

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
**Белорусский национальный технический университет**  
Кафедра «Конструирование и производство приборов»

## **Методические указания**

по выполнению курсового проекта (курсовой работы)  
по дисциплинам «**Технология приборостроения**» и  
«**Технология машино- и приборостроения**»  
для студентов специальности 1-38 01 01 «Механические и  
электромеханические приборы и аппараты» и направлений  
специальностей 1-40 01 02-01 «Информационные системы и  
технологии (в проектировании и производстве)», 1-54 01 01-01  
«Метрология, стандартизация и сертификация (машиностроение  
и приборостроение)»

*Учебное электронное издание*

**Минск ◊ БНТУ ◊ 2009**

УДК 681.2

***Авторы:***

*М. Г. Киселев,  
М. И. Филонова,  
М. С. Самойлова*

***Рецензенты:***

*А.Д. Малярченко, заведующий кафедрой «Торговое и рекламное оборудование» БНТУ, доктор технических наук, профессор;  
А.Н. Осипов, первый проректор БГУИР, кандидат технических наук*

Методические указания включают задачи курсового проектирования, содержание и объем курсового проекта, правила по выполнению этапов проекта, его оформлению и защите, список литературы, пример оформления технологической документации.

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.(017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37  
Регистрационный № БНТУ/ПСФ80 – 2.2009

© БНТУ, 2009

© Киселев М. Г., Филонова М. И.,  
Самойлова М.С., 2009

## Содержание

1. Задачи курсового проектирования .....	4
2. Содержание и объем курсового проекта .....	4
2.1. Содержание графической части .....	5
2.2. Содержание расчетно-пояснительной записки .....	5
3. Оформление курсового проекта .....	6
4. Защита курсового проекта.....	6
5. Примерный календарный план выполнения курсового проекта .....	6
6. Выполнение основных этапов проекта .....	7
6.1 Анализ конструкции детали на технологичность и оформление рабочего чертежа детали .....	7
6.2. Выбор метода получения заготовки и разработка маршрутной технологии .....	11
6.3. Расчет припусков на обработку .....	12
6.4. Расчет режимов резания и нормирование техпроцесса .....	12
6.5. Выбор средств измерения .....	16
6.6. Оформление технологической документации .....	17
6.7. Список использованных источников.....	21
Приложение .....	23

## 1. Задачи курсового проектирования

Курсовой проект (КП) и курсовая работа (КР) по дисциплинам «Технология приборостроения» и «Технология машино- и приборостроения» призваны закрепить теоретические знания студентов в данной области, способствовать получению ими практических навыков применения этих знаний при технологическом проектировании. Данный КП (КР) – первый этап освоения методов проектирования технологических процессов изготовления деталей машин и проборов для студентов специальности 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты» и направлений специальностей 1-54 01 01-01 «Метрология, стандартизация и сертификация (машиностроение и приборостроение)», 1-40 01 02-01 «Информационные системы и технологии (в проектировании и производстве)»

При выполнении данного КП (КР) студенты в соответствии с заданием должны решить задачи выбора типа производства, метода получения заготовки, рационального маршрута обработки, допусков и припусков на обработку, технологических баз, технологического оборудования и оснастки, режимов резания, технически обоснованных норм времени.

## 2. Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект включает:

пояснительную записку, в которую входит весь текстовый материал, а также необходимые формулы, графики, таблицы и т.д.;  
графическую часть.

Задание на КП (КР) должно содержать следующие данные:

- Рабочий чертеж детали;
- Годовой выпуск (по заданию руководителя могут быть заданы 1 или 2 программы выпуска: основная программа, предполагающая единичное или мелкосерийное производство; перспективная – серийное или массовое);
- Режим работы предприятия;
- Количество деталей на изделие;
- Процент запасных частей.

Студент получает задание от руководителя проекта в течение первой недели учебного семестра.

## **2.1. Содержание графической части**

- Чертеж детали – 1 лист формат А3 или А4.
- Операционные эскизы – 1 лист формата А1.
- Схема маршрута технологического процесса 1 – 2 л формата А1 (ГОСТ). По решению руководителя проекта (работы) маршрут разрабатывается для основной и перспективной программы выпуска.

## **2.2. Содержание расчетно-пояснительной записки**

2.2.1. Введение, в котором дается краткая характеристика функционального назначения изготавливаемой детали и влияние на основные эксплуатационные характеристики работы узла, в состав которого она входит.

2.2.2. Анализ конструкции детали на технологичность по некоторым основным и вспомогательным показателям согласно ГОСТ 18831-90, 14.201-83 – 14.205-83.

2.2.3 Определение типа производства в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1108-83 в зависимости от численного значения коэффициента закрепления операций. На основании определенного заданием фонда рабочего времени и объема выпуска деталей определяется такт выпуска для массового производства или количество деталей в партии для серийного производства.

2.2.4. Выбор способа получения заготовки на основании сравнения возможных вариантов; решение о целесообразности выбора того или иного способа принимается после расчета технологической себестоимости детали с учетом стоимости заготовки.

2.2.5. Выбор варианта маршрутно-технологического процесса механической обработки, который производится на основе тщательного анализа требований чертежа (точность размеров, погрешности формы и взаимного расположения, показателей шероховатости и физико-механических свойств детали), с учетом современных достижений в области технологии приборостроения.

2.2.6. Расчет припусков, межоперационных размеров и размеров заготовки; на основании определения припусков выполняются расчеты предельных размеров обрабатываемой заготовки по всем технологическим операциям и переходам обработки; для поверхностей, у которых припуск определен расчетно-аналитическим методом, вычерчиваются схемы расположения промежуточных размеров, припусков и допусков.

2.2.7. Выбор оборудования, технологической оснастки.

2.2.8. Расчет и назначение режимов резания, после чего необходимо согласовать полученные величины с паспортными данными станка.

2.2.9. Техническое нормирование технологического процесса: при массовом и единичном производстве определяется норма штучного времени, при серийном – штучно-кулькуляционного времени.

2.2.10. Расчет необходимого количества металлорежущего оборудования производится на основе штучного времени и такта выпуска, после чего определяются коэффициенты загрузки станков.

2.2.11. Заполнение маршрутных карт, операционных карт или маршрутно-операционных карт и эскизов.

### 3. Оформление курсового проекта

Курсовой проект должен быть оформлен в полном соответствии с СТП БНТУ 301-2003 «Единая система стандартизации. Белорусский национальный технический университет. Курсовое проектирование. Общие требования и правила оформления».

### 4. Защита курсового проекта

Полностью выполненный курсовой проект подписывается студентом и руководителем курсового проекта.

Проект защищается перед комиссией, назначаемой заведующим кафедрой, в предусмотренные календарным планом сроки.

Доклад студента должен представлять собой четкое изложение, отражающее особенности конструкции, технологии, примененного оборудования и его использования. Обязательно должны быть выделены и обоснованы принятые студентом решения.

По результатам защиты комиссией выставляется оценка, учитывающая не только разносторонность и глубину технических знаний и умений студента, но и ритмичность, тщательность выполнения проекта в течение семестра.

### 5. Примерный календарный план выполнения курсового проекта

№ пп	Основные этапы выполнения проекта	Срок выполнения		Примерная трудоемкость работ, сумма, %
		весенний семестр	осенний семестр	
1	2	3	4	5
1	Анализ конструкции детали на технологичность и оформление рабочего чертежа детали	25.02	15.09	10
2	Определение типа производства	15.03	4.10	15

1	2	3	4	5
3	Выбор метода получения заготовки и разработка маршрутной технологии	20.03	15.10	20
4	Расчет припусков на обработку и оформление чертежа заготовки	1.04	1.11	35
5	Расчет режимов резания и нормирование техпроцесса	5.04	5.11	40
6	Выбор технологического оборудования и технологической оснастки	10.04	15.11	50
7	Заполнение технологических карт	20.04	20.1	60
8	Оформление технологических эскизов	5.05	5.12	80
9	Расчет основных экономических показателей техпроцесса	10.05	10.12	90
10	Подготовка защиты проекта	20.05	20.12	100
Защита курсового проекта		20-25.05	20-25.12	

## **6. Выполнение основных этапов проекта**

### **6.1 Анализ конструкции детали на технологичность и оформление рабочего чертежа детали**

Приступая к разработке технологического процесса, студент в обязательном порядке должен тщательно проанализировать конструкцию заданной детали с точки зрения обеспечения технологичности ее изготовления. Цель такого анализа состоит в выявлении недостатков данной конструкции и возможностей ее изменения для повышения технологичности изготовления изделия.

Технологичным считается такое изделие, которое, отвечает всем эксплуатационным требованиям, может быть изготовлено в данных конкретных условиях с наименьшими затратами времени, труда и материалов при использовании наиболее прогрессивных, экономически оправданных методов производства. Несмотря на то, что студенту в качестве задания на курсовое проектирование выдается рабочий чертеж детали, при анализе ее конструкции могут быть выявлены нетехнологичные элементы. Здесь необходимо учитывать и то обстоятельство, что технологичность конструкции изделия – понятие относительное, т.е. изделие технологичное для крупносерийного и массового производства оказывается нетехнологичным для мелкосерийного и единичного, поэтому выполнению данного этапа

предшествует определению типа производства по методике [2] (ГОСТ 3.1108-83).

Важным этапом проектирования технологических процессов является технологический контроль чертежей. Студенту необходимо тщательно изучить выданный ему рабочий чертеж детали, который должен содержать все необходимые данные для ее изготовления. К ним относятся проекции, разрезы и сечения, дающие четкое и однозначное представление о конфигурации детали; все размеры с необходимыми отклонениями; значения шероховатости обрабатываемых поверхностей, допустимые отклонения формы и расположения поверхностей; сведения о материале детали, ее твердости и термообработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали. Следует обратить внимание на то, чтобы размеры всех диаметров и длин были установлены в соответствии с ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел», что приводит к резкому сокращению сортамента материалов, измерительного и режущего инструмента. Отступление допускается в том случае, когда размеры получают расчетом и выбор данного расчетного размера по предпочтительным числам исключает возможность выбора по этим числам другого связанного с ним размера. После выполнения этого этапа необходимо перейти к технологическому анализу конструкции детали.

Главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции, являются: вид изделия, объем выпуска и тип производства. Вид изделия определяют главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к технологичности конструкции. Объем выпуска и тип производства определяет степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть качественной и количественной. Первый вид оценки характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя. Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателями, численные значения которых характеризуют степень удовлетворения требований к технологичности конструкции. В курсовом проекте достаточно дать качественную оценку технологичности конструкции детали.

Общие правила обработки конструкции изделия на технологичность установлены ГОСТ 114.201-95, а показатели технологичности конструкций изделий, сборочных единиц и деталей регламентированы ГОСТ 14.202-85, 14.203-85, 14.205-85.

Конструкцию детали следует обрабатывать на технологичность комплексно, учитывая технологичность исходной заготовки детали каждого вида обработки в технологическом процессе изготовления, а также технологичность сборочной единицы, в которую эта деталь входит



как составная часть. Такой подход к вопросам обеспечения технологичности конструкции детали требует их непрерывной проработки на протяжении всего периода курсового проектирования.

Общие требования к технологичности конструкции деталей следующие:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- возможность изготовления деталей из рациональной заготовки или из стандартного недефицитного материала (прокат, трубы, полосы, ленты);
- конструкция детали должна быть жесткой;
- точность и шероховатость базовых поверхностей должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления;
- обрабатываемые поверхности корпусных деталей должны быть взаимно параллельны или перпендикулярны, наклонные обрабатываемые поверхности нежелательны;
- заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
- метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;
- сопряжения поверхностей деталей различной точности и шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки.

Учитывая вышеперечисленные требования, анализ технологичности конструкции детали рекомендуется проводить в определенной последовательности с освещением следующих вопросов.

1. Исходя из функционального назначения детали, условий ее работы, применяемого материала, заданной годовой программы, рассмотреть возможность упрощения конструкции детали, а также целесообразность расчленения сложной детали на несколько простых с последующей сваркой, пайкой, склеиванием или механическим соединением отдельных элементов.

2. Проанализировать возможность использования метода получения заготовки, обеспечивающего ряд поверхностей с точностью и шероховатостью, не требующих дальнейшей обработки, и ряд поверхностей, требующих обработки с малыми припусками, что позволит сократить объем и трудоемкость механической обработки.

3. Подробно проанализировать конструктивные элементы детали и ее особенности с точки зрения технологичности их обработки. При

этом следует руководствоваться рекомендациями по обеспечению технологичности конструкции типовых деталей.

4. Определить возможность выдерживания принципа единства баз для получения размеров, ограниченных допусками, а также необходимость применения дополнительных технологических операций для обеспечения указанных на чертеже точности и шероховатости обработанных поверхностей.

5. Определить, позволяет ли простановка размеров обеспечить точность функциональных параметров деталей и методов их достижения. Увязать указанные на чертеже допустимые отклонения размеров, значения шероховатости пространственные отклонения геометрической формы и взаимного расположения поверхности с геометрическими погрешностями станков.

6. Установить поверхности, которые могут быть использованы при базировании. При необходимости рассмотреть возможность введения искусственных баз.

7. В конструкции детали, подвергающейся термической обработке, предусмотреть конструктивные элементы, уменьшающие деформацию детали в процессе нагрева и охлаждения. В случае необходимости – предусмотреть мероприятия по предохранению отдельных элементов и участков детали от термообработки.

Особое внимание при обработке конструкции детали на технологичность следует уделить требованиям, предъявляемым к ее конструктивным элементам различными технологическими процессами. В этом плане можно привести ряд частных рекомендаций, касающихся конкретных технологических процессов и типовых деталей.

К примеру, при обработке валов следует обратить внимание на следующие моменты их конструктивного исполнения. Убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала? Возможно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, высокопроизводительная обработка которых осуществляется дисковыми фрезами? Обеспечивает ли жесткость вала получение заданной точности обработки? Жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 6 – 9 квалитетов отношение его длины к диаметру свыше 12.

Детали, обрабатываемые на токарных автоматах, должны по возможности иметь: минимальное количество различных диаметров и поверхностей, не имеющих форму тел вращения; сопряжение шеек или цапф с торцом по радиусу; симметричные допуски, особенно на линейные размеры; различную длину сверления и нарезания для внутренних резьб; длина сверления должна быть больше длины нарезания на три-пять шагов резьбы; различную длину протачивания под резьбу и нарезание резьбы для наружных резьб с тем, чтобы при ее нарезании плашка не соприкасалась с торцом; поднутрения на торцах посадочных мест валиков для лучшего прилегания сопрягаемых деталей и уменьшения усилия при расклепывании; фаски на резьбовых поверхностях для лучшего

свинчивания сопрягаемых деталей; сквозные отверстия при наличии соосных отверстий с двух сторон детали; технологические фаски на утолщенной части трибов для фрезерования зубьев.

При обработке плоскостей их ширину необходимо увязывать с нормальным рядом диаметров торцовых или длин цилиндрических фрез. Предпочтение следует отдавать обработке плоскостей на проход. Плоскости бобышек и платиков на деталях необходимо располагать на одном уровне и желательно выше примыкающих элементов (ребер, выступов), что облегчает обработку на проход.

При фасонном фрезеровании углублений в плоских деталях, например, в платинах и мостах сопряжения продольных и поперечных участков должны выполняться не под прямым углом, а по радиусу возможно большего размера. Конструкция пазов должна по возможности допускать их обработку на проход.

В деталях предусматривать сквозные отверстия, так как их обработка значительно легче обработки глухих отверстий. Конфигурация глухих отверстий должна быть увязана с конструкцией применяемого осевого инструмента (зенкера, развертки). Расстояния между отверстиями назначать с учетом возможности использования для их обработки многошпиндельных сверлильных головок.

Во избежание поломки сверл при сверлении входная и выходная поверхности должны быть перпендикулярны к оси отверстия. При обработке нескольких отверстий, расположенных на одной оси, желательно последовательно уменьшать размеры отверстий на величину, превышающую припуск на обработку предшествующего отверстия (ступенчатое расположение отверстий).

Таким образом, основываясь на общих и частных рекомендациях, а также рекомендациях, приведенных в справочной литературе по конкретным методам получения заготовок и их механической обработке, студент проводит анализ технологичности конструкции заданной детали.

По результатам анализа конструкции детали на технологичность и учете ее назначения может быть принято решения об изменении конструкции детали с целью повышения ее технологичности. Предполагаемые изменения должны быть согласованы с руководителем проекта и обоснование этих изменений должно быть приведено в пояснительной записке.

После выполнения этих работ оформляется рабочий чертеж детали с соблюдением всех требований ЕСКД.

## **6.2. Выбор метода получения заготовки и разработка маршрутной технологии**

На основе технических требований чертежа (точности размеров, формы детали, ее шероховатости) определяется метод окончательной обработки каждой поверхности детали. Учитывая способ получения

заготовки и среднеэкономическую точность различных видов обработки, определяются вид и число промежуточных операций и переходов.

В ходе выполнения данного этапа курсового проекта разрабатывается последовательность обработки поверхностей деталей; определяются методы обработки; выбирается металлорежущее и контрольное оборудование, режущий инструмент, приспособления; решаются отдельные задачи проектирования операций (предусматривается возможность совмещения переходов в одной операции, применение инструмента того или иного типа, выбор производительного оборудования и т.д.).

Окончательное заключение о целесообразности принятых решений дается на основе укрупненного технико-экономического расчета, позволяющего определить величину годовой экономии по приведенным затратам с учетом себестоимости получения заготовки.

Содержание данного расчета определяется принятыми решениями и подробно рассмотрено в литературе [2].

### **6.3. Расчет припусков на обработку**

Расчет припусков может быть осуществлен двумя методами: расчетно-аналитическим и опытно-статистическим (по таблицам).

Определение припусков расчетно-аналитическим методом осуществляется для одной-трех разнотипных поверхностей по указанию руководителя проекта в зависимости от числа операций по обработке данной поверхности. Для этих поверхностей строятся схемы расположения промежуточных припусков и допусков. Припуски остальных поверхностей определяются опытно-статистическим методом и заносятся в сводную таблицу.

Методика расчета и его оформление приведены в литературе [2].

Значения межоперационных припусков используются для нахождения предельных размеров поверхностей после каждой операции, для заполнения операционных карт и оформления операционных эскизов.

### **6.4. Расчет режимов резания и нормирование техпроцесса**

При выполнении данного этапа завершается проектирование операций механической обработки, начатое при разработке маршрутной технологии. Решаются вопросы базирования заготовки, последовательности переходов и совмещения, возможность многоинструментальной обработки, выбирается режущий инструмент и приспособления, проводится расчет режимов резания и норм времени на операцию.

Расчет режимов можно выполнять по формулам [9] или назначать по нормативам [7-10].

Элементы режима резания: глубина резания  $t$ , подача  $S$ , скорость резания  $V$ .

Для расчета или назначения нормативных элементов режима резания необходимо иметь следующую информацию:

- о заготовке в состоянии поставки (способ получения, форма, размеры, материал и его физико-механические свойства);
- о детали (размеры, технические условия на обрабатываемые поверхности);
- о режущем инструменте (тип, материал, геометрические параметры режущей части, стойкость и допустимый износ);
- о технологических возможностях оборудования (частота вращения шпинделя, подача, установочные размеры, мощность привода и т.д.).

Расчет должен выполняться одновременно с заполнением операционных или маршрутных карт технологического процесса, что исключает необходимость дублирования одних и тех же сведений в различных документах, и в той форме и последовательности, которые, дополняя технологическую карту, позволяют сократить время, необходимое для производства самого расчета, и свести его в такую систему, которая дает возможность легко проверить отдельные элементы произведенного расчета. С этой целью расчет режимов резания предполагается вести в виде карт расчета или расчетных формуляров, ряд которых приведен в литературе [4], с. 235 – 247.

Для всех видов обработки порядок выбора (расчета) режимов резания происходит примерно по следующей схеме:

- 1) Устанавливают припуск для обработки за один рабочий ход инструмента и определяют количество проходов;
- 2) Выбирают тип режущего инструмента, материал режущей части, его размеры и геометрические параметры;
- 3) Устанавливают глубину резания.

При точении глубина резания зависит от величины припуска на обработку, шероховатости обработанной поверхности, формы заготовки, мощности станка и определяет машинное время на обработку. Для уменьшения машинного времени на точение глубину резания  $t$  желательно устанавливать равной припуску на сторону  $z$ .

Припуск  $z$  на сторону (радиус) равен половине разности диаметра заготовки  $d_3$  и диаметра  $d$

$$z = \frac{d_3 - d}{2}.$$

Основным ограничением в данном случае является шероховатость обработанной поверхности, а также точность обработки. Увеличение силы резания при ограниченной жесткости системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» (СПИД) вызывает

дополнительные погрешности. Последнее ограничение следует учитывать при повышенных требованиях к точности обработки.

С увеличением глубины резания (при прочих равных условиях) шероховатость обработанной поверхности ухудшается. При невысоких требованиях к шероховатости поверхности необходимо устанавливать глубину резания  $t$  равной припуску  $z$ .

При повышенных требованиях к шероховатости обработанной поверхности необходимо планировать черновую и чистовую обработку. При чистовой обработке устанавливают следующую глубину резания:

$$\begin{array}{ll} \text{для } Rz = 40 - 10 \text{ мкм}; & t = 0.5 - 2 \text{ мм}; \\ \text{для } Ra = 2,5 - 0,63 \text{ мкм}; & t = 0.1 - 0,4 \text{ мм}. \end{array}$$

Глубина резания для черновой обработки в данном случае равна разности между общим припуском на сторону и глубиной резания при чистовом точении.

При сверлении глубина резания составляет половину диаметра просверленного отверстия, т.е.  $t = 0.5D_{св}$ , а при рассверливании, зенкерования и развертывании  $t = 0.5(D - d)$ , где  $D$  – диаметр отверстия после обработки;  $d$  – диаметр отверстия до обработки.

При фрезеровании глубина резания  $t$  назначается в зависимости от требований к шероховатости обработанной поверхности и величины припуска (по возможности берется максимальной).

Припуск на обработку целесообразно снимать за один проход. При повышенных требованиях к точности и шероховатости припуск снимается в два прохода – черновой и чистовой.

При черновой обработки поверхности (до  $Rz = 40 \text{ мкм}$ ) глубина резания  $t = 2 - 3 \text{ мм}$ , для шероховатости поверхности  $Rz = 40 - 10 \text{ мкм}$  и при чистовом фрезеровании ( $Ra = 2,5 - 0,63 \text{ мкм}$ )  $t = 0.75 - 2 \text{ мм}$ .

При нарезании зубчатых колес глубина резания  $t$  равна глубине впадины зубьев, если колесо нарезается за один проход. Когда число проходов увеличивается, то глубина резания за каждый проход соответственно изменяется. Например, при двух проходах общая глубина резания  $t = 2,2m$  разбивается на  $t_n = 1.4m$  при черновой обработке и  $t_o = 0.8m$  при чистовой, где  $m$  – модуль колеса.

При нарезании резьбы глубина резания  $t$  равна высоте профиля резьбы  $H$  и  $H_f$ .

При шлифовании (кроме бесцентрового наружного) глубина резания  $t$  (поперечная подача) измеряется в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности и равна толщине слоя металла, снимаемого шлифовальным кругом за один проход (мм/ход) или двойной (мм/дв.ход) продольный ход стола (заготовки).

При черновом шлифовании поперечная подача на каждый ход стола  $t = 0,01 - 0,25 \text{ мм}$ , причем большие значения берутся при  $S < 0.5V \text{ мм/об}$  (мм/дв.ход) заготовки, меньшие – при  $S \geq 0.5V \text{ мм/об}$  (мм/дв.ход) заготовки, где  $S$  – продольная подача,  $V$  – высота круга. При чистовом

шлифовании поперечная подача  $t = 0,005 - 0,015 \text{ мм}$ ; при прочих одинаковых условиях менее шероховатая обработанная поверхность получается при работе с большими окружными скоростями вращения шлифовального круга, с меньшими продольными подачами, с меньшими скоростями перемещения (или вращения) заготовки и с меньшими глубинами шлифования.

- 4) Определяют величину подачи  $S_o$  (мм/об) или  $S_m$  (мм/мин) или  $S_z$  (мм/зуб). Здесь большое значение имеют требования к качеству поверхности и точности обработки;
- 5) Задаваясь периодом стойкости инструмента  $T$ , по значениям  $t$  и  $S$  определяют экономически целесообразную скорость резания, которую при необходимости корректируют, исходя из конкретных условий работы, отличающихся от предусмотренных нормативами. Период стойкости инструмента выбирается по таблицам с учетом организационных факторов, таких, например, как удобные для обслуживания станочного парка сроки смены режущего инструмента или затраты времени на его перезаточку и установку;
- 6) Определяют частоту вращения обрабатываемой детали или инструмента, а при некоторых вариантах видов обработки (например, при круглом шлифовании) – частоту вращения и детали и инструмента. Расчетное значение частоты вращения, также как и расчетную величину подачи, согласовывают со значением, приведенным в паспорте станка, выбирая ближайшее меньшее число. Если в справочниках и каталогах станков не указаны все значения частоты вращения шпинделей, подач и чисел двойных ходов, то полученные расчетные значения округляются до ближайших, имеющих в нормальных рядах, которые построены на геометрической прогрессии. В этом случае можно воспользоваться методикой, предложенной авторами работы [4] на с. 93 – 94;
- 7) Проверяют выбранный режим, сверяя его с паспортными данными станка и по прочностным показателям. Здесь важно рационально использовать мощность двигателя станка, сравнить силу резания с силой механизма продольной подачи станка, проверить сечение тела инструмента на изгиб или кручение и т.д. В случае необходимости вносят в выбранный режим поправки. В некоторых случаях требуется выбрать новый станок, при котором мощность двигателя станка будет использоваться более рационально (не менее 80 – 90%) и уточнить режимы резания, взяв их по паспорту нового станка, но близкие к ранее определяемым;

8) Определяют по формулам или нормативным материалам основное технологическое время.

Следует помнить, что режимы резания выбирают в зависимости от того, какая производится обработка: предварительная, когда необходимо достичь наивысшей производительности, или чистовая, при которой определяющую роль играют требования к геометрической точности и шероховатости обрабатываемой поверхности детали. В первом случае критерием является экономически выгодная стойкость инструмента, при которой затраты на обработку становятся минимальными.

Расчет режимов резания для многоинструментальной обработки на одношпиндельных и многошпиндельных станках следует вести, пользуясь рекомендациями и формулами [2] на с. 95 – 97.

Техническое нормирование проводится по всем операциям техпроцесса. Для двух операций (для которых подробно рассчитывались припуски и режимы работы) подробно приводятся составляющие нормы времени с указанием содержания основных и вспомогательных переходов из литературных источников [4, 5, 6, 10, 5д, 6д, 7д, 8д]. Нормы времени по остальным операциям представляются в виде сводной таблицы [2].

На данном этапе определяется также разряд рабочего.

Элементы нормы времени заносятся в операционные карты.

По результатам технического нормирования определяется необходимое количество оборудования.

### 6.5. Выбор средств измерения

При разработке технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц равноправной операцией являются операция технического контроля. Часто в технологическом процессе приходится осуществлять *приемочный* контроль – контроль готовой продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставке и (или) использованию. Приемочному контролю в технологическом процессе обычно предшествует операционный контроль – контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения определенной операции (ГОСТ 16504-81).

Получение оперативной и достоверной информации об измеряемой величине при измерительном контроле, осуществляемом с обязательным применением средств измерения, невозможно без грамотного выбора средств измерения. Выбор средств измерения должен обеспечить:

- требуемую точность измерений;
- требуемую производительность измерений;
- требуемую экономичность измерений;
- получение достоверной информации обо всех изделиях в партии.

Порядок разработки процессов (операций) технического контроля регламентирован ГОСТ 14.317-81. В стандарте указано, что операции



технического контроля должны предусматривать получение информации для регулирования технологического процесса, а также обеспечивать предупреждение с заданной вероятностью пропуска дефектных материалов, заготовок, полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц для последующего изготовления и ремонта изделий.

Следует также обратить внимание на требование стандарта о необходимости обеспечения единства конструкторских, технологических и измерительных баз. Несовпадение баз допускается в технически обоснованных случаях.

## 6.6. Оформление технологической документации

Разработанный технологический процесс курсового проекта оформляется в виде следующих документов:

Наименование документа	Форма	ГОСТ
Титульный лист	2	3.1117-81
Маршрутная карта: заглавный лист	1	3.1118-82
последующие листы	1б	3.1118-82
Карта эскизов	7, 7а	3.1105-84

Последующие листы маршрутной карты используются в случае, если на заглавном листе не удастся разместить всю информацию.

В курсовых проектах маршрутные карты являются основным документом, в котором отражена последовательность и содержание технологических операций.

Необходимые для иллюстрации операционные эскизы размещают на картах эскизов.

Общие требования к формам технологической документации регламентируются ГОСТ 3.1104-81 и 3.1129-93.

Правила оформления маршрутных карт по ГОСТ 3.1118-82.

Правила оформления карты эскизов и титульного листа по ГОСТ 3.1108-84.

Последовательность заполнения информации в маршрутных картах (МК) для каждой операции по типам строк должна быть: МО1, МО2 (информация об основном материале); А, Б, О (содержание операции, перехода); Т (сведения о технологической оснастке); Р (сведения о технологических режимах); М (информация о вспомогательном материале, абразиве, смазочно-охлаждающей жидкости).

В графе МО1 указываются наименование, марка и нормативный документ, регламентирующий свойства основного материала детали.

Графы «Код» (Код материала), «ЕВ» (Код единицы величины), «Код загот.» (Код заготовки) заполняются по технологическому

классификатору (Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. – Ч. 1. / Под ред. В.Р. Верченко. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 168 с.). Под видом заготовки понимается прокат, отливка или поковка. В графах МД и МЗ записываются, соответственно, массы детали и заготовки в единицах массы, закодированные кодом в графе ЕВ (код единицы величины). В графе КИМ записывается величина коэффициента использования материала, определяемая отношением массы детали и массы заготовки ( $КИМ = МД/МЗ$ ).

Графа «ЕН» (Единица нормирования) для заготовки указывает количество деталей, на которое установлена норма расхода материала (например, 1, 10, 100 шт. и др.).

В графе «Н. расх.» (Норма расхода) записывается масса материала, необходимая для изготовления количества заготовок, указанного в предыдущей графе, с учетом потерь на разрезку и некрайность заготовки длине прутка.

Графа «КД» (Количество деталей) указывает на количество деталей, которое изготавливается из прутка, поступившего на рабочее место. Размеры прутка указываются в графе «Профиль и размеры». При самостоятельном выборе заготовки размеры в этой графе указываются в соответствии с действующими стандартами.

Графы «Цех», «Уч.», «РМ» в курсовых проектах не заполняют.

Графа «Опер.» (номер операции) представляется тремя знаками с интервалами через пять единиц, в производственных условиях это учитывает возможность введения новых операций, например: первая операция – 005; вторая операция – 010; третья операция – 015 и т.д.

В графе «Код, наименование операции» указывают код и наименование операции по классификатору.

В графе «обозначение документа» дается ссылка на документы, инструкции по охране труда, применяемые при выполнении данной операции. Состав документов следует указывать через разделительный знак «;» с возможностью, при необходимости, переносе информации на последующие строки.

В графе «Код, наименование оборудования» дается информация по коду оборудования по классификатору и по краткому наименованию оборудования. Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать его модель.

В графе «СМ» (Степень механизации) степень механизации и автоматизации операций по следующей схеме:

- 1 – ручной способ;
- 2 – механизированный;
- 3 – автоматизированный;
- 4 – операции, выполняемые на станках с ЧПУ.

В графе «Проф.» указывается код профессии по классификатору.

В графе «Р» указывается разряда работы, необходимый для выполнения операции.

Графу «УТ» (код условий труда) в курсовом проекте допускается не заполнять.

В графе «КР» указывается количество рабочих, занятых на операции, а в графе «КОИД» – количество одновременно изготовленных деталей при выполнении одной операции.

«ОП» (Объем производственной партии в штуках) – заполняется только для серийного производства.

« $K_{шт.}$ » – коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании учитывает оплату рабочего при многостаночном обслуживании в зависимости от числа обслуживаемых станков.

Количество обслуживаемых станков	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_{шт.}$	1	0,65	0,48	0,39	0,35	0,32	0,3	0,27	0,24	0,21

В графах « $T_{н.з.}$ » и « $T_{шт.}$ » в курсовом проекте записываются  $T_o$  и штучное  $T_{шт.}$  время, соответственно.

В строке, поименованной литерой «О», при однопроходной операции записывается содержание операции с указанием требований, предъявляемых к операции, и условий, выполнение которых обязательно на данной операции.

При выполнении многопереходной операции в этой строке ставится номер перехода и записывается содержание перехода.

Так как маршрутная карта обязательно сопровождается картой эскизов, то выполняется сокращенная форма записи со ссылкой на условное обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия указанием условных обозначений размерных, точностных и качественных параметров, достигаемых на данной операции обозначенных на карте эскизов арабскими цифрами.

Например: «Точить поверхность 1, выдерживая размеры 2, 3 и шероховатость 4».

В строке «Т» записывается информация о необходимой технологической оснастке в следующей последовательности:

- режущий инструмент;
- зажимные и базирующие приспособления;
- вспомогательная оснастка.

Информация о технологической оснастке заполняется в следующей последовательности: наименование, обозначение ГОСТ или ТУ.

Например: фреза отрезная дисковая 2254-0643 ГОСТ 2679-73.

Данные об оснастке заполняются через разделительный символ «;». Если недостаточно места в одной строке, то данные записываются в следующих строках, которые также обозначаются в левой отличительной части литерой «Т».

В данных режимах, поименованных литерой «Р», включаются следующие параметры: глубина резания, мм –  $t$ , число проходов –  $i$ , подача ( $S_{об}$  – подача на оборот, мм/об;  $S_m$  – минутная подача, мм/мин); частота вращения шпинделя детали, об/мин –  $n_d$ ; скорость резания  $V$  (шлифование – м/с; лезвийная обработка – м/мин). Простановка режимов через разделительный знак «;».

Пример:  $t = 1\text{мм}$ ;  $i=2$ ;  $S_{об} = 0,1\text{мм/об}$ ;  $n_d = 800\text{ об/мин}$ ;  $V=140,3\text{м/мин}$ .

Карта эскизов механической обработки заполняется и оформляется по аналогии с технологическими эскизами в графической части проекта. К специфическим особенностям оформления КЭ следует отнести: в случае одноинструментальной обработки на эскизе не изображается режущий инструмент, не записываются содержание операции или перехода и режимы обработки во всех случаях; при многоинструментальной обработке, когда в одной наладке работает много инструментов, на операционных эскизах необходимо показывать режущий инструмент в конечном при обработке положении. При выполнении операции на многопозиционных станках нужно составлять эскизы на каждую рабочую позицию с указанием «Позиция № ...». Выполняются КЭ по формам ГОСТ 3.1105-84 (7 и 7а).

Операционные карты технического контроля оформляют по ГОСТ 3.1502-88 (2 и 2а). В графе «Наименование операции» заполняется номер операции и ее название, например: «025 Контрольная». В графе «Наименование, марка материала» – данные по материалу детали, а в графе «МД» – массу детали в системе единиц, принятых в маршрутной карте. В графе «Наименование оборудования» – название используемого оборудования для контроля, например: «Стол контролера», «Испытательный стенд» и т.д. В графе «Контролируемый параметр» – наименование размера, подлежащего контролю: «Диаметр шейки  $\varnothing 50^{+0,62}_{+0,16}$ ». «Код средства ТО» – кодовое обозначение или ГОСТ, ОСТ и др. документы, определяющие используемую контрольную оснастку, например «ГОСТ 166-84». «Наименование средств ТО» – название применяемого контрольного инструмента, приспособления и т.п. Например: «Штангенциркуль ШЦ-1, 0-125».

В графе «объем и ПК» данные записываются дробно: в числителе объем контроля в процентах, в знаменателе – промежуток времен, через который производить контроль (для массового производства) или объем партии, поступающей на контроль (для серийного производства).

## 6.7. Список использованных источников

### Основная литература

1. Бабук, В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / В.В. Бабук [и др.] – Мн.: Вышэйшая школа, 1987.
2. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – Мн.: Вышэйшая школа, 1983.
3. Локтев, А.Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Справочник. В 2-х томах / А.Д. Локтев [и др.] – М.: Машиностроение, 1991.
4. Маталин, А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985.
5. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Крупносерийное производство. – М.: Машиностроение, 1974.
6. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. – М.: Машиностроение, 1974, 1978.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 2. – М.: Машиностроение, 1974, 1978.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 3. – М.: Машиностроение, 1974, 1978.
10. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и норм времени шлифовальных работ. – М.: Машиностроение, 1974, 1978.
11. Проектирование технологических процессов в машиностроении / Под. общ. ред. И.П. Филонова – Мн. : УП «Технопринт», 2003.
12. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972.
13. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. А.Д. Корчемкина. – М.: НИИ АВТОПРОМ, 1995.
14. Справочник инструментальщика / Под ред. Ординарцева А.А. / – Лд.: Машиностроение, 1990.
15. Справочник технолога-приборостроителя. Том 1,2. / Под ред. П.В. Сыроватченко. – М.: Машиностроение 1980.

## Дополнительная литература

1. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения / А.Н. Ковшов. – М.: Машиностроение, 1987.
2. Металлорежущий инструмент. Каталог. Часть 1. Резцы. / Под ред. Д.И. Семенченко. – М.: ВНИИТЭМР, 1988.
3. Металлорежущий инструмент. Каталог. Часть 2. Фрезы. / Под ред. Д.И. Семенченко. – М.: ВНИИТЭМР, 1988.
4. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / Под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и норм времени протяжных работ. – М.: Машиностроение, 1974, 1978.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормы времени. – М.: Экономика, 1990
7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 2. Режимы резания. – М.: Экономика, 1990
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Массовое производство. – М.: Машиностроение, 1974
9. Производство зубчатых колес / Под ред. Б.А. Тайца. – М.: Машиностроение, 1975.
10. Справочник технолога машиностроителя, Том 1. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение 1985.
12. Справочник технолога машиностроителя. Том 2. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение 1985.
13. Справочник технолога машиностроителя. Том 2. / Под ред. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972.
14. Справочник шлифовщика. / Л.М. Кожуро, А.А. Панов, Э.И. Ремизов, П.С. Чистосердов; под общей редакцией П.С. Чистосердова. – Мн.: Вышэйшая школа, 1980.
15. Ящерицын, П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Н.И. Жигалко. – Мн.: Вышэйшая школа, 1975.

## **Приложение**

### **Примеры оформления технологической документации**















Дубл.			
Взаим.			
Подл.			


БНТУ.01140.00008

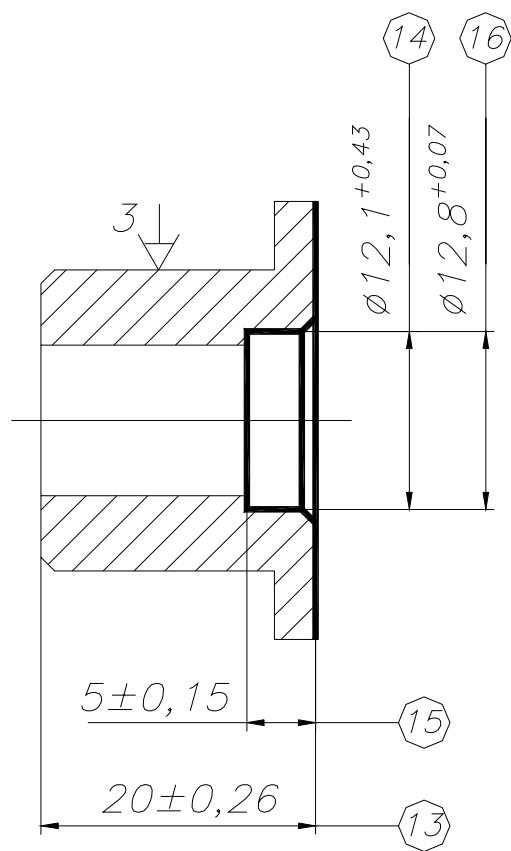
2

БНТУ.13.18.12.00.004

БНТУ.20140.00002

005

Установ Б

005

Установ В

