

Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации

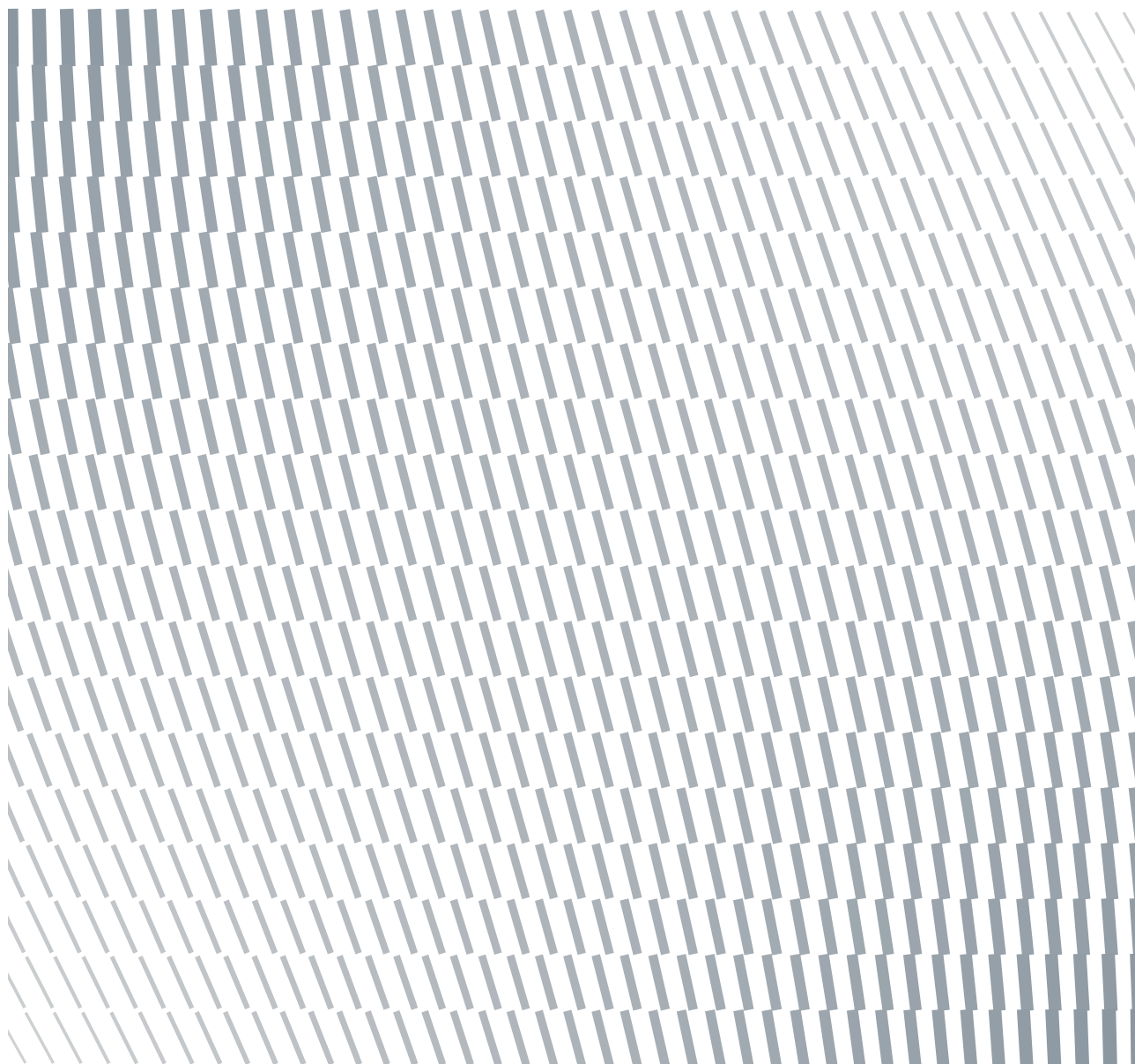
Московский
государственный
университет геодезии
и картографии
(МИИГАиК)

А.Г. Козлова, А.Д. Мотичева

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

методические указания по выполнению **курсовой работы**
по направлениям подготовки 12.03.02 «ОпTOTехника»,
12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»
и специальности 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные
приборы и системы специального назначения»

МОСКВА 2021



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК)

А.Г. Козлова, А.Д. Мотичева

Основы технологии приборостроения

методические указания по выполнению курсовой работы
по направлениям подготовки 12.03.02 «Оптотехника»,
12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»
и специальности 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы
и системы специального назначения»

МИИГАиК

Москва

2021

УДК 535.8
ББК 22.348
К59

Козлова, Алла Георгиевнам

К59 Основы технологии приборостроения / А.Г. Козлова, А.Д. Мотичева : методические указания по выполнению курсовой работы по направлениям подготовки 12.03.02 «ОпTOTехника», 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии» и специальности 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения». — Москва : МИИГАиК, 2021. — 44 с.

В пособии изложены методические указания по выполнению контрольной работы № 1 для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

УДК 535.8
ББК 22.348

Электронное учебное издание

Козлова Алла Георгиевна, Мотичева Анна Дмитриевна

Основы технологии приборостроения

Ответственный редактор *Е.П. Врублевская*

Верстка *С.В. Леднёва*

Рассмотрено и одобрено на заседании

Редакционно-издательского совета МИИГАиК

2021 г.

Электронная версия учебно-методического пособия размещена
на сайте МИИГАиК www.miigaik.ru

© МИИГАиК, 2021

© Козлова А.Г., Мотичева А.Д., 2021

Содержание

1. Цель, задачи и содержание курсовой работы	4
2. Порядок выполнения курсовой работы	6
3. Объем и общие требования к оформлению курсовой работы	7
4. Методические указания по разработке курсовой работы	12
4.1. Введение	12
4.2. Анализ технологичности конструкции детали	12
4.3. Определение программы выпуска	13
4.4. Технологическая часть проекта	14
4.4.1. Выбор заготовки	14
4.4.2. Разработка последовательности и содержания технологических операций	16
4.4.3. Выбор технологических баз	17
4.4.4. Выбор оборудования и технологической оснастки	18
4.4.5. Расчет припусков на обработку и межоперационных размеров детали	20
4.4.6. Расчет режимов обработки	23
4.4.7. Определение норм времени на обработку	26
4.4.8. Определение квалификации работы	28
4.5. Определение оптимального варианта техпроцесса	30
4.6. Заключение	33
4.7. Список использованных источников	34
5. Защита курсовой работы	35
Рекомендуемые источники	37
Приложение А	40
Приложение Б	41
Приложение В	43
Приложение Г	44

1. Цель, задачи и содержание курсовой работы

Курсовая работа является составной частью учебных планов по направлениям подготовки «Оптехника», «Лазерная техника и лазерные технологии» и специальности «Оптико-электронные приборы и системы специального назначения», завершающим этапом в изучении дисциплины «Основы технологии приборостроения» и самостоятельной работой студентов, отражающей умение творчески применять полученные теоретические и практические знания по этой дисциплине для решения практических инженерных задач, связанных с проектированием и производством приборов различного назначения.

Основная цель курсовой работы — обобщить знания, полученные студентом при изучении дисциплин технологического цикла, а также общетехнических и других учебных дисциплин; приобрести практические навыки в самостоятельной творческой работе, связанной с анализом технологичности конструкций деталей, разработкой технологических процессов изготовления типовых деталей оптических приборов; расширить технический кругозор при работе с нормами, стандартами, каталогами, технической документацией, справочниками и специальной технической литературой.

При выполнении курсовой работы студент приобретает навыки не только проектирования техпроцессов, но и конструирования деталей приборов, создания технологичных конструкций деталей приборов (выбор конфигурации и габаритных размеров деталей в соответствии с методом получения заготовок, связь технологических и конструкторских баз, правильность простановки размеров, выбор допусков и шероховатости поверхностей в зависимости от конструктивных требований и технологических возможностей производства с учетом экономической целесообразности и т.п.). Курсовая работа должна закрепить комплекс технологических знаний, необходимых как технологу-приборостроителю, так и конструктору-разработчику и инженеру-исследователю.

Курсовая работа ориентирована на условия серийного производства (величина серии определяется заданием), что наиболее характерно для приборостроительной промышленности, с предпочтительным применением метода автоматического получения размеров. Разрабатываемые технологические процессы должны базироваться на совершенной и унифицированной малоотходной технологии, стандартных типовых процессах.

Задачи курсовой работы:

- отработка чертежа детали с точки зрения технологичности конструкции;
- разработка двух-трех вариантов технологического процесса с учетом автоматического получения заданных размеров;
- определение технологической себестоимости детали и обоснование оптимального варианта техпроцесса;
- разработка конструкции специальной технологической оснастки.

Курсовая работа должна целенаправленно подготовить студента к выполнению выпускной работы и дипломного проекта на высоком научно-техническом уровне. В проекте должны быть приведены экономические обоснования технических решений, направленных на экономию сырьевых, энергетических, трудовых и других видов ресурсов.

Курсовая работа охватывает следующие вопросы:

- ознакомление с конструкцией изделия, его назначением, условиями работы и техническими требованиями;
- проведение анализа технологичности конструкции изделия и выработка предложений по ее улучшению;
- выбор метода получения заготовки с обоснованием окончательно выбранного (из числа возможных) варианта и проектирование рациональной заготовки;
- построение плана двух техпроцессов с обоснованием содержания каждой операции и последовательности их выполнения для получения из заготовки готовой детали;
- выбор методов достижения требуемой точности, технологических баз, оборудования и оснастки;
- расчет оптимальных режимов резания;
- расчет общих и межоперационных припусков на обработку и размеров;
- определение технической нормы времени и оформление технологической документации;
- выбор оптимального технологического процесса по технико-экономическим показателям.

2. Порядок выполнения курсовой работы

Курсовая работа выполняется в 6 семестре при изучении теоретического курса дисциплины в пятом и шестом семестрах.

В начале семестра каждому студенту в соответствии с номером варианта выдается индивидуальное задание, содержащее чертеж сборочной единицы оптического прибора и чертеж детали, входящий в данную сборочную единицу.

Руководство курсовой работы осуществляется преподавателем кафедры «Прикладная оптика».

Для равномерной работы студента в течение семестра и своевременного представления курсовой работы к защите рекомендуется придерживаться плана-графика его выполнения, приведенного в приложении Б.

В конце семестра до экзаменационной сессии студент защищает курсовую работу в комиссии, включающей не менее трех преподавателей кафедры, по графику защит, утвержденному заведующим кафедрой.

К защите допускаются студенты, полностью выполнившие все, предусмотренные программой задания по данной дисциплине. Все материалы по курсовой работе, представленные к защите, должны быть подписаны студентом и руководителем проекта.

При защите студент кратко (в течение 8–10 минут) излагает содержание выполненной им работы с обоснованием принятых решений. При этом особо выделяются оригинальные разработки, выполненные самостоятельно. После ответов на вопросы комиссия выносит решение об оценке выполнения и защиты курсовой работы, учитывая при этом мнение руководителя о самостоятельности и планомерности работы студента. После защиты студент сдает курсовую работу в архив кафедры (срок хранения не менее трех лет).

В случаях, когда курсовая работа не выполнена в установленные графиком сроки, для защиты (по направлению деканата) назначается специальная комиссия под председательством заведующего кафедрой.

3. Объем и общие требования к оформлению курсовой работы

Курсовая работа состоит из графической части и расчетно-пояснительной записки.

Графическая часть проекта включает выполнение конструкторско-чертежных работ на двух-трех листах формата А1 (по согласованию с руководителем проекта допускается их оформление на листах меньшего формата). Оформление чертежей должно быть в полном соответствии с действующими стандартами ЕСКД, ЕСТД.

На этих листах выполняют рабочий чертеж детали после отработки ее конструкции на технологичность (на формате А4 или А3), чертеж рациональной заготовки (для 2-го варианта техпроцесса — на формате А4 или А3), график технологической себестоимости детали, а так же показывают эскизы операций всех вариантов технологического процесса последовательной обработки детали, схемы технологической наладки станков.

Чертеж детали должен иметь все необходимые для разработки техпроцесса данные: достаточное количество проекций, размеры с соответствующими допусками, шероховатость поверхностей, отклонения формы и расположения поверхностей, материал, требования к термообработке и другие технические требования.

Чертеж заготовки должен быть выполнен с учетом технологических требований выбранного метода ее получения. Он должен включать все необходимые для ее изготовления и контроля данные, выполняться в соответствии с требованиями ЕСТД и стандартов на отдельные виды заготовок. При вычерчивании заготовки учитывают все припуски на последующую ее механическую обработку. В контуры заготовки (на расстоянии 1 мм) вписывают тонкими линиями (цветным карандашом) контуры детали на всех проекциях, видах, разрезах и сечениях. Чертеж заготовки должен включать все необходимые размеры, допуски, шероховатость поверхностей, сведения о назначаемых уклонах, радиусах закругления, линиях разъема модели, пресс-форм, штампов, месте подвода литника и других конструктивно-технологических параметрах. В угловом штампе указывают марку материала, ГОСТ, а после наименования детали вносят наименование заготовки [например, «Оправа» (отливка)]. Обоснования по составлению чертежа заготовки (расчет размеров, допусков, уклонов и других технических условий) должны быть приведены в пояснительной записке со ссылкой на соответствующие источники.

На операционно-технологических эскизах и схемах технологических наладок показывают последовательность выполнения операций и переходов механической обработки заданной детали из сортового материала и из рациональной заготовки (для 2-го варианта).

На операционных эскизах заготовка изображается в том виде и положении, которое она имеет после выполнения операции или технологического перехода. Обрабатываемые поверхности выделяют красным карандашом.

При вычерчивании эскизов необходимо придерживаться следующих правил:

- выполнять их в масштабе, дающим полное представление об операции;
- выполнять эскизы в таком количестве проекций, которое необходимо для пояснения способов установки заготовки и устройства приспособления;
- указать направления (стрелками) рабочих (главное движение и движения подачи) и вспомогательных движений обрабатываемой заготовки и режущего инструмента;
- показать режущие инструменты (контуры без детальной проработки) в конечном рабочем положении, закрепленные в оправках, державках, патронах или частях станка;
- показать (на первом переходе операции) приспособление (или его часть), в котором установлена заготовка, а на всех последующих переходах — схему зажимного элемента, поясняющую базирование и закрепление детали в нем, применяя условные обозначения, зажимов и установочных устройств.

На каждом эскизе указывают номер операции по маршруту и ее наименование, тип и модель станка, на котором она выполняется, номера и содержание технологических переходов, операционные размеры, допуски и шероховатость обрабатываемых поверхностей, а в углу поля эскиза — параметры режимов обработки ($t, i, S, V_{\phi}, n_{ст}$) а также основное (T_0) и вспомогательное (T_B) время в виде следующей таблицы:

t	i	S	V_{ϕ}	$n_{ст}$	T_0	T_B

При обработке детали на токарно-револьверном станке, автомате или агрегатном станке на листе показывают наладку станка.

Примеры выполнения эскизов операционных наладок на различные операции приведены в [10].

Заготовку на операционном эскизе изображают в ее рабочем положении в приспособлении при выполнении данной операции на станке и в том виде, какой она принимает после обработки на данной операции. На обрабатываемых поверхностях заготовки, которые показывают красным карандашом, указывают операционные размеры с допусками, шероховатость, различные отклонения. На эскизе указывают поверхности базирования заготовки (знаком \sphericalangle) и место приложения зажимных усилий (условным знаком $\odot \rightarrow$). На операционных эскизах указывают только переходы, изменяющие форму, размеры и чистоту поверхностей заготовок. Исключение составляет подача до упора пруткового материала при обработке детали на токарно-револьверном станке (первый переход: «Подать материал до упора, выдерживая размер...»). При обработке заготовки за несколько установок или позиций указывают соответствующий ее поворот. Все переходы формулируются в повелительном наклонении (коротко и четко), например: обточить $\varnothing 20$ h12 на длину 36 h14. Примеры технологической терминологии операций и переходов приведены в [9].

Расчетно-пояснительная записка должна освещать все основные вопросы, разрабатываемые в курсовой работе, содержать краткое объяснение графических разработок и техпроцесса, необходимые инженерные, технологические и техникоэкономические расчеты, дающие обоснование принятых студентом решений.

Расчетно-пояснительная записка включает следующие разделы:

1. Титульный лист (приложение «А»).
2. Реферат.
3. Задание на курсовую работу.
4. Оглавление (с указанием названий всех разделов, подразделов и параграфов записки с номерами страниц).
5. Введение.
6. Анализ технологичности конструкции детали.
7. Определение программы выпуска.
8. Технологическая часть проекта (1-го и 2-го вариантов):
 - выбор заготовки;

- разработка последовательности и содержания технологических операций;
 - выбор технологических баз;
 - выбор оборудования и технологической оснастки;
 - расчет припусков на обработку и межоперационных размеров детали;
 - расчет режимов обработки;
 - определение норм времени на обработку.
9. Расчет технологической себестоимости и определение оптимального варианта техпроцесса.
 10. Заключение.
 11. Список использованных источников.

Пояснительная записка выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД, четко и аккуратно на листах формата А4. Она содержит не менее 20–30 листов с необходимыми эскизами, схемами, графиками, таблицами и приложениями, поясняющими содержание текста. На каждом листе записки должны быть оставлены поля с левой стороны не менее 25 мм, с правой — 10 мм. Все страницы должны иметь сплошную нумерацию.

При выполнении расчетов, требующих использования той или иной литературы, должны быть сделаны ссылки на источники, перечисленные в конце пояснительной записки в разделе «Список использованных источников». Ссылка нумеруется арабской цифрой, проставленной в квадратных скобках. Выходные данные литературы даются в таком порядке: фамилия автора, инициалы, полное название книги, место издания, издательство, год издания.

В записку не следует выписывать из учебников и книг определения, общеизвестные положения, переписывать ГОСТы, заводские нормалы и т.д. Не допускается сокращение слов в тексте, кроме общепринятых.

Расчетные формулы сначала представляются в буквенном выражении, а затем производится подстановка числовых значений. Для всех вычисленных величин приводится размерность в принятой системе единиц. Повторения однотипных расчетов в записке следует избегать. Приводится пример одного-двух расчетов, а для всех остальных однотипных расчетов — исходные данные и результаты подсчетов сводят в таблицу.

Все иллюстрации должны быть пронумерованы и иметь подрисуночные подписи. Все таблицы имеют свою нумерацию.

Каждый раздел расчетно-пояснительной записки начинается с заголовка. Все листы записки должны быть сброшюрованы, пронумерованы и вшиты в титульный лист-обложку.

Рекомендуемая литература: [3, 7, 9,10, 24].

4. Методические указания по разработке курсовой работы

4.1. ВВЕДЕНИЕ

В этом разделе дают краткое описание и назначение изделия, на которое разрабатывается техпроцесс, указывают основные технические требования, предлагают принципиальные направления по разработке техпроцесса изготовления изделия для обоснования наиболее оптимального варианта.

4.2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Проектирование техпроцесса начинают с изучения рабочего чертежа детали и технических условий, содержащих требования к детали, не отраженные в графической части чертежа, а также марки материала и его физико-механических свойств.

Конструкция детали определяет содержание техпроцесса, трудоемкость и стоимость ее изготовления. При анализе технологичности конструкции проверяется возможность изготовления детали наиболее производительными способами при минимальных затратах.

В этом разделе пояснительной записки рассматривают правильность оформления чертежа заданной детали и выполняют его корректировку в соответствии требованиями действующих стандартов.

При выполнении анализа чертежа детали необходимо обратить внимание на сложность конфигурации и жесткость конструкции, на элементы детали с трудновыполнимыми требованиями: высокие точности размеров, отклонения формы и расположения поверхностей, высокие показатели шероховатости поверхности и т.д., а также обосновать выбор применяемого материала и замену его с учетом использования рациональных методов получения заготовок.

На основании изучения и анализа конструктивных особенностей и технологических требований, предъявляемых к поверхностям детали, дают заключение о технологичности конструкции.

В учебных целях при анализе чертежа студент может вносить предложения по улучшению технологичности конструкции детали применительно к заданному объему выпуска (и выбранному методу получения заготовки).

При этом рассматривают возможности:

- упрощения конфигурации детали;
- простановки размеров и снижения допусков, упрощающих процесс получения заготовки и процесс обработки;
- увеличения шероховатости поверхности;
- унификации размеров и конструктивных элементов детали с целью сокращения номенклатуры сортового материала, режущих и измерительных инструментов и применения групповых методов обработки;
- упрощения базирования детали при установке и закреплении в приспособлении;
- упрощения получения заготовки существующими методами;
- использования высокопроизводительных методов обработки (фрезерования напроход, протягивания, многоинструментальной обработки и др.).

Предложения по улучшению технологичности конструкции обосновывают расчетами или техническими положениями (соблюдения правил единства и постоянства баз, жесткости системы СПИД и др.), иллюстрируют эскизами, схемами, которые приводятся в расчетно-пояснительной записке. Изменение чертежей должно быть согласовано с руководителем.

Рекомендуемая литература: [3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 22, 28].

4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ ВЫПУСКА

Выбор организационной формы выполнения техпроцесса определяется типом производства и количеством выпускаемых деталей.

Разработку техпроцесса изготовления заданной детали выполняют исходя из годового выпуска и размеров детали. Для серийного производства принято считать количество обрабатываемых в год деталей одного наименования

и типоразмера в пределах 5–10 тыс. штук. В серийном производстве характерной особенностью является изготовление деталей сериями (партиями), запускаемыми в производство одновременно. Размер партии деталей определяется по формуле

$$N = \frac{N_{\text{год}} \cdot t}{T}, \text{ шт.},$$

где $N_{\text{год}}$ — годовой выпуск деталей, шт. (задается руководителем проекта);

t — число дней запаса материала и деталей на складе (для мелких деталей принимают $t = 25\text{--}35$, для крупных $t = 15\text{--}20$);

$T = 254$ — число рабочих дней в году.

Количество партий деталей соответственно равно

$$r = \frac{N_{\text{год}}}{N}.$$

В данном разделе дается характеристика производства и отмечаются его особенности.

4.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

Проектирование техпроцесса изготовления детали — наиболее важный этап выполнения курсовой работы. При этом учитывают не только тип производства, но и такие факторы, как конфигурация и размеры детали, требования к качеству и точности ее поверхностей, механические свойства обрабатываемого материала, вид заготовки и точность ее изготовления, технологические возможности различных методов обработки и оборудования, квалификацию рабочих и т.д. Поэтому невозможно установить общие правила разработки техпроцесса, а можно дать принципиальные рекомендации.

Разработку техпроцесса выполняют в следующей последовательности.

4.4.1. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ

Выбор заготовки для изготовления детали заключается в анализе и обосновании ее вида, рационального способа ее получения, в установлении ее формы, размеров, шероховатости поверхностей, припусков на механическую обработку, уклонов и технических условий на ее выполнение.

Выбор заготовки определяется минимальным расходом материала и минимальными затратами на обработку детали из данной заготовки. От ее вида

зависит не только расход материала, но и технологический маршрут обработки детали, количество операций, их трудоемкость.

В серийном производстве необходимо использовать заготовки, получаемые прогрессивными методами и максимально приближающиеся по форме, размерам и шероховатости поверхностей к готовой детали (штамповки, отливки, прессы и т.д.). Особенно важно выбрать рациональную заготовку и назначить оптимальные условия на ее изготовление при методе автоматического получения размеров на предварительно настроенных станках.

В качестве заготовок можно использовать:

1. Сортовой металл (прокат) из стали и цветных сплавов — для деталей, профиль которых приближается к профилю материала. Круглые прутки и трубы используют для изготовления деталей, имеющих форму тел вращения (осей, валков, втулок, зубчатых колес и т.д.). Размеры, точность изготовления, качество поверхности и другие необходимые сведения о разных видах проката приведены в сортаментах ГОСТ, справочниках, а также в учебной литературе [14], по которым и проводят выбор сортового металла.
При использовании в качестве заготовки сортового материала выполняют необходимый расчет диаметра прутка, его длину и количество деталей, получаемых из него (или длину штучной заготовки), массу заготовки и коэффициент использования материала.
2. Штамповки, получаемые методом холодного, горячего и жидкого штампования — в зависимости от формы и материала детали, в том случае, когда при соответствующей годовой программе обеспечивается большая экономия металла, что должен показать расчет.
3. Отливки в земляные и оболочковые формы, по выплавляемым моделям, в металлические формы (кокили) — для деталей из чугуна, стали и цветных сплавов литейных марок. Отливки под давлением в металлические прессформы — для деталей из цветных сплавов литейных марок.

Выбор способа получения рациональной заготовки зависит от технологических свойств материала, объема выпуска изделий, назначения, конфигурации, размеров, массы и толщины стенок детали, требований, предъявляемых к точности формы и размеров, взаимного расположения поверхностей, качеству ее поверхностей и физикомеханическим свойствам, стойкости оснастки, экономической целесообразности и других факторов.

При необходимости допускается изменение марки материала для отливок с учетом литейных свойств металла.

Для рациональной заготовки рассчитывают размеры, ее массу, коэффициент использования материала и выполняют чертеж со всеми необходимыми техническими условиями. Величины припусков на обработку, допусков размеров, качества поверхностей заготовок указаны в справочной литературе, в том числе [19].

Рекомендуемая литература: [4, 5, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 22].

4.4.2. РАЗРАБОТКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И СОДЕРЖАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

При разработке последовательности механической обработки детали необходимо учитывать, что каждая последующая операция или переход должны уменьшать погрешности и улучшать качество поверхности предыдущей обработки. Особое внимание следует обращать на выбор соответствующих установочных баз для каждой операции. Следует также учитывать, что точность и качество отдельных поверхностей формируются за счет последовательного применения нескольких видов обработки; точность относительного расположения поверхностей обеспечивается целесообразным выбором технологических баз, последовательностью выполнения операций, совмещением в одной операции обработки нескольких поверхностей, связанных допусками расположения; стабильность размеров и твердость поверхности достигается многократной термообработкой.

При составлении плана операций обработки детали можно рекомендовать следующие этапы:

1. Изучив чертеж детали, ознакомившись с обрабатываемым материалом и его термической обработкой, выбрав заготовку, проанализировав требования к точности изготовления детали, выбирают сначала необходимые «чистовые» базы для обработки ответственных поверхностей детали, а затем выбирают «черновые» базы для выполнения первых операций. Это позволяет составить принципиальный порядок обработки детали, так как устанавливается и первая операция (что определяется «черновыми» базами), а также

операции предварительной и чистовой обработки точных поверхностей (что в какой-то мере определяется выбранными «чистовыми» базами).

2. Далее устанавливаются все остальные операции по обработке менее точных поверхностей детали (для обработки поверхностей с большими допусками, сверление неточных отверстий, нарезание неточной резьбы и т.п.). Такие операции распределяются между основными или объединяются с ними, или располагаются в конце процесса обработки (в зависимости от удобства изготовления). При этом необходимо учитывать возможность повреждения точных поверхностей при неправильном распределении менее ответственных операций.
3. Выбирают и назначают требуемые для каждой операции станки, приспособления и инструменты. При этом также возможно некоторое корректирование запроектированного порядка операций.

Таким образом, разработка плана операций производится методом последовательного уточнения по мере учета отдельных факторов, обеспечивая выполнение технологических и эксплуатационных требований.

Определив последовательность и содержание всех операций технологического маршрута, уточняют последовательность обработки отдельных поверхностей, учитывая заданные чертежом детали точность, качество поверхности и другие требования. Ориентируясь по таблицам средне-экономической точности методов обработки [9] и учитывая конфигурацию обрабатываемых поверхностей, устанавливают для них окончательный план обработки, составляют операционные эскизы и проводят расчет операционных размеров детали. Более подробные рекомендации по разработке техпроцесса приведены в [10].

Рекомендуемая литература: [2, 6, 7, 9, 10, 15, 17, 24, 25].

4.4.3. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ

При выборе и назначении технологических баз, которые в значительной степени определяют маршрут операций технологического процесса, необходимо руководствоваться следующим:

1. Для обеспечения точности взаимного расположения нескольких поверхностей заготовки, обрабатываемых на разных операциях техпроцесса, необходимо применять правило постоянства баз,

т.е. использовать в качестве установочной базы на всех основных операциях одну и ту же поверхность.

2. Для обеспечения наибольшей точности обработки рекомендуется выполнять правило совмещения баз (погрешность базирования при этом равна нулю). Правильность выбранных установочных баз проверяют расчетом погрешности базирования, действительное значение которой должно быть меньше допустимого значения.
3. В качестве черновых баз (используемых на первых операциях техпроцесса) необходимо выбирать поверхности: обеспечивающие устойчивое положение заготовки в приспособлении; имеющие наименьший припуск; используемые только один раз; наиболее качественные и точные. Они должны быть по возможности наиболее протяженными, ровными, гладкими, без заусенцев, облоя, литников и других поверхностных следов.
4. При назначении чистовых баз, соблюдая по возможности правила совмещения и постоянства баз, выбирают поверхности: определяющие положение детали при работе в приборе; связанные размером с черновой базовой поверхностью; от которых задаются размеры или положение других обрабатываемых поверхностей; обеспечивающие наименьшую деформацию от усилий резания; протяженные и расположенные возможно ближе к обрабатываемым поверхностям.

4.4.4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

При выборе оборудования руководствуются следующим. Для каждой операции надо выбирать наиболее простой станок, обеспечивающий оптимальные скорости резания и подачи, а также получение наивысшей заданной точности размеров, формы и чистоты обрабатываемых поверхностей. Его мощность должна соответствовать наибольшей потребляемой при выполнении операции мощности. Он должен быть производительным, соответствующим размеру производственной программы. При обработке заготовок длиной 200 мм и более ее диаметр необходимо согласовывать с внутренним диаметром шпинделя станка. Рабочая зона станка должна соответствовать габаритным размерам обрабатываемой детали.

В данном разделе пояснительной записки обосновывают выбор оборудования по каждой операции, дают его краткую характеристику (наименование, тип (модель), подача, частота вращения шпинделя, наибольший диаметр

заготовки, устанавливаемой над станиной, или наибольший диаметр прутка, устанавливаемого в шпинделе, мощность электродвигателя, основные размеры и другие параметры). Оборудование выбирают по справочникам, каталогам, паспорту или учебно-методической литературе [8].

На каждую операцию назначают приспособление. От выбора конструкции приспособления зависят точность формы, размеров детали и производительность обработки, достигаемые на данной операции. Производительность обработки увеличивается за счет сокращения вспомогательного времени на установку и снятие детали в приспособлении. Кроме того, необходимо учитывать и экономическую целесообразность применения нормального или специального приспособления, а также необходимость применения приспособления для данного способа обработки.

Следует применять простые приспособления с быстродействующими зажимными устройствами и обеспечивающими необходимую точность обработки.

В серийном производстве применяют как универсальные приспособления (патроны, тиски, делительные универсальные головки, поворотные столы и т.д.), при назначении которых также как и вспомогательного инструмента следует пользоваться стандартами, справочниками, альбомами чертежей, так и специализированные и специальные приспособления, сокращающие вспомогательное и основное время больше, чем универсальные, и обеспечивающие более высокую точность. В пояснительной записке указывают наименование приспособления (если специальное) или индекс (для универсального).

Тип и размер режущего инструмента для выполнения операции зависит от вида станка, способа обработки, материала обрабатываемой детали, ее конфигурации, размеров, требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, типа производства. Большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки имеет выбор материала режущей части инструмента.

Желательно применять нормальный режущий инструмент. Основные виды режущего инструмента приведены в [20]. Выбор инструмента производится по соответствующим стандартам, каталогам и справочникам. Если невозможно подобрать необходимый инструмент, то назначают специальный режущий инструмент.

При назначении режущего инструмента дают его краткую характеристику (шифр, размеры, основную геометрию, конструктивные особенности, номер ГОСТа на него, материал).

Выбор контрольно-измерительного инструмента зависит не только от вида измеряемой поверхности и требуемой ее точности, но и от типа производства. В серийном производстве применяют проходные калибры-пробки, калибры-скобы, шаблоны, радиусомеры, пневматические инструменты и т.д. или специальный измерительный инструмент. По возможности следует применять только нормальный измерительный инструмент. Выбор его производится по соответствующим стандартам, каталогам, справочникам. Основные виды нормализованного измерительного инструмента приведены в [20].

Если в курсовой работе применяется специальный режущий и измерительный инструмент, то необходимо в пояснительной записке дать объяснение их конструкции и начертить эскиз.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 7, 8, 19, 27, 29].

4.4.5. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ И МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ

Промежуточные припуски позволяют установить глубину резания для каждого выполняемого перехода и размеры детали, получаемые после выполнения операции.

Величина припуска на механическую обработку заготовок зависит от марки материала, конфигурации, размеров, вида заготовки и способа ее изготовления, требований к механической обработке, технических условий на качество детали, способа установки заготовки при обработке. Величина припуска должна быть оптимальной.

Зная, что основное время для выполнения перехода механической обработки прямо пропорционально числу рабочих ходов, желательно промежуточный припуск снимать за один рабочий ход. Кроме того, детали приборов изготавливают из цветных металлов и их сплавов, а также дорогостоящих полупроводниковых материалов, поэтому уменьшение припуска на обработку является важной задачей.

При выполнении курсовой работы расчет припуска на механическую обработку проводится расчетно-аналитическим методом при обосновании выбора заготовки из сортового материала, а на все остальные операции (переходы) техпроцесса припуски выбираются по таблицам нормативов или справочников, т.е. статистическим методом. Определение припусков производят только после выбора метода получения заготовки и варианта техпроцесса.

Минимальный промежуточный припуск на обработку рассчитывают по следующим формулам:

- при односторонней обработке поверхности

$$z_{\min} \geq Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2};$$

- при обработке поверхности вращения

$$2z_{i\min} \geq 2 \cdot (Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}),$$

где Rz_{i-1} — шероховатость поверхности;

H_{i-1} — глубина поверхностного дефектного слоя;

ρ_{i-1} — пространственные отклонения взаимосвязанных поверхностей (отклонения формы и расположения поверхностей) — на предшествующем ($i - 1$) переходе (или операции);

ε_{yi} — погрешность установки заготовки на выполняемом переходе (или операции).

Расчет межоперационных размеров детали выполняют в порядке противоположном выполнению техпроцесса, т.е. начиная с последнего перехода (или операции). За исходный расчетный размер берется предельный размер готовой окончательно обработанной детали (при обработке вала — наибольший, а при обработке отверстия — наименьший).

Промежуточные размеры определяют по следующим формулам:

- для плоских поверхностей

$$A_{i-1 \max} = A_{i\max} + z_{i\max} + T_{i-1};$$

- для наружных цилиндрических поверхностей

$$d_{i-1 \max} = d_{i\max} + 2z_{i\min} + T_{i-1};$$

- для цилиндрических отверстий

$$D_{i-1 \max} = D_{i\max} + 2z_{i\min} + T_{i-1};$$

где A_{i-1} , d_{i-1} , D_{i-1} — размеры, выдерживаемые на предшествующем переходе (операции);

A_i , d_i , D_i — размеры, выдерживаемые на данном переходе (операции);

T_{i-1} — допуск на выполнение предшествующего перехода (операции)
в соответствии с видом обработки;

$z_{i \min}$ — минимальный припуск на данный переход (операцию).

Результаты расчета припуска на обработку и межоперационных размеров удобно свести в таблицу (приложение В).

При этом рекомендуется следующая последовательность расчета:

1. Записать в таблицу обрабатываемые элементарные поверхности заготовки или технологические переходы в порядке последовательности их выполнения. Пользуясь чертежом детали и справочными таблицами [7] записать для них значения Rz_{i-1} , H_{i-1} , ρ_{i-1} , ϵ_{yi} .
2. Рассчитать величины минимальных припусков $2z_{\min}$ по данным переходам.
3. Записать для конечного перехода предельный размер детали по чертежу (при обработке наружной поверхности наибольший предельный размер, а при обработке внутренней поверхности — наименьший предельный размер).
4. Определить для перехода, предшествующего конечному, один расчетный промежуточный предельный размер ($d_{i-1 \min}$ или $D_{i-1 \max}$) детали: при обработке наружной поверхности — путем прибавления расчетного припуска ($2z_{i \min}$) к наибольшему предельному размеру по чертежу, при обработке внутренней поверхности — путем вычитания расчетного припуска из наименьшего предельного размера по чертежу. Округлить их до последней значащей цифры операционного допуска (уменьшением при обработке наружной поверхности и увеличением при обработке внутренней поверхности).
5. Определить наибольший предельный промежуточный размер ($d_{i-1 \max}$) при обработке наружной поверхности путем прибавления допуска (T_{i-1}) к округленному наименьшему предельному размеру ($d_{i-1 \min}$) или наименьший предельный размер ($D_{i-1 \min}$) при обработке внутренних поверхностей путем вычитания допуска (T_{i-1}) из округленного наибольшего предельного размера ($D_{i-1 \max}$).
6. Последовательно определить промежуточные расчетные предельные размеры для каждого предшествующего перехода, следуя пунктам 4 и 5.

7. При определении размеров заготовки, выполненной из проката, рассчитав ее предельные размеры, выбирают по сортаменту материалов [14] фактический размер стандартной заготовки.

При получении заготовки литьем, штамповкой, прессованием ее фактические размеры должны соответствовать нормальному ряду линейных чисел.

В приложении В приведены результаты расчета промежуточных припусков и межоперационных размеров для выбора заготовки при обработке валика $\varnothing 25 \text{ h6}$ длиной 30 мм и шероховатостью поверхности $Ra = 0,63$ (материал — сталь 40 ГОСТ 1050–88) из горячекатаного прутка на токарно-револьверном станке с зажимом в трехлачковом патроне (черновое и чистовое обтачивание) с последующим шлифованием на круглошлифовальном станке на базе конусов.

Рекомендуемая литература: [7, 9, 14, 15].

4.4.6. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

Режим резания может быть определен аналитическим расчетным методом или выбран по таблицам соответствующих нормативных справочников. Аналитическим расчетом (по эмпирическим формулам с учетом всех поправочных коэффициентов) в курсовой работе студент определяет режим резания для двух-трех операций (переходов) по согласованию с руководителем.

Для определения режимов резания необходимо кроме чертежа детали и заготовки с техническими условиями на обработку, иметь сведения о физико-механических свойствах материала заготовки, размерах и геометрических параметрах режущей части инструмента, его стойкости, а также паспортных данных выбранного оборудования.

В режим резания входят следующие элементы: глубина резания t (мм), подача S (мм/об), скорость резания V (м/мин или м/с) или число оборотов шпинделя станка n (об/мин).

При определении оптимального режима резания учитывают также такие факторы, как достижение наибольшей производительности труда при наименьшей себестоимости данной операции.

Для всех видов обработки порядок определения режимов резания соответствует примерно следующей последовательности:

1. Выбирают тип режущего инструмента, материал режущей части и тела, его размеры и геометрические параметры в зависимости от вида, характера и условий обработки, материала заготовки.
2. Определяют глубину резания t и число рабочих ходов i в зависимости от величины припуска на механическую обработку детали, твердости обрабатываемого материала, размеров инструмента, точности и чистоты обрабатываемой поверхности.

С целью сокращения времени обработки рекомендуется вести ее с минимальным числом рабочих ходов. При этом надо учитывать, что максимальная глубина резания зависит от мощности станка и жесткости технологической системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД). В приборостроении обрабатывают детали как правило небольших размеров, а следовательно их жесткость незначительна. Применяемое в приборостроении оборудование в сравнении с машиностроением также имеет меньшую жесткость. Способ установки обрабатываемой детали на станке также оказывает влияние на жесткость (например, при установке заготовки в центрах при токарной обработке прогиб ее в 16 раз меньше, чем при закреплении в патроне или в цанге при прочих равных условиях). Большое влияние также оказывает прочность державки резца и пластинок, закрепляемых на головке резца.

3. Выбирают величину подачи S , которая зависит от вида детали, ее жесткости и материала, характера обработки (черновая, чистовая, сверление, развертывание и т.д.), типа режущего инструмента, прочности пластины твердого сплава, прочности оправки, характеристики станка, а также точности и чистоты обрабатываемой поверхности, глубины резания.

Для повышения производительности обработки величина подачи должна выбираться оптимальной. Но учитывая перечисленные факторы, величина подачи при черновой обработке ограничивается точностью обработки, жесткостью и мощностью станка, а при чистовой и отделочной — требуемой точностью и чистотой поверхности (чем чище поверхность, тем меньше величина подачи). Величину подачи с учетом перечисленных факторов выбирают по нормативам или таблицам справочников, а затем согласовывают

- с паспортом станка (или каталогом), выбирая ближайшую меньшую величину.
4. Определяют период стойкости режущего инструмента (по таблицам нормативов) в зависимости от типа и размера инструмента, характеристики обрабатываемой детали и условий работы.
 5. Рассчитывают по эмпирическим формулам в зависимости от вида обработки скорость резания V для выбранной глубины резания и подачи, ориентируясь на экономическую стойкость инструмента и поправочные коэффициенты, учитывающие условия и особенности обработки, которые определяют по нормативам и справочникам. Среднеэкономическую скорость резания можно также выбрать по таблицам справочников (номограммам), графикам и т.д. в зависимости от вида обработки, материала заготовки, глубины резания t , величины подачи S , характеристик режущего инструмента и других факторов.
 6. Определяют по выбранной скорости резания число оборотов детали или инструмента в минуту (для станков с вращательным движением шпинделя — токарных, сверлильных, фрезерных и тому подобных) $n = 1000V / \pi d$ (или частоту вращения и детали, и инструмента) или расчетное число двойных ходов в минуту (для станков с возвратно-поступательным движением инструмента — долбежных, строгальных, зубострогальных, протяжных и т.д.) $n = 1000V / 2l$, где d — диаметр детали или инструмента, l — длина хода инструмента (детали), мм.
 7. Согласовывают расчетное число оборотов с паспортом станка (или каталога, или нормализованным рядом чисел оборотов), выбирая ближайшее меньшее число оборотов, (или двойных ходов) $n_{ст}$.
 8. Рассчитывают фактическую скорость резания по принятым числам оборотов станка $V_{ф} = \pi d n_{ст} / 1000$.
При многоинструментальной обработке определяют величину подачи, скорости резания и число оборотов шпинделя станка отдельно для обработки каждым инструментом и принимают наименьшее значение S и $n_{ст}$ общим для данного технологического перехода, рассчитывают фактическую скорость резания $V_{ф}$ каждым инструментом, учитывая размеры обрабатываемых ими поверхностей и принятое число оборотов шпинделя.
 9. Рассчитывают по формулам, известным из курса теории резания [26] (или определяют по номограммам [13]), в зависимости от вида обработки составляющие силы резания (P_x, P_y, P_z) и крутящий момент

($M_{кр}$). Для расчета выбирают переход, имеющий наибольший режим резания, объединяющий работу нескольких инструментов одновременно, т.е. самый нагруженный переход.

10. Определяют эффективную мощность резания (N_e). Для одновременно работающих нескольких инструментов рассчитывают суммарную мощность резания.

Определяют необходимую мощность на приводе станка $N_{пр} = N_e / \eta$ (значение КПД — η в среднем равно 0,8–0,85) и сопоставляют ее с мощностью электродвигателя станка $N_{ст} \geq N_{пр}$. При необходимости вносят поправки в выбранный режим резания.

В некоторых случаях требуется выбрать новый станок, при котором мощность двигателя станка будет использоваться более рационально (не менее 80–90 %) и уточнить режим резания с учетом паспортных данных нового станка.

Уточненные величины элементов режима резания заносят в технологические карты, а также в таблицы операционных эскизов на графических листах (см. раздел 3).

Рекомендуемая литература: [7, 8, 9, 13, 19, 20, 23, 24, 25, 26].

4.4.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ НА ОБРАБОТКУ

Технические нормы времени в условиях серийного и массового производства устанавливают расчетно-аналитическим методом.

При серийном производстве определяют норму штучного времени ($T_{шт}$), подготовительно-заключительное время ($T_{пз}$) и штучно-калькуляционное время ($T_{шк}$):

$$T_{шт} = t_0 + t_B + t_{т.об} + t_{о.об} + t_{пер};$$

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз} / N,$$

где t_0 — основное (технологическое) время;

t_B — неперекрываемое вспомогательное время;

$t_{т.об}$ — время на техническое обслуживание рабочего места;

$t_{о.об}$ — время на организационное обслуживание рабочего места;

$t_{пер}$ — время на перерывы (отдых);

N — количество деталей в партии (см. п. 4.3).

Для каждой операции норма времени определяется в следующей последовательности:

1. Для каждого перехода рассчитывают на основании уточненных режимов резания основное (технологическое) время

$$t_0 = l \cdot i / n \cdot S,$$

где l — расчетная длина обработки в направлении подачи, мм (с учетом длин врезания и перебега инструмента);

i — число рабочих ходов;

S — подача на один оборот или на один двойной ход инструмента (или детали), мм/об;

n — число оборотов шпинделя в минуту (или число двойных ходов).

При многоинструментальной обработке длина l берется для самой протяженной обрабатываемой поверхности.

2. По содержанию каждого перехода определяется вспомогательное время, неперекрываемое основным временем

$$t_B = t_{\text{уст}} + t_{\text{перех}} + t_S + t_n + t_{\text{изм}} + t',$$

где $t_{\text{уст}}$ — время, связанное с установкой и снятием детали;

$t_{\text{перех}}$ — время, связанное с переходом;

t_S, t_n — время, связанное с изменением соответственно подачи и чисел оборотов;

$t_{\text{изм}}$ — время на измерение детали;

t' — время, затрачиваемое на другие вспомогательные приемы.

Время на все вспомогательные приемы устанавливают по нормативам в зависимости от вида обработки и оборудования.

3. В зависимости от вида обработки и типа оборудования устанавливают по нормативам для технологической операции время на обслуживание рабочего места и отдых. В курсовой работе можно принимать эти составляющие примерно в следующих соотношениях: время технического обслуживания рабочего места $t_{\text{т.об}} = (1 - 3,5\%)t_0$, время организационного обслуживания рабочего места $t_{\text{о.об}} = (2 - 4\%)(t_0 + t_B)$, время перерывов $t_{\text{пер}} = (4 - 6\%)(t_0 + t_B)$. При этом t_0 и t_B равны сумме соответственно основного времени и вспомогательного времени по всем переходам данной операции.

4. Определяют норму штучного времени $T_{шт}$ на операцию.
5. Определяют для операции по нормативам в зависимости от типа оборудования подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ и вычисляют штучнокалькуляционное время $T_{шк}$.
6. Рассчитывают норму выработки в смену

$$N_{см} = T_{см} / T_{шт}, \text{ где } T_{см} = 420 \text{ мин.}$$

Рекомендуемая литература: [13, 21].

4.4.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОТЫ

Разряды работ и профессий рабочих определяются по единому тарифноквалификационному справочнику соответствующей отрасли. Каждый рабочий имеет квалификационный разряд. Чем больше при выполнении каждой конкретной работы требуется знаний, опыта и самостоятельности, тем больше должен быть разряд исполнителя. В серийном производстве работы специализированы, поэтому квалификация рабочего может быть ниже, чем в единичном производстве, а наладчики должны иметь высокую квалификацию.

Тарифная сетка состоит из квалификационных разрядов, для которых соотношение ставок оплаты труда выражается тарифным коэффициентом. Он определяет отношение каждого тарифного разряда к первому разряду, для которого устанавливается ставка оплаты труда (Табл. 1).

ТАБЛИЦА 1
 Часовые тарифные ставки станочников в рублях
 (нормальные условия труда, 40-часовая рабочая неделя;
 расценки на 1 января 1992 г.)

Оплата труда	Разряд					
	1	2	3	4	5	6
	Коэффициент квалификации					
	1,0	1,09	1,2	1,33	1,5	1,71
Сдельно	0,539	0,586	0,648	0,717	0,807	0,924
Повременно	0,503	0,548	0,606	0,670	0,754	0,863

Примерный разряд работы можно определить в соответствии со следующими данными [38]:

- **I разряд** — простые черновые работы по специальности: допуски размеров по 14–16 квалитетам точности, шероховатость поверхностей $Ra = 80-20$, простейший контроль размеров и поверхностей.
- **II разряд** — чистовые работы и усложненные черновые работы по специальности: допуски размеров по 12–14 квалитетам, шероховатость поверхностей $Ra = 10-5$, закрепление деталей в специальных приспособлениях, контроль размеров и взаимного расположения поверхностей.
- **III разряд** — чистовые работы по специальности: допуски размеров по 9–12 квалитетам, шероховатость поверхностей $Ra = 5-1,25$, применение разверток и специального инструмента, контроль размеров и взаимного расположения поверхностей с применением специальных контрольных приспособлений.
- **IV разряд** — чистовые и некоторые станочные отделочные работы по специальности: допуски размеров по 7–11 квалитетам, шероховатость поверхностей $Ra = 2,5-0,63$, достаточно сложный контроль всех видов отклонений размеров, формы и расположения поверхностей.
- **V разряд** — чистовые и отделочные работы по специальности: допуски размеров по 6–9 квалитетам, шероховатость поверхностей $Ra = 2,5-0,16$; сложный контроль в специальных контрольных приспособлениях и на приборах, поднастройка приспособлений и инструмента в процессе работы.
- **VI разряд** — чистовые и отделочные работы по специальности: допуски размеров по 6–8 квалитетам и точнее, шероховатость поверхностей $Ra = 1,25-0,01$, сложный контроль в сложных специальных приспособлениях и на приборах, самостоятельная настройка приспособлений и инструмента для работ по специальности.

В настоящее время на некоторых предприятиях оптической промышленности для оплаты станочников используют часовые тарифные ставки, приведенные в приложении Г.

4.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХПРОЦЕССА

Для более точной оценки процесса и выбора оптимального варианта используют значение технологической себестоимости, которая для единицы продукции определяется по следующей формуле:

$$C_d = A + B / N_{\text{год}},$$

где A — текущие переменные расходы на одну деталь;

B — единовременные постоянные расходы на годовую программу или определенную партию деталей;

$N_{\text{год}}$ — годовая программа выпуска (или число деталей, подлежащих изготовлению).

Технологическая себестоимость изготовления годовой программы определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{год}} = A \cdot N_{\text{год}} + B.$$

Для сопоставления вариантов необходимо предварительно определить сумму текущих A и единовременных B расходов по каждому варианту.

Текущие расходы, повторяющиеся при изготовлении каждой детали, равны сумме расходов на основной материал M , зарплату производственных рабочих L и расходов R связанных с работой оборудования (а также нормальных приспособлений и инструментов)

$$A = M + L + R.$$

Расходы на материал определяются по формуле

$$M = z_M \cdot m_{\text{заг}} - z_o \cdot m_{\text{отх}},$$

где z_M — стоимость единицы материала, т.е. единицы заготовки;

$m_{\text{заг}}$ — масса заготовки (норма расхода материала заготовки на одну деталь);

z_o — стоимость единицы отхода материала;

$m_{\text{отх}}$ — масса отходов на одну деталь ($m_{\text{отх}} = m_{\text{заг}} - m_{\text{дет}}$, где $m_{\text{дет}}$ — масса детали).

Расходы на зарплату производственных рабочих для всего техпроцесса определяют по формуле:

$$L = \sum_1^n T_{\text{шт}} \cdot S_p ,$$

где $T_{\text{шт}}$ — норма штучного времени на операцию;

S_p — часовая (тарифная) ставка рабочего (в зависимости от разряда см. п. 4.4.8);

n — число операций.

Расходы R , связанные с эксплуатацией оборудования, включают затраты на вспомогательные материалы, зарплату вспомогательных рабочих, обслуживающих оборудование, затраты на силовую электроэнергию, амортизацию и текущий ремонт оборудования, восстановление нормального инструмента. Они определяются по соответствующим нормативам. В курсовой работе их можно не учитывать, так как для сравниваемых вариантов они примерно одинаковы по величине.

К единовременным расходам B , затрачиваемым один раз на изготовление всей партии деталей, относятся расходы на оплату подготовительно-заключительного времени $L_{\text{зн}}$ (зарплата наладчика) и на изготовление специальной оснастки Q (только специальных инструментов и приспособлений), а также учитывают ее амортизацию и эксплуатацию (коэффициент K):

$$B = L_{\text{зн}} + K \cdot Q.$$

Расходы на зарплату наладчиков определяют по формуле

$$L_{\text{зн}} = T_{\text{пз}} \cdot S_n \cdot r,$$

где $T_{\text{пз}}$ — норма подготовительно-заключительного времени (на одну наладку);

S_n — часовая ставка наладчика (см. п. 4.4.8);

r — число наладок (переналадок) или партий в год (см. п. 4.3).

В стоимость спецоснастки Q входят затраты на ее проектирование и изготовление. Затраты, связанные с эксплуатацией оснастки в течение года, принимаются равными 20 % от ее общей стоимости Q . Коэффициент амортизации зависит от срока службы оснастки, который принимается в зависимости от ее сложности условно равным: для простой оснастки (оправки, кондуктора, патроны и др.) — одному году; для оснастки средней сложности (штампы, кондуктора сложные, поворотные приспособления) — двум годам; для сложной оснастки (пресс-формы, многоместные фрезерные приспособления и др.) — пяти годам. Коэффициент амортизации оснастки равен соответственно 1,0; 0,5; 0,2. Общий коэффициент K , учитывающий амортизацию и эксплуатацию оснастки, соответственно составляет 1,2; 0,7; 0,4.

Таким образом, общая формула для определения технологической себестоимости единичной детали будет иметь вид:

$$C_{\text{Д}} = z_{\text{М}} \cdot m_{\text{заг}} - z_{\text{о}} \cdot m_{\text{отх}} + \sum_1^n T_{\text{шт}} \cdot S_{\text{р}} + R + \frac{T_{\text{пз}} \cdot S_{\text{н}} \cdot r}{N_{\text{год}}} + \frac{k \cdot Q}{N_{\text{год}}}.$$

Сравнение вариантов техпроцесса по себестоимости изготовления годовой программы проводят следующим образом:

- по первому варианту:

$$C_{1_{\text{год}}} = A_1 \cdot N_{\text{год}} + B_1;$$

- по второму варианту:

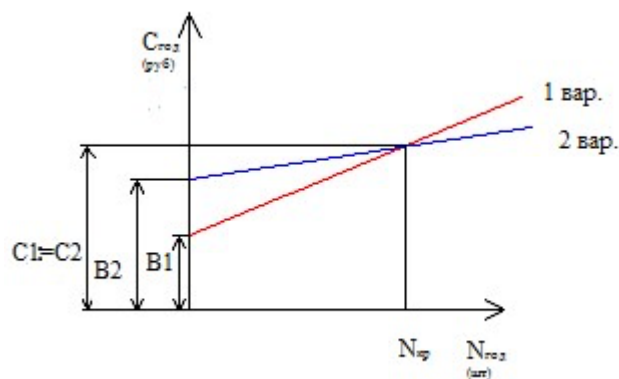
$$C_{2_{\text{год}}} = A_2 \cdot N_{\text{год}} + B_2.$$

Основные данные для расчета значения себестоимости двух вариантов можно свести в следующую таблицу:

№ п/п	Наименование операции	Затраты по первому варианту				Затраты по второму варианту			
		M'	L'	$L'_{\text{зн}}$	$k \cdot Q'$	M''	L''	$L''_{\text{зн}}$	$k \cdot Q''$

Если сумма единовременных затрат в каждом варианте остается постоянной величиной, то они графически могут быть представлены прямыми линиями (Рис. 1), точка пересечения которых определяет критическое число деталей годовой программы, при котором оба варианта будут равноценны, т.е. $C_{1_{\text{год}}} = C_{2_{\text{год}}}$ или $A_1 \cdot N_{\text{год}} + B_1 = A_2 \cdot N_{\text{год}} + B_2$, откуда можно определить критическое число деталей:

$$N_{\text{кр}} = (B_2 - B_1) / (A_1 - A_2).$$



Вывод: при изготовлении деталей в количестве, меньше критического числа ($N_{кр} = \dots$), более экономичным будет первый вариант, а при количестве деталей, больше критического значения — второй вариант.

Рекомендуемая литература: [16, 19].

4.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В сжатой форме характеризуют выполненную работу и излагают основные полученные выводы. Например:

1. Разработан маршрут обработки и произведен расчет режимов резания четырех операций для серийного изготовления детали — оправа объектива. Произведен расчет припусков и обоснован выбор заготовки для первого варианта техпроцесса — труба 30×7 Д16Т ГОСТ18482–79; спроектирована рациональная заготовка (отливка) для второго варианта. Разработаны технологические наладки для операций механической обработки. При отделочной операции обработки отверстия применен алмазный инструмент, обладающий высокими режущими свойствами и минимальным износом.
2. Предложенная в задании конструкция детали была нетехнологична, так как для ее обработки необходимо изготовление специального инструмента, оснастки; необоснованно назначена высокая точность и чистота изготовления отдельных ее поверхностей; необоснован выбор дорогостоящего материала; не совпадают конструкторские

и технологические базы и т.д. Предложенная в работе конструкция детали более технологична.

3. Предложенная в работе последовательность обработки детали позволяет дифференцировать техпроцесс, что дает возможность использовать станочников более низкой квалификации.
4. Рекомендуемый техпроцесс изготовления детали при массовом ее производстве может стать основой для разработки типового техпроцесса.
5. Из предложенных двух вариантов техпроцесса наиболее рациональным для годовой программы менее 950 штук будет первый вариант, а при большей программе — второй вариант.

4.7. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

В список используемых источников включают только ту литературу, которая была действительно использована при разработке курсовой работы и на которую есть ссылки в тексте расчетно-пояснительной записки.

5. Защита курсовой работы

Итогом работы студента является защита с дифференцированной оценкой в комиссии, назначаемой заведующим кафедрой прикладной оптики. Защита курсовой работы начинается в сроки, предусмотренные учебными планами специальности и направлений подготовки до экзаменационной сессии, и проводится 1–3 раза в неделю. На каждое заседание комиссии назначается заслушивание 4–6 студентов. К защите допускаются студенты, выполнившие полностью задания, предусмотренные программой дисциплины «Основы технологии приборостроения».

Представляя свою работу для оценки комиссии, студент должен продемонстрировать свои знания, умение кратко, в установленное время изложить сущность проделанной работы, аргументировано обосновать принятое решение.

На доклад студенту отводится 8–10 минут. В течение отведенного времени он должен осветить краткое содержание выполненной им работы с обоснованием принятых решений по выбору заготовки, технологического процесса, оборудования и их технико-экономической целесообразности. При защите следует выделить и четко сформулировать технические решения и рекомендации выполненного проекта, которые приведут к снижению материалоемкости, трудоемкости, себестоимости при использовании разработанного технологического процесса.

Затем члены комиссии, а также присутствующие на защите преподаватели предлагают студенту вопросы, относящиеся к теме данной работы и имеющие достаточно важное значение. Однако может быть задан любой вопрос из области, соответствующей профилю специальности и направлениям подготовки.

После окончания публичной защиты всех назначенных на данный день работ проводится закрытое совещание комиссии, на котором обсуждается общая оценка за выполнение и защиту каждой курсовой работы.

При оценке учитываются:

- качество выполненной работы;
- степень самостоятельности работы студента и проявленная им инициатива;
- качество оформления и расчетно-графических работ;

- связность изложения и грамотность пояснительной записки и чертежей;
- содержание доклада и глубина ответов студента на вопросы;
- умение излагать мысли, владение научно-технической терминологией по специальности;
- теоретическая и практическая подготовка по дисциплинам технологического цикла.

Оценка за курсовую работу по дисциплине «Основы технологии приборостроения» учитывается при рассмотрении вопроса о назначении стипендии.

Если при защите курсовой работы студент получает неудовлетворительную оценку, комиссия выносит решение, можно ли допустить его к повторной защите той же работы или ему должно быть дано новое задание.

Студент, не выполнивший курсовую работу в срок, может быть не допущен по решению деканата к экзаменационной сессии.

Рекомендуемые источники

В список рекомендуемой литературы включена основная литература, которая может быть использована при выполнении курсовой работы. Для выполнения индивидуального задания руководителем проекта рекомендуется конкретная литература.

1. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. М.: Машиностроение, 1976.
2. Гаврилов А.Н. Технология изготовления деталей авиационных приборов. М.: Машиностроение, 1985.
3. Гжиров Г.М. Краткий справочник конструктора. Л.: Машиностроение, 1983.
4. Дальский А.М., Барсуков Т.М., Вязов А.Ф. [и др.]. Технология конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 2005.
5. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г. Методы получения заготовок в оптическом приборостроении: учеб. пособие. М.: МИИГАиК, 2012.
6. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г. Изготовление типовых деталей оптических приборов: учеб. пособие. М.: МИИГАиК, 2010.
7. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г. Технологический процесс и этапы его проектирования: учеб. пособие. М.: МИИГАиК, 2014.
8. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г., Бурлак И.Ю. Методические указания по курсу «Основы технологии приборостроения»: Справочные данные по выбору оборудования и оснастки. М.: МИИГАиК, 2008.
9. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г., Бурлак И.Ю. Методические указания по курсу «Основы технологии приборостроения»: Справочные данные по составлению технологических процессов механической обработки деталей. М.: МИИГАиК, 2008.
10. Каледин Б.Ф. Методические указания по курсу «Основы технологии приборостроения»: Оформление документации по разработке технологических процессов. М.: МИИГАиК, 1986.
11. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г., Бутягин В.Е. Методические указания по курсу «Основы технологии приборостроения»: Основы проектирования технологических процессов и оснастки заготовительного производства: Литье под давлением. М.: МИИГАиК, 2007.
12. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г., Бутягин В.Е. Методические указания по курсу «Основы технологии приборостроения»: Основы

- проектирования технологических процессов и оснастки
заготовительного производств: Холодная штамповка. М.: МИИГАиК,
2007.
13. Каледин Б.Ф., Козлова А.Г., Бурлак И.Ю. Нормирование
технологических процессов механической обработки: учеб. пособие.
М.: МИИГАиК, 2010.
 14. Каледин Б.Ф., Крылов А.Н., Попов Н.Н. Методические указания
по курсу «Основы технологии приборостроения»: Выбор материала
и сортамента: Черные и цветные сплавы. М.: МИИГАиК, 1987.
 15. Каледин Б.Ф., Мальцев М.Д., Скороходов А.И. Производство
оптикоэлектронных приборов. М.: Машиностроение, 1981.
 16. Коловнев И.Ф., Крылов В.В., Мельников А.В. Справочник литейщика.
Цветное литье из легких сплавов. М.: Машиностроение, 1974.
 17. Малов А.Н., Законников В.И. Обработка деталей оптических приборов.
М.: Машиностроение, 1976.
 18. Материалы в приборостроении и автоматике: Справочник / Под ред.
Ю.М. Пятина. М.: Машиностроение, 1982.
 19. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под общ. ред.
А.А. Панова. М.: Машиностроение, 2004.
 20. Общемашиностроительные нормативы режимов резания
для технического нормирования работ на металлорежущих станках.
М.: Машиностроение, 1974. Ч. 1, 2.
 21. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного,
на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного
для технического нормирования станочных работ: Серийное
производство. М.: Машиностроение, 1974.
 22. Попов Н.Н. Методические указания по дисциплине
«Материаловедение»: Материалы, применяемые в оптическом
приборостроении. М.: МИИГАиК, 1981. Ч. 1, 2.
 23. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского.
М.: Машиностроение, 1976.
 24. Справочник технолога-приборостроителя / Под ред.
П.В. Сыроватченко. М.: Машиностроение, 1980. Т. 1, 2.
 25. Справочник технолога-приборостроителя / Под ред. Е.А. Скороходова.
2-е изд. М.: Машиностроение, 1980. Т. 1, 2.
 26. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой
и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1986. Т. 1, 2.

27. Станочные приспособления: Справочник / Под. ред. Б.Н. Вардашкина. М.: Машиностроение, 1985. Т. 1.
28. Технологичность конструкций изделий: справочник / Под ред. Ю.Д. Амирова. М.: Машиностроение, 1985. (Библиотека конструктора).
29. Уткин Н.Ф. Приспособления для механической обработки. Л.: Лениздат, 1983.
30. ГОСТ 7.32–2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

**Образец титульного листа
к пояснительной записке курсового проекта**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)

Кафедра прикладной оптики

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе
по дисциплине
«Основы технологии приборостроения»

Студент (ФИО) _____ курса _____ группы _____

Руководитель _____

Подписано к защите _____

Дата _____

Москва

20__

Примерный план-график выполнения курсового проекта

№	Содержание этапа работы	Неделя																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Анализ технологичности конструкции детали	—	—															
2	Разработка технологического процесса 1-го варианта (из сортамента)		—	—														
3	Оформление схемы наладки и операций 1-го варианта				—	—												
4	Выбор рациональной заготовки							—										
5	Разработка технологического процесса 2-го варианта (из рациональной заготовки)								—									
6	Графическое оформление									—								
7	Расчет режимов обработки для двух вариантов техпроцесса										—	—						
8	Нормирование технологического процесса (двух вариантов)												—	—				

№	Содержание этапа работы	Неделя																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
9	Расчет технологической себестоимости. Определение оптимального варианта техпроцесса																	
10	Окончательное оформление графического материала																	
11	Окончательное оформление пояснительной записки																	
12	Защита проекта																	

Порядок определения промежуточных размеров обрабатываемых поверхностей и исходного размера заготовки

Последовательность обработки	Допуск на изготовление, мм	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{\min}$, мкм	Предельные размеры, мм		Фактический размер заготовки, мм
		Rz	H	ρ	ϵy		d_{\min}	d_{\max}	
Заготовка (горячекатаный прокат)	+0,4 -0,7	150	200	$4 \times 15 =$ → → = 60			27,725	28,425	$28^{+0,4}_{-0,7} **$
Обтачивание черновое	h12 (-0,210)	55	50	$0,06 \times 60 =$ → → = 3,6	320	1460	26,055	26,265	
Обтачивание чистовое	h9 (-0,052)	25	35	$0,04 \times 60 =$ → → = 2,4	320	857	25,146	25,198	
Шлифование	h6 (-0,013)				$0,2 \times$ $\times 52 =$ → = 10,4	146		25*	

* Исходный расчетный размер.

** Согласно ГОСТ 2590-81 прутки диаметрами 26-48 мм изготавливаются с отклонениями $\begin{pmatrix} +0,4 \\ -0,7 \end{pmatrix}$.

**Тарифная сетка часовых ставок станочников
широкого профиля (в рублях)
(нормальные условия труда при 40-часовой рабочей неделе)**

Оплата труда	Разряд						
	1	2	3	4	5	6	7
	Коэффициент квалификации						
	1,00	1,08	1,20	1,35	1,54	1,80	1,89
Сдельно	4,932	5,327	5,918	6,658	7,595	8,878	9,321
Повременно	3,447	3,723	4,136	4,653	5,308	6,205	6,515