

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных
производственных систем

Составители
А. Н. Трусов, Е. В. Башкирцева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания по выполнению курсового проекта

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
подготовки: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов
и производств», 09.03.02 «Информационные системы и технологии»,
в качестве электронного издания для использования
в образовательном процессе

Кемерово 2022

Рецензенты:

Сыркин И. С. – к.т.н., доцент кафедры информационных и автоматизированных производственных систем

Чичерин И. В. – председатель учебно-методических комиссий направлений подготовки: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Трусов Александр Николаевич

Башкирцева Елена Владимировна

Проектирование автоматизированных технологических процессов:

методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся направлений подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Компьютерно-интегрированные производственные системы»; «09.03.02 Информационные системы и технологии», профиль «Цифровые автоматизированные производственные системы», всех форм обучения / сост.: А. Н. Трусов, Е. В. Башкирцева ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – Текст : электронный.

В данных методических указаниях приведены цель, тематика и объем курсового проекта, сроки выполнения и условия защиты, содержание расчетно-пояснительной записки и оформление графической части, приведен список рекомендуемой литературы.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2022

© А. Н. Трусов,
© Е. В. Башкирцева,
составление, 2022

ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель курсового проекта – обобщить и закрепить теоретические знания, полученные студентами при изучении соответствующих специальных дисциплин и развить практические навыки самостоятельного решения организационно-технологических задач производства.

Курсовой проект является самостоятельной работой студента, поэтому успешное выполнение его в большой степени зависит от проявленной автором инициативы, самостоятельности и организованности в работе.

Роль руководителя проекта состоит в том, чтобы помочь студенту овладеть методикой разработки технологических процессов (ТП) изготовления деталей, установить объем проекта, указать на допущенные ошибки, рекомендовать необходимые литературные источники.

1. ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект выполняют студенты в седьмом семестре. Задание на курсовой проект формулирует руководитель проекта после защиты студентом производственной практики, утверждает на заседании профилирующей кафедры и оформляется приказом.

Темой курсового проекта является разработка групповой технологии механической обработки группы деталей средней сложности, требующих 5-6 различных методов обработки. Предпочтительнее выбирать детали типа корпусных, рычагов, кронштейнов, валов, шестерен и пр. Исходные материалы собирают студенты на промышленных предприятиях во время производственной практики после третьего курса.

При разработке ТП принимается производственная программа предприятия, но для обеспечения необходимой серийности производства она может быть скорректирована. В процессе проектирования необходимо применять современные технологические методы и оборудование с ЧПУ, групповые технологические процессы, переналаживаемую технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки (основной документ), графической части и комплекта технологической документации на разработанный ТП.

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) представляет собой текстовый документ объемом до 40 страниц формата А4 без учета приложений. Содержание РПЗ рассмотрено ниже (см. также прил. 2). При оформлении РПЗ следует руководствоваться рекомендациями, изложенными в указаниях [32]

Графическая часть проекта включает в себя 3 листа формата А1. Состав графической части:

1. Рабочий чертеж детали (комплексной детали), при необходимости совмещенный с чертежом заготовки – 1 лист.
2. Технологические наладки на операции механической обработки – 1 лист.
3. Расчетно-технологическая карта (РТК) на наиболее сложную операцию механической обработки – 1 лист.

Комплект технологической документации содержит оформленный в соответствии со стандартами ЕСТД ТП механической обработки. Уровень разработки ТП – маршрутно-операционный.

2. СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Срок выполнения определяют учебным планом. Выполнение проекта разделяется на укрупненные этапы (см. табл. 1). Консультации по каждому этапу ведутся в пределах указанных сроков. Если этап не закончен в срок без уважительных причин, консультации по нему могут быть прекращены и студент доделывает его самостоятельно.

К защите допускаются студенты, выполнившие курсовой проект в установленном объеме и допущенные к защите руководителем. Защита осуществляется в назначенный кафедрой срок перед комиссией, состоящей из преподавателей кафедры. Для доклада по проекту студенту предоставляется 5-7 минут с последующим ответом на вопросы членов комиссии.

Таблица 1

Примерные сроки выполнения курсового проекта по этапам

Наименование этапа	Количество недель на этап	Процент этапа к общему объему	Процент выполнения нарастающим итогом
1. Ознакомление с заданием, методическими указаниями, подбор литературы	2	12	12
2. Выбор заготовки, разработка маршрутного ТП	3	18	29
3. Разработка операционной технологии	5	29	59
4. Разработка комплекта технологической документации	3	18	76
5. Оформление РПЗ и графической части	4	24	100
Итого:	17	100	100

3. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

3.1 Классификация и группирование деталей

При организации группового производства этот этап является обязательным [30, 45]. Классификацию объектов производства проводят по конструктивным и технологическим признакам с учетом типа производства. Целью классификации является разработка унифицированного (типового или группового) ТП. На этой стадии решают следующие задачи:

- создание группы объектов производства, обладающих общностью конструктивно-технологических характеристик;
- выбор типового представителя группы или разработка комплексной детали для созданной группы.

Для выполнения этапа рекомендуется использовать методику [21]. В дальнейшем проектирование ведут для выбранной детали-представителя или комплексной детали с учетом масса-габаритных характеристик всех деталей группы.

3.2 Анализ служебного назначения детали и ТУ на изготовление

Кратко изложить назначение детали в машине или сборочной единице и условия ее работы. Здесь также должно быть указано назначение основных поверхностей детали и описано влияние их расположения, точности обработки, шероховатости на качество работы машины. Поверхности детали рекомендуется разбивать на следующие группы:

- основные конструкторские базы;
- вспомогательные конструкторские базы;
- исполнительные поверхности;
- свободные поверхности.

Затем необходимо рассмотреть материал детали, его химический состав и механические свойства (эти данные оформляют в табличной форме). Справочные данные на некоторые распространенные стали приведены в прил. 3 (табл. П1, П2, П4).

Необходимо дать критический анализ технических условий (ТУ) на обрабатываемую деталь [1, 23, 35]. С этой целью необходимо проанализировать:

- насколько ТУ соответствуют служебному назначению детали;
- насколько правильно выбраны базы, по отношению к которым даны величины допускаемых погрешностей;
- насколько правильно и на основании чего даны пределы отклонений;
- каковы условия приемки готовых деталей и контроля размеров и шероховатости поверхностей;
- данные о термообработке (прил. 3, табл. П3) и пр.

В дальнейшем проанализированные ТУ будут являться основанием для выбора баз, методов и последовательности обработки.

3.3 Определение типа производства

Тип производства характеризует степень специализации рабочих мест и определяет уровень дифференциации операций в ТП. В проекте при отсутствии необходимых исходных данных допускается определять тип производства по масса-габаритным характеристикам (табл. 2). В курсовом проекте тип производства и организационная форма могут быть заданы руководителем.

Таблица 2

Предварительное определение типа производства

Тип производства	Объем выпуска в год, шт.		
	массой свыше 100 кг	массой 10-100 кг	массой до 10 кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Среднесерийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	св. 1000	св. 5000	св. 50000

3.4 Анализ технологичности конструкции детали

Оценку технологичности конструкции детали производят по качественным и количественным показателям с учетом установленного типа производства. Качественный анализ проводить на основе рекомендаций [3, 7, 8, 19, 47, 50].

Качественная оценка технологичности указывается словами «хорошо – плохо», «допустимо – недопустимо». Типовые оценки технологичности разработаны применительно к типу конструкции детали (вал, втулка, корпус). Наиболее общие оценки технологичности конструкции детали относятся к доступности поверхностей для обработки, возможность обработки поверхностей напроход, возможность параллельной обработки нескольких поверхностей, наличие пространства для выхода (перебега) инструмента.

Отдельному анализу подвергаются технические требования на точность взаимного расположения поверхностей: отклонений от соосности, параллельности, перпендикулярности поверхностей. Здесь выявляются базовые поверхности, относительно которых задаются эти отклонения, устанавливается взаимосвязь базовых поверхностей. Технологичность детали обеспечивается, если число таких базовых поверхностей минимально (2–3) и если они связаны непосредственно между собой размерами и допусками на точность их расположения, т. е. соблюдаются требования кратчайших размерных путей.

С целью упрощения анализа технологичности можно дать частные рекомендации для некоторых классификационных групп деталей.

Для корпусных деталей определяют:

а) допускает ли конструкция обработку плоскостей напроход и что мешает такому виду обработки?

б) позволяет ли форма отверстий растачивать их напроход с одной или двух сторон?

в) есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?

г) нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли ее устранить?

д) есть ли глухие отверстия и можно ли заменить их сквозными?

е) имеются ли обрабатываемые плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, и можно ли заменить их плоскостями, расположенными параллельно или перпендикулярно друг к другу?

ж) имеются ли отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода, и возможно ли изменение этих элементов?

з) достаточна ли жесткость детали (толщина стенок), не ограничит ли она режимы резания?

и) имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности, если нет, то каким образом следует выбрать вспомогательные базы?

к) нет ли в конструкции внутренней резьбы большого диаметра и возможно ли заменить ее другими конструктивными элементами?

л) насколько прост способ получения заготовки (отливки), сколько потребуются плоскостей разъема, нет ли резких перепадов в толщине стенок, нет ли поднутрений, затрудняющих извлечение модели из формы?

Для валов указывают:

а) можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?

б) убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала?

в) можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов или исключить их вообще, и как это повлияет на коэффициент использования металла?

г) можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, которые обрабатываются гораздо производительнее дисковыми фрезами?

д) допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для полу-

чения точности 6...9-го квалитетов соотношение его длины к диаметру d свыше 10...12; для валов, изготавливаемых по более низким квалитетам, это отношение может быть равно 15; при многорезцовой обработке это отношение следует уменьшить до 10)?

Зубчатые колеса – массовые детали машиностроения, поэтому вопросы технологичности приобретают для них особенно важное значение. При анализе технологичности конструкции зубчатых колес следует определить возможность высокопроизводительных методов формообразования зубчатого венца с применением пластического деформирования в горячем и холодном состоянии. Конструкция зубчатого колеса должна характеризоваться следующими признаками:

а) простой формой центрального отверстия, так как сложные отверстия значительно усложняют обработку, вызывая необходимость применения револьверных станков;

б) простой конфигурацией наружного контура зубчатого колеса (наиболее технологичными являются зубчатые колеса плоской формы без выступающих ступиц);

в) расположением ступиц с одной стороны венца, так как в противном случае обработка деталей поштучно на зубофрезерных станках вызывает увеличение количества этих станков на 25...30 %;

г) симметричным расположением переключки между ступицей и венцом для зубчатых колес, подлежащих термической обработке как по отношению к венцу, так и по отношению к ступице. Нарушение этого условия приводит к значительным односторонним искажениям при термической обработке;

д) правильной формой и размерами канавок для выхода инструментов;

е) возможностью многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

Подобным образом проводится анализ технологичности и для других деталей, имеющих аналогичные элементы конструкции.

Количественная оценка технологичности производится расчетом ряда показателей, характеризующих отдельные свойства.

Для количественной оценки определить показатели [29, 34]:

- коэффициент использования материала;
- коэффициент сложности.

Раздел обязательно заканчивать общим выводом о технологичности детали. При использовании для группирования методов теории распознавания образов [21] здесь определить значение потенциала группы как меры групповой технологичности деталей группы.

При необходимости обосновывать и предложить изменения конструкции детали. В дальнейшем проектирование вести для измененной конструкции.

3.5 Выбор технологического процесса-аналога

При выполнении курсового проектирования по реальной тематике в качестве ТП-аналога может быть выбран заводской ТП. В остальных случаях ТП-аналог выбирается по специальной литературе [19, 30, 31, 37, 42, 43, 48, 49]. В этом разделе привести краткую характеристику ТП-аналога с анализом базирования детали, последовательности обработки, используемого оборудования и оснастки, факторов, определяющих возможные варианты обработки.

3.6 Выбор метода получения заготовки

Методика выбора и проектирования заготовок описана в [2, 22, 24, 43]. Выбор производить в следующей последовательности:

- определить вид исходной заготовки (штамповка, литье, прокат и т.д.);
- выбрать различные методы получения заготовки данного вида (не менее двух вариантов);
- на основе технико-экономической оценки произвести окончательный выбор варианта вида и метода получения заготовки [2, 34].

Расчет производить в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

Последовательность экономического обоснования выбора заготовки (на 1 деталь)

Показатель	1 вариант	2 вариант
1. Масса заготовки, кг	$m_{\text{заг}} = m_{\text{д}} / k_{\text{И.М.МЕХ.}}$, $k_{\text{И.М.МЕХ.}}$ где – коэффициент использования материала (табл. П5)	
	$m_{\text{заг1}} =$	$m_{\text{заг2}} =$
2. Себестоимость заготовки, руб.	$C_{\text{заг}} = C_{\text{заг}}^{\text{табл}} m_{\text{заг}} / 1000$, где $C_{\text{заг}}^{\text{табл}}$ – табличная стоимость 1 тонны заготовок	
	$C_{\text{заг1}} =$	$C_{\text{заг2}} =$
3. Масса стружки, кг	$m_{\text{стр}} = m_{\text{заг}} - m_{\text{д}}$	
	$m_{\text{стр1}} =$	$m_{\text{стр2}} =$
4. Себестоимость механической обработки, руб.	$C_{\text{мех.обр.}} = C_{\text{мех.обр.}}^{\text{табл}} m_{\text{стр}} / 1000$, где $C_{\text{мех.обр.}}^{\text{табл}}$ – табл. стоимость снятия 1 тонны стружки	
	$C_{\text{мех.обр.1}} =$	$C_{\text{мех.обр.2}} =$
5. Капитальные затраты на заготовку, руб.	$K_{\text{заг}} = K_{\text{заг}}^{\text{табл}} m_{\text{заг}} / 1000$, где $K_{\text{заг}}^{\text{табл}}$ – табличные капитальные затраты на 1 тонну заготовок	
	$K_{\text{заг1}} =$	$K_{\text{заг2}} =$
6. Капитальные затраты на механическую обработку, руб.	$K_{\text{мех.обр.}} = K_{\text{мех.обр.}}^{\text{табл}} m_{\text{стр}} / 1000$, где $K_{\text{мех.обр.}}^{\text{табл}} = 1000$ руб./т	
	$K_{\text{мех.обр.1}} =$	$K_{\text{мех.обр.2}} =$

Продолжение табл. 3

Показатель	1 вариант	2 вариант
7. Масса отходов в заготовительном и механообрабатывающем производствах, кг	$M_{\text{отх}} = (1 - k_{\text{И.М.ЗАГ}} \cdot k_{\text{И.М.МЕХ}}) m_{\text{д}} / (k_{\text{И.М.ЗАГ}} \cdot k_{\text{И.М.МЕХ}})$, где $k_{\text{И.М.ЗАГ}}$ – коэффициент использования материала в заготовительном производстве (табл. П5)	
	$M_{\text{отх.1}} =$	$M_{\text{отх.2}} =$
8. Стоимость реализации отходов, руб.	$C_{\text{отх}} = M_{\text{отх}} \cdot C_{\text{отх}}$, где $C_{\text{отх}}$ – стоимость 1 тонны отходов	
	$C_{\text{отх.1}} =$	$C_{\text{отх.2}} =$
9. Приведенные затраты, руб.	$C_{\text{пр}} = (C_{\text{заг}} + C_{\text{мех.обр.}}) + 0,12(K_{\text{заг}} + K_{\text{мех.обр.}}) - C_{\text{отх}}$	
	$C_{\text{пр.1}} =$	$C_{\text{пр.2}} =$
10. Сравнение вариантов, руб. и %	$\Delta C_{\text{пр}} = C_{\text{пр.i}}^{\text{max}} - C_{\text{пр.i}}^{\text{min}}$, руб.; $\% C_{\text{пр}} = 100 - \frac{100 C_{\text{пр.1}}^{\text{min}}}{C_{\text{пр.1}}^{\text{max}}}$, %	

Если чертеж заготовки не выполнен в графической части, то эскиз заготовки привести в РПЗ. Здесь же привести краткую характеристику выбранного вида и метода получения заготовки. При выборе в качестве заготовки сортового проката следует использовать справочные данные (прил. 3, табл. П22).

3.7 Проектирование маршрута обработки детали

Определение маршрута обработки провести с использованием структурного метода в следующей последовательности [1, 19, 20, 28, 50].

1. Выбор технологических методов и видов обработки поверхностей детали на основе таблиц экономической точности [прил. 3, табл. П6]. Результаты выбора оформить в табличном виде (пример показан в табл. 4).

Таблица 4

Назначение методов и видов обработки поверхностей

Номер поверхности	Точность размеров, квалитет	Шероховатость Ra , мкм	Метод обработки	Вид обработки	Точность размеров, квалитет	Шероховатость Ra , мкм
1 (10)	12	3,2	Фрезерование	Черновое Чистовое	15 12	12,5 3,2
...

2. Предварительное выделение технологических операций на уровне компоновочных схем путем объединения переходов на основе общности групп оборудования и возможных схем базирования. Следует максимально использовать принцип концентрации обработки с учетом обеспечения инструментальной доступности. Нецелесообразны операции связанные с переустановкой детали. Такие операции рациональнее разбивать на две.

3. Выбор баз по технологическим операциям. В конце данного этапа проводят окончательный выбор технологических баз для обработки каждой поверхности с учетом принципов единства и совмещения баз и оформляют также в виде таблицы (табл. 5).

4. Выбор технологического оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 14.304–73. Конкретные модели и типоразмеры выбирают исходя из конструктивно-технологических характеристик заготовки, требуемой точности и производительности обработки. Рекомендуются использовать для выбора табличную форму (табл. 6). В этом же разделе приводятся краткие технические харак-

теристики выбранного оборудования, подтверждающие правильность выбора.

Таблица 5

Схема базирования по операциям

№ операции	№ поверхности	Схема базирования	Метод и вид обработки
005	1, 11, 18, 19		Фрезерование торцов и сверление центральных отверстий

Таблица 6

Выбор моделей оборудования

Номер операции	Условия выбора	Модель оборудования
010 020	а) токарная группа б) обработка несколькими инструментами без перестановки заготовки в) точность обработки нормальная г) автоматический цикл обработки д) наибольшие габариты деталей – $\varnothing 290 \Leftrightarrow 160$ мм	Токарно-патронный с ЧПУ АТ320С

5. Окончательное формирование маршрута обработки. Введение дополнительных операций (термических, контрольных и пр.)

6. Выбор технологического оснащения проводится в соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП (ГОСТ 14.301-73, ГОСТ 14.305-73, ГОСТ 14.306-73, 14.307-73). На этом этапе осуществляют выбор приспособлений, режущего, вспомогательного и мерительного инструмента. Выбор проводить по соответствующим справочникам [5, 25, 31, 33, 41, 42, 43, 44] с учетом всех необходимых факторов: типа и организационных форм производства, разработанной технологии, максимального использования стандартной оснастки и пр. Результаты выбора также оформить в табличной форме с указанием необходимых условий выбора.

В результате выполнения этого этапа должен быть получен общий план обработки детали. Окончательное уточнение содержания операций проводить на стадии разработки технологических операций.

3.8 Разработка операционной технологии

На этом этапе происходит уточнение содержания технологических операций в следующей последовательности.

1. Уточнение структуры технологических операций. Здесь, исходя из типа и организационной формы производства, вида и конструкции заготовки, требований к точности и качеству поверхностей детали, решают две задачи:

- уточнение состава переходов, включаемых в данную операцию;
- уточнение последовательности выполнения технологических переходов в каждой операции [19, 49, 50]. Здесь рассматривают различные схемы построения операций с учетом контрольных переходов и пр.

2. Расчет припусков на обработку, межоперационных размеров и допусков. На одну-две самые точные поверхности расчет припусков и межоперационных размеров выполнить расчетно-аналитическим методом [40], на остальные поверхности припуски назначить опытно-статистическим методом по таблицам [24, 53]. При необходимости по результатам расчета в РПЗ может быть приведен эскиз заготовки с указанием припусков на обрабатываемые поверхности.

3. Расчет режимов резания. Также на 1–2 операции (перехода) режимы резания определить расчетно-аналитическим методом по методике, изложенной в [4, 20, 42]. На остальные операции режимы назначаются опытно-статистическим методом по нормативам, приведенным в [18]. В приложении 3 (табл. П8–П12) приведены типовые режимы резания для различных видов обработки. В табл. П13–П18 представлены справочные данные, необходимые для расчета режимов резания при зубообработке. Результаты назначения режимов резания свести в таблицу.

4. Для одной из операций, выполняемой на станке с ЧПУ, провести определение параметров, необходимых для разработки расчетно-технологической карты [3, 34, 50]:

- определить системы координат станка, инструмента, детали, координаты исходных точек положения режущих инструментов;
- определить траектории движения режущего инструмента;

- рассчитать координаты опорных точек, определить необходимость в дополнительных точках остановки для контроля детали, инструмента и пр.;
- определить настроечные размеры для режущих инструментов;

5. Нормирование технологических операций. Для расчетов также рекомендуется использовать точный (на одну операцию) и приближенный (на остальные операции) методы.

В серийном производстве на операцию рассчитывается **штучно-калькуляционное время**

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n},$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время на операцию; $T_{\text{п.з.}}$ – подготовительно-заключительное время; n – размер партии запуска деталей,

$$n = \frac{N_{\text{год}}}{S},$$

где $N_{\text{год}}$ – годовой выпуск деталей; S – число запусков в год (4, 6, 12, 24, для среднесерийного рекомендуется $S = 12$).

Штучное время

$$t_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{всп}} + t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}} + t_{\text{пер}},$$

где t_0 – основное время; $t_{\text{всп}}$ – вспомогательное не перекрываемое время (установка, снятие детали, подвод, отвод инструмента, операционный контроль); $t_{\text{тех}}$ – время технического обслуживания, отнесенное к одной детали (смена и настройка инструмента, устранение отказов и пр.); $t_{\text{орг}}$ – время организационного обслуживания (подготовка станка к работе, получение инструмента, инструктаж и пр.); $t_{\text{пер}}$ – регламентированные перерывы на отдых.

В практике для расчета штучного времени обычно используют формулу

$$t_{\text{шт}} = (t_0 + t_{\text{всп}}) \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right),$$

где α – процент потерь времени от оперативного времени (табл. 7), учитывающий остальные составляющие.

Основное время точно определяется по формуле типа

$$t_o = \sum_j t_{oj} = \sum_j \frac{(L_j + l) \cdot i_j}{s_{\text{мин.}j}},$$

где t_{oj} – основное время на j -м переходе; L_j – длина обрабатываемой поверхности, мм; l – длина врезания и перебега инструмента, $l = 3 \dots 5$ мм; i – число рабочих ходов; $s_{\text{мин.}j}$ – минутная подача, мм/мин.

Приближенно t_{oj} можно определить по эмпирическим формулам (прил. 3, табл. П21).

Таблица 7

Значения α для станков с ЧПУ

Станок	α , %	
	отдельный станок	в составе ГПС
Токарный		
- наибольший диаметр над станиной до 400 мм	10	7
- свыше 400 мм	12	8
Фрезерный		
- длина стола до 2000 мм	10	7
- длина стола до 6000 мм	12	8
- длина стола до 30000 мм	15	10

Подготовительно-заключительное время $T_{п.з.}$ для станков с ЧПУ включает три составных части:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3},$$

где $T_{п.з.1}$ – обязательный комплекс затрат (получение и сдача документации, инструктаж, установка перфоленты, установка рабочих органов станка в нулевое положение), $T_{п.з.1} = 12$ мин; $T_{п.з.2}$ – время на дополнительные приемы, не вошедшие в $T_{п.з.1}$; $T_{п.з.3}$ – время на обработку пробной детали. Составляющие $T_{п.з.2}$, $T_{п.з.3}$ определяются

конкретным станком и сложностью детали и выбираются из справочных таблиц [43].

3.9 Заполнение технологических карт

Студент разрабатывает и оформляет комплект технологической документации на механическую обработку детали. При определении комплектности документов и заполнении карт необходимо руководствоваться стандартами ЕСТД [9, 10, 12, 13, 14, 15, 16]. Примеры оформления и основные требования к технологической документации приведены в [36]. Уровень разработки ТП – маршрутно-операционный. Стадия разработки – серийное производство. Минимальный комплект документов:

- титульный лист (ГОСТ 3.1105-84, форма 2);
- маршрутная карта (ГОСТ 3.1118-82, формы 2, 1а);
- операционная карта (ГОСТ 3.1104-86, формы 3, 2а);
- карта эскизов (ГОСТ 3.1105-84, формы 7, 7а).

Комплект технологической документации поместить в приложение к РПЗ.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

4.1 Рабочий чертеж детали

Чертеж детали выполнить в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД с учетом изменений, предложенных при отработке конструкции на технологичность. Число проекций, разрезов, видов должно давать полное представление о конструкции детали. При наличии на детали зубчатых элементов в правом верхнем углу привести таблицу параметров.

Если выполняется совмещенный чертеж детали и заготовки, то контур заготовки показывают штрихпунктирной линией и припуск на обработку штрихуют.

Для комплексной детали основные размеры указывают в буквенном виде, а фактические размеры деталей группы приводят в таблице размеров.

Текстовая часть чертежа располагается над штампом и содержит технические условия на деталь, дополнительные требования к обработке и отделке и пр.

4.2 Технологические наладки

Технологические наладки вычерчивают конструктивно. На наладке показывают:

- контуры детали на момент окончания операции в масштабе;
- установочные и зажимные элементы приспособления (конструктивно);
- режущий инструмент в конце рабочего хода (кроме мерного инструмента);
- устройства для закрепления режущего инструмента (патрон, оправку и пр.) конструктивно;
- направления движения инструмента и заготовки; операционные и настроечные размеры с допусками, для назначения допусков на настроечные размеры можно использовать данные из табл. П20;
- шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Обрабатываемые поверхности выделяют красным цветом, режущий инструмент (рабочие кромки) – синим.

Вверху наладки указывают номер и наименование операции по ТП, а также модель станка. Внизу приводят таблицу с режимами резания и элементами нормы времени (основное, штучное время). Режимы резания приводят для каждого режущего инструмента наладки, поэтому инструменты на листе нумеруют. Для сложных операций, содержащих много переходов, допускается показывать наладки на отдельные переходы, номера которых следует также указать. При многопозиционной обработке проставляют номера позиций, и показывают направление смены позиций. На листе следует размещать 3–4 наладки на различные операции.

4.3 Расчетно-технологическая карта

На расчетно-технологической карте должна быть отражена следующая информация [3, 34, 50]:

1. Деталь в прямоугольной системе координат, исходная точка *O* положения режущего инструмента (при многоинструментальной обработке исходные точки могут быть выбраны для каждого инструмента). Контур детали, подлежащий обработке, и контур заготовки вычерчивают в масштабе с указанием всех размеров, необходимых при программировании.

2. Расположение зажимных и базирующих элементов.

3. Система координат станка (точка M), связанная размерами с системой координат детали.

4. Траектория движения инструмента в двух плоскостях системы координат: XU , XZ . При много инструментальной обработке следует изображать траекторию каждого режущего инструмента. Если точка O не совпадает с началом координат детали (точка W), то необходимо связать их размерами.

5. Опорные точки на траектории и направление движения. Опорные точки необходимо намечать по геометрическим и технологическим признакам (меняется геометрический характер траектории, меняются режимы движения и пр.).

6. При необходимости указывают места контрольных точек, в которых предусматривают кратковременную (указывают в секундах) остановку обработки для проверки точности отработки УП. Указывают также точки смены инструмента, изменения вращения шпинделя, пере закрепления детали и пр.

7. Дополнительные данные: тип станка, номер и название операции, таблицы с координатами опорных точек и режимами обработки, сведения о режущем и вспомогательном инструменте.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. – Москва : Машиностроение, 1969.

2. Блюменштейн В. Ю. Проектирование и производство заготовок : учеб. пособие : в 2 ч. / В. Ю. Блюменштейн, Л. О. Герике; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 1994.

3. Гжиров Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ : справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебrenицкий. – Ленинград : Машиностроение, 1990.

4. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск : Высш. шк., 1983.

5. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник. – Москва : Машиностроение, 1979.

6. ГОСТ 14.202-73. Правила выбора показателей технологичности конструкции изделий.

7. ГОСТ 14.204-73. Правила обеспечения технологичности конструкции деталей.

8. ГОСТ 21495-76. Базы и базирование в машиностроении. Термины и определения.

9. ГОСТ 3.1104-81. Общие требования к формам, бланкам и документам.

10. ГОСТ 3.1105-84. Формы и правила оформления документов общего назначения.

11. ГОСТ 3.1107-81. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.

12. ГОСТ 3.1118-82. Формы и правила оформления маршрутных карт.

13. ГОСТ 3.1119-83. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы.

14. ГОСТ 3.1121-84. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции).

15. ГОСТ 3.1404-86. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.

16. ГОСТ 3.1702-79. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием.

17. Григорьев С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: справочник. Библиотека инструментальщика / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов. – Москва : Машиностроение, 2006.

18. Гузеев В. И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков. – Москва : Машиностроение, 2005.

19. Дерябин А. Л. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС : учеб. пособие для машиностроит. техникумов / А. Л. Дерябин, М. А. Эстерзон. – Москва : Машиностроение, 1989.

20. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / В. В. Бабук, П. А. Горезко, К. П. Забродин [и др.]; под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск : Высш. шк., 1979.

21. Изучение методов группирования объектов производства с применением ЭВМ : метод. указания к практической работе / сост. : А. Н. Трусов; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2007.
22. Ковка и штамповка: справочник : в 4 т. – Москва : Машиностроение, 1985–1987.
23. Колесов И. М. Основы технологии машиностроения : учеб. для вузов. – Москва : Высш. шк., 1999.
24. Косилова А. Г. и др. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 1976.
25. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – Москва : Машиностроение, 1983.
26. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. Для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Ленинград: Машиностроение, 1985.
27. Матвеев В. В. Проектирование экономических технологических процессов в машиностроении / В. В. Матвеев, Ф. И. Бойков, Ю. Н. Свиридов. – Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 1979.
28. Машкин Л. Д. Структурный метод проектирования технологических процессов механической обработки : учеб. пособие / Л. Д. Машкин, А. А. Клепцов, И. А. Туманов; КузПИ. – Кемерово, 1986.
29. Методика отработки конструкции на технологичность и оценка уровня технологичности изделий машиностроения. – Москва : Изд-во стандартов, 1975.
30. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства : в 2 т. – Ленинград : Машиностроение, 1983.
31. Обработка металлов резанием : справ. технолога / под общ. ред. А. А. Панова. – Москва : Машиностроение, 2004.
32. Оформление пояснительной записки дипломного проекта : методические указания по оформлению дипломного проекта / сост.: А. Н. Трусов, Г. А. Алексеева; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004.
33. Переналаживаемая технологическая оснастка / под общ. ред. Д. И. Полякова. – Москва : Машиностроение, 1988.

34. Полетаев В. А. Проектирование технологических процессов автоматизированного производства : учеб. пособие / КузГТУ. – Кемерово, 2000.

35. Полетаев В. А. Технологическая подготовка изготовления деталей на станках с ЧПУ : учеб. пособие / КузГТУ. – Кемерово, 1998.

36. Правила оформления документов на технологические процессы : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / сост. : А. Н. Трусов, Г. А. Алексеева / КузГТУ. – Кемерово, 2001.

37. Проектирование компоновки и расчет станочного приспособления из комплекта УСПО : метод. указания к практической работе / сост. : А. Н. Трусов; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004.

38. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения : учеб. для вузов / под ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва : Высш. шк., 1999.

39. Расчет погрешности базирования : методические указания к практической работе / сост. : А. Н. Трусов, Г. А. Алексеева; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005.

40. Расчетно-аналитический метод определения припусков на механическую обработку : метод. указания к практической работе / сост. : А. Н. Трусов; КузГТУ. – Кемерово, 2000.

41. РТК и ГПС в машиностроении: Альбом схем и чертежей / под ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1989.

42. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой [и др.]. – Москва : Машиностроение, 2003.

43. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой [и др.]. – Москва : Машиностроение, 2003.

44. Станочные приспособления: справочник : в 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского. – Москва : Машиностроение, 1984.

45. Технологическая подготовка гибких производственных систем / под ред. С. П. Митрофанова. – Ленинград : Машиностроение, 1987.

46. Технологические основы гибких производственных систем : учеб. пособие для вузов машиностроит. специальностей / под ред. Ю.М. Соломенцева. – Москва : Высш. шк., 2000.

47. Технологичность конструкции изделий : справочник / под общ. ред. Ю. Д. Амирова. – Москва : Машиностроение, 1990.

48. Технология машиностроения (специальная часть) : учеб. для машиностроит. специальностей вузов / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1986.

49. Технология машиностроения : в 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин : учеб. пособие для вузов / под ред. С. Л. Мурашкина. – Москва : Высш. шк., 2003.

50. Трусов А. Н. Проектирование автоматизированных технологических процессов : учеб. пособие / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2007.

51. Трусов А. Н. Проектирование технических средств автоматизации и технологической оснастки : учеб. пособие / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2001.

52. Универсально-сборная переналаживаемая оснастка с угловыми пазами серии 4 : каталог. – Москва : ВНИИТЭМР, 1988.

53. Харламов Г. А. Припуски на механическую обработку : справочник / Г. А. Харламов, А. С. Тарапанов. – Москва : Машиностроение, 2006.

Приложение 1

Содержание пояснительной записки

Введение

1. Исходные данные для проектирования.
2. Классификация и группирование деталей.
3. Анализ служебного назначения детали и ТУ на изготовление.
4. Определение типа производства.
5. Анализ технологичности конструкции детали.
6. Выбор и анализ технологического процесса-аналога.
7. ТЭО выбора метода получения заготовки.
8. Проектирование маршрута обработки детали.
 - 8.1. Назначение методов и видов обработки поверхностей.
 - 8.2. Предварительное выделение технологических операций на уровне компоновочных схем.
 - 8.3. Выбор баз по технологическим операциям.
 - 8.4. Выбор оборудования.
 - 8.5. Окончательное формирование маршрута обработки.
 - 8.6. Выбор средств технологического оснащения.
9. Разработка операционной технологии.
 - 9.1. Уточнение структуры операций по переходам.
 - 9.2. Расчет операционных припусков.
 - 9.3. Расчет режимов резания.
 - 9.4. Нормирование технологических операций.
10. Проектирование станочного приспособления
 - 10.1. Проектирование компоновки приспособления
 - 10.2. Точностной расчет приспособления
 - 10.3. Силовой расчет приспособления

Заключение

Список литературы

Приложение. ТП механической обработки

Приложение 2

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица П1.

Химический состав легированных конструкционных сталей

Марка	Содержание элементов, %			
	Углерод С	Марганец Mn	Кремний Si	Хром Cr
15X	0,12–0,18	0,40–0,70	0,17–0,37	0,7–1,00
20X	0,17–0,23	0,5–0,8	0,17–0,37	0,7–1,0
30X	0,24–0,32	0,50–0,80	0,17–0,37	0,8–1,0
50X	0,46–0,54	0,50–0,80	0,17–0,37	0,8–1,0
15Г	0,12–0,19	0,70–1,0	0,17–0,37	–
50Г	0,48–0,56	0,70–1,0	0,17–0,37	–
30Г2	0,26–0,35	1,4–1,8	0,17–0,37	–
25ХГТ	0,22–0,29	0,8–1,10	0,17–0,37	1,0–1,3
40ХС	0,37–0,45	0,3–0,6	1,2–1,6	1,3–1,6

Химический состав сталей определяется их маркировкой. Первые две цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента. Буквы обозначают легирующие элементы (С – кремний, Х – хром, Г – марганец, Т – титан, В – вольфрам, М – молибден, Н – никель, Ф – ванадий, К – кобальт и др.). Цифры после букв указывают содержание легирующих элементов в процентах (отсутствие цифры означает, что содержание легирующего элемента не превышает 1 %).

Таблица П2.

Механические свойства некоторых марок сталей

Марка	Механические свойства сталей			
	σ_T	σ_B	НВ	$\sigma_5, \%$
	МПа			
Ст3	250	380–500	–	26
Ст5	290	500	–	20
20	245	412	163	25
35	312	530	207	20
45	353	598	197	16
60	401	676	229	12
14Г2	333	461	–	21
14ХГС	343	490	–	22
12Х13	415	588	116–179	20
20Х18Н9Т	220	528	140–170	38

Таблица ПЗ.

Термическая обработка легированных сталей

Марка	Термическая обработка					Механические свойства		
	Закалка			Отпуск		σ _Т σ _В		σ ₅ , %
	Температура, °С		Среда охлаждения	Температура, °С	Среда охлаждения	МПа		
	первой закалки	второй закалки						
15X	380	770–820	вода, масло	180	воздух, масло	490	735	12
20X	880	700–820	вода, масло	180	воздух, масло	638	786	11
40X	860	—	масло	550	вода, масло	786	980	10
20Г	880	—	воздух	—	—	274	451	24
35Г	860	—	вода, воздух	600	воздух	333	560	18
50Г2	840	—	масло, воздух	650	воздух	421	735	11
18ХГТ	880-950	870	масло	200	воздух, вода	884	980	9
35ХГФ	870	—	масло	630	воздух, вода	786	912	14
40ХС	800	—	масло	540	масло	1080	1225	12
15ХМ	880	—	воздух	650	воздух	275	441	21
35ХМ	880	—	масло	550	вода, масло	835	932	12
45ХН	820	—	вода, масло	530	вода, масло	835	1030	10
12ХН3А	860	760–810	вода, масло	500	вода, масло	686	932	11
20ХГСА	880	—	масло	500	вода, масло	638	786	12
30ХГС	880	—	масло	540	вода, масло	835	1080	10
55ГС	820	—		480		784	980	8
50ХСА	850			520		1178	1325	6

Таблица П4.

Области применения некоторых конструкционных сталей

Марка стали	Примеры применения
Ст2, Ст2кп, Ст3, ВСт3	Детали металлоконструкций, рамы и пояса тележек, заклепки, болты, валики, оси, кулачки, не испытывающие больших напряжений, ключи, шайбы
05кп	Детали, штампуемые в холодном состоянии из прутков и тонких листов с глубокой вытяжкой
30, 35	Детали с высокой пластичностью: трубки, прокладки, шайбы. Цементируемые и цианируемые детали: втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, рычаги, цилиндры
40, 45	Детали, требующие более высокой прочности при средней вязкости: оси, валы коленчатые и распределительные, кронштейны, штоки, зубчатые колеса, нагруженные болты, гайки, шайбы
50, 55	Детали высокой прочности: зубчатые колеса, штоки, валы коленчатые и распределительные, оси, прокатные валки, эксцентрики, муфты сцепления коробок передач – после нормализации с отпуском и закали с отпуском
15X, 20X	Цементируемые стали с повышенной прочностью. Детали (преимущественно не крупные), подвергаемые цементации и закалке и работающие на износ при трении: втулки, пальцы, зубчатые колеса, толкатели, валики
45X, 50X	Стали с высокой прочностью. Применяемые после закали и отпуска. Детали, подвергаемые истиранию без значительных ударных нагрузок: валы, оси, крупные зубчатые колеса
40Г, 45Г, 50Г	Сталь высокой твердости. Детали, подвергающиеся истиранию при действию высоких нагрузок: диски трения, шлицевые, карданные, распределительные и коленчатые валы, полуоси, анкерные болты, шпильки
40ХН, 45ХН, 50ХН	Стали с высокой прочностью, повышенной вязкостью, хорошей прокаливаемостью. Крупные ответственные детали: коленчатые валы, шатуны, зубчатые колеса, болты, роторные части
12ХН3А, 20ХН3А	Стали с высокими прочностью, вязкостью и прокаливаемостью. Крупные ответственные детали. Стали 12ХН3А подвергаются цементации, сталь 20ХН3А – закалке и отпуску

Таблица П5.

Коэффициенты использования материала

Вид заготовки	Коэффициенты использования материала	
	получение заготовок $k_{и.м.заг}$	механическая обработка $k_{и.м.мех}$
Отливки:		
- чугуны в песчаные формы	0,68	0,85
- стальные в песчаные формы	0,6	0,8
- из цветных сплавов в песчаные формы	0,7	0,85
- точное литье	0,7	0,9
Поковки:		
- кованые из проката	0,79	0,68
- кованые из слитков	0,65	0,55
- горячештампованные в открытых штампах	0,78	0,75
- горячештампованные в закрытых штампах	0,9	0,82
Заготовки, полученные:		
- холодной объемной штамповкой	0,92	0,85
- листовой штамповкой	0,76	0,95
- прессованием порошков	0,92	0,95
- прессованием из пластмасс	0,95	0,98
- из сортового проката	—	0,72
- из трубного проката	—	0,75
- из гнутого профильного проката	—	0,92

Таблица П6.

Экономическая точность обработки

Метод обработки	Вид обработки	Шероховатость Ra , мкм	Точность, квалитет
Резка газовая	- ручная	80–40	—
	- машинная	80–12,5	17–15
Отрезание	- приводной пилой	50–25* (12,5)	17–15
	- резцом	100–25*	17–14
	- фрезой	50–25*	17–14
	- абразивом	6,3* 3,2	15–12
Фрезерование цилиндрической фрезой	- черновое	12,5–3,2	14–10
	- чистовое	1,6–0,8*	8–6
	- тонкое	1,6–0,2	—
Фрезерование концевой фрезой	- черновое	25–12,5	14–12
	- чистовое	6,3–3,2*	11

Метод обработки	Вид обработки	Шероховатость <i>Ra</i> , мкм	Точность, квалитет
	- тонкое	1,6	9, 8
Фрезерование торцовой фрезой	- черновое	12,5–3,2	14–10
	- чистовое	1,6–0,8*	8–6
	- тонкое	1,6–0,2	
Обтачивание при продольной подаче	- обдирочное	100–25	17–15
	- получистовое	12,5–6,3	14–12
	- чистовое	3,2–1,6* (0,8)	9–7
	- тонкое (алмазное)	0,8–0,4* (0,2)	6
Обтачивание при поперечной подаче	- обдирочное	100–25	17–16
	- получистовое	12,5–6,3	15–14
	- чистовое	3,2*	13–11
	- тонкое	1,6–0,8	11–8
Сверление отверстия до 15 мм	- по кондуктору	12,5* (10)–6,3	11
	- без кондуктора	12,5* (10)–6,3	14–12
Сверление отверстия свыше 15 мм	- по кондуктору	25* (10)–12,5	11
	- без кондуктора	25* (10)–12,5	14–12
Рассверливание		25*–12,5(6,3)	14–12
Зенкерование	- черновое (по корке)	25–12,5	15–12
	- чистовое	6,3–3,2*	11, 10
Протягивание	- получистовое	6,3	9, 8
	- чистовое	3,2–0,8 *	8, 7
	- отделочное	0,4–0,2	7
Растачивание	- черновое	100–50	17–15
	- получистовое	25–12,5	14–12
	- чистовое	3,2–1,6* (0,8)	9, 8
	- тонкое (алмазное)	0,8–0,4* (0,2)	7–6
Развертывание	- получистовое	12,5–6,3	10–9
	- чистовое	3,2–1,6 *	8, 7
	- тонкое	0,8–0,4	7
Шлифование круглое	- получистовое	6,3–3,2	11–8
	- чистовое	1,6–0,8*	8–6
	- тонкое	0,4–0,2* (0,1)	5
Шлифование плоское	- получистовое	0,8–0,4	9–8
	- чистовое	0,4–0,1	7
	- тонкое	0,2–0,05	6
Обкатывание и раскатывание роликами или шариками при исходном $Ra = 12,5–3,2$ мкм		1,6–0,4 (0,32)	9–6
Доводка	- грубая	0,4*	7, 6
	- средняя	0,2*–0,1	6, 5

Метод обработки	Вид обработки	Шероховатость Ra , мкм	Точность, качество
	- тонкая	0,05* (0,02)	5
Полирование	- обычное	1,6–0,2 (0,08)	6
	- тонкое	0,1 (0,05)	5
Притирка	- чистовая	3,2–0,4	7, 6
	- тонкая	1,6–0,1 (0,08)	5
Хонингование	- плоскостей	0,4*–0,1	8, 7
	- цилиндров	0,2*–(0,05)	7, 6
Суперфиниширование	- плоскостей	0,4–0,2* (0,05)	5 и выше
	- цилиндров	0,4–0,1* (0,05)	5 и выше
Подрезка торцов		12,5–3,2* (0,8)	13–11
Строгание	- черновое	12,5–3,2	14–11
	- чистовое	1,6–0,8*	10
	- тонкое	1,6–0,2	8–6
Долбление	- черновое	50–25	15, 14
	- чистовое	12,5–3,2*	13, 12
Зенкование	- плоское с направлением	12,5–6,3	–
	- угловое	6,3–3,2	–
Шабрение	- грубое	6,3–1,6	11
	- тонкое	0,8–0,1	9, 8
Нарезание резьбы	- плашкой, метчиком	12,5*–3,2	8g–6H
	- резцом, гребенкой, фрезой	6,3–3,2*(1,6)	6g–4h
	- шлифование резьбы	3,2–1,6* (0,4)	4h
	- накатывание роликами	0,8–0,4	6g–4h
Обработка зубьев зубчатых колес	- строгание чистовое	3,2–0,8	7–5**
	- фрезерование чистовое	3,2*–(1,6)	8–7**
	- шлифование	0,8–0,4*	5–4**
	- шевингование	0,8*–1,6 (0,4)	7–6**
Электроконтактная обработка	- разрезание листов	50–25	13–11
	- сверление	100–25	14–12
	- электроискровое шлифование	25–3,2	–
Электромеханическая обработка	- обычное точение	6,3–3,2	9–6
	- чистовое точение	3,2–0,8	7–6
	- сглаживание	0,8–0,2	7–6

* — оптимальное значение Ra для данного вида обработки;

** — для обработки зубчатых колес указана степень точности колеса

П р и м е ч а н и е:

1. Параметры шероховатости приведены для стали; для чугуна, алюминия, алюминиевых сплавов – брать по меньшему значению параметра; для сплавов на медной основе при шлифовании и доводочных работах (притирке, полировании, хонинговании) брать параметры, указанные для стали, а для остальных видов обработки – по большему значению.

2. В скобках указаны предельно достижимые значения параметра шероховатости Ra .

Таблица П7.

Значения допусков по квалитетам

Интервалы размеров, мм	Квалитет																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
До 1	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	
3–6	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	
6–10	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	22	360	580	900	1500	
10–18	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	
18–30	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	
30–50	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	
50–80	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	
80–120	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	
120–180	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	
180–250	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	
250–315	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	320	5200	
315–400	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	
400–500	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	

Таблица П8.

Типовые режимы сверления стали

Способ обработки	Параметры			Материал режущей ча- сти
	t , мм	S , мм/об	V , м/мин	
Сверление спиральными сверлами	$0,5d$	$0,012d$	18–30	Сталь Р6М5
		$0,085d$	40–80	Сплав Т15К6
Глубокое сплошное сверление	$0,5d$	$0,0025d$	120–160	Сплав Т15К6
Глубокое сверление	$0,15d$	$0,0025d$	160–200	Сплав Т15К6

Примечание: d – диаметр сверла или отверстия, мм

Таблица П9.

Типовые режимы при точении стали

Вид обработки	Параметры режима	Способ обработки		
		Продольное обтачивание	Продольное растачивание	Фасонное поперечное точение
Предварительная и однократная	t , мм	2–8	2–6	–
	s_o , мм/об	0,5–1,2	0,2–0,8	0,03–0,09
	V_p , м/мин	150	150	50
Чистовая	t , мм	1–2	0,8–1,6	–
	s_o , мм/об	0,4–0,6	0,25–0,4	–
$Ra = 6,3$ мкм	t , мм	0,4–1	0,3–0,8	–
	s_o , мм/об	0,25–0,4	0,15–0,25	–
$Ra = 2,5$ мкм	t , мм	0,1–0,3	0,1–0,25	–
	s_o , мм/об	0,1–0,2	0,08–0,15	–
Чистовая	V_p , м/мин	190	190	–
Тонкая	t , мм	0,03–0,1	0,03–0,05	–
	s_o , мм/об	0,08–0,12	0,08–0,12	–
	V_{1p} , м/мин	150–250	120–200	–
	V_{2p} , м/мин	300–500	300–400	–

Таблица П10.

Типовые режимы зенкерования и развертывания

Способ обработки	Параметры режима			Материал режущей части
	t , мм	S , мм/об	V , м/мин	
Зенкерование $D = 20–120$	1–3	0,025 d	15–25	P6M5
			40–75	T15K6
Развертывание $D = 20–120$	0,05–0,2	0,06 d	5–10	P6M5
		0,02 d	20–50	T15K6

Таблица П11.

Типовые режимы фрезерования стали

Вид обработки	Параметры	Тип фрезы				Примечание
		торцевая	цилиндрическая	дисковая	концевая	
Предварительная	D , мм	160–250	80–160	150–250	20–40	Режущая часть фрезы T15K6
	Z	8–20	10–16	12–16	4	
	t , мм	4–20	2–10	20–50	3–10	
	S_z , мм/зуб	1–1,5	0,7–1,2	0,5–0,7	0,3–0,5	
	V_p , м/мин	250	150	200	150	
Чистовая	t	1–2	1–1,5	–	0,7–1,5	

Вид обработки	Параметры	Тип фрезы				Примечание
		торцевая	цилиндрическая	дисковая	концевая	
	S_0 , мм/об	0,4–0,6	0,2–0,3	–	0,1–0,3	
	"-	0,2–0,3	0,1–0,2	–	0,07–0,15	
	"-	0,15	0,06	–	0,05	
	V_p , м/мин	300	250	–	200	

Примечание: D – диаметр фрезы, мм, Z – число зубьев инструмента, S_z – подача на зуб

Таблица П12.

Типовые режимы шлифования

Вид шлифования	Параметры режима		
	Спп, мм/об	Спр, мм/ход	Вдет, м/мин
Круглое наружное с продольной подачей			
- предварительное	0,01–0,025	(0,3–0,7)Н	12–25
- чистовое	0,005–0,015	(0,2–0,4)Н	15–55
- тонкое	0,002–0,005	(0,1–0,2)Н	10–20
Круглое наружное с врезной (радиальной) подачей			
- предварительное	0,0025–0,008	–	30–50
- чистовое	0,001–0,005	–	20–40
- тонкое	0,0002–0,0006	–	15–30
Круглое внутреннее с продольной подачей			
- предварительное	0,005–0,02	(0,4–0,7)Н	20–40
- чистовое	0,0025–0,01	(0,25–0,4)Н	
- тонкое	0,001–0,003	(0,1–0,2)Н	
Плоское периферией круга			
- предварительное	0,015–0,04	(0,4–0,7)Н	8–30
- чистовое	0,005–0,015	(0,2–0,3)Н	15–20

Примечание: шлифование сталей при скорости круга 30–35 м/с

Таблица П13.

Точность обработки цилиндрических зубчатых колес

Обработка	Степень точности
Горячее накатывание зубчатого профиля с радиальной или осевой подачей ($m = 2 \dots 8$ мм)	9–8
Горячее накатывание с последующим калиброванием ($m = 2 \dots 8$ мм)	8–7
Холодное накатывание профиля ($m < 1,5$ мм)	7

Обработка	Степень точности
Фрезерование многозаходными червячными фрезами ($m = 1 \dots 20$ мм)	10–8
Фрезерование чистовыми однозаходными червячными фрезами: - прецизионными, класса точности АА ($m = 1 \dots 10$ мм) - общего назначения ($m = 1 \dots 20$ мм) классов точности А В С	7 8 9 10
Зуботочение	8–7
Контурное зубодолбление	8–7
Долбление чистовыми дисковыми долбьяками ($m = 1 \dots 12$ мм) класс точности АА А В	6 7 8
Шевингование дисковым шеве́ром ($m = 1 \dots 8$ мм) классов точности А В С	6 7 8
Шевингование однолезвийным затылованным кромочным шеве́ром после горячего накатывания профиля ($m = 2 \dots 8$ мм)	8–7
Шлифование зубчатого профиля: - фасонным кругом методом копирования - тарельчатыми кругами методом обкатки с единичным делением - червячным кругом методом обкатки Притирка зубьев чугу́нными шестернями-притирами	6–5 6–3 6–4 6–5

Режимы обработки зубчатых колес

А) Зубофрезерование червячными фрезами

Таблица П14.

Режимы резания при зубофрезеровании однозаходной червячной фрезой из быстрорежущей стали

Обра- ботка	Обрабаты- ваемый материал	Мощность стан- ка, кВт	Подача, мм/об, при модуле колеса не более, мм				
			2,5	4	6	8	12
Черновая	Сталь	1,5–2,8	1,2–1,16	1,6–2,0	1,2–1,4	–	–
		3–4	2,4–2,8	2,6–3,0	2,2–2,6	2,0–2,2	–
		5–9	2,4–2,8	2,8–3,2	2,4–2,8	2,2–2,6	2,0–2,4
		Свыше 9	2,4–2,8	2,8–3,2	2,6–3,0	2,4–2,8	2,2–2,6
	Серый чугун	1,5–2,8	1,3–1,8	1,8–2,2	1,3–1,6	–	–
		3–4	2,6–3,0	2,8–3,2	2,4–3,0	2,2–2,4	–
		5–9	2,6–3,0	3,0–3,5	2,6–3,0	2,5–2,8	2,2–2,8
		Свыше 9	2,6–3,2	3,0–3,5	2,8–3,3	2,6–3,0	2,4–2,8
Чистовая	Сталь	1,5–4	Шероховатость, мкм:				
			1,0–1,2	1,2–1,8	$R_z = 20 \dots 40;$ $R_a = 2,5$		
	0,5–0,8		0,8–1,0	$R_z = 20 \dots 40;$ $R_a = 2,5$			
	Серый чугун		1,3–1,4			1,4–1,8	
Обра- ботка	Подача, мм/об		Скорость резания, м/мин.				
Черновая	0,6		–	–	58	48	40
	0,8		57	5	50	41	35
	1,1		48	48	42	35	30
	1,5		42	42	36	30	25,5
	2,0		36	36	32	26	22
	2,8		30,5	30,5	27	22	18,7
Чисто- сто- вая	До 0,7		60	-			
	0,9		48				
	1,1		41				
Марка материала		35	45	40Х	12Х2Н4А, 20ХН2М, 18ХГТ	30ХГТ	18ХНВА, 38Х2МЮА
Твердость НВ		156–187	До 241	156– 207	156–229	156– 207	156–229
Поправочный коэфф. K_S		1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8
Поправочный коэфф. K_v		1,1	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8

Проходы: **черновой** – 1 (если мощность станка недостаточна, то 1-й проход $t = 1,4m$, 2-й проход – $t = 0,7m$), **чистовой** – радиальный припуск $t = 0,1 \dots 0,15$ мм

Основное время (мин) $T_0 = \frac{(B + l_1 + l_2)z}{nS_0k}$, где B – ширина нарезаемого

колеса, мм; l_1 – длина врезания, мм, $l_1 = \sqrt{t(D_\phi - t)}$ (D_ϕ – диаметр фрезы, мм; t – глубина фрезерования, мм); l_2 – перебег, мм; для прямозубого колеса $l_2 = 3 \dots 5$ мм; z – число нарезаемых зубьев; n – частота вращения фрезы, об/мин; S_0 – осевая подача фрезы, мм/об; k – число заходов фрезы.

Б) Зубодолбление долбьяками методом обкатки

Таблица П15.

Число проходов при нарезании долбьяком зубьев стальных колес
(HB < 220)

Модуль, мм	Число проходов		
	черновые	получистовые	чистовые
2–6	–	–	1
8–12	1	–	1
14–20	2	1	1
20–30	3	1	1
32–40	4	1	1
Глубина резания при чистовом проходе 0,5–0,8 мм, при получистовом – 2...5 мм (увеличивается при увеличении модуля). При первом черновом проходе – (1...1,5)m			

Таблица П16.

Круговые подачи $S_{кр}$ (мм/дв. ход) при обработке долбьяком

Проход	Модуль, мм	Мощность привода станка, кВт		
		1,5	1,5–2,5	2,5–5
Черновой	2–4	0,35	0,45	–
	5	0,25	0,40	–
	6	0,2	0,35	0,45
	8	–		0,35
	10			0,25
	12			0,15
Чистовой	2–12	0,25–0,30		

Таблица П17.

Скорости (м/мин) резания при нарезании зубчатых колес долбяком

Круговая подача, мм/дв. ход	Модуль нарезаемого колеса, мм, не более			
	2	4	6	8
0,10	40,5	32,5	27,5	25
0,13	35,5	28,8	24	22
0,16	32	26	21,5	19,7
0,20	28,5	23	19,3	17,8
0,26	25	20,5	17	15,5
0,32	22,5	18,2	15,3	14
0,42	19,8	16	13,4	12,5
0,52	17,7	14,3	12	10,9

Таблица П18.

Поправочные коэффициенты к режимам резания: K_S – на подачу; K_v – на скорость резания

Материал колеса	Твердость НВ	Коэффициенты	
		K_S	K_v
Сталь 35	156–187	1,0	1,1
	170–207	1,0	1,0
Сталь 45	До 241	0,9	0,8
	170–229	0,9	0,9
35Х, 40Х	156–207	1,0	1,0
12Х2Н4А; 20ХНМ; 18ХГТ; 12Н3А; 20Х	156–229	0,9	0,9
38Х2МЮА	156–229	0,7	0,8
Серый чугун	170–207	1,0	–

Перебеги долбяков: ширина венца до 19 мм – перебег в обе стороны – 5 мм; 51 – 8 мм; 72 – 12 мм; 85 – 15 мм; 122 – 20 мм; 165 – 25 мм.

Выбирают **число проходов** (табл. П15), **круговую подачу** $S_{кр}$ (табл. П16). **Радиальную подачу** принимают $S_p = (0,1 \dots 0,3)S_{кр}$. **Скорость резания** v принимают по табл. П17. Умножают на **поправочные коэффициенты** (табл. П18). **Число двойных ходов** в минуту $n_D = 50v \cos \beta / L$, где L – длина хода долбяка (ширина венца + перебеги в обе стороны); β – угол наклона зуба. **Основное время** (мин) $T_0 = \frac{\pi m_t z}{n_D S_{кр}} i + \frac{h}{n_D S_p}$, где z – число зубьев; h – высота зуба, мм; m_t – делительный окружной модуль, мм.

Таблица П19.

Рекомендации по применению инструментальных материалов

Марка материала	Область применения
<i>Углеродистые и легированные инструментальные стали</i>	
У10, У10А	Мелкоразмерный режущий инструмент, зубила
11Х, 11ХФ	Метчики, плашки
ХВСГ	Круглые плашки, развертки
<i>Быстрорежущие стали</i>	
P6M5	Для режущего инструмента при обработке углеродистых и легированных конструкционных сталей, предпочтительно для резьбонарезного инструмента
P6M5K5	Для черновых и получистовых инструментов при обработке легированных и коррозионностойких сталей
P6M5Ф3	Для чистовых и и получистовых инструментов (фасонные резцы, развертки, протяжки, фрезы) при обработке углеродистых и легированных конструкционных сталей
P9M4K8	Для различных инструментов при обработке высокопрочных, жаропрочных и коррозионностойких сталей и сплавов
<i>Инструментальные твердые сплавы</i>	
BK3	Чистовая и окончательная обработка (точение, нарезание резьбы, размерная обработка отверстий) серого чугуна, цветных металлов и сплавов и неметаллических материалов
BK4 BK6	Черновая и получистовая обработка (точение, фрезерование, расквашивание, зенкерование) серого чугуна, цветных металлов и их сплавов
BK6-OM	Чистовая и получистовая обработка, твердых, отбеленных и легированных чугунов, закаленных сталей, высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов на основе титана, вольфрама и молибдена (точение, растачивание, нарезание резьбы, развертывание)
T30K4	Чистовая обработка незакаленных сталей и закаленных сталей углеродистых сталей (точение, нарезание резьбы, развертывание)
T15K6	Получистовое точение (непрерывное резание), чистовое точение (возможно прерывистое резание), нарезание резьбы резцами и вращающимися головками, получистовое и чистовое фрезерование, растачивание, развертывание при обработке углеродистых и легированных сталей
T5K10	Черновое точение и фрезерование при неравномерном сечении и прерывистом резании. Фасонное точение, отрезка резцами при обработке углеродистых и легированных сталей преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине
ТТК12	Тяжелое черновое точение при неравномерном сечении стальных поковок, штамповок и отливок по корке, с раковинами при нали-

Марка материала	Область применения
	чии песка, шлака и др.; при обработке углеродистых и легированных сталей
<i>Безвольфрамовые инструментальные твердые сплавы</i>	
ТН-20, КТН-16, КТН-20, КТН-30	Получистовое и чистовое точение и фрезерование углеродистых и легированных сталей с HRC 30–42, хромистых и коррозионно-стойких сталей с $\sigma_B = 600\text{--}800$ МПа, жаропрочных сталей с $\sigma_B = 600\text{--}800$ МПа
<i>Минералокерамические инструментальные материалы</i>	
ВО13 ВО18	Чистовое и получистовое точение термически не обработанных конструкционных сталей и чугунов
ВОК71, ВОК95, ОНТ-20	Чистовое, получистовое и предварительное точение термически обработанных и закаленных сталей и чугунов
<i>Сверхтвердые инструментальные материалы</i>	
Композиты 01 и 02	Тонкое и чистовое точение без ударных нагрузок, торцовое фрезерование деталей из закаленных сталей твердостью HRC 47–65, чугунов любой твердости
Композиты 05 и 06	Чистовое и получистовое точение без ударных нагрузок закаленных сталей HRC 45–62 и чугунов любой твердости, торцовое фрезерование чугунов

Таблица П20.

Средние допустимые погрешности статической настройки Δ_n
для лезвийных инструментов, мкм

Выдерживаемые размеры, мм	Обработка			
	черновая ¹	чистовая	тонкая	однократная
До 30	40–100	10	5	20
30–80	60–150	20	6	25
80–180	80–200	30	7	30
180–360	100–250	40	8	40
360–500	120–300	50	10	50
¹ – меньшие значения принимают при обработке точных заготовок (12–14 квалитетов точности); большие значения – при обработке грубых заготовок (15 квалитет и грубее)				

Таблица П21.

Формулы для приближенного определения t_{oj} , 10^{-3} мин

Переход	Формула
Черновая обточка за один проход	$0,17dl$
Чистовая обточка по 11-му качеству	$0,1dl$
Чистовая обточка по 9-му качеству	$0,17dl$
Черновая подрезка торца $Ra\ 6,3$	$0,037(D^2-d^2)$
Чистовая подрезка торца $Ra\ 1,5$	$0,052(D^2-d^2)$
Отрезание	$0,19D^2$
Обтачивание фасонным резцом	$0,63(D^2-d^2)$
Шлифование черновое по 11-му качеству	$0,07dl$
Шлифование чистовое по 9-му качеству	$0,1dl$
Шлифование чистовое по 6-му качеству	$0,15dl$
Растачивание на токарном станке	$0,18dl$
Сверление отверстий	$0,52dl$
Рассверливание $d = 20 \dots 60$ мм	$0,31dl$
Зенкерование	$0,21dl$
Развертывание черновое	$0,43dl$
Развертывание чистовое	$0,86dl$
Внутреннее шлифование по 9-му качеству	$1,5dl$
Переход	Формула
Внутреннее шлифование по 7-му качеству	$1,8dl$
Черновое растачивание за один проход $Ra\ 12,5$	$0,2dl$
Черновое растачивание под развертку	$0,3dl$
Развертывание плавающей разверткой по 9-му качеству	$0,27dl$
Развертывание плавающей разверткой по 7-му качеству	$0,52dl$
(здесь: d – диаметр; l – длина обрабатываемой поверхности; D – диаметр обрабатываемого торца; $D-d$ – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца)	
Протягивание отверстий и шпоночных канавок (l – длина протяжки, мм)	$0,4l$
Строгание черновое	$0,065Bl$
Строгание под шлифование или шабрение	$0,034Bl$
Фрезерование черновое торцевой фрезой	$6l$
Фрезерование чистовое торцевой фрезой	$4l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$7l$
Шлифование плоскостей торцом круга	$2,5l$
(здесь: B – ширина обрабатываемой поверхности, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм)	
Фрезерование зубьев червячной фрезой ($D = 80 \dots 300$)	$2,2Db$

Переход	Формула
Обработка зубьев червячных колес ($D = 100 \dots 400$)	$60,3D$
(здесь: D – диаметр зубчатого колеса; b – длина зуба, мм)	
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$9lz$
Шлицешлифование	$4,6lz$
(здесь: l – длина шлицевого валика, мм; z – число шлицев)	
Нарезание резьбы на валу ($d = 32 \dots 120$)	$19dt$
Нарезание резьбы метчиком ($d = 10 \dots 24$)	$0,4dt$
(здесь: d – диаметр резьбы, мм; l – длина резьбы, мм)	

Таблица П22.

Качество наружной поверхности проката

Калиброванный прокат			
Прокат	Класс чистоты	R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм
Гладкотянутый	3	60	60
Шлифованный	6	10	20
Горячекатаный прокат			
Диаметр, мм	Повышенной точности		Обычной точности
	R_z , мкм	T , мкм	R_z , мкм
До 25	100	100	150
Свыше 25 до 75	100	150	150
Свыше 75 до 150	150	200	200
Свыше 150 до 250	250	300	300

Сталь горячекатаная круглая (мм) – 5; 5,5; 6,3; 6,5; 7; далее до 48 мм через 1 мм; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; далее до 135 через 5 мм; от 160 до 250 через 10 мм.

Сталь калиброванная круглая (мм) – 3; 3,2; 4; 5; 5,5; 6; 6,3; 7; далее до 30 мм через 1 мм; 32; 34; 36; 38; 41; 42; 45; 46; 48; 50; 53; 55; 56; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм.

Стальные трубы прецизионные:

- горячекатаные – наружный диаметр – 25...325; стенка – 2,5...50; длина – 4...12 м; ГОСТ 9567–75;

- калиброванные – диаметр – 5...710; стенка – 0,2...32; длина – 1...11,5 м; ГОСТ 9567–75.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
2. ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
3. СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
4. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ..	5
4.1 Классификация и группирование деталей	5
4.2 Анализ служебного назначения детали и ТУ на изготовление	6
4.3 Определение типа производства	6
4.4 Анализ технологичности конструкции детали	7
4.5 Выбор технологического процесса-аналога	10
4.6 Выбор метода получения заготовки	10
4.7 Проектирование маршрута обработки детали	13
4.8 Разработка операционной технологии	15
4.9 Заполнение технологических карт	18
5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ	18
5.1 Рабочий чертеж детали	18
5.2 Технологические наладки	19
5.3 Расчетно-технологическая карта	19
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	20
Приложение 1	25
Приложение 2	26