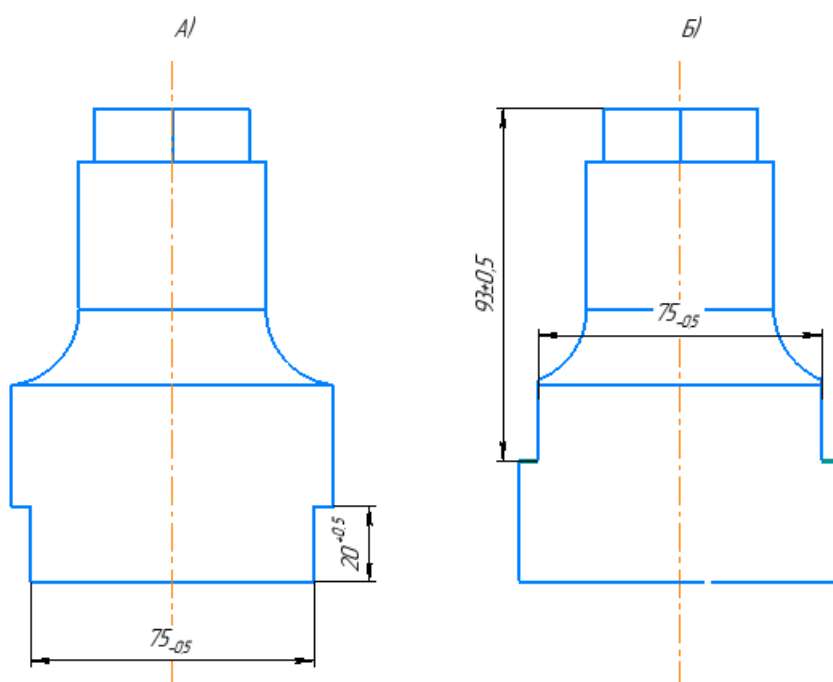
2. Конструкторская часть

2.1. Введение

Целью конструкторской части является разработка приспособления для нескольких операций механической обработки, определения силы закрепления и точности установки детали.

Разрабатываем приспособление для двух фрезерно-сверлильных операций и операции координатной шлифовки, при этом для нас важна высокая степень повторяемости позиционирования, так как деталь все поверхности сначала обрабатываются в черновую, а после закалки и отпуска ведется окончательная обработка. Так же приспособление должно иметь возможность закрепления на разных станках, без потери ориентации детали в пространстве. Деталь должна устанавливаться на приспособление всегда в одном и том же положении.

В результате анализа детали и в процессе проектирования приспособления, было принято решение добавить к конструкции детали 2 отверстия $\text{Ø}8\text{H}7$, для базирования детали в одном положении с помощью штифтов на приспособление. Так же для закрепления посредством прихватов было принято решение о переносе лысок, размером 75мм под ключ, с нижней плоскости(А) детали в среднюю(Б).



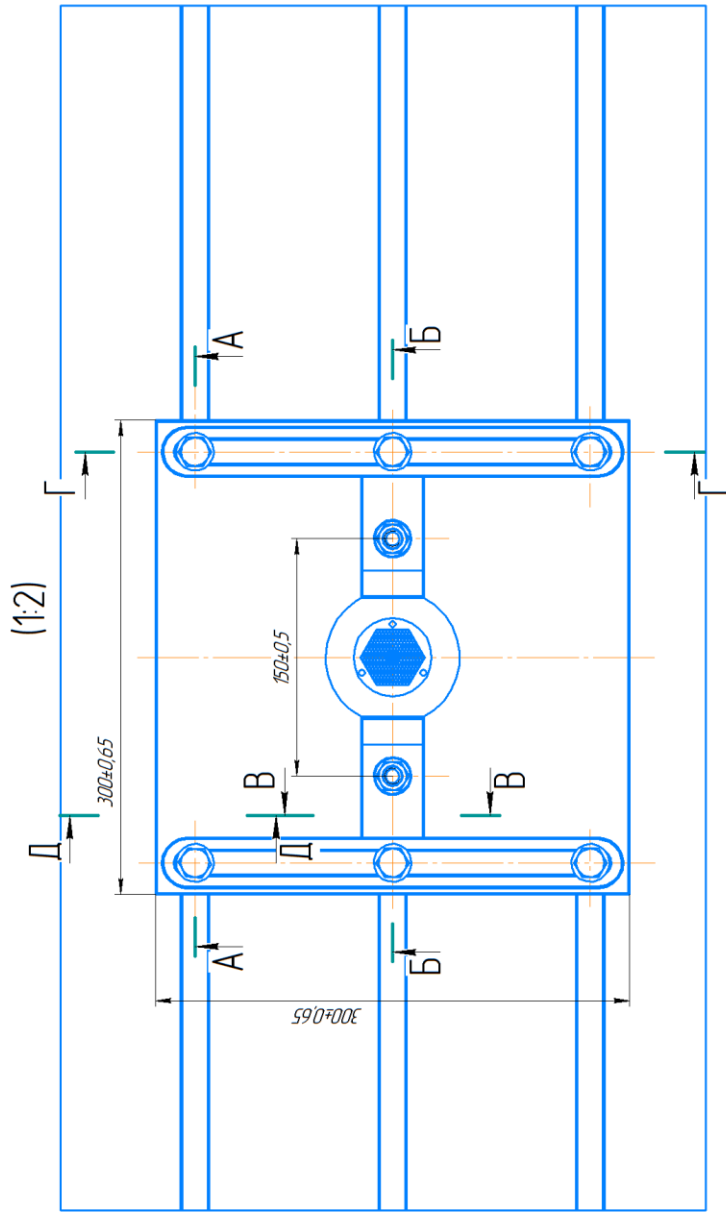
2.2. Описание конструкции станочного приспособления и его сборки.

Приспособление, конструктивно, представляет из себя плиту, на которой, предусмотрены крепежные отверстия для того что бы установить деталь "концентратор" при помощи прихватов и сбазировать его при помощи штифтового соединения и сухарей которые базируют приспособление в пространстве устанавливаясь в пазах стола станка.

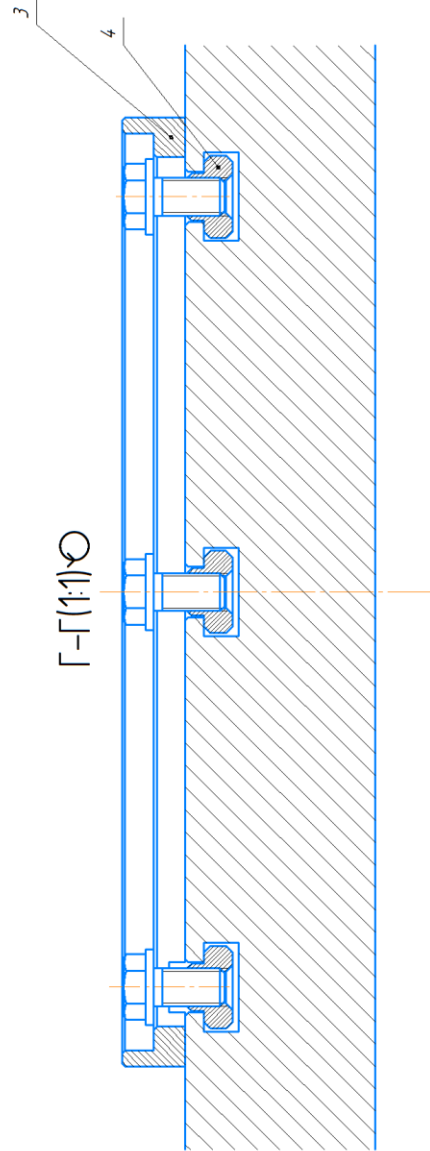
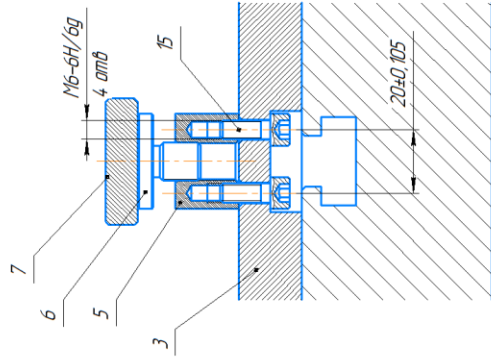
Сборку приспособления следует начинать с запрессовки 2 штифтов 8x18 ГОСТ 24296-93(10) в основание(3) . После этого нужно прикрутить 2 шпонки(9) к основанию (2) при помощи винтов (14), а так же при помощи винтов (15) прикрутить 2 пяты (5), а в каждую пяду вкрутить винт(6). Теперь базируем приспособление, при помощи шпонок, на столе станка, прикрутим его к столу при помощи 6 сухарей установленных в пазы, болтами М12(16), между головкой каждого болта и основание необходимо вставить шайбу (12). Установим в основание (3) 2 шпильки (13), на каждую наденем по шайбе (2), пружине (8), шайбе (2). Теперь установим прихват (7) на шпильку (13), и подождем гайкой (11), между прихватом и гайкой установить шайбу (12). Приспособление готово к использованию. Деталь базируется на 2 штифтах (10) и прижимается к основанию (3) - прихватами (7).

Слабой стороной данной конструкции является возможность износа штифтов (10), цилиндрическая поверхность которых будет постоянно находится в контакте с изделием "концентратор".

ВКР 15.03.01.0М.04



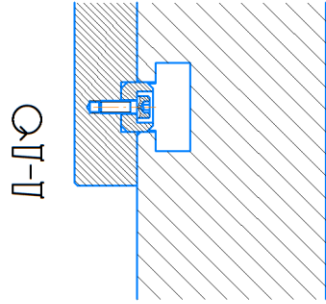
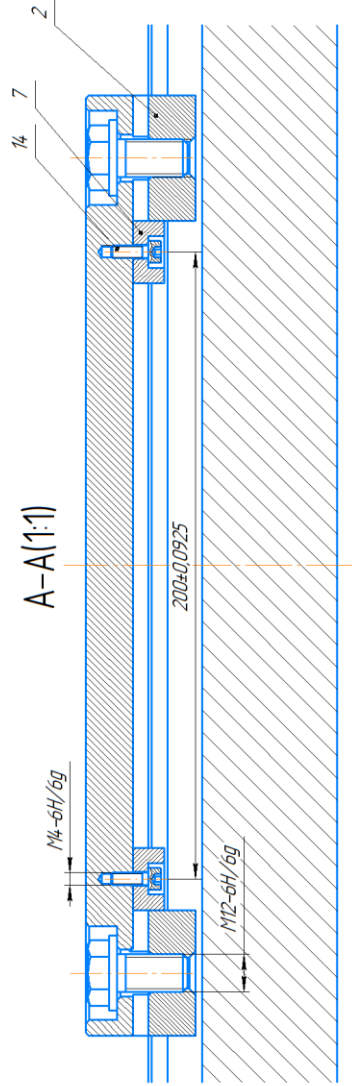
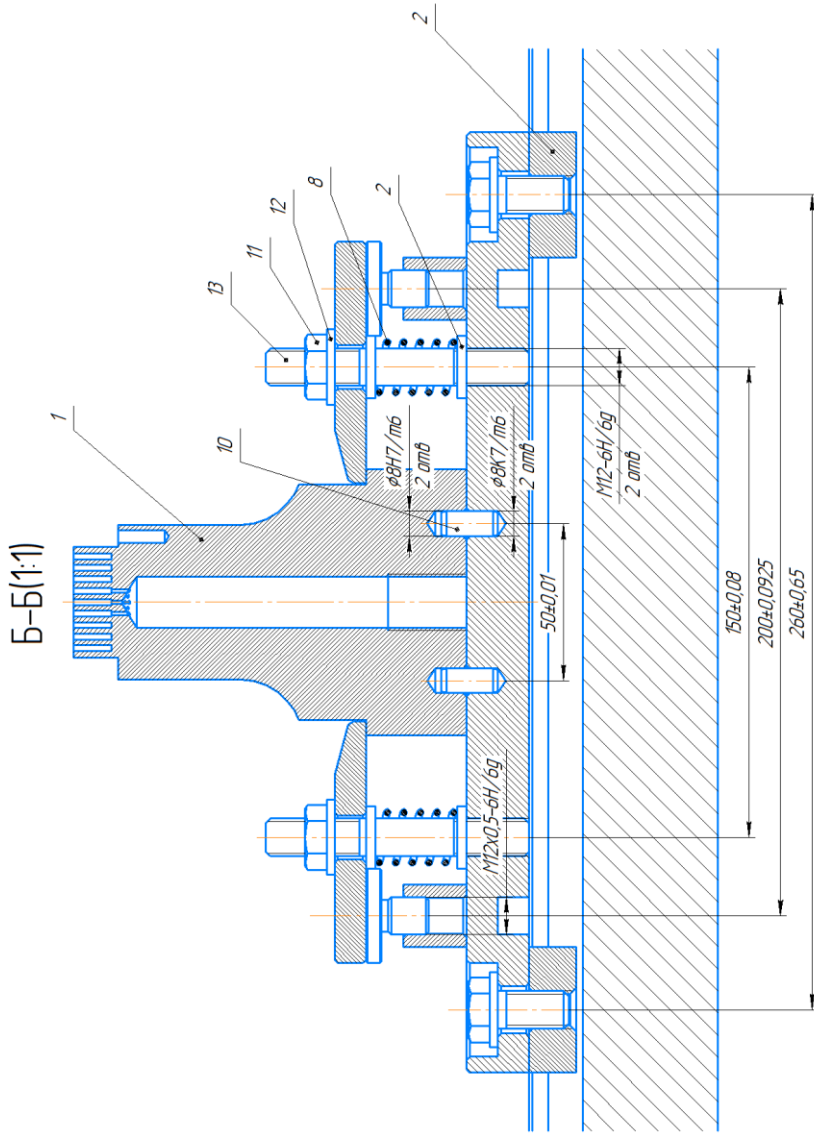
В - В (1:1) Ⓞ



№ п/п	№ докум.	Лист	№ докум.	Лист	Масса	Масштаб
1	ВКР 15.03.01.0М.04	1	ВКР 15.03.01.0М.04	1	155.26	1:2
2	Сборочный чертёж		Сборочный чертёж			
3	Основание		Основание			
4	Шпindel		Шпindel			
5	Шпindel		Шпindel			
6	Шпindel		Шпindel			
7	Шпindel		Шпindel			

Формат А2

BKP 15.03.010M.04



Изм. /Изм.	№ докум.	Издан.	Итого	Лист	2
BKP 15.03.010M.04					2
Копировать					А2

Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач. /Изд. № разрач.

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				<u>Документация</u>		
	A2		ВКР 15.03.01.0М.04	Сборочный чертеж оснастки	1	
Справ. №				<u>Детали</u>		
	A3	1	ВКР 15.03.01.0М.01	Концентратор	1	
		2		Шайба	4	
		3		Основание	1	
		4		Сухарь станочного паза	6	
		5		Пята нажимного винта	2	
		6		Винт нажимной	2	
		7		Прихват поворотный	2	
		8		Пружина	2	
		9		Шпонка привертная призматическая	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		10		Штифт 8x18 ГОСТ 24296-93	2	
		11		Гайка М12-6Н ГОСТ 15521-70	6	
		12		Шайба ГОСТ 32484.5 - 12	8	
		13		Шпилька М12-6х80 ГОСТ 22032-76	2	
		14		Винт ISO 4762 - М4 x 12	2	
	15		Винт ISO 4762 - М6 x 16	4		
	16		Винт ГОСТ 4017 - М12 x 25	6		
Подп. и дата				ВКР 15.03.01.0М.05		
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.		Толстойров А.А.			Лит.
	Пров.		Петровский Е.Н.			Лист
	Н.контр.					Листов
Утв.						1
Сборочный чертеж оснастки						ИнЭО ИШНПТ Группа 3-8/31

Копировал

Формат А4

2.3. Точностной расчет станочного приспособления

Расчет точности установки заготовки в приспособлении

Обоснование возможности использования принятой оснастки для установки, закрепления или контроля заготовки производится на основе проведения точностного и силового расчетов приспособления.

Расчет точности установки заготовки в приспособлении выполняется в процессе проектирования оснастки для основных исполнительных размеров, технологические допуски на которые являются наименьшими. Целью расчетов приспособления на точность являются либо назначение технических требований на оснастку, либо проверка возможности использования приспособления с известными значениями технических требований для получения необходимых параметров точности обрабатываемой детали.

Чтобы проектируемое приспособление могло использоваться для обработки с учетом достижения заданных параметров точности обрабатываемой детали необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\varepsilon_{\gamma} \geq [\varepsilon_{\gamma}]$$

где ε_{γ} — фактическая погрешность установки; мкм;

$[\varepsilon_{\gamma}]$ — допустимая погрешность установки, мкм.

Для определения максимально допустимой фактической погрешности установки преобразуем неравенство в равенство:

$$\varepsilon_{\gamma} = [\varepsilon_{\gamma}]$$

Для каждой операции, выполняемой в конкретной технологической системе, величину допустимой погрешности установки $[\varepsilon_{\gamma}]$ можно определить, исходя из величины технологического допуска T_P :

$$[\varepsilon_{\gamma}] = T_P - \omega$$

где ω — средняя экономическая точность выполняемого размера.

Средняя экономическая точность ω выполняемого размера зависит от

вида и условий обработки и определяется тем, что существует определенный предел точности обработки, выше которого на данном станке нельзя обработать заготовку без внесения тех или иных изменений в конструкцию станка.

В приложении 12 (стр. 248, 5) приведены данные по средней экономической точности обработки типовых поверхностей различными методами. Для рассверливания отверстий $< \varnothing 10\text{мм}$, $\omega = 0$. Для расшлифовки отверстий $\varnothing 4\text{мм}$, $\omega = 0.015$.

Погрешность установки ε_{γ} включает погрешности, сопутствующие процессам базирования и закрепления. Допустимая погрешность установки $[\varepsilon_{\gamma}]$ как суммарное поле случайных величин может быть определена по формуле

$$[\varepsilon_{\gamma}] = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}$$

где ε_{δ} — погрешность базирования на исполнительный размер, так как приспособление предусматривает центрирование детали по штифтам, а отверстия выполнены за 1 установ с габаритным размером, то можно считать, что $\varepsilon_{\delta} = 0$;
 $\varepsilon_{\text{з}}$ — погрешность закрепления, в выпускной квалификационной работе можно принять $\varepsilon_{\text{з}} = 0$;
 $\varepsilon_{\text{пр}}$ — погрешность приспособления, т. е. погрешность положения заготовки, вызываемая неточностью приспособления.

2.4. Расчет погрешности станочного приспособления

Погрешность одноместного приспособления $\varepsilon_{\text{пр}}$ может быть рассчитана по следующие зависимости:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{и}},$$

и — погрешность из-за износа установочных элементов.

Погрешность из-за износа установочных элементов $\varepsilon_{\text{и}}$ определяется величиной износа опоры при установке заданного объема деталей.

$$\varepsilon_{\text{и}} = \beta_2 \cdot N = 0.002 \cdot 2000 = 4\text{мкм},$$

где N — число контактов заготовки с опорой (число установов), в выпускной

квалификационной работе число контактов можно определить исходя из количества обрабатываемых заготовок в партии;

β_2 — коэффициенты, зависящие от вида опор (табл. 2.33, 5).

Тогда допустимая погрешность установки будет равна:

$$[\varepsilon_\gamma] = \sqrt{0 + 0 + 0.004^2} = 0.004 \text{ мкм.}$$

Если принять за фактическую погрешность установки допуск на расшлифовку отверстия $\varnothing 4^{+0,01}$ мм, то условие:

$$\varepsilon_\gamma \geq [\varepsilon_\gamma],$$

соблюдается.

3. Заключение

В результате этой исследовательской работы был разработан технологический процесс изготовления детали "Концентратор", было выбрано оборудование, исходя из условий задания был выбран режущий инструмент и посчитаны оптимальные режимы резания. По итогам этих расчетов было обчислено нормирование. Так же нельзя не обратить внимание на то, что первоначальный чертеж был конструктивно доработан, для того что бы можно было спроектировать приспособление, обеспечивающее точное позиционирование детали в одном положении на фрезерном и координатно-шлифовальном станках. Это приспособление позволит существенно уменьшить подготовительное время для настройки каждого последующего изделия.

В разделе финансовый менеджмент были посчитаны затраты на проект и установлена экономическая целесообразность введения данного технологического процесса в производство.

В разделе социальная ответственность были предусмотрены все вредные и опасные факторы на производстве. Предусмотрены меры противодействия при ЧС и пожарах.

4. Список литературы

1. Обработка металлов резанием: Справочник технолога А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А.Панова. -М.: -Машиностроение, 1988. - 736 с.: ил.
2. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Скворцов В.Ф. Учебное пособие. Томск издательство ТПУ 2009,91с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 1. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е издание, перераб. и доп.-М.: Машиностроение,1986.654 с.,ил.
4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 2. Под редакцией А.М. Дальского, А.Г.Суслова, А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е издание, исправл.- М.,Машиностроение-1, 2003. 944 с.,ил.
5. Технологии машиностроения. Выпускная квалификационная работа для бакалавров. Н.М. Султан-заде и др.
6. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б.Романов, В.А. Брагинский.7-е изд.,перераб. и доп. –Е.: издательство АТП, 2015 год.-Ч.1 543 с.,ил.
7. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирования по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983 г. – М.: Альянс, 2015 – 256 с.
8. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов. Ю.С. Степанов, Б.И. Афонасьев, А.Е. Щукин. Под общей редакцией Ю.С. Степанова. М.: машиностроение, 1998. – 184 с.
9. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 101 с.
Методические указания по разработке раздела «Социальная

ответственность» выпускной квалификационной работы магистров всех направлений (специальностей) и форм обучения /Сост. Ю.В. Бородин, В.Н. Извеков, Е.В. Ларионова, А.М. Плахов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 20 с.

- 10.** Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения / Сост. М.Э. Гусельников, В.Н. Извеков, Н. В. Крепша, В.Ф. Панин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 42 с.