

Б.И. КОГАН



**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**



КЕМЕРОВО 2004

Предисловие

Учебное пособие «Курсовое проектирование по технологии машиностроения» содержит указания по выполнению основных разделов курсового проекта, решающего задачи технологического обеспечения качества продукции. Все вопросы технологии, разрабатываемые в курсовом проекте, должны отвечать реальным целям, стоящим перед производством. Необходимо показать сущность и значение совершенствования технологии на основе использования новейших достижений науки и техники и методы рационального использования рабочего времени. Особое внимание уделяется оценке технологичности предметов производства, выбору рациональных заготовок, прогрессивного оборудования, приспособлений и инструментов, средств контроля. Отмечена необходимость разработки и внестаночных операций (погрузочно-разгрузочных, транспортных, контроля и др.). Приводятся необходимые справочные данные, указания по оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части. Даны рекомендуемая последовательность выполнения проектов и содержание консультаций. Пособие может быть использовано студентами всех форм обучения.

Второе издание учебного пособия дополнено уточнениями разделов по содержанию, методике разработки курсовых проектов по сборке машин, проработке на технологичность сборочных единиц, выбору видов и методов получения заготовок, определению межоперационных припусков, разработке методов достижения точности сборки, определению режимов резания, техническому нормированию, оценке качества сборки и изготовления деталей, использованию патентного фонда.

Раздел 1. Общие вопросы выполнения курсового проекта

1.1. Цель и задачи курсового проекта

Курсовой проект по технологии машиностроения является самостоятельной работой и имеет целью:

- развитие практических навыков творческого комплексного решения инженерных задач в области проектирования технологических процессов механической обработки, сборки* и испытания машин, проектирования специальной оснастки на основе полученных теоретиче-

* Разработка технологического процесса сборки в составе курсового проекта выполняется в соответствии со специальными методическими указаниями.

ских знаний;

- освоение методики анализа технологичности конструкции , выбора и обоснования рациональных заготовок, методов и средств обработки, сборки и контроля;

- освоение методики анализа точности базирования и обработки;

- развитие навыков использования справочной литературы, стандартов и патентного фонда;

- детальное ознакомление с ЕСКД, ЕСТД и ЕСТП.

В процессе разработки технологического процесса решается главная задача – достижение требуемого качества при минимальных затратах. Одновременно с этим обеспечивается повышение культуры и безопасности труда.

Работа должна содержать собственное решение, отражающее теоретическую подготовку студента, и исключать возможность простого копирования существующих технологических процессов и конструкций приспособлений без существенного и обоснованного их изменения. Преподаватель руководит и контролирует выполнение курсовой работы путем групповых и индивидуальных консультаций согласно расписанию. Контролируя правильность и своевременность выполнения работы студентом, преподаватель не должен подменять его в поисках и принятии нужных решений.

За качество проекта отвечает исполнитель. Подпись руководителя и консультанта на расчетных и графических материалах лишь удостоверяет, что они могут быть представлены к защите, так как принятые решения принципиально верны.

1.2. Тема курсового проекта и задание на его выполнение

Темой курсового проекта является разработка операционного (индивидуального, типового, группового и модульного) технологического процесса механической обработки или сборки деталей с контрольными операциями, проектирование установочного приспособления, режущего и мерительного инструментов (с использованием отечественных и зарубежных изобретений) для условий серийного и массового производства. Рекомендуется в составе комплексного технологического процесса предусматривать и согласованию с консультантом разрабатывать

* Проработка изделий на технологичность выполняется по соответствующим учебным пособиям.

транспортные, погрузочно-разгрузочные и другие внестаночные операции.

Тема курсового проекта формулируется, записывается преподавателем на специальном бланке (см. прил. 1) и выдается студенту вместе с чертежом детали или сборочной единицы со спецификацией. С разрешения заведующего кафедрой часть курсовой работы может иметь исследовательский или аналитический характер. В этом случае объем разделов по конструированию приспособления и инструментов по согласованию с преподавателем сокращается или исключается.

При курсовом проектировании рекомендуется и поощряется выполнение аналитических разделов по исследованию и расчету точности обработки, анализу сборочных размерных цепей, расчету межоперационных припусков с применением теории графов [46], применению теории структурного развития операций и выбора компоновок оборудования [77], анализу технологичности конструкций [27, 76], разработке принципиально новых технологических процессов, модульной технологии, автоматизации технологической подготовки производства, использованию алгоритма изобретения [1], разработке программ для станков с ЧПУ и т. д.

1.3. Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект включает технологический процесс, графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

1.3.1. Технологический процесс

Технологический процесс оформляется в виде альбома маршрутных и операционных технологических карт в соответствии с требованиями ЕСТД. Терминология технологических процессов и, условные обозначения приведены в ГОСТ 3.1109-82, ГОСТ 3.1702-79, ГОСТ 3.1103-79 и ГОСТ 14.004-83. Заполнение технологических карт допускается карандашом, чернилами, пастой, тушью. Обрабатываемые поверхности рекомендуется выделять (толщиной линий, красным цветом). Чертеж заготовки оформляется на карте эскизов по ГОСТ 3.1105-84, (форма 2) Формы общего назначения даны в ГОСТ 3.1104-81 и ГОСТ 3.1105-84; для процессов обработки резанием – в ГОСТ 3.1404-86; слесарно-сборочных – в ГОСТ 3.1119-83,

ГОСТ 3.1121-84 и ГОСТ 3.1407-86; технического контроля в ГОСТ 3.1502-85. При отсутствии бланков карт по ГОСТу разрешается отражать ход технологического процесса на листах формата 11 и 12.

1.3.2. Графическая часть

1.3.2.1. Проект по сборке включает 3-4 л., в том числе: рабочий чертеж сборочной единицы (СЕ) со спецификацией и указанием технических требований, в том числе показателей качества, точностной анализ и выбор метода достижения точности функционального параметра (схема и расчет размерной цепи) – 1-2 л. формата 24; схема сборки – до 1 л. формата 24; схема технологической наладки одной сборочной операции и общий вид средства малой механизации, сборочного или контрольного приспособления, инструмента с техническими требованиями – 1 л. формата 24. Рекомендуются на листах указывать номера патентов или изобретений, использованных в качестве прототипов.

1.3.2.2. Проект по механической обработке включает 3-4 листа, в том числе: рабочие чертежи детали и заготовки – 0,5-1 л. формата 24; карту наладки для одной операции с указанием расчетных размеров обработки, режимов резания и норм времени – до 1 л. формата 24; сборочный чертёж приспособления с техническими требованиями; сборочные чертежи режущего и контрольного инструмента – 1 л. формата 24. На наладке показывают:

- контуры заготовки в масштабе;
- установочные и зажимные элементы приспособления (конструктивно);
- режущий инструмент в конце рабочего хода (кроме мерного инструмента);
- устройство для закрепления режущего инструмента (патрон, оправка и пр.) конструктивно;
- направление движения инструмента и заготовки, операционные и настроечные размеры;
- шероховатость обрабатываемых поверхностей.

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

Вверху наладки указывают номер и наименование операции по технологическому процессу, а также тип и модель станка. Внизу приводят таблицу режимов отрезания элементов нормы времени (основное,

штучное время). Режимы резания приводят для каждого режущего инструмента наладки, поэтому инструменты на листе нумеруют. При многопозиционной обработке проставляют номера позиций и показывают направление смены позиций. Чертежи должны быть выполнены карандашом на чертёжной бумаге и оформлены согласно ЕСКД. На одном листе разрешается размещать несколько документов соответствующими штампами.

1.3.3. Расчетно-пояснительная записка (РПЗ)

РПЗ оформляется в конце курсового проектирования. Объем ее ориентировочно – до 40 рукописных страниц.

Структура РПЗ

Титульный лист установленного образца, подписанный студентом и руководителем (консультантом) работы.

Технологическая часть проекта по сборке.

1. Введение, в котором излагаются общие технические и экономические концепции, положенные в основу курсового проекта.

2. Анализ конструкции и технологичности сборочной единицы. Этот раздел должен включать функциональное назначение и условия работы сборочной единицы в машине, характеристику ее функциональных параметров, анализ размерных цепей, количественную оценку технологичности конструкции СЕ. В этом разделе оформляется предложение по повышению технологичности [27, 43, 76]. Если предполагается автоматизация сборки, производится оценка степени подготовленности деталей к такой сборке и разрабатываются соответствующие предложения.

3. Обоснование организационной формы сборки.

4. Разработки схемы сборки [28].

5. Проектирование сборочных операций [17, 18, 30, 61, 67].

6. Нормирование операций [44].

7. Выводы по проекту.

Технологическая часть проекта по механической обработке детали.

1. Введение.

2. Классификация деталей.

3. Анализ технологичности конструкции детали (или группы деталей). Этот раздел должен включать анализ материала, вида термооб-

работки, простановки размеров, элементов конструкции, точности, шероховатости.

4. Определение типа производства, расчет размера партии запуска.

5. Выбор типа и способа получения заготовки, расчет или назначение припусков.

6. Выбор технологического процесса-аналога и обоснование разрабатываемого технологического процесса:

- общие направления, принятые при проектировании технологического процесса;

- принцип построения операций (концентрация или дифференциация);

- выбор и обоснование технологических и измерительных баз;

- выбор методов и средств контроля;

- расчет или установление припусков на обработку, операционных размеров;

- описание введенных в технологический процесс элементов механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций, авторских свидетельств, повышающих производительность и культуру труда, способствующих охране окружающей среды и экономии топливно-энергетических ресурсов.

1. Расчет и назначение режимов резания.

2. Выбор смазывающе-охлаждающей среды.

3. Определение норм времени и квалификации работы.

4. Обоснование и описание разработанной схемы наладки станка, расчет технологических размерных цепей, настроечных размеров.

Конструкторская часть.

1. Проектирование станочного приспособления:

- обоснование целесообразности разработки и выбора принятой схемы станочного приспособления;

- расчет приспособления на точность, силовые и прочностные расчеты;

- описание конструкции и работы приспособления.

2. Проектирование контрольного приспособления (этапы те же).

3. Проектирование режущего инструмента (этапы те же).

Выводы по работе.

В разделе следует указать, что достигнуто в работе. Особо выделить те части, которые, по мнению студента, решены наиболее удачно и

оригинально. Отметить наиболее прогрессивные методы обработки и элементы новизны. Проанализировать соотношение машинного и ручного времени по операциям и процессу (см. РД 50-54-16-87). Сделать заключение.

Список использованной литературы (приводится в конце РПЗ).

1.4. Оформление расчётно-пояснительной записки (РПЗ)

РПЗ печатается на компьютере или пишется от руки чернилами или пастой на одной стороне листа писчей бумаги формата 11 (210×297) с полями размером 25 мм слева и 10 мм справа от текста.

Листы нумеруются и брошюруются в обложку. Первый лист является титульным.

Содержание записки должно быть кратким, текст изложен грамотно.

При заимствовании формул, данных таблиц, рекомендаций и т. п. следует производить ссылки путем указания источника по списку использованной литературы в квадратных скобках, например, [48]. Список литературы должен содержать, кроме точного названия книги, фамилии и инициалов автора, место издания, издательство и год издания. Например: Чарнко Д.В. Основы выбора технологического процесса механической обработки. – М.: Машгиз, 1963. – 320 с.

Оглавление помещается в конце пояснительной записки за списком литературы.

1.5. Последовательность выполнения и порядок защиты курсового проекта

Работа начинается с прослушивания вводной лекции преподавателя, в которой даются общие установки по ее выполнению. Для систематического учета работы студентов руководителем (консультантом) ведется специальный график выполнения в соответствии со сроками, установленными в задании. Данные сообщаются в деканат. После получения задания на выполнение курсового проекта и прослушивания вводной лекции рекомендуется:

- составить список литературы по теме курсового проекта;
- на черновике изложить материал по пунктам 1 и 2 расчётно-пояснительной записки и составить маршрут обработки или схему

сборки;

- наметить изменения, улучшающие технологичность детали или сборочной единицы.

1-я консультация: утверждаются изменения, вносимые в чертеж, и проверяется правильность расчета размерной цепи, согласовывается маршрут обработки или схема сборки;

- на чертежной бумаге вычерчивается деталь или сборочная единица с размерными цепями;

- выбирается заготовка и вычерчивается на карте эскизов с учетом установленных припусков;

- на черновике разрабатывается и оформляется операционный технологический процесс с указанием баз, моделей станков, режущих и мерительных инструментов, режимов резания.

2-я консультация: утверждается операционный технологический процесс, согласовываются схемы наладки, приспособлений и инструментов;

- вычерчивается схема наладки, общий вид приспособления и составляются технические условия к ним.

3-я консультация: утверждаются схемы наладки, общие виды приспособлений и инструментов;

- оформляется операционный технологический процесс, схема наладки, чертежи приспособлений и инструмента начисто;

- определяются и карандашом проставляются нормы времени;

- оформляется РПЗ по пунктам 2 и 3.

4-я консультация: проверяются РПЗ и графическая часть, нормирование;

- дорабатываются и оформляются начисто технологические процессы, графическая часть и РПЗ.

5-я консультация: окончательное рассмотрение курсового проекта и допуск к защите.

Защита состоит из краткого (5 мин) доклада и ответов на вопросы. В докладе студент должен сообщить об исходных данных, изложить и обосновать существо решений, принятых в работе, особенно подчеркивая те моменты, которые, по его мнению, заслуживают особого внимания. Защищаемому студенту может быть задан любой практический или теоретический вопрос по теме работы. Оценивается проект по 4-балльной системе. При оценке учитываются качество разработки и результаты защиты, элементы творчества и новизны, эрудиция. К за-

щите допускаются только те студенты, которые полностью и правильно выполнили весь объем работ, предусмотренный заданием, и тогда, когда проект подписан руководителем или консультантом.

Раздел 2. Методические указания по разработке отдельных частей курсового проекта

Введение

Во введении к курсовому проекту (1-2 с. пояснительной записки) на основании перспектив развития отрасли, освещаемых в передовых и обзорных статьях журналов «Вестник машиностроения», «Машиностроитель», «Технология машиностроения» и др., необходимо показать перспективы отрасли машиностроения (горного, дорожного и др.), производящей изделия, в состав которых входит деталь или сборочная единица, являющаяся объектом проектируемого технологического процесса. Здесь необходимо указать пути совершенствования производства данной отрасли, использование прогрессивных и принципиально новых технологических процессов (обрабатывающих и сборочных центров с ЧПУ, обработки поверхностным пластическим деформированием, электро-физико-химических методов, комплексных и монотонных технологических процессов, интегрального шлифования, обработки свободным абразивом в магнитном поле и др.).

2.1. Анализ технологичности конструкции сборочной единицы

Отработка конструкции сборочной единицы на технологичность в курсовом проекте предусматривает сокращение затрат времени и средств на технологическую подготовку производства и процессы его изготовления.

Анализ технологичности конструкции сборочной единицы (качественную оценку технологичности) начинают уже на этапе технологического контроля чертежа сборочной единицы и анализа ее служебного назначения. Хотя ответственными исполнителями отработки конструкции изделия на технологичность являются разработчики конструкторской документации, студент может при внимательном функционально-стоимостном и размерном анализе конструктивных исполнений сборочных единиц внести отдельные изменения, позволяющие улучшить технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса. Технологичность конструкций сборочной единицы должна в

максимальной мере соответствовать технологическим требованиям производства, заданной серийности и степени автоматизации сборки. Порядок и правила отработки конструкции сборочной единицы на технологичность регламентируются ГОСТ 14.201-83. Одной из основных задач отработки конструкций сборочной единицы на технологичность является правильный выбор минимального, но достаточного числа показателей технологичности для ее количественной оценки.

Основными факторами, влияющими на выбор показателей, являются: требования к изделию, вид изделия, объем выпуска, тип производства, наличие информации, необходимой для определения показателей, и стадии разработки конструкторской документации. Основными показателями технологичности изделий машиностроения являются показатели трудоемкости изготовления и технологической себестоимости изделия.

Для улучшения основных показателей технологичности изделия целесообразно оценивать различные варианты конструкции изделия при его проектировании с помощью дополнительных показателей технологичности.

При выполнении курсовых проектов обычно отсутствуют сведения о трудоемкости изготовления сборочной единицы заданной и базовой конструкции. Поэтому студент должен определить лишь те показатели технологичности, для расчета которых имеются исходные данные, при этом в качестве базовой конструкции изделия следует принять заданную, а в качестве рассматриваемой – измененную им конструкцию. Количественную оценку технологичности заданной конструкции изделия студент выполняет, как правило, по указанию консультанта проекта. Качественная же оценка технологичности конструкции изделия должна быть неотъемлемой частью каждого проекта, при этом каждый студент должен разработать рекомендации по изменению заданной конструкции. Дальнейшая разработка технологии изготовления изделия производится для отработанной на технологичность конструкции. Рассмотрим конкретный пример. Предположим, что производство коробок скоростей (рис. 2.1) массовое.

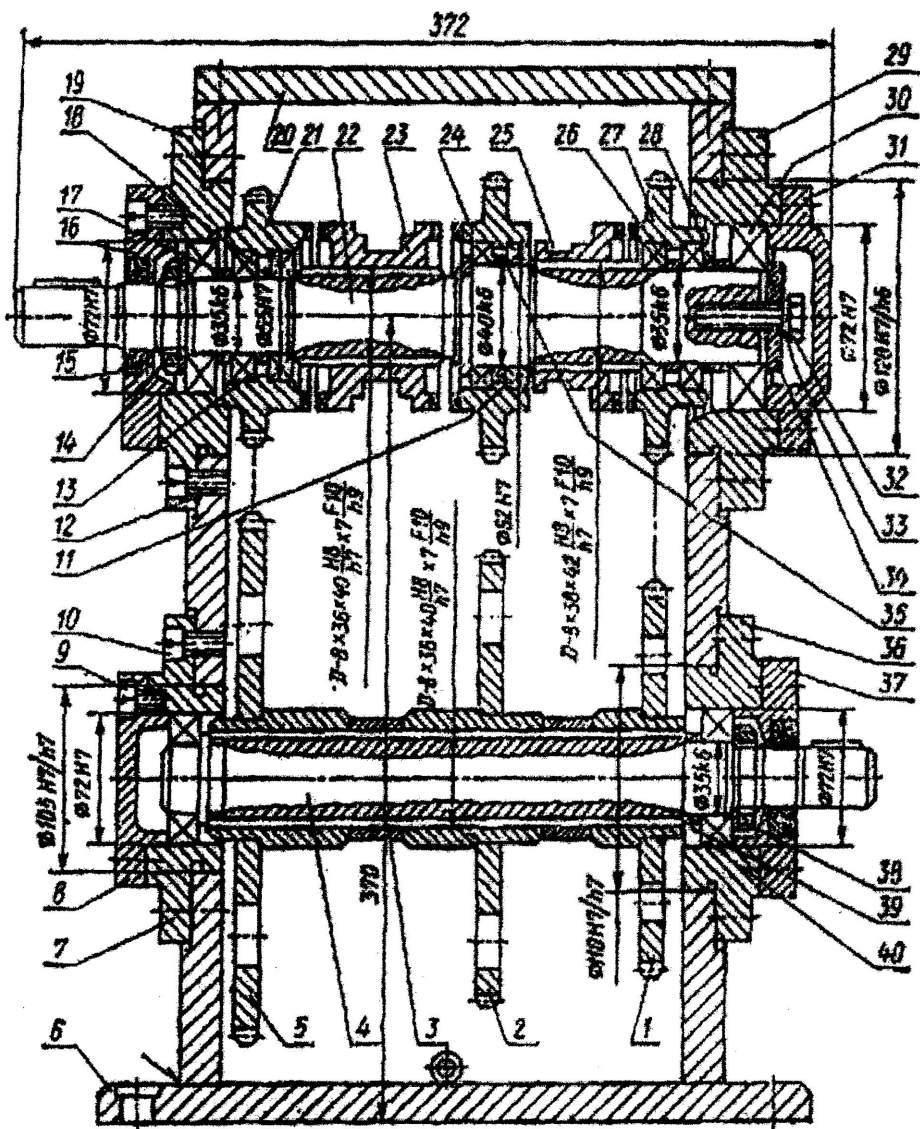


Рис. 2.1. Коробка скоростей цепная:

- 1, 2, 5 – звездочка; 3, 35, 39 – кольцо; 4, 22 – вал; 6 – корпус;
 7, 36 – фланец; 8, 16, 19, 20, 29, 31, 37 – крышка; 9, 10, 12 – винт;
 11, 13, 30, 40 – подшипник; 14, 38 – гайка; 15 – уплотнение;
 17, 18, 26, 28 – втулка; 21, 24, 27 – звездочка; 23, 25 – муфта;
 32 – болт; 33, 34 – шайба

Для любой конструкции изделий при массовом производстве должна быть в максимальной степени реализована узловая сборка. В конструкции коробки скоростей узловая сборка возможна. Вал 22 с деталями 17, 18, 21, 23-29, 31, 34, 35, 14, 30, 32, 33, 11, 13 служит сборочной единицей, которая вначале собирается отдельно, а затем с корпусом 6 на конвейере. Другие детали не могут быть собраны в узел вне конвейера из конструктивных соображений (большие габариты звездочек 1, 2, 5).

Таким образом, собираемость коробки скоростей вполне удовлетворительна.

Вместе с тем конструкция недостаточно технологична по следующим соображениям: ступицы звездочек 1, 2, 5 не одинаковы по длине; так как звездочки 1, 2, 5 не передвигаются в осевом направлении, а передают лишь крутящий момент, то вместо шлицевого соединения вала 4 со звездочками 1, 2, 5 следует выполнить шпоночное соединение, при этом звездочки можно выполнить литьем (рис. 2.2).

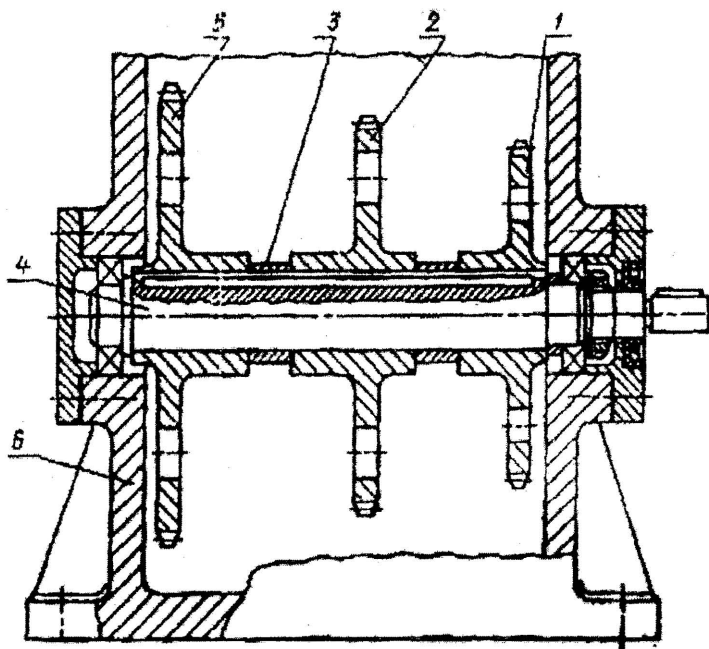


Рис. 2.2. Коробка скоростей (по рис. 2.1) после отработки на технологичность сборки

В результате этих изменений может быть повышена производительность обработки деталей:

1. Фланцы 7 и 36 имеют неодинаковые посадочные диаметры ($\varnothing 105h7$ и $\varnothing 110h7$) и к тому же являются лишними, поэтому вместо них целесообразно предусмотреть при конструировании корпуса приливы, а отверстия в корпусе расточить в размер 72Н7.

2. Втулки 17, 18, 26, 28 различаются по длине или наружному диаметру, хотя имеют одинаковый внутренний диаметр; их можно сделать одинаковыми по всем параметрам.

3. Крепежные винты 9 и 10 отличаются диаметром и длиной резьбы, хотя имеется возможность применить для крепления фланцев и крышек винты одного типоразмера.

4. Крышки 29 и 19 должны быть одинаковыми по размерам и конфигурации (в рассматриваемом случае они несколько различаются).

5. Шлицевые соединения кулачковых муфт 23 и 25 с валом имеют неодинаковые размеры, и кроме того центрирование для подвижных соединений должно осуществляться не по наружному (как в данном случае), а по внутреннему диаметру.

6. Наружные и внутренние диаметры кулачков у деталей 21, 23, 25, 27 неодинаковы, что затрудняет их изготовление.

Качественная оценка технологичности и ее учет в процессе конструирования изделия позволяют в дальнейшем при изготовлении существенно увеличить производительность труда и уменьшить себестоимость выпускаемой продукции.

Все предлагаемые студентом изменения конструкции должны быть технически обоснованы. Эскизы измененных конструкций изделия или сборочной единицы приводят в пояснительной записке рядом с эскизами соответствующих конструкций (см., например, рис. 2.2). Если вносимые изменения представляют существенный интерес, допускается выносить чертежи конструкций, отработанных на технологичность, в графическую часть проекта. Дальнейшая разработка как технологии сборки, так и технологии изготовления деталей производится по измененной студентом конструкции (все изменения должны быть одобрены консультантом проекта).

2.2. Анализ технологичности конструкции детали

В этом разделе необходимо выявить исполнительные поверхности детали, непосредственно которыми она выполняет свое служебное назначение, и определить конструкторские или сборочные базы, которыми она ориентируется в определенном положении в сборочной единице. При технологическом анализе чертежа могут быть выявлены нетехнологичные элементы. При этом в ряде случаев в конструкцию могут быть внесены целесообразные изменения. Анализ технологичности рекомендуется проводить в следующей последовательности (см. специальное учебное пособие [27]):

- на основании изучения условий работы конструкции, а также предложенного в задании масштаба производства проанализировать возможность ее упрощения, например замены сварной, армированной или сборочной конструкцией, а также возможность и целесообразность замены материала;

- установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки;

- определить целесообразность назначения размеров обрабатываемых поверхностей, труднодоступные для обработки места;

- определить технологическую увязку размеров, оговоренных допусками, шероховатость, необходимость дополнительных технологических операций для получения высокой точности и чистоты обрабатываемых поверхностей;

- увязать указанные на чертежах допускаемые отклонения размеров, шероховатость поверхностей и пространственные отклонения по геометрической форме и взаимному расположению поверхностей с геометрическими погрешностями станков;

- определить возможность непосредственного измерения заданных на чертеже размеров;

- определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании, целесообразность и возможность введения искусственных баз;

- определить необходимость дополнительных технологических операций, вызванных специфическими требованиями (например, допускаемыми отклонениями в массе детали), и возможность изменения этих требований;

- проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки, учитывая экономические факторы;

- предусмотреть в конструкциях деталей, подвергающихся термической обработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения, и определить, правильно ли выбраны материалы с учетом термической обработки. Например, для валов указывают:

а) можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами;
б) убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала;
в) можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов или исключить их вообще, и как это повлияет на коэффициент использования металла;

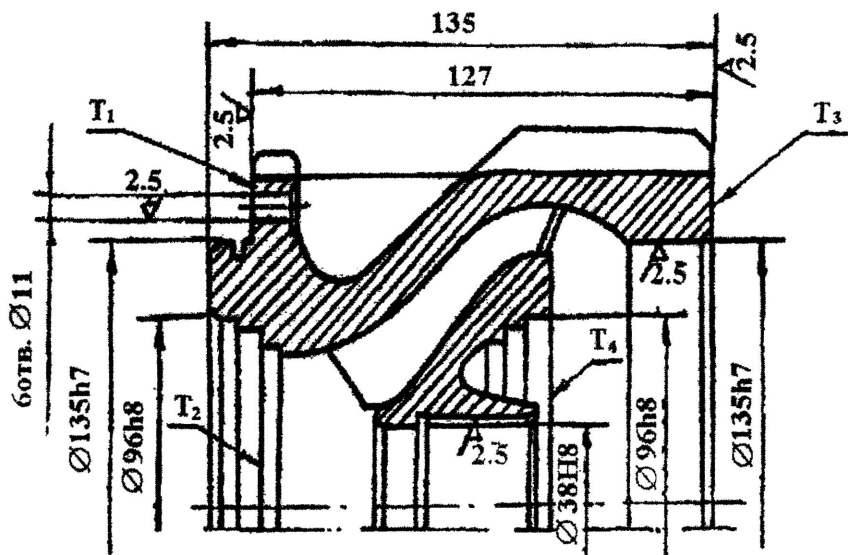
г) можно ли заменить закрытые шпоночные пазы открытыми, которые обрабатываются гораздо производительнее дисковыми фрезами;

д) имеют ли поперечные канавки форму и размеры, пригодные для обработки на гидрокопировальных станках;

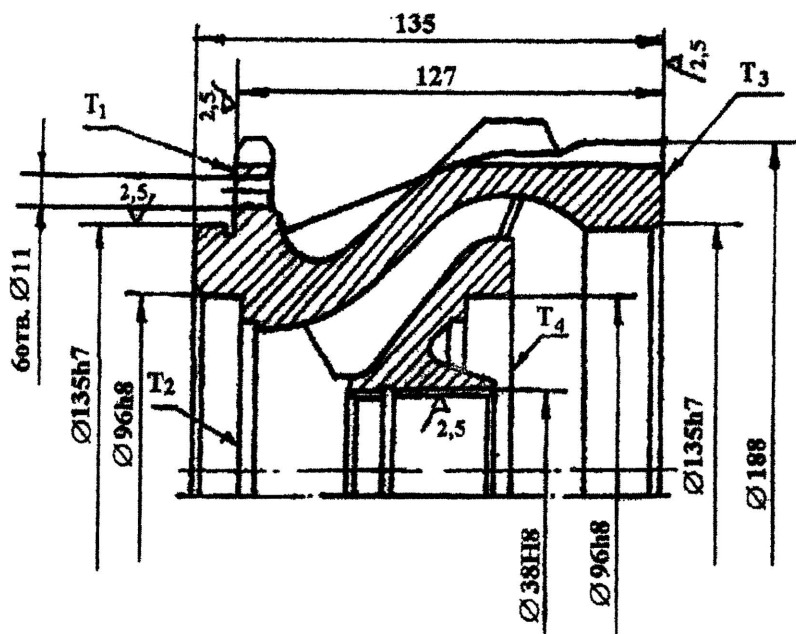
е) допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки (вал считается недостаточно жестким для получения точности 7-8 квалитетов при отношении его длины к диаметру больше 10-12; для валов, изготавливаемых по более низким квалитетам точности, это отношение может быть равно 15; при многолезвовой обработке это отношение следует уменьшить до 10).

Подобным образом проводится анализ и других деталей. В качестве примера дана технологическая проработка конструкции корпуса насоса (рис. 2.3, а).

Корпус является телом вращения фланцевого типа с ребрами жесткости, между которыми на фланце расположены 8 отверстий и цековок под гайки соединительных шпилек. На цилиндрическом уступе выполнена канавка под уплотнительное кольцо. На внутренних поверхностях слева и справа имеются по три цилиндрических расточки, а в центральном отверстии – глухой паз. Токарная обработка выполняется на токарно-револьверных станках и многолезвовых полуавтоматах с помощью многолезвовых державок. Отверстия и цековочные уступы обрабатывались последовательно на радиально-сверлильных станках. Глухой паз получали на долбежном станке или строжкой на револьверном специальном резцом. С целью снижения трудоемкости обработки корпусов были предложены и реализованы следующие мероприятия по изменению конструкции (см. рис. 2.3, б):



а



б

Рис. 2.3. Корпус насоса до (а) и после (б) технологической проработки

- изменена форма ребер жесткости, что позволило заменить получение цековочных уступов на радиально-сверлильном станке подрезкой резцом при токарной обработке;
- разрешена технологическая проточка с правой стороны для базы;
- изменено расположение канавки под уплотнительное кольцо, что позволило подрезать левый торец фланца и проточить канавку одним специальным резцом на многорезцовом полуавтомате;
- вместо трех уступов внутри корпуса сделано по два, что упростило наладку;
- глухой паз в центральном отверстии заменен сквозным и применено высокопроизводительное протягивание вместо долбления и строжки. После проведенного анализа технологичности все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы в расчетно-пояснительной записке. Ряд этих предложений по согласованию с руководителем проекта (или консультантом) может быть внесен в конструкцию детали. В этом же разделе следует привести данные о материале детали: по химическому составу, механическим свойствам до и после термической обработки.

Необходимо дать оценку обрабатываемости материала резанием лезвийным и абразивным инструментом. При наличии термической обработки необходимо обосновать выбор операции технологической обработки, указав цель введения операции и ожидаемый результат изменения механических свойств материала детали.

Следует точно определить место термических операций в общем процессе механической обработки детали. Рекомендуются вскрыть физическую сущность термических операций и привести технологические режимы их выполнения (температуру нагрева, время выдержки, скорость охлаждения, вид охлаждающей среды и т. п.).

2.3. Определение типа производства и формы его организации

В машиностроении условно различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. В *массовом* производстве изделия изготавливаются непрерывно в течение нескольких лет. Характерным признаком массового производства является выполнение на большинстве рабочих мест только одной рабочей операции. В *серийном* – изготавливают изделия партиями, повторяющимися через определённые

промежутки времени. Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах нескольких повторяющихся операций. В *единичном* – изготавливаются изделия широкой номенклатуры в малых количествах, которые либо не повторяются совершенно, либо повторяются через определённое время.

В данном разделе необходимо установить тип производства, основываясь на следующих рекомендациях. Серийность производства определяется числом операций, закрепленных за рабочим местом [26]. При курсовом проектировании можно считать, что тип производства зависит от двух факторов, а именно заданной программы и массы деталей (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Серийность производства	Количество обрабатываемых за год деталей одного наименования		
	тяжёлых (свыше 5000 кг)	средних (от 30 до 500 кг)	легких (до 30 кг)
Единичное	до 5	до 10	до 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Серийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	свыше 1000	свыше 5000	свыше 50000

Для серийного производства рассчитывается оптимальное количество деталей в партии одновременного запуска по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.1)$$

где a – необходимый запас деталей на складе (для крупных деталей 2-3 дня, для мелких 5-10 дней); F – число дней в году.

Так как партия деталей представляет количество, которое изготавливается на рабочем месте с однократной затратой подготовительно-заключительного времени, то её размер оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели и организацию производства. Увеличение размера партии повышает производительность труда, снижает себестоимость деталей и улучшает использование оборудования, так как при этом уменьшаются затраты на переналадку. В то же время увеличение размера партии ведет к удлинению производственного цикла, а следовательно, и к росту незавершённого произ-

водства – замедлению оборачиваемости оборотных средств предприятия, а также к увеличению площади складских помещений.

Приведенная выше формула позволяет приблизительно определить минимальный размер партии, который должен быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. С этой целью размер партии устанавливается исходя из полной загрузки оборудования или рабочих мест в течение целого числа смен, кратного числу рабочих дней в планируемом периоде (месяц, декада и т.д.).

2.4. Последовательность разработки технологических процессов сборки сборочных единиц

2.4.1. Маршрутный технологический процесс сборки изделия или сборочной единицы

Закончив изучение и анализ технических требований к изделию (например, рис 2.4), мысленно расчлняют его на сборочные единицы 1, 2, ..., n-го порядка и отдельные детали. Независимо от типа и организации производства на основе сборочного чертежа составляют сначала схему общей сборки (см. рис. 2.5, а), а затем узловой (см. рис. 2.5, б), которые в наглядной форме определяют последовательность выполнения соединения, т. е. маршрутную технологию сборки изделия и его составных частей. При сборке особо крупных изделий составляют схему их разборки перед транспортированием и схему последующей сборки у заказчика.

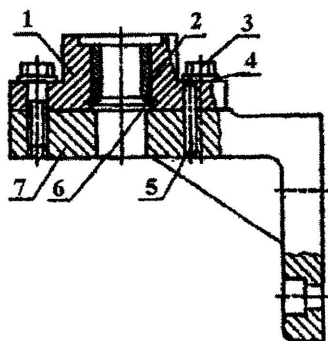


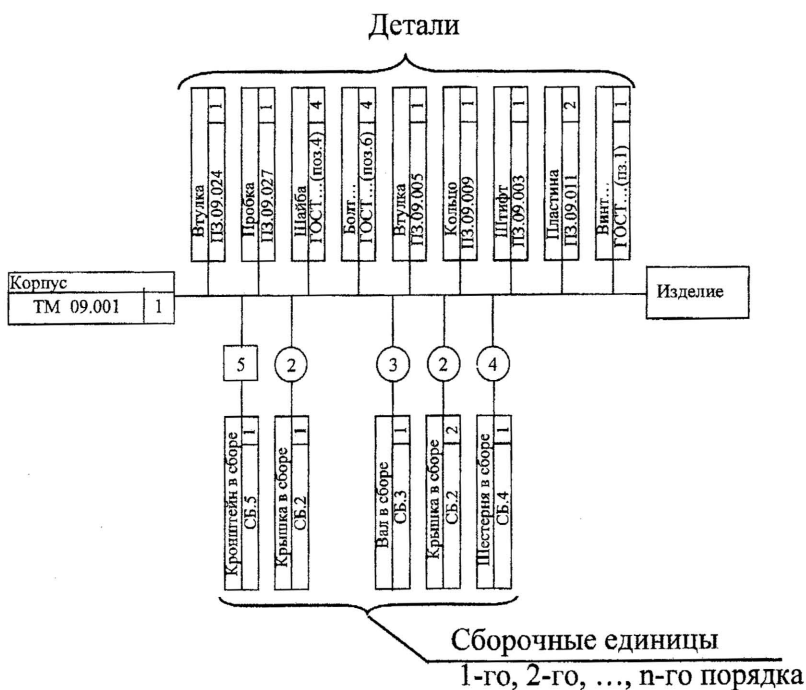
Рис. 2.4. Сборочная единица (кронштейн с крышкой)

Последовательность общей сборки изделия в основном определяется его конструктивными особенностями и принятыми методами достижения требуемой точности, а поэтому не может быть произвольной. На этом этапе весьма важно правильно выделить в изделии сборочные единицы соответствующего порядка, которые характеризуются независимостью и законченностью сборки, а при транспортировании по рабочим местам сборки не распадаются на отдельные детали

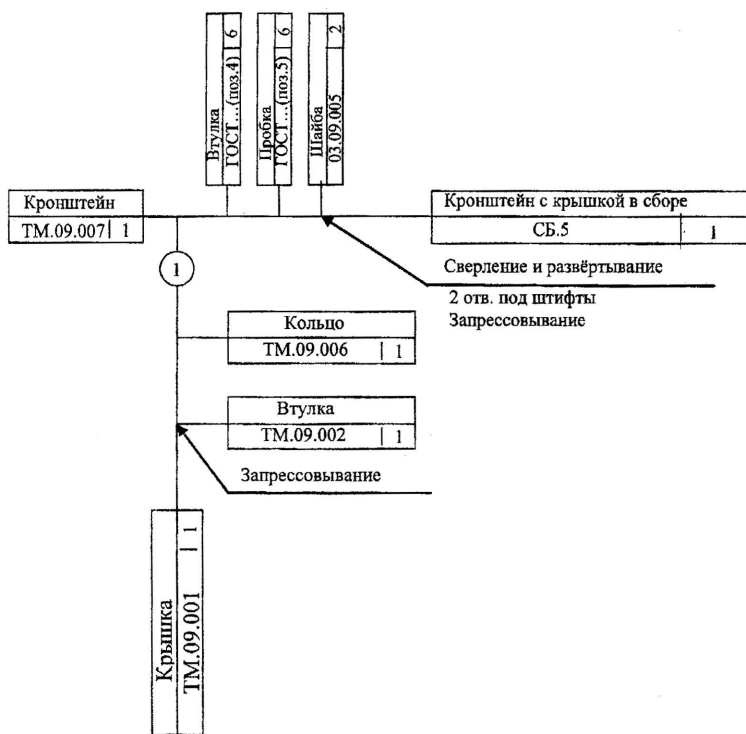
При определении оптимальной последовательности сборки исходят из следующих принципов:

1. Общую сборку изделия следует начинать с установки на сборочном стенде или конвейере базирующей детали изделия, после чего уточняют последовательность установки на нее остальных сборочных единиц и деталей.

2. Дальнейшую сборку начинают с тех сборочных единиц или деталей, размеры и относительные положения поверхностей которых являются общими звеньями, принадлежащими наибольшему



а



б

Рис. 2.5. Схема общей (а) и узловой (б) сборки

количеству размерных цепей.

3. Далее постепенно переходят к сборке тех сборочных единиц и деталей, размеры и относительные положения поверхностей которых являются общими звеньями, принадлежащими последовательно уменьшающемуся числу размерных цепей. При прочих равных условиях сборку начинают с той размерной цепи, при помощи которой решается наиболее ответственная задача.

4. В каждой из размерных цепей сборку следует начинать с тех сборочных единиц и деталей, линейные и угловые размеры которых являются звеньями основной ветви размерной цепи, т. е. ветви, не содержащей исходного (замыкающего) звена.

5. В размерных цепях, где конструкцией машины намечено по-

лучить требуемую точность замыкающего звена методом регулировки, находят компенсирующие звенья и детали, выполняющие роль неподвижных или подвижных компенсаторов. Если необходимо, производят подсчет числа ступеней неподвижных компенсаторов, устанавливают их размеры, допуски и необходимое число компенсаторов каждой ступени размеров. При подвижных компенсаторах необходимо проверить достаточную максимальную величину компенсации и возможность перемещения на эту величину подвижного компенсатора.

6. В размерных цепях, в которых конструкцией машины задано получить требуемую точность замыкающего звена методом пригонки, следует проверить, правильно ли выбрано (или произвести выбор) компенсирующее звено и позволяет ли его номинальный размер обеспечить пригонку. При обнаружении ошибок следует произвести расчеты и внести изменения.

7. В размерных цепях, точность замыкающего звена которых намечено получить методом групповой взаимозаменяемости, необходимо проверить правильность расчета допусков и число намеченных групп деталей.

В курсовом проекте допускается графическое изображение схемы сборки в различных видах. Например, на рис. 2.5, б дан возможный вариант изображения схемы сборки узла по рис. 2.4. Правила и примеры построения схемы сборки представлены в литературе [12, 28, 57]. Дополнительно следует обратить внимание на следующее:

1. Располагать схему сборки рекомендуется по горизонтали.

2. Изображение общей сборки изделия, а также любой сборочной единицы следует начинать с базирующей детали.

3. Следить за последовательностью установки сборочных единиц и деталей во времени, а также за последовательностью основных и вспомогательных работ, выполняемых при сборке, делая соответствующие надписи на схеме сборки.

Составленная схема сборки является основой для проектирования маршрутного технологического процесса сборки изделия, устанавливающего последовательность и содержание технологических и вспомогательных операций сборки. При этом последовательность выполнения переходов должна строго регламентироваться схемой сборки. На этом этапе производят также предварительный выбор средств технологического оснащения, используемых при сборке, устанавливают число сборщиков и их квалификацию.

2.4.2. Разработка технологических операций

Установив перечень сборочных работ, наиболее производительные, экономичные и технически целесообразные способы соединения, проверки положения и фиксации всех составляющих изделия сборочных единиц и деталей, на основе схемы сборки определяют содержание операций, выбирают для их выполнения средства технологического оснащения (верстаки, станды, прессы и т. п.), устанавливают способ транспортирования и ориентации сборочных единиц и деталей на каждом рабочем месте, задают методы контроля и окончательных испытаний изделия, разрабатывают технические задания на нестандартную технологическую оснастку.

Для формирования операций из переходов производят нормирование сборочных работ по нормативам на слесарно-сборочные работы [51, 52]. Время контрольных операций, а также время таких переходов, как опилование, промывка, сушка, протирка или смазывание поверхностей деталей необходимо учитывать при нормировании работ по сборке изделия. Для заданной производительности и качества сборки производят расчет режимов выполнения переходов сборки (температуры, силы запрессовки, момента затяжки резьбовых соединений и т. п.), определяют настроечные размеры для механизированных инструментов. При формировании технологических операций сборки следует по возможности в их состав включать однородные работы, причем для синхронизации операций по такту содержание операций устанавливают с учетом трудоемкости отдельных элементов сборочных работ. Пригодные работы, испытания и контроль выделяют в отдельные операции.

Осуществляемые в процессе сборки контрольные операции позволяют установить степень соответствия относительного положения и перемещения исполнительных поверхностей техническим требованиям на сборку. Примеры разработки методов контроля приведены в работах [20, 24, 26].

Учитывая большую трудоемкость сборки машин, составляющую 20 ... 45 % общей трудоемкости их изготовления и требующую, как правило, значительных затрат физических сил сборщиков, важной задачей проектирования технологического процесса сборки является повышение производительности слесарно-сборочных работ путем их механизации и автоматизации. Применение различных сборочных при-

способлений и стандов, а также механизированных универсальных, унифицированных и специальных сборочных инструментов становится обязательным элементом технологического процесса сборки изделия.

В массовом производстве технологический процесс сборки разделяют на операции исходя из условия, чтобы штучное время операции было равно или кратно такту. Поэтому на данном этапе проектирования возможны частичные изменения последовательности сборки изделия, совмещение и расчленение операций, изыскание более производительных методов сборки, оборудования и оснастки, а также корректирование режимов работы оборудования. Коэффициент загрузки всех рабочих мест сборочной линии K_3 должен быть не менее 0,90 ... 0,95. Для серийного производства содержание операций принимают из расчета достаточно высокой загрузки рабочих мест узловой и общей сборки данного изделия и других периодически сменяемых партиями изделий. Если $K_3 < (0,5 \dots 0,7)$; то следует или уменьшить число стандов общей сборки путем сокращения штучного времени сборки каждого изделия партии, или догрузить сборочный стенд сборкой других изделий. Одновременно производят окончательный выбор применяемых при сборке средств технологического оснащения. Составляют техническое задание на проектирование оригинального сборочного приспособления, испытательного станда, средств автоматизации и механизации сборки. Технический проект разработанной студентом конструкции должен быть представлен в графической части проекта. Уточнив структуру и содержание операций, переходят к их техническому нормированию; корректируя ранее установленные нормы времени, определяют профессию и квалификацию сборщиков [41, 52].

Затем подсчитывают затраты времени на сборку каждой сборочной единицы и трудоемкость всей сборки. Составляют циклограмму сборки и определяют число рабочих мест и число сборщиков. Пример оформления циклограммы согласно схеме сборки (рис. 2.5) показан на рис. 2.6.

№ операции	Наименование операции	$T_{шт.}$, мин	Цикл работы $T_{ц} = 10,46$ мин $T_{т} = 2,3$ мин
5	Комплектовочная (сб. 2, 3, 4)	2,05	
10	Общая сборка (сб. 5)	2,24	
15	Сборка	2,0	
20	Сборка	2,13	
25	Сборка	2,04	

Рис. 2.6. Циклограмма сборки

Одновременно уточняют порядок сборки изделия и его сборочных единиц и выбирают средства транспортирования собираемого изделия (если выбрана подвижная сборка) с учетом удобства сборки и доступности к изделию с разных сторон. При построении циклограммы сборки необходимо стремиться к сокращению производственного цикла путем совмещения во времени тех сборочных операций, которые можно выполнить независимо одна от другой (например, операции 5, 10, рис. 2.6), или применения высокопроизводительного сборочного оборудования и оснастки для снижения себестоимости выполнения сборки. При выравнивании штучного времени операций по такту или обеспечении кратности $T_{шт.}$ такту допустимо увеличение (до 3 %) или уменьшение (до 10 %) длительности отдельных операций по сравнению с тактом. Вопросы формирования операций и установления нормы времени требуют тщательной проработки при автоматизации и роботизации как основных, так и вспомогательных операций сборки.

Результаты проектирования операций студент записывает в технологическую карту сборки. В зависимости от типа производства разрабатывают следующую технологическую документацию: для единичного производства разрабатывают маршрутную технологическую карту, для серийного и массового производства – маршрутно-операционную и операционную технологические карты. Примеры заполнения технологических карт даны в рис. 2.7 и 2.8.

При заполнении технологических карт студент устанавливает норму времени на каждый переход операции сборки.

Штучное время на сборочную операцию массового производства рассчитывают по формуле

$$T_{\text{шт.}} = (T_{\text{O}} + T_{\text{B}}) \left(1 + \frac{A_{\text{обс}} + A_{\text{отд}}}{100} \right) K_1, \quad (22)$$

где T_{O} – основное технологическое время, мин; T_{B} – вспомогательное время, мин; $A_{\text{обс}}$ – время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени ($T_{\text{O}} + T_{\text{B}}$) мин; $A_{\text{отд}}$ – время на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени, мин; K_1 – поправочный коэффициент на оперативное время, учитывающий число приемов, выполняемых сборщиком. Следует обратить внимание на то, что в нормативах на слесарно-сборочные работы оперативное время ($T_{\text{O}} + T_{\text{B}}$) на переходы по выполнению соединений и слесарных работ дается без разделения на основное и вспомогательное. На работы, не являющиеся переходами, дается только вспомогательное время, например на установку, снятие, повороты базовых деталей и сборочных единиц, промывку, продувку воздухом, протирку и т. п. Время обслуживания $A_{\text{обс}}$ рабочего места устанавливают в зависимости от вида сборочных работ в размере 2...6 % от оперативного времени, а время на перерывы для отдыха и удовлетворения естественных надобностей принимают в размере 4...6 % от оперативного времени. При конвейерной сборке рекомендуется устанавливать перерыв на 10 мин через каждые 1 ч 40 мин работы. Пример нормирования сборки кронштейна с крышкой (рис. 2.5, б) по нормативам [51] приведен в табл. 2.2. Общая масса кронштейна 1,4 кг, число деталей 18, тип производства – массовое.

ГОСТ 3.1118-82										Форма 2	
Имя	Время	Дата								2	1
Разработчик			КузГТУ				АБВГ 101800432				
Наименование изделия, наименование операции											
1. Проверка комплектности материалов											
2. Проверка качества сборки											
3. Проверка качества сборки											
4. Проверка качества сборки											
5. Проверка качества сборки											
6. Проверка качества сборки											
7. Проверка качества сборки											
8. Проверка качества сборки											
9. Проверка качества сборки											
10. Проверка качества сборки											
11. Проверка качества сборки											
12. Проверка качества сборки											
13. Проверка качества сборки											
14. Проверка качества сборки											
15. Проверка качества сборки											
16. Проверка качества сборки											
17. Проверка качества сборки											
18. Проверка качества сборки											
19. Проверка качества сборки											
МК											

Рис. 2.7. Пример оформления маршрутной карты слесарно-сборочных работ

ГОСТ 51407-86										Форма 1	
Имя	Время	Дата								1	1
Разработчик			КузГТУ				АБВГ.ХХХХХ.ХХХ		К.01188.07445		
Наименование изделия, наименование операции											
01 Сборка											
02 Проверка качества сборки											
03 Проверка качества сборки											
04 Проверка качества сборки											
05 Проверка качества сборки											
06 Проверка качества сборки											
07 Проверка качества сборки											
08 Проверка качества сборки											
09 Проверка качества сборки											
10 Проверка качества сборки											
11 Проверка качества сборки											
12 Проверка качества сборки											
13 Проверка качества сборки											
14 Проверка качества сборки											
15 Проверка качества сборки											
16 Проверка качества сборки											
17 Проверка качества сборки											
18 Проверка качества сборки											
19 Проверка качества сборки											
ОК											

Рис. 2.8. Пример оформления операционной карты

Таблица 2.2

№ рабочей позиции и содержание работы	Факторы	№ карты и позиция [51]	Оперативное время $T_{оп}$, мин
1. Взять крышку (сб. 1), установить кронштейн, совместить отверстия крышки с кронштейном	Масса крышки (0,3 кг). Диаметр крышки (140 мм). Число отверстий (шесть)	К. 46, п. 17	0,037
2. Взять шесть шайб, надеть на болты	Тип шайбы (простая). Диаметр шайбы (10,5 мм). Длина продвижения (15 мм)	К. 57, п. 2	0,114 (0,019×6)
3. Взять шесть болтов с шайбами и вставить их в отверстия крышки	Число и размер болтов (болт М10×1,25). Длина продвижения (30 мм)	К. 56, п. 1	0,144 (0,024×6)
4. Взять шесть болтов и завернуть на 2-3 нитки вручную	Число и размер болтов (болт М10×1,25)	К. 63, п. 1	0,354 (0,059×6)
5. Подтянуть пневмогайковерт к месту крепления крышки с кронштейном, включить его	Длина перемещения (1 м)	К. 14, п. 5	0,023
6. Завернуть окончательно шесть болтов пневмогайковертом	Число и размер болтов (болт М10×1,25). Длина заворачивания (8 мм)	К. 65, п. 2	0,126 (0,021×6)
7. Включить электродрель и перевести в исходное положение	Длина перемещения (1 м)	К. 14, п. 6	0,016
8. Сверлить и развернуть два отверстия	Диаметр сверла (5,8 мм). Диаметр развертки (6 мм). Длина отверстия (10 мм)	К. 41, п. 2, п. 17 К. 41, п. 4, п. 17	0,75 (0,3+0,15- -3)

9. Запрессовать два штифта вручную	Диаметр штифта (6 мм)	К. 62, п. 6	0,216 (0,108×2)
		Итого	1,78 мин
10. Организационно-техническое обслуживание рабочего места	Сборочный стенд. Работа производится механизированным инструментом	К. 1, п. 2	$A_{\text{обс}} = 4\%$
11. Отдых и личные надобности ($A_{\text{отд}}$). Поправочный коэффициент на условия выполнения работы (K_2)	Грузооборот за смену до 1 т	К. 4, п. 1, п. 3, К.7	$A_{\text{отд}} = 9\%$ (6%+1%+2%) $K_2=1$
12. Поправочный коэффициент на число выполняемых приемов	Число приемов	К. 5, п. 3	$K=1,05$

Норма времени по этому примеру

$$N_{\text{вр}} = \sum T_{\text{оп}} \left(1 + \frac{A_{\text{обс}} + A_{\text{отд}}}{100} \right) K \cdot K_2 = 1,78 \cdot \left(1 + \frac{4+9}{100} \right) \cdot 1 \cdot 1,05 = 2,11.$$

При сборке изделий партиями с помощью нормативов должны быть учтены затраты времени $T_{\text{п.з}}$ на подготовку сборочных работ для данной партии. В этом случае сборку ведут по принципам серийного производства, т. е. на одном рабочем месте периодически собирают различные изделия или сборочные единицы по типу поточной или стационарной (при малом выпуске изделий) сборки. Задача студента – объединить выявленные при этом сборочные работы и установить нормы на них. При сборке изделий партиями определяют штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.-к}} = T_{\text{шт.}} + T_{\text{п.з}} / n, \quad (2.3)$$

где n – размер партии.

При поточной сборке в состав $T_{\text{шт.}}$ включают время $T_{\text{п}}$ на перемещение собираемого изделия (при периодически движущемся конвейере) и на возвращение рабочего в исходную позицию (при непрерывно движущемся конвейере). Если $T_{\text{п}}$ перекрывается другими элементами $T_{\text{шт.}}$, то оно не учитывается.

Расчитанное штучное время на операцию $T_{шт.}$ или $T_{шт.-к}$ заносят в технологическую карту (см. рис. 2.8). При необходимости к технологическим картам сборки в пояснительной записке прилагают технологические эскизы на отдельные операции.

Суммируя трудоемкость отдельных операций, определяют трудоемкость $T_{сб}$ сборки всего изделия или сборочной единицы, число необходимых рабочих мест или позиций q и потоков j , необходимых для сборки одинаковых изделий:

$$T_{сб} = \sum_{i=1}^m T_{шт.-к} \quad (2.4)$$

где m – число операций, необходимых для сборки изделия или сборочной единицы.

2.4.3. Оформление технологической документации сборки изделия

Выбор документов соответствующих видов в зависимости от типа и характера производства, стадии разработки технологической документации, степени детализации описания и применяемых методов сборки устанавливает разработчик документов.

Требования к построению и заполнению операционных карт (ОК) устанавливает ГОСТ 3.1407-86 (формы 1 и 1а, 2 и 2а, 3 и 3а). Этот стандарт предусматривает возможность применения форм маршрутных карт (МК) в качестве других технологических документов; карт технологического процесса (КТП), карт типового технологического процесса (КТТП), карт технологической информации (КТИ); ведомости деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции) (ВТП, ВТО); операционных карт (ОК); комплектовочной карты (КК) и др. При этом в графе 28 блока Б6 основной надписи карты по ГОСТ 3.1103-82 следует проставлять через дробь условное обозначение соответствующего вида документа, функции которого выполняет МК, например МК/КТП, МК/ОК и т. д. Наиболее удобными формами являются форма 2 и 16 МК по ГОСТ 3.118-82 и ОК формы 1 и 1а по ГОСТ 3.1407-86. Общие требования к формам, бланкам и их оформлению устанавливает ГОСТ 3.1104-81. После разработки технологического процесса сборки заполняют технологические документы, состав которых приведен в табл. 2.3.

Технологические документы, используемые в курсовых проектах
при разработке технологических процессов сборки
(по ГОСТ 3.1119-83 и ГОСТ 3.1121-84)

(Условное обозначение документа по ГОСТ 3.1102-81)

Технологический процесс	Описание технологического процесса (операции)	
	маршрутное	маршрутно-операционное, операционное
Единичный	ТЛ, МК*, ВО, ВСИ, КЭ	ТЛ, МК*, ОК, ВО, ВОП*, ВСИ, КЭ, КК
		ТЛ, МК*, ОК, ВО, КК, КЭ
Типовой, групповой	ТЛ, МК*, ВТД, ВТП*, ВО, ВСИ, КК, КЭ	ТЛ, МК*, ОК, ВТД, ВО, КК, КТИ*, ВСИ, КЭ
		ТЛ, КТПП*, МК, ОК, ВТД, ВО, КК, КТИ*, ВСИ, КЭ

Условные обозначения. ТЛ – титульный лист; МК – маршрутная карта; ВО – ведомость оснастки; ВСИ – ведомость сборки изделия; КЭ – карта эскизов; ВТП – ведомость (деталей, сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции); КК – комплектующая карта; ОК – операционная карта; ВОП – ведомость операций; КТИ – карта технологической информации; КТПП – карта типового технологического процесса; ВТД – ведомость технологической документации.

Примечание. Звездочкой отмечены документы, необходимые для разработки.

В курсовых проектах технологические документы заполняют рукописным способом – высота букв и цифр не менее 2,5 мм – на соответствующих бланках черной пастой, чернилами или тушью.

Термины и определения основных понятий и определений технологических процессов изготовления и ремонта изделий машиностроения и приборостроения должны соответствовать ГОСТ 3.1109-82, условные обозначения, наименования, сокращения слов и словосочетаний, применяемые в описании технологии сборки, – ГОСТ 3.1703-79. При необходимости составляют эскизы отдельных технологических операций и переходов сборки (рис. 2.9), а также методов межоперационного контроля.

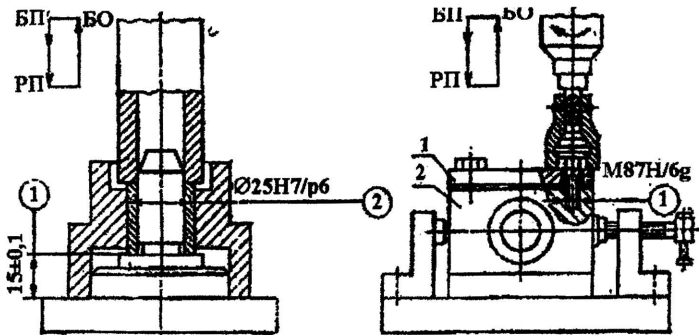


Рис. 2.9. Примеры технологических эскизов сборки

Эскизы выполняют в пояснительной записке (ПЗ) на картах эскизов по форме 5 ГОСТ 3.1105-84 или на листах графической части проектов. Правила записи операций и переходов в документах, применяемых при проектировании технологических процессов и операций, связанных с выполнением слесарных и слесарно-сборочных работ, регламентированы ГОСТ 3.1703-79.

Запись содержания операций, выполняемых в серийном и массовом производствах, производят в форме операционного описания, а выполняемых в единичном и опытном производствах – в форме маршрутного или маршрутно-операционного описания.

Допускается полная и сокращенная форма записи содержания операции и перехода. Полная запись характерна для переходов, не имеющих графических иллюстраций (на картах эскизов). В содержание операции (перехода) должны быть включены: ключевое слово – наименование действия, включающего определенные методы обработки или сборки изделий, выраженное глаголом в неопределенной форме; дополнительная информация, характеризующая число обрабатываемых элементов поверхностей (например, сверлить 3 отв.), наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов, информация по размерам или их условным обозначениям.

В качестве примера приведем полную запись двух переходов сборочной операции: «Развальцевать поверхность 1, выдерживая раз-

мер 2», «Свинтить детали 2 и 3, выдерживая размер 1». Эти же переходы в сокращенной записи: «Развальцевать пов. 1 согласно чертежу», «Свинтить детали 2 и 3 согласно чертежу». При наличии графических материалов (карты эскизов) указывать обозначение размеров или другой дополнительной информации не обязательно. Например, запись «Опилить заготовку, выдерживая размеры 1 и 2» можно дать в виде «Опилить заготовку по чертежу».

2.5. Последовательность разработки технологического процесса механической обработки деталей резанием

2.5.1. Анализ служебного назначения детали и ТУ на изготовление

Производится на основании служебного назначения изделия, сформулированного на стадии проектирования ТП сборки. Здесь же критически анализируются или заново формулируются технические требования на деталь исходя из обеспечения служебного назначения.

2.5.2. Классификация и группирование деталей

При организации группового производства этот этап является обязательным [45]. Для учебного курсового проекта при проектировании единичного ТП этап может быть опущен. Этап выполняется в следующем порядке:

1. Классификация объектов производства. Проводится по конструктивным и технологическим признакам с учетом типа производства. Целью классификации является разработка унифицированного (типового или группового) ТП. На этой стадии решаются следующие задачи:

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

Для выполнения этапа рекомендуется использовать методику [19].

2. Группирование с учетом плано-организационных признаков (обеспечение оптимальных загрузок оборудования).

2.5.3. Анализ технологичности конструкции детали (см. раздел 2.1)

2.5.4. Выбор технологического процесса-аналога

При выполнении курсового проектирования по реальной тематике в качестве ТП-аналога может быть выбран заводской ТП. В остальных случаях ТП-аналог выбирается по специальной литературе [21, 47, 65]. В этом разделе приводится краткая характеристика ТЦ-аналога с анализом базирования детали, последовательности обработки, факторов, определяющих возможные варианты обработки.

2.5.5. Разработка технологического процесса

Известно, что процесс механической обработки детали есть процесс изменения ее качественного состояния. Целью этого процесса является достижение заданной точности размеров, определяющих взаимное положение поверхностей, и заданных качественных характеристик поверхностей (шероховатость, свойства поверхностного слоя – твердость, структурное состояние и т. д.).

Разработка процесса выполняется в три стадии: выбор заготовки и назначение припусков, составление плана процесса, разработка операций процесса.

2.5.5.1. Выбор вида и метода получения заготовки

В машиностроении основными видами заготовок являются стальные и чугунные отливки, отливки из цветных сплавов, поковки, полученные различными методами (ковкой на молотах, прессах, штампованные поковки).

Вид заготовки существенно влияет на характер технологического процесса, его трудоемкость, а следовательно, на экономичность. Выбор припусков на отливки производится по ГОСТ 26645-93; на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой I на молотах, – по ГОСТ 2829-93; на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах, – по ГОСТ 7069-93; на поковки стальные штампованные – по ГОСТ 7505-90.

Поковки. К конструктивным характеристикам поковки отнесены: класс точности поковки, группа стали, степень сложности, конфигура-

ция поверхности разъема штампа. ГОСТ устанавливает пять классов точности: Т1, Т2, Т3, Т4 и Т5; три группы сталей: М1, М2 и М3; четыре степени сложности: С1, С2, С3, и С4; три вида конфигурации поверхности разъема штампа: плоская (П), симметрично-изогнутая (Ис), несимметрично-изогнутая (Ин).

Класс точности поковки зависит от используемого оборудования и технологического процесса и определяется по табл. 5 прил. 7. Стали с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно отнесены к первой группе – М1. Ко второй группе (М2) отнесены стали с массовой долей углерода 0,35...0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов 2...5 % включительно. Стали с массовой долей углерода выше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов выше 5 % отнесены к третьей группе – М3.

Критерием классификации поковок по степеням сложности является отношение массы (объема) $G_{\text{п}}$ поковки к массе (объему) $G_{\text{ф}}$ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки (шар, параллелепипед, цилиндр или прямая правильная призма). Соотношения между степенями сложности и отношением $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}$ даны в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Соотношения между степенями сложности и отношением $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}$

Степень сложности	$G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}$	
	свыше	включительно
С1	0,63	
С2	0,32	0,63
С3	0,16	0,32
С4		0,16

В качестве показателя, учитывающего в комплексе конструктивные характеристики и массу поковки, принят *исходный индекс* (ИН). По ГОСТу он находится в диапазоне 1...23. Численная величина ИН определяется по формуле

$$\text{ИН} = N1 + (MS - 1) + (ST - 1) + 2 \cdot (KT - 1), \quad (2.5)$$

где N1 – номер интервала массы поковки (табл. 2.5);

MS – группа стали (MS=1 для группы стали М1, MS=2 для группы стали М2, MS=3 для группы стали М3);

ST – степень сложности поковки (ST=1 для C1, ST=2 для C2, ST=3 для C3, ST=4 для C4);

КТ – класс точности (КТ=1 для Т1, КТ=2 для Т2, КТ=3 для Т3, КТ=4 для Т4).

Таблица 2.5

Идентифицированные интервалы масс поковки

Масса поковки, кг		Индекс интервала N1
свыше	включительно	
	до 0,5	1
0,5	1,0	2
1,0	1,8	3
1,8	3,2	4
3,2	5,6	5
5,6	10,0	6
10,0	20,0	7
20,0	50,0	8
50,0	125,0	9
125,0	250,0	10

Класс точности, группа стали, степень сложности и исходный индекс должны быть указаны на чертеже поковки.

Ориентировочно величину расчетной массы поковки (G_n) допускается определять по формуле

$$G_n = MД \cdot K_p, \quad (2.6)$$

где G_n – расчетная масса поковки, кг; МД – масса детали, кг; K_p – расчетный коэффициент, установленный по табл. 2.6.

Примеры назначения припусков и допускаемых отклонений на размеры отливок, поволоков приведены в [63], см. пример.

1. Исходные данные по детали «шестерня», рис. 2.10.

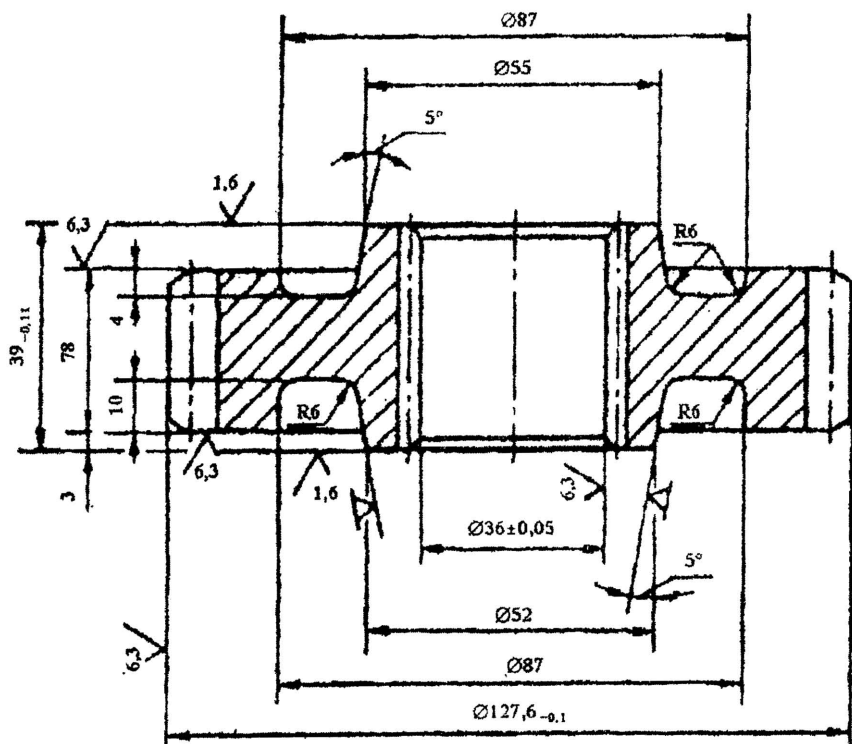


Рис. 2.10. Шестерня

Материал детали – сталь 45X112МФА (по ГОСТ 4543-71):
 $0,42 - 0,50 \% \text{C}$; $0,17 - 0,37 \% \text{Si}$; $0,5 - 0,8 \% \text{Mn}$; $0,8 - 1,1 \% \text{Cr}$;
 $1,3 - 1,8 \% \text{Ni}$; $0,2 - 0,3 \% \text{Mo}$; $0,10 - 0,18 \% \text{V}$
 Масса детали – 1,83 кг.

2. Исходные данные для расчета.

Штамповочное оборудование – кривошипный горячештамповочный пресс. Нагрев заготовок – индукционный. Масса поковки (расчетная) 3,3 кг ($N1 = 5$) (расчетный коэффициент K_p : $1,83; 1,83 \cdot 1,6 = 3,3$ кг, табл. 2.6).

Коэффициент K_p соотношения между массой детали и массой поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	K_p
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3-1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1-1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы, ступицы, гайки	1,5-1,8
2.2	Квадратные, многогранные, прямоугольные	Крестовины, вилки	1,3-1,7
2.3	С отрезками		1,4-1,6
3	Комбинированные (сочетающие элементы групп 1 и 2) конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3-1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1-1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, неформленными в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки, шестерни	1,8-2,2

Класс точности – T1 (KT = 3) (табл. 2.7).

Группа стали – M2 (MS = 2). Средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА 0,46 % С, а суммарная массовая доля легирующих элементов – 3,8 % (0,27 % Si; 0,65 % Mn; 0,9 % Cr; 1,5 % Ni; 0,25 % Mo; 0,14 % V).

Степень сложности – C1 (ST = 1).

Достигаемые классы точности поковок

Основное деформирующее оборудование. Технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы: -открытая (облойная) штамповка -закрытая штамповка				-	+
		+	+		
Выдавливание			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				-	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				
Примечание. Прецизионная штамповка – способ штамповки, обеспечивающий устанавливаемую точность и шероховатость одной или нескольких функциональных поверхностей поковки, которые не подвергаются окончательной обработке. При пламенном нагреве допускается снижение точности для классов T2-T4 на один класс. При холодной или горячей плоскостной калибровке точность принимается на один класс выше.					

Класс точности -- T3 (КТ -3) (табл. 2.7).

Группа стали – М2 (MS = 2). Средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА 0,46 % С, а суммарная массовая доля легирующих элементов - 3,81 % (0,27 % Si; 0,65 % Mn; 0,95 % Cr; 1,55 % Ni; 0,25 % Mo; 0,14 % V).

Степень сложности – С1 (ST =1).

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндр), мм: диаметр – 134,2 (127,8-1,05); высота – 41 (39 – 1,05) (где 1,05 – коэффициент).

Масса описывающей фигуры (расчетная) – 4,55 кг;
 $G_{II}/G_{\Phi} = 3,3/4,550 = 0,72$.

Конфигурация поверхности разъема штампа II (плоская).

Исходный индекс -- 10.

$$IH = N1 + (MS - 1) + (ST - 1) + 2(KT - 1) = 5 + (2 - 1) + (1 - 1) + 2(3 - 1) = 10.$$

Припуски и кузнечные напуски.

Таблица 2.8

Основные припуски на размеры

Наименование размера	Величина размера, мм	Шероховатость поверхности, мкм	Припуск
Диаметр	127,8	6,3	1,6
Диаметр	36	6,3	1,4
Толщина	39	1,6	1,5
Толщина	28	6,3	1,5

Дополнительные припуски, учитывающие смещение по поверхности разъема штампа, – 0,3 мм (табл. 2.9), отклонение от плоскостности – 0,3 мм (табл. 2.10).

Штамповочный уклон:

- на наружной поверхности – не более 5° (табл. 2.11);
- на внутренней поверхности – не более 7° (табл. 2.11).

Размеры поковки и их допускаемые отклонения (рис. 2.12).

Размеры поковки, мм:

- диаметр $127,8 + (1,6 + 0,3) \cdot 2 = 131,6$; диаметр $36 - (1,4 + 0,3) \cdot 2 = 32,6$;
- толщина $39 + (1,5 + 0,3) \cdot 2 = 42,6$; толщина $28 + (1,5 + 0,3) \cdot 2 = 31,5$.

Радиус закругления наружных углов – 2,0 мм (минимальный), принимается 3,0 мм (табл. 2.10). Допускаемые отклонения размеров, мм (табл. 2.11).

Таблица 2.9

Припуски, учитывающие смещение по поверхности разъема штампа

		Допускаемая величина остаточного облоя, мм							
		Плоская поверхность разъема (II)							
		T1	T2	T3	T4	T5			
		Симметрично-изогнутая поверхность разъема (Ic)							
		T1	T2	T3	T4	T5			
Масса поковки, кг		Несимметрично-изогнутая поверхность разъема (Iн)							
св.	до включ.				T1	T2	T3	T4	T5
	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3

Продолжение табл. 2.9

0,5	1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
1,0	1,8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
1,8	3,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
3,2	5,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
5,6	10,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
10,0	20,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
20,0	50,0	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
50,0	125,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6
125,0	250,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0

Таблица 2.10

Припуски, учитывающие отклонения от плоскостности

Наибольший размер поковки, мм		Допускаемое наибольшее отклонение по изогнутости для классов точности				
св.	до включ.	T1	T2	T3	T4	T5
	100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
100	160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
160	250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
250	400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
400	630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
630	1000	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
1000	1600	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
1600	2500	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Таблица 2.11

Штамповочные уклоны

Оборудование	Штамповочные уклоны, град	
	по наружной поверхности	по внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателя	7	10
Прессы с выталкивателями	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

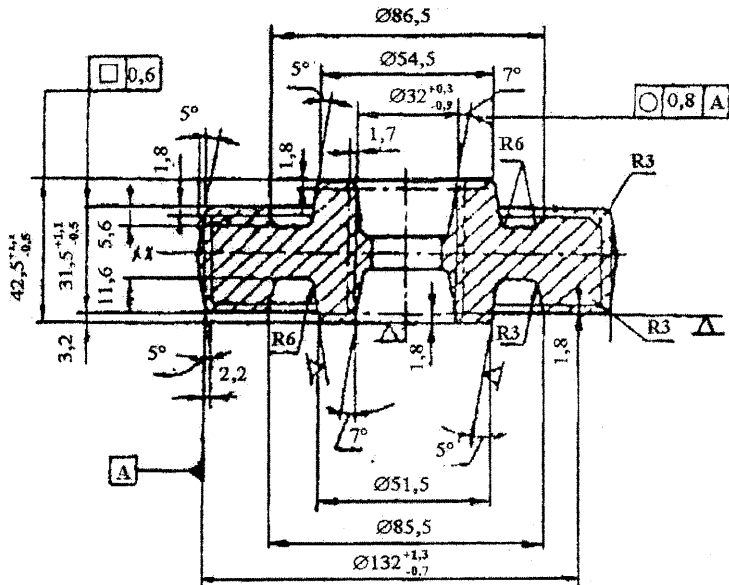


Рис. 2.11. Эскиз заготовки

Диаметр – 31,6; диаметр – 32,6; толщина – 42,6; толщина – 31,6.

Допускаемая величина высоты заусенца – 3,0 мм (для массы поковки св. 1,0 до 5,6 кг включ.).

Таблица 2.12

Радиусы закругления наружных углов

Масса поковки, кг		Минимальная величина радиусов закругления, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
св.	до включ.	до 18 включ.	10-25	25-50	св. 50
	1,0	1,0	1,6	2,0	3,0
1,0	6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
6,3	16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
16,0	40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
40,0	100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
100,0	250,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Допускаемое отклонение от плоскостности – 1,0 мм (табл. 2.13).

Допускаемое отклонение от концентричности пробитого отвер-

ствия относительно внешнего контура – 1,0 мм (табл. 2.14).

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа – 0,6 мм (табл. 2.15).

Допускаемая величина остаточного облюа – 0,8 мм (табл. 2.14).

Таблица 2.13

Допускаемые отклонения от плоскостности

Наибольший размер поковки, мм		Допускаемое наибольшее отклонение по изогнутости для классов точности				
св.	до включ.	T1	T2	T3	T4	T5
	100	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
100	160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
160	250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
250	400	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
400	630	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630	1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
1000	1600	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
1600	2500	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Таблица 2.14

Допускаемые отклонения от концентричности пробного отверстия

Наибольший размер поковки, мм		Допускаемое наибольшее отклонение от концентричности пробного отверстия для классов точности				
св.	до включ.	T1	T2	T3	T4	T5
	100	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
100	160	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
160	250	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
250	400	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
400	630	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
630	1000	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Таблица 2.15

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа

Масса поковки, кг		Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа, мм							
		Плоская поверхность разъема (II)							
		T1	T2	T3	T4	T5			
		Симметрично-изогнутая (Ис)							
				T1	T2	T3	T4	T5	
		Несимметрично-изогнутая (Ин)							
св.	до включ.			T1	T2	T3	T4	T5	
	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
0,5	1,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
1,0	1,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1,8	3,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	
3,2	5,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	
5,6	10,0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	
10,0	20,0	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	
20,0	50,0	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	
50,0	125,0	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	
125,0	250,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0	

Таблица 2.16

Допускаемая величина остаточного облоя

Масса поковки, кг		Допускаемая величина остаточного облоя, мм							
		Плоская поверхности разъема (II)							
		T1	T2	T3	T4	T5			
		Симметрично-изогнутая (Ис)							
				T1	T2	T3	T4	T5	
		Несимметрично-изогнутая (Ин)							
св.	до включ.			T1	T2	T3	T4	T5	
	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,5	1,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0	1,8	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
1,8	3,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
3,2	5,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6

5,6	10,0	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
10,0	20,0	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2
20,0	50,0	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8
50,0	125,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5
125,0	250,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0

Заготовки валов-шестерен, втулок массой 0,1...100 кг с максимальным диаметром до 315 мм получают *штамповкой* на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Производительность до 400 шт/ч. Штамповка производится из прутков и труб горячекатаной стали повышенной точности длиной до 4 метров и диаметром 20...270 мм. Допуски и припуски на поковки регламентируются ГОСТ 7829-70 и ГОСТ 7062-90. В случае если штамповку невозможно выполнить на ГКМ, необходимо предусматривать штамповку на кривошипных прессах. На них можно штамповать детали массой до 200 кг типа плоских шестерен, крестовину с круглой ступицей, ступенчатые валы-рычаги, шатуны и т.п. По сравнению с ковкой на молотах, штамповка на прессах в 2...3 раза производительнее, припуски на 20...25 % ниже, расход металла на 10...15 % меньше. При штамповке необходимо широко использовать профильный прокат, полученный на ковочных вальцах. Эффективна сферодвижная штамповка на гидравлических прессах 140...400 тс. В серийном производстве эффективна деформирующая обработка труб роликами в нагретом состоянии.

Отливки. Точность отливок в песчаные (земляные) формы и припуски на обработку регламентируются ГОСТ 25347-82, ГОСТ 26645-85. Стальные отливки сложной формы массой 50...500 г рекомендуется отливать по выплавляемым моделям. При этом обеспечивается точность по 3...10 качествам точности, а шероховатость до $Rz = 40$ мкм. Детали массой 5...500 кг в серийном, массовом производстве отливаются в металлических формах (кокилях). При этом обеспечивается точность размеров по 15...12 качествам, а шероховатость $Rz = 20...80$ мкм. Заготовки деталей из цветных сплавов массой 0,11...20 кг отливаются в металлических формах под давлением. Обеспечиваемая точность 12...11 качеств, шероховатость до $Ra = 0,63$ мкм. Этот метод литья рентабелен при годовом выпуске отливок 2000 штук и более.

2.5.5.2. Аналитический расчет припусков на обработку поверхностей на всех операциях

Аналитический метод определения припусков предложен проф. В.М. Кованом и учитывает производственные погрешности, возникающие при конкретных условиях обработки заготовки.

Величина припуска определяется следующими составляющими: шероховатостью поверхности, полученной на предшествующем переходе; глубиной дефектного слоя поверхности заготовки после предшествующего перехода; величиной пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей, полученных на предшествующем переходе; погрешностями базирования детали на выполняемом переходе. В этом разделе необходимо определить величину номинального припуска, минимального припуска, максимального припуска, операционные размеры по всем переходам.

Необходимо помнить, что от величины припуска зависит себестоимость изготовления детали.

Аналитический расчет припусков осуществляется по методике, приведенной в учебном пособии [63].

Пример расчета припусков на механическую обработку

Заготовка – сортовой прокат. Рассчитать припуск на обработку поверхности $\varnothing 60h7$ (рис. 2.12).

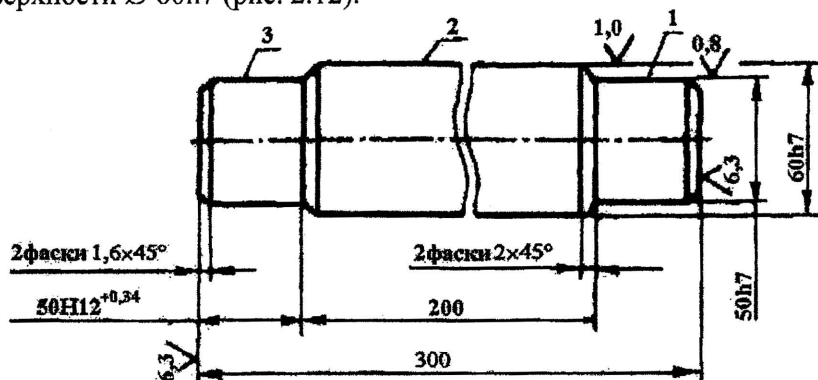


Рис. 12. Заготовка – горячекатаный прокат обычной точности.

Материал – сталь 45. Масса детали – 10,8 кг.

Технические требования: HRC = 41...45. Неуказанная шероховатость поверхностей $Rz = 12,5$ μm .

Решение.

В результате механической обработки требуется получить точность диаметрального размера вала $D_\delta = 60h7$. Предельные отклонения $es_\delta = 0$; $ei_\delta = -0,03$ и допуск $IT_\delta = es_\delta - ei_\delta = 0 - (-0,03) = 0,03$ мм. В качестве заготовки выбран сортовой круглый прокат обычной точности (прил. 7), для которого в диапазоне диаметров $D_3 = 60...68$ мм предельные отклонения и допуск диаметрального размера составляют: $es_3 = 0,5$; $ei_3 = 1,1$ и допуск $IT_3 = es_3 - ei_3 = 0,5 - (-1,1) = 1,6$ мм. Таким образом, в результате механической обработки следует получить требуемое уточнение

$$\varepsilon_{\text{то}} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{1,6}{0,03} = 53,3. \quad (2.7)$$

Необходимую конечную точность размера детали $D_\delta = 60h7$ и шероховатость поверхности $Rz = 6,3$ мкм достигают чистовым шлифованием, которому должно предшествовать предварительное шлифование. На предварительном шлифовании достигают точность размера по IT_8 и шероховатость поверхности $Rz = 10$ мкм.

Для диапазона размеров $D = 50...80$ мм находим по (табл. 6 прил. 8) допуск на операцию предварительного шлифования $T_3 = 0,046$ и устанавливаем предельные отклонения: $es_3 = 0$; $ei_3 = 0,046$ мм. Таким образом, уточнение, получаемое в результате чистового шлифования, составляет

$$\varepsilon_4 = \frac{T_3}{T_d} = \frac{0,046}{0,03} = 1,53. \quad (2.8)$$

Предварительному шлифованию предшествует термообработка – объемная закалка, которая обеспечивает требуемую твердость поверхности HRC 41...45. На термообработку заготовка поступает после чистового точения, в результате которого достигаются точность диаметрального размера IT_{10} и шероховатость поверхности $Rz = 20$ (табл. 6 прил. 8). Согласно табл. 6 прил. 8 определяем допуск на операционный размер чистового точения $T_2 = 0,12$ мм и устанавливаем предельные отклонения: $es_2 = 0$; $ei_2 = -0,12$ мм.

$$\varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3} = \frac{0,12}{0,046} = 2,61. \quad (2.9)$$

Таким образом, предварительное шлифование обеспечивает уточнение. Операции чистового точения предшествует черновое точение, на котором согласно табл. 6 прил. 8 достигают точность диаметрального размера по IT12 и шероховатость, поверхности $Rz = 63$. Из табл. 6 прил. 7 определяем для диапазона $D = 50/80$ мм допуск на операционный размер чернового точения $T_1 = 0,3$.

Следовательно, уточнение на операции чистового точения составляет

$$\varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,3}{0,12} = 2,5. \quad (2.10)$$

Черновое точение выполняют непосредственно по заготовке, т. е. по горячекатаному круглому прутку, а получаемое при этом уточнение составляет

$$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_1} = \frac{1,6}{0,3} = 5,33. \quad (2.11)$$

Тогда общее уточнение, получаемое в результате выполнения выбранных переходов $\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \varepsilon_4 = 15,3 \cdot 2,61 \cdot 2,5 \cdot 5,33 = 53,3$, равно требуемому уточнению $\varepsilon_0 = \varepsilon_{ТД}$, что гарантирует достижение требуемой точности детали.

Таким образом, технологический маршрут обработки включает:

- 05 Токарная черновая $Rz = 6,3$, 12 квалитет, прил. 8, табл. 6)
- 10 Токарная чистовая $Rz = 20$, 10 квалитет, прил. 8, табл. 6)
- 15 Термическая обработка HRC 41...45
- 20 Шлифование предварительное ($Rz = 10$, 8 квалитет, прил. 8 табл. 6)
- 25 Шлифование чистовое ($Rz = 6,3$, 7 квалитет, прил. 8, табл. 6)

Базирование детали при обработке поверхности $\varnothing 60h7$

Черновая обработка вала осуществляется на токарном станке за две установки.

При черновой обработке поверхностей 1 и 2 деталь зажимается в 3-кулачковом самоцентрирующем пневматическом патроне по поверх-

ности 3 и поджимается задним центром.

При чистовой обработке поверхностей 1 и 2 установка детали осуществляется по центровым гнездам.

Предварительное и чистовое шлифование производится на круглошлифовальном станке.

Установка детали осуществляется по центровым гнездам.

Пространственные отклонения

При выполнении первой операции, т. е. чернового точения, пространственные отклонения будут равны пространственным отклонениям заготовки: $\Delta_1 = \Delta_{3АГ}$.

$$\Delta_{3АГ} = \sqrt{\Delta_{КОР}^2 + \Delta_{Ц}^2}, \quad (2.12)$$

$$\Delta_{КОР} = \Delta_{К1}, \quad (3.13)$$

где $l \leq 0,5 \cdot L$ (L – длина детали по чертежу, $L=150$ мм):

$$\Delta_{Ц} = 0,25(ITD^2 + 1)^{0,5}, \quad (2.14)$$

где ITD – допуск на размер поверхности, по которой осуществляется базирование при зацентровке.

Для зацентровки используется поверхность 2, диаметр которой больше 60 мм на величину припуска. По прил. 7 определяем предельные отклонения на этот размер для проката обычной точности. Эти отклонения соответственно равны: $es = +0,5$ мм, $ei = -1,1$ мм. Тогда $ITD = es - ei = 0,5 - (-1,1) = 1,6$ мм.

Погрешность зацентровки

$$\Delta_{Ц} = 0,25(ITD^2 + 1)^{0,5} = 0,25(1,6^2 + 1)^{0,5} = 0,471 \text{ мм.}$$

Для определения величины коробления воспользуемся данными табл. 5 прил. 8. Кривизна профиля сортового проката обычной точности без правки для диаметра до 120 мм равна 0,5 мкм/мм. Тогда $\Delta_{КОР} = \Delta_{К1} = 0,5 \cdot 150 = 75$ мкм = 0,075 мм ($l = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 300 = 150$).

Подставляя полученные данные в формулу для определения пространственных отклонений заготовки, получим

$$\Delta_{3АГ} = \Delta_{КОР}^2 + \Delta_{Ц}^2 = 0,075^2 + 0,471^2 = 0,477 \text{ мм} = 477 \text{ мкм.}$$

При выполнении чистового точения пространственные отклонения будут равны пространственным отклонениям, оставшимся после чернового точения. Величину этих отклонений ($\Delta_{ЧЕРН}$) можно определить по формуле

$$\Delta_{ЧЕРН} = K_y \cdot \Delta_{3АГ}, \quad (2.15)$$

где K_y – коэффициент уточнения (прил. 14). Для чернового точения $K_y = 6,06$. Тогда $\Delta_{ЧЕРН} = K_y \Delta_{3АГ} = 6,06 \cdot 0,477 = 0,028 \text{ мм} = 28 \text{ мкм.}$

После чистового точения согласно маршруту механической обработки производится термообработка. Величину пространственных отклонений, вносимых термообработкой, определим по формуле

$$\Delta_{\text{ТЕРМ}} = 0,001 n_k L / (0,1d + 0,3), \quad (2.16)$$

где $n_k = 1$ (объемная закалка); $d = 60$ мм (обрабатываемый размер).

$$\Delta_{\text{ТЕРМ}} = 0,001 n_k L / (0,1d + 0,3) = 0,001 \cdot 1 \cdot 300 / (0,1 \cdot 60 + 0,3) = 0,047 \text{ мм.}$$

Деталь, поступающая на предварительное шлифование, имеет пространственные отклонения, которые складываются из пространственных отклонений, оставшихся после чистового точения, и пространственных отклонений, внесенных термообработкой, т. е.

$$\Delta_{\text{п}} = (\Delta_{\text{ЧИСТ}} + \Delta_{\text{ТЕРМ}})^{0,5}. \quad (2.17)$$

Пространственные отклонения, оставшиеся после чистового точения, определяются по формуле

$$\Delta_{\text{ЧИСТ}} = K_y \Delta_{\text{ЧЕРН}} = 0,04 \cdot 0,028 = 0,001 \text{ мм,}$$

где $K_y = 0,04$ (прил. 14).

С учетом этого $\Delta = (\Delta_{\text{ЧИСТ}} + \Delta_{\text{ТЕРМ}})^{0,5} = (0,001^2 + 0,047^2)^{0,5} = 0,047 \text{ мм.}$

И, наконец, деталь, поступающая на чистовое шлифование, имеет пространственные отклонения, которые остались после предварительного шлифования. Величина этих отклонений определяется с учетом коэффициента уточнения по формуле $\Delta_{\text{ч}} = K_y \Delta_{\text{п}}$. Коэффициент уточнения $K_y = 0,03$ (прил. 14). Тогда $\Delta_{\text{ч}} = K_y \Delta_{\text{п}} = 0,03 \cdot 0,047 = 0,001 \text{ мм.}$

Погрешности установки на выполняемом переходе

При черновом точении деталь закрепляется в трехкулачковом самоцентрирующем пневматическом патроне и поджимается задним центром. Погрешность базирования в трехкулачковом патроне равна нулю. Погрешность установки (ϵ_y) определяется по формуле

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_3^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_{\text{п}}^2}, \quad (2.18)$$

где ϵ_3 – погрешность закрепления; $\epsilon_{\text{п}}$ – погрешность приспособления.

Погрешность закрепления складывается из двух составляющих: радиальной ($\epsilon_{\text{рад}}$) и осевой ($\epsilon_{\text{ос}}$). Ее наиболее вероятное значение можно определить по формуле

$$\epsilon_3 = (\epsilon_{\text{рад}}^2 + \epsilon_{\text{ос}}^2)^{0,5}. \quad (2.19)$$

По прил. 12 находим, что $\epsilon_{\text{рад}} = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$, а $\epsilon_{\text{ос}} = 250 \text{ мкм} =$

= 0,25 мкм (пруток горячекатаный обычной точности при закреплении по диаметру больше 50 мм). С учетом этого

$$\varepsilon_3 = (\varepsilon_{\text{рад}}^2 + \varepsilon_{\text{ос}}^2)^{0,5} = (0,4^2 + 0,25^2)^{0,5} = 0,471 \text{ мм.}$$

При чистовой токарной обработке и шлифовании заготовка базируется в центрах. Погрешность установки при этом может составить $\varepsilon = 0,25 T_D$, т. е. $\frac{1}{4}$ часть от допуска на диаметр вала. В результате имеем:

- для чистового точения $\varepsilon_2 = 0,25 \cdot 0,3 = 0,075$;

- для предварительного шлифования $\varepsilon_3 = 0,25 \cdot 0,12 = 0,03$.

Для чистого шлифования $\varepsilon_4 = 0$, так как чистовое и предварительное шлифование выполняют с одной установки.

Смещение оси заготовки учтено пространственными отклонениями.

Минимальные промежуточные припуски

1. Минимальный припуск на чистовое шлифование определим по формуле

$$2Z_{4\text{min}} = 2(Rz_3 + h_3) + 2(\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2)^{0,5}. \quad (2.20)$$

Здесь Rz_3 – высота микронеровностей, полученная на предшествующем переходе (предварительном шлифовании). По табл. 4 прил. 8 находим, что $Rz_3 = 10 \text{ мкм} = 0,01 \text{ мм}$, $h_3 = 20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм}$.

Пространственные отклонения $\Delta_3 = \Delta_4 = 0,01 \text{ мкм}$. Погрешность установки $\varepsilon_4 = 0$. Тогда

$$2Z_{4\text{min}} = 2 \cdot (0,01 + 0,02) + 2 \cdot 0,01 = 0,08 \text{ мм} = 80 \text{ мкм.}$$

2. Минимальный припуск на предварительном шлифовании определяется по формуле

$$2Z_{3\text{min}} = 2(Rz_2 + h_2) + 2(\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2)^{0,5}. \quad (2.21)$$

Здесь Rz_2 – высота микронеровности, полученная на предшествующем переходе (чистовом точении). По табл. 4 прил. 8 находим, что $Rz_2 = 20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм}$, $h_2 = 30 \text{ мкм} = 0,03 \text{ мм}$ (для 10 качества). Пространственные отклонения $\Delta_2 = \Delta_{\text{п}} = 0,273 \text{ мм}$. Погрешность базирования $\varepsilon_3 = 0,03$. Тогда

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot (0,02 + 0,03) + 2 \cdot (0,47^2 + 0,03^2)^{0,5} = 0,312 \text{ мм} = 312 \text{ мкм.}$$

3. Минимальный припуск на чистовое точение определяется по формуле

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + h_1) + 2(\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2)^{0,5}. \quad (2.22)$$

Здесь Rz_1 – высота микронеровности, полученная на предшествующем переходе (черновом точении). По табл. 4 прил. 8 находим, что $Rz_1 = 63 \text{ мкм} = 0,063 \text{ мм}$, $h_3 = 60 \text{ мкм} = 0,06 \text{ мм}$.

Пространственные отклонения $\Delta_1 = \Delta_{\text{ЧЕРН}} = 0,028 \text{ мм}$. Погрешность базирования $\varepsilon_2 = 0,075$. Тогда $2Z_{2\min} = 2 \cdot (0,063 + 0,06) + 2 \cdot (0,028^2 + 0,075^2)^{0,5} = 0,406 \text{ мм} = 406 \text{ мкм}$.

4. Минимальный припуск на черновое точение определяется по формуле

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_3 + h_3) + 2(\Delta_3^2 + \varepsilon_1^2)^{0,5}. \quad (2.23)$$

Здесь Rz_3 – величина микронеровностей, полученная на предшествующем переходе (высота, микронеровностей заготовки). По табл. 4 прил. 7 находим, что $Rz_3 = 160 \text{ мкм} = 0,16 \text{ мм}$, $h_3 = 250 \text{ мкм} = 0,25 \text{ мм}$.

Пространственные отклонения $\Delta_3 = 0,477 \text{ мм}$. Погрешность базирования $\varepsilon_1 = 0,471 \text{ мм}$. Тогда

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (0,16 + 0,25) + 2 \cdot (0,477^2 + 0,471^2)^{0,5} = 2,16 \text{ мм} = 216 \text{ мкм.}$$

Максимальные промежуточные припуски

Максимальный припуск определяется по формуле

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + ITD_{i-1} + ITD_i, \quad (2.24)$$

где ITD_{i-1} – поле допуска на размер обрабатываемой поверхности, обеспечиваемый на предшествующем переходе; ITD_i – поле допуска на размер обрабатываемой поверхности, обеспечиваемый на выполняемом переходе.

1. Максимальные промежуточные припуски на чистовое шлифование определяются по формуле

$$2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + ITD_3 + ITD_4. \quad (2.25)$$

После чистового шлифования должны быть выполнены требова-

ния чертежа. На чертеже проставлен размер $60h7(^{\circ}_{-0,03})$, т. е. поле допуска $ITD_4=0-(-0,03)=0,03$ мм. Поле допуска ITD_3 – это поле допуска на размер 60, обеспечиваемое после предварительного шлифования. В нашем случае предварительное шлифование обеспечивает 8 квалитет. По табл. 6. прил. 8 находим, что $ITD_3 = 46$ мкм = 0,046 мм (интервал от 50 до 80 мм).

Подставляя в формулу найденные значения, получим

$$2Z_{4\max}=2Z_{4\min}+ITD_3+ITD_4=0,08+0,046+0,03=0,156 \text{ мм.}$$

2. Максимальный промежуточный припуск на предварительное шлифование определяется по формуле

$$2Z_{3\max}=2Z_{3\min}+ITD_2+ITD_3. \quad (2.26)$$

Здесь ITD_2 – это поле допуска на размер 60, обеспечиваемое после чистового точения. В нашем случае чистовое точение обеспечивает 10 квалитет. По табл. 6 прил. 8 находим, что $ITD_2 = 120$ мкм = 0,120 мм (интервал от 50 до 80 мм). Подставляя в формулу найденные значения, получим

$$2Z_{3\max}=2Z_{3\min}+ITD_2+ITD_3=0,312+0,120-0,046=0,478 \text{ мм.}$$

3. Максимальный промежуточный припуск на чистовое точение определяется по формуле

$$2Z_{2\max}=2Z_{2\min}+ITD_1+ITD_2. \quad (2.27)$$

Здесь ITD_1 – это поле допуска на размер 60, обеспечиваемое после чернового точения. В нашем случае черновое точение обеспечивает 13 квалитет. По табл. 7 прил. 8 находим, что $ITD_1=300$ мкм = 0,300 мм (интервал от 50 до 80 мм). Подставляя в формулу найденные значения, получим

$$2Z_{2\max}=2Z_{2\min}+ITD_1+ITD_2=0,406+0,300+0,120=0,826 \text{ мм.}$$

4. Максимальный промежуточный припуск на черновое точение определяется по формуле

$$2Z_{1\max} = 2Z_{1\min} + ITD_3 + ITD_1. \quad (2.28)$$

Здесь ITD_3 – это поле допуска на размер заготовки. По табл. 4 прил. 8 находим предельные отклонения на размер заготовки. Точность проката обычной точности характеризуется следующими значениями предельных отклонений: $es = +0,5$ мм, $ei = -1,1$ мм (для размеров 60...68 мм). Поле допуска $ITD_3 = es - ei = 0,5 - (-1,1) = 1,6$ мм. Подставляя в формулу найденные значения, получим

$$2Z_{1\max} = 2Z_{1\min} + ITD_3 + ITD_1 = 2,16 + 1,6 + 0,3 = 4,06 \text{ мм.}$$

Номинальные межпереходные припуски

Номинальные межпереходные припуски составляют:

- для чистового шлифования

$$2Z_4 = 2Z_{4\min} + es_0 + ei_3 = 0,08 + 0 + 0,046 = 0,126 \text{ мм;}$$

- для предварительного шлифования

$$2Z_3 = 2Z_{3\min} + es_3 + ei_2 = 0,312 + 0 + 0,12 = 0,432 \text{ мм;}$$

- для чистового точения

$$2Z_2 = 2Z_{2\min} + es_2 + ei_1 = 0,406 + 0 + 0,3 = 0,706 \text{ мм;}$$

для черногого точения

$$2Z_1 = 2Z_{1\min} + es_1 + ei_3 = 2,16 + 0 + 1,1 = 3,26 \text{ мм.}$$

Операционные размеры

Операционные (межпереходные) размеры определяют согласно формуле

$$d_{i-1} = d_i + 2Z_i. \quad (2.29)$$

На последней операции чистового шлифования

$$D_4 = D_d = 60_{-0,03};$$

- на операции предварительного шлифования

$$D_3 = D_d + 2Z_4 = 60 + 0,126 = 60,126 \text{ мм};$$

округляем $D_3 = 60,13_{-0,046}$;

- на операции черного точения

$$D_2 = D_3 + 2Z_3 = 60,126 + 0,432 = 60,558 \text{ мм};$$

округляем $60,56_{-0,12}$;

- на операции черного точения

$$D_1 = D_2 + 2Z_2 = 60,558 + 0,706 = 61,264 \text{ мм};$$

округляем $D_1 = 61,26_{-0,3}$.

В результате размер заготовки

$$D_3 = D_1 + 2Z_1 = 61,264 + 3,26 = 64,524 \text{ мм}.$$

Округляем размер заготовки до большего ближайшего целого значения (прил. 8, табл. 4), которое предусмотрено сортаментом круглого проката $D_3 = 65_{-1,1}^{+0,5}$, и получаем окончательный диаметральный размер.

2.5.5.3. Проектирование маршрута обработки детали

На этой стадии решают, из каких основных этапов должен состоять процесс и каким образом разделить всю необходимую обработку детали на операции.

Определение маршрута обработки проводится с использованием структурного метода в следующем порядке [13, 14, 58, 59]:

- выбор технологических методов обработки поверхностей детали исходя из их технологических и конструктивных характеристик, используя таблицы экономической точности обработки [72];

- формирование принципиальной схемы обработки на уровне этапов (черновой, получистовой, чистовой, отделочной и т. д.);

- определение предварительного комплекта баз для каждой поверхности;

- определение группы оборудования для обработки отдельных поверхностей исходя из выбранных методов обработки, требуемой точности обработки;

- предварительное формирование технологических операций на уровне компоновочных схем путем объединения переходов исходя из общности оборудования и схем базирования;

- введение контрольных переходов и выбор типоразмеров мерительного инструмента и контрольных приспособлений.

В конце данного этапа производится окончательный выбор технологических баз для обработки каждой поверхности с учетом принципов единства и совмещения баз. Выбор баз на первой операции производится путем размерного анализа вариантов базирования [34, 71] и включает в себя:

1. Определение наиболее точно важных поверхностей детали.

2. Определение схемы базирования при первой механической обработке этих поверхностей.

3. Составление вариантов базирования на предыдущих операциях (тех, на которых обрабатываются базы).

4. Определение погрешности обработки по каждому варианту и отбор варианта по критерию минимальной погрешности (путем расчета размерных цепей).

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

2.5.5.4. Место термической обработки

Целью термической обработки может быть:

- ликвидация внутренних напряжений в материале детали;

- улучшение обрабатываемости материала резанием;

- повышение механических свойств материала до значений, требуемых техническими условиями на изготовление детали. Любую немеханическую обработку, требующую оборудования, которое не размещено в механическом цехе, всегда выгодно выполнять до механической обработки или же после нее. В таком случае процесс меха-

нической обработки не прерывается, уменьшается объем незавершенного производства деталей, отпадает надобность транспортировать детали в другой цех и обратно. Это в полной мере относится и к операциям термической (или химико-термической) обработки деталей. Как общее правило, заготовки поковки и заготовки-отливки подвергаются термической обработке (нормализации, отжигу, старению) с целью снять внутренние напряжения. Вместе с этим выравнивается неоднородность структуры материала (это важно, если требуется последующая закалка) и улучшается обрабатываемость материала. Таким образом, первые две цели всегда можно достичь до начала механической обработки.

Однако избежать разрыва процесса механической обработки, если требуется повышение механических свойств (твердости, прочности) материала, тем труднее, чем более ответственна деталь по своему материалу и заданной точности обработки. Выполнению закалки и отпуска после окончательной механической обработки препятствует то, что деталь в процессе обработки потеряет полученную точность. С другой стороны, осуществить закалку и отпуск до механической обработки можно лишь при двух условиях: а) материал должен приобрести заданные свойства; б) при этих свойствах обрабатываемость его останется удовлетворительной.

Обычно это возможно только при изготовлении не очень ответственных деталей.

Пределом твердости материала, до которого обработку инструментом с металлическими лезвиями (не только резцами, но и сложно-фасонными, например протяжками и т. п.) не считают особенно затруднительной, является твердость HRC 35 (HB 330). Таким образом, по условию обрабатываемости закалку и отпуск всех деталей, от материала которых не требуется твердость, большая HRC 35, можно было бы выполнить до механической обработки. Главным препятствием этому являются массивность сечений заготовки и связанная с этим опасность «непрокаливания» при закалке.

Опасность непрокаливания совершенно недопустима для ответственных деталей. Поэтому закалку и отпуск таких деталей предусматривают между операциями механической обработки. В плане обработки им отводят место перед чистовым, а если можно, то лучше перед окончательным этапом, но так или иначе всегда после черновой обработки. Исключение из этого правила допускают, когда припуски на об-

работку невелики (отливки с малой площадью обрабатываемых поверхностей) и когда детали мелкие (силовые болты, шпильки и т. п.). Для деталей менее ответственных такое исключение делают и тогда, когда они более крупные.

Если требование цементации распространено на все поверхности детали (цементация «кругом»), то термические операции (цементацию, закалку, отпуск) предусматривают перед окончательным этапом обработки. В таком случае окончательный этап должен целиком состоять из операций, выполняемых абразивными инструментами. Поэтому припуски на этот этап оставляют минимально возможными, а поверхности неточными, для которых потеря точности в результате цементации и закалки допустима, обрабатывают окончательно в чистовом этапе. Однако значительно чаще встречается требование цементировать только некоторые поверхности детали (местная цементация). В этом случае место термических операций определяется в основном способом защиты от цементации тех поверхностей, которые не должны ей подвергаться. Для защиты применяют следующие способы:

- омеднение поверхностей, не подлежащих цементации;
- оставление повышенного (на величину глубины цементации) припуска на поверхностях, не подлежащих цементации, который снимают после цементации, но до закалки;
- комбинацию первого и второго способов – омеднение для одних поверхностей и оставление повышенного припуска и омеднение (двойная защита) – для других.

План процесса на цементируемую деталь всегда стремятся составить так, чтобы окончательный этап (обработка после цементации и закалки) содержал минимум операций. Такое стремление обусловлено тем, что погрешности установки детали и погрешности от несомещения баз компенсируются припусками, предусмотренными на последующую обработку, вследствие чего изменяются величины этих припусков, а главное – нарушается их равномерность. Это малозначительно для грубых операций, но нежелательно для точных. Между тем цементируемые поверхности – это, как правило, точные поверхности, а их окончательная обработка часто требует малопроизводительных методов шлифования (зубья, шлицы, профили и т. п.). При такой обработке всегда желательны наименьшие припуски и наибольшая равномерность их распределения. Поэтому уже перед цементацией обеспечивают хорошие установочные базы для последующего этапа и достаточно ма-

лые припуски. Чем меньше будет операций после цементации и закалки, тем меньше будет установок детали, погрешностей от несовмещения баз и связанных с ними изменений предусмотренных припусков. Уменьшению припусков препятствует искажение формы детали в процессе цементации и закалки. Для уменьшения искажений предусматривают снятие внутренних напряжений, возникающих после черновой обработки. Применяемая для этого термообработка особенно необходима, если деталь имеет цементируемую поверхность, размеры которой нельзя изменить после цементации и закалки. Она еще более необходима, если такая поверхность не может служить установочной базой для обработки других.

План обработки детали, имеющей точные азотируемые поверхности (обычно задают глубину слоя 0,35... 0,5 мм, твердость не менее HRC 67), строят, руководствуясь теми же соображениями, что и в случае цементации. Для защиты неазотируемых поверхностей применяют лужение. Твердость азотируемого слоя резко падает по глубине (зона максимальной твердости распространяется на глубину около 0,1 мм). Поэтому соображения о минимальном числе операций в окончательном этапе, о подготовке хороших установочных баз для этого этапа, уменьшении припусков путем точной чистовой обработки перед азотированием и т. д. имеют здесь такую же силу, как и в случае цементации поверхностей, с которых нельзя снимать значительные припуски в окончательном этапе.

2.5.5.5. Разработка операционной технологии

На этом этапе происходит уточнение содержания технологических операций в следующем порядке:

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

- уточнение состава переходов, включаемых в данную операцию;
- уточнение последовательности выполнения технологических переходов в каждой операции [25]. Здесь рассматриваются различные схемы построения операций с учетом контрольных переходов и пр.

2. Выбор технологического оборудования. Конкретные модели и

типоразмеры выбирают исходя из конструктивно-технологических характеристик заготовки, требуемой точности и производительности обработки.

3. Выбор технологической оснастки. На этом этапе осуществляют выбор приспособлений, режущего, вспомогательного и мерительного инструмента. Выбор производят по соответствующим справочникам [35, 37, 38, 65,68] с учетом всех необходимых факторов: тип и организационные формы производства, разработанная технология, максимальное использование стандартной оснастки и пр. Результаты выбор также оформляются в табличной форме.

4. Выбор промышленных роботов и дополнительных средств автоматизации.

5. Расчет припусков на обработку, межоперационных размеров и допусков. На 1-2 самые точные поверхности расчет припусков и межоперационных размеров производят расчетно-аналитическим методом, на остальные поверхности припуски назначают опытно-статистическим методом по таблицам [22, 63]. При необходимости по результатам расчета в РПЗ может быть приведен эскиз заготовки с указанием припусков на обрабатываемые поверхности.

6. Расчет режимов резания. Также на 1-2 операции (перехода) режимы резания определяют расчетно-аналитическим методом по методике, изложенной в [29]. На остальные операции режимы назначаются опытно-статистическим методом по нормативам, приведенным в [49, 50]. Результаты назначения режимов резания сводят в таблицу.

7. Для одной из операций, выполняемой на станке с ЧПУ, проводится определение параметров, необходимых для разработки расчетно-технологической карты [53, 59, 160]:

- определяют системы координат станка, инструмента, детали, координаты исходных точек положения режущего инструмента;
- определяют траектории движения режущего инструмента;
- рассчитывают координаты опорных точек, определяют необходимость в дополнительных точках останова для контроля детали, инструмента и пр.;
- определяют настроечные размеры для режущих инструментов;
- разрабатывают управляемую программу (при значительной трудоемкости – фрагмент управляющей программы) на операцию.

8. Нормирование технологических операций. Методика расчета норм времени приведена в [44]. Общий порядок расчета следующий:

- на основании рассчитанных режимов резания определяют основное (машинное) время; можно использовать зависимости, приведенные в [21, 44]; по соответствующим нормативам определяют вспомогательное и подготовительно-заключительное время по каждой операции [49];

- время на обслуживание рабочего места и отдых определяют в процентном отношении к оперативному времени;

- определяют штучное и штучно-калькуляционное время на каждую операцию;

- суммированием определяют общую трудоемкость изготовления детали;

- определяют квалификации и профессии исполнителей.

2.5.5.6. Выбор технологических баз

При обработке детали выдерживаются две характеристики точности: точность самой поверхности (по размеру, форме, шероховатости) и точность положения обрабатываемой поверхности относительно других поверхностей детали (по координирующему размеру, по угловому положению – параллельности, перпендикулярности или другим соотношениям) [64]. Соответственно с двумя характеристиками точности рассматриваются и два вида размеров: размер самой поверхности (собственный размер) и размеры, определяющие взаимное положение поверхностей (координирующие размеры).

Из опыта проектирования технологических процессов установлено, что наиболее сложные задачи возникают не в связи с требованиями, предъявляемыми к качеству каждой поверхности, а в связи с требованиями к их взаимному положению. Объясняется это в значительной мере тем, что многообразие сочетаний поверхностей и различных точностных требований к их положению неограниченно, в то время как наборы методов обработки для каждой отдельной поверхности широко известны и отработаны.

Точность каждого исполняемого размера характеризуется отклонением от номинального значения, т. е. погрешностями, допустимые значения которых для каждого исполняемого размера заданы в чертеже детали. На отклонение размера от номинала влияют погрешности, возникающие при обработке детали, установке, закреплении, измерении. Размеры первого вида, собственные размеры обеспечиваются ме-

тодами обработки, и, следовательно, определяющей погрешностью для них будут погрешности системы станок – приспособление – инструмент – заготовка.

На точность координирующих размеров оказывают наибольшее влияние погрешности установки и закрепления, которые могут быть в значительной мере устранены (или уменьшены) правильным выбором технологических баз.

При выборе технологических баз нужно руководствоваться следующими правилами:

Правило 1. Необходимо определить поверхности, относительно которых задано и наиболее строго определено положение большинства других поверхностей.

Правило 2. Для достижения с заданной точностью требуемых размерных связей поверхностей детали кратчайшим путем следует именно эти поверхности использовать в качестве технологических баз на большинстве операций и обработать их в первую очередь.

Правило 3. При несовмещении баз в качестве установочной базы надо использовать ту поверхность детали, которая наиболее точно расположена относительно конструкторской базы, либо поверхность и ее конструкторскую базу необходимо обработать, пользуясь одной и той же установочной базой.

Правило 4. На операциях, на которых требуется обеспечить размеры с малыми отклонениями (высокоточные размеры), заданные от поверхностей, не являющихся технологическими базами, выбранными согласно правилам 1 и 2, необходимо использовать в качестве технологических баз те поверхности, от которых заданы поддерживаемые размеры, т.е. для получения наиболее высокой точности требуется совмещать конструкторскую и установочную базы.

Правило 5. База для первой операции должна обеспечивать:

- а) обработку поверхностей, намеченных в качестве технологических баз для последующих операций;
- б) заданную размерную связь обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей детали;
- в) равномерность припусков на обрабатываемых поверхностях детали.

Выбор технологических баз на всех операциях, кроме первой, рекомендуется начинать с последней (конечной операции) в порядке, обратном ходу технологического процесса; как исключение допускается

изменение в последовательности рассмотрения операции, т. е. возможность выбора базы на операциях в любой последовательности.

Решение задачи определения баз строится исходя из требования обеспечить исполнение всех размеров детали, не превысив величин допустимых отклонений.

Известно, что каждый исполняемый размер является замыкающим в какой-либо технологической размерной цепи, и отклонения его равны сумме отклонений размеров, входящих в эту размерную цепь. При решении задачи выбора баз рассматриваются технологические размерные цепи, содержащие размеры, которые связывают обрабатываемые поверхности и базы. В этом случае длина размерной цепи, в которую входит какой-либо рассматриваемый размер, определяется теми базами, которые участвуют в образовании этого размера.

Базы обеспечат выполнение размеров с допустимыми отклонениями, если исполняемые размеры будут входить в размерные технологические цепи, содержащие наименьшее число звеньев, т. е. по «принципу наикратчайшего пути» [3].

Конкретно при выборе баз принцип наикратчайшего пути заключается в том, что выбираемая база должна удовлетворять двум требованиям:

- обеспечить исполнение размеров с минимальной погрешностью на том этапе обработки, где ее используют в качестве базы;
- обеспечить применение принципа наикратчайшего пути на следующем этапе обработки.

Первое требование выполняется в том случае, если для обработки каких-либо поверхностей назначается в качестве базы та поверхность, которая связана с ними кратчайшей размерной связью (правила 2; 4; 5, б). Второе требование будет выполнено в том случае, если среди поверхностей, для которых назначается выбираемая база, найдется поверхность, которая связана кратчайшими размерными связями с как можно большим числом поверхностей и, следовательно, будет базовой на следующем этапе обработки (правила 1; 5, а).

Рассмотренный метод выбора баз дает возможность построить цепь исполняемых размеров от первого до последнего; при этом на каждом этапе обеспечивается минимальная погрешность исполняемого размера. При определении баз для первой операции базовые поверхности выбирают из числа поверхностей заготовки детали. База для первой операции, так же как и все остальные, должна удовлетворять приведен-

ным выше двум требованиям, которые возникли в результате применения принципа наикратчайшего пути.

Согласно первому требованию в качестве базы должна быть выбрана та поверхность заготовки, которая в дальнейшем не обрабатывается и связана размером с обрабатываемой поверхностью. В этом случае обеспечивают выполнение с минимальной погрешностью размеров, связывающих обрабатываемые и необрабатываемые поверхности детали (правило 5, б).

Согласно второму требованию в качестве базы для первой операции должна быть выбрана поверхность заготовки, имеющая наикратчайшую размерную связь с поверхностью, от которой проставлено максимальное число размеров (правило 5, а).

Если несколько поверхностей заготовки связаны размерной цепью одной и той же длины с поверхностью, от которой проставлено максимальное число размеров, то в качестве базы для первой операции выбирается та поверхность заготовки, которая входит в размерную цепь с наименьшей суммарной погрешностью (правило 5, в).

Выбор баз для следующих операций производится по тем же законам, но базы выбирают в этом случае из числа поверхностей, обработанных ранее. Это объясняется тем, что погрешность базирования зависит от качества базовой поверхности: чем выше ее качество, тем меньше погрешность базирования.

Рассмотренный метод выбора баз обеспечивает максимальное применение принципа наикратчайшего пути и тем самым выполнение всех размеров с допустимой погрешностью.

Для уменьшения числа операций и уменьшения числа баз может быть проведена замена части выбранных баз на базы, наиболее часто употребляемые в процессе. Это возможно, если погрешности исполняемого размера во вновь построенной технологической размерной цепи не превышают допустимого значения. В этом случае максимальным образом используется принцип единства баз (правило 2).

Выбранные установочные базы дают возможность определить данные, характеризующие как маршрут обработки в целом, так и отдельные его этапы (переходы и операции).

Прежде всего установочные технологические базы дают возможность установить порядок обработки детали, так как именно установочные базы определяют точность положения одной поверхности детали относительно другой.

2.5.5.7. Закономерности формирования операции

Применяя к обрабатываемым поверхностям известные технологические правила: базовая поверхность должна предшествовать в процессе обработки той поверхности, для которой она является базовой; поверхности с наивысшим качеством (кавалитетом и шероховатостью) обрабатывают на последних этапах; внутренние соосные поверхности вращения, имеющие одну и ту же базовую поверхность, обрабатывают в порядке увеличения диаметров, а внешние – в порядке уменьшения диаметров (для установления порядка обработки плоских поверхностей рассматривают размеры, проставленные от одной и той же поверхности или линии) и другие аналогичные технологические требования и ограничения), получим последовательность обрабатываемых поверхностей детали.

Как правило, поверхности детали требуют многократной обработки. В последовательности обрабатываемых поверхностей такие поверхности встречаются столько раз, сколько этапов обработки они проходят. Место их в последовательности определено показателями качества, достигаемыми на каждом этапе обработки, и базами, выбранными для каждого этапа.

Метод (или последовательность методов) обработки выбирают в зависимости от свойств обрабатываемой поверхности: ее формы (цилиндр, плоскость и т. п.), положения (внутренняя, внешняя), соотношения с другими поверхностями (открытая, закрытая и т. п.), а также от значений начального качества, заданного чертежом заготовки, и конечного, заданного чертежом готовой детали. Решение этой задачи, как правило, затруднений не вызывает.

После определения методов обработки каждой поверхности, выбора установочных баз и построения порядка обрабатываемых поверхностей может быть решен вопрос о выборе тех средств обработки и измерения, которые обеспечивают достижение заданного качества поверхностей.

Результатом решения этого вопроса является получение данных о переходах.

Переход является основным из технологических элементов, из которых формируется (и на которые делится) операция. Переход применительно к обработке резанием представляет собой законченный технологический процесс получения поверхности детали, выпол-

няемый одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке. Таким образом, полная характеристика перехода складывается из данных об обрабатываемой поверхности, станке и инструменте.

Для каждой обрабатываемой поверхности к моменту формирования перехода известны ее свойства, содержащиеся в конструкторском чертеже детали, а также показатели качества на промежуточных и окончательном этапах обработки. Кроме того, известны методы обработки (например, сверление, зенкерование и развертывание), посредством которых достигается заданное качество. Эти сведения дают возможность определить припуск и межпереходный (межоперационный) размер. Если межпереходный размер является расстоянием, т. е. проставлен между двумя поверхностями детали, то при его определении необходимо пользоваться сведениями об обеих поверхностях, а также данными об их порядке (следовании) относительно друг друга в построенной последовательности обрабатываемых поверхностей детали. Определение данных, характеризующих поверхность на каждом этапе ее обработки, дает возможность определить те средства, которые обеспечивают обработку на рассматриваемом этапе (станок и инструмент), так как параметры (свойства), характеризующие их, полностью определены свойствами той обрабатываемой поверхности, для которой используют выбираемые средства обработки.

После определения (формирования) переходов может быть решен вопрос об образовании операций, т. е. о совмещении нескольких переходов в одной операции.

Операция — это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном станке без смены установок. Отсюда следует, что в одну операцию могут быть объединены переходы, выполняемые на одном и том же станке, с одних и тех же базовых поверхностей. Таким образом, вопрос о совмещении переходов в одну операцию определен выбранными базовыми поверхностями и выбранными для обработки станками.

Задача определения состава технологических операций решается на этапах выбора баз, оборудования, определения последовательности обработки поверхностей и может быть окончательно откорректирована на этапе расчета операционных размеров.

К задачам теории базирования в традиционной технологии относятся задачи о последовательности подготовки баз, их взаимосвязи и

целесообразном их выборе, а также задачи определения последовательности обработки поверхностей, непосредственно связанные с последовательностью подготовки баз. Задачи формирования операций и повышения концентрации операций также относятся к выбору баз, так как обеспечение концентрации операций связано с определением величин необходимого повышения точности взаимного расположения баз и с выбором целесообразного способа установки.

К теории базирования относятся также задачи о так называемом распределении погрешностей, к которому часто прибегают при установке детали.

Рассмотренные выше задачи частично или полностью решают при определении баз, и все они взаимосвязаны. Приступая к разработке операций процесса, прежде всего ещё раз просматривают план процесса, уже более основательно. При этом обращают особое внимание на сомнительные места, убеждаясь в правильности решений, принятых ранее с помощью некоторых предварительных расчётов.

Убедившись, что для данной операции в плане правильно намечены поверхности, подлежащие обработке, станок и установочные базы, приступают к подробной её разработке и оформлению операционной карты. Обычно при этом придерживаются следующего порядка работы:

- если план процесса составлен не на картах, а на общем листе, чертят в карте эскиз обработки, записывают номер и название операции, станок и приспособление;

- проставляют на эскизе операционные размеры (пока «немые»); пользуясь размерами, уточняют и записывают содержание и последовательность переходов, например, «подрезать торец в размер ...», «проточить шейку ..., шириной ..., выдержав размер ...» и т. п., (см. прил. 2-4); одновременно решают задачу о совмещении переходов (параллельная концентрация); с установлением переходов становится известным режущий инструмент, необходимый для каждого перехода, а также приспособления для инструмента (державки и т. п.);

- далее следует работа по определению величины операционного припуска для каждой поверхности и величин операционных размеров; зная из плана процесса, какие операции проходит данная поверхность, забегают вперёд до окончательной операции её обработки; начиная с неё, устанавливают припуск на каждую из операций; если в данной разрабатываемой операции поверхность обрабатывается не в первый раз, то

эта работа по отношению к этой поверхности оказывается уже проделанной (при разработке предшествующей операции, в которой поверхность обрабатывается впервые), тогда припуск уже известен; параллельно с назначением припусков (также начиная с конца процесса) определяют операционные размеры; зная окончательный (чертёжный) размер и назначив припуск, определяют операционный размер для операции, предшествующей окончательной обработке данной поверхности, и так далее к началу процесса вплоть до размера заготовки.

Если процесс разбивается на этапы термическими операциями, иногда бывает удобно определить сначала операционные размеры, с которыми деталь должна поступить на термическую операцию, и сделать соответствующий эскиз детали. Тогда при расчёте операционных размеров предшествующего термообработке этапа можно будет пользоваться этим эскизом как промежуточным чертежом. Такой приём упрощает работу при разработке сложных (длинных) процессов.

Расчёт операционных размеров сравнительно несложен для поверхностей вращения (размеры-диаметры). Однако для размеров-координат, связывающих поверхности, он усложняется необходимостью следить за равномерностью распределения припусков между взаимосвязанными поверхностями. Именно здесь чаще всего возможны ошибки.

2.5.5.8. Выбор приспособлений

Первый шаг к выбору приспособления всегда состоит в том, что выясняют возможность обойтись без специального приспособления. Во многих случаях это возможно, так как номенклатура приспособлений общего назначения велика. Однако и форма детали, и требуемая точность обработки, и нужная производительность могут требовать специального приспособления.

Технолог не разрабатывает конструкцию приспособления, но он должен представлять себе её целесообразную схему, так как без этого нельзя правильно выбрать установочные базы. Он должен также предвидеть возможные пути повышения производительности при помощи приспособлений, так как без этого можно сделать ошибку при выборе станка. Чем больше масштаб производства, тем шире пользуются специальными приспособлениями. При этом имеют в виду, что с их помощью можно не только повышать производительность станков,

но и расширять технологические возможности последних. Например, фасонные поверхности можно обрабатывать на станках, не предназначенных для такой обработки, если снабдить их копировальными приспособлениями.

Таким образом, выбор станков и приспособлений, как и многих элементов, из которых складывается проектирование процесса, — это не изолированные друг от друга этапы работы, а лишь разные стороны решения одной и той же задачи, подчиненные одной цели — экономичному построению операций.

2.5.5.9. Выбор инструментов

Выбирая *режущие* инструменты, ориентируются прежде всего на ГОСТы и заводские нормалы. В необходимых случаях предусматривают специальный инструмент. Заботясь о полном использовании режущих свойств инструментов, марки материалов для них подбирают в соответствии со свойствами обрабатываемого материала и условиями операции.

Выбирая *измерительные* инструменты, учитывают прежде всего соответствие точности инструмента контролируемому допуску и время, требующееся на измерение.

При небольшом масштабе производства главным средством измерения служат универсальные инструменты: штангенциркули, микрометры, универсальные индикаторные приборы (скобы, нутромеры, глубиномеры и т. п.). При повышенном масштабе производства все в большей мере начинает оправдываться использование специальных средств: предельных калибров, специальных индикаторных приборов и контрольно-измерительных приспособлений.

Шероховатость поверхностей контролируют обычно сравнением на глаз обработанной поверхности с эталоном, обработанным согласно классу стандарта (ГОСТ 2789-73) и проверенным прибором. Непосредственно приборами пользуются для контроля особо ответственных окончательных операций.

Заключительной стадией разработки операций являются установление режимов обработки и нормирование операций.

2.5.5.10. Назначение режимов резания

При выборе режимов обработки необходимо учитывать тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип оборудования и его состояние. Элементы режимов обработки находятся во взаимной функциональной зависимости, которая устанавливается соответствующей эмпирической формулой. При расчете режимов резания сначала устанавливают глубину резания в миллиметрах. Глубину резания назначают по возможности наибольшую, в зависимости от требуемой степени точности, шероховатости обрабатываемой поверхности и технических требований на изготовление детали. После установления глубины резания назначается подача. Подачу назначают максимально возможную с учетом погрешности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, степени точности и качества обрабатываемой поверхности по нормативным таблицам и согласовывают с паспортными данными станка. От правильности установленной подачи во многом зависит качество обработки и производительность труда. Для черновых операций назначают максимально допустимую подачу.

После установления глубины резания и подачи определяют скорость резания с учетом жесткости технологической системы.

В процессе определения режимов резания необходимо работу вращения шпинделя станка, подачу или число двойных ходов скорректировать по паспорту станка.

При определении режимов резания выбирают смазывающе-охлаждающую технологическую среду (СОТС) [39; 69], метод ее подачи в зону резания или реализуют концепцию «сухой» обработки резанием [32].

2.5.5.11. Нормирование технологического процесса

Расчет технической нормы времени проводят после выполнения всех предшествующих работ по разработке технологического процесса механической обработки, определения режимов резания и основного (машинного) времени. В этом разделе рассчитывают штучное время и норму выработки на каждую операцию.

Норму штучного времени на операцию $t_{шт}$ подсчитывают по формуле

$$t_{шт.} = t_0 + t_b + t_{об} + t_{о.об} + t_{лн} \quad (2.30)$$

где t_0 – основное время; t_b – вспомогательное время; $t_{об}$ – время на техническое обслуживание рабочего места; $t_{о.об}$ – время на организационное обслуживание рабочего места; $t_{лн}$ – время на личные надобности рабочего.

Формулы для определения основного времени для различных видов обработки приведены в учебнике и справочнике [21, 42].

Нормы штучного времени, времени на обслуживание рабочего места и отдых рабочего берут в процентах оперативного времени ($t_{оп} = t_0 + t_b$). В этом случае формулы нормы штучного времени имеют следующий вид:

$$t_{шт.} = t_{оп} + (\alpha + \beta + \gamma) / 100], \quad (2.31)$$

где α – доля оперативного времени на техническое обслуживание рабочего места (для большинства станков $\alpha = 1...3,5$ %); β – доля оперативного времени на организационное обслуживание рабочего места (в крупносерийном и массовом производстве в зависимости от типа и размера станков $\beta = 0,8...2,5$ %, для шлифовальных станков $\beta = 3,5...7$ %); γ – доля оперативного времени на отдых и надобности рабочего (в условиях серийного производства $\gamma = 4...6$ %, в массовом производстве $\gamma = 5...8$ %). Конкретные значения α , β , γ выбирают из нормативов времени для данного типа производства и вида станка.

Вспомогательное время t_b состоит из следующих затрат:

- времени на установку и снятие заготовки;
- времени на переход;
- времени на изменение режима работы станка и на смену инструмента;
- времени на контроль размеров обрабатываемой поверхности.

Если время на установку и снятие заготовки перекрывается основным (машинным) временем частично или полностью, оно с соответствующим изменением включается в общую норму или совсем исключается из нее.

В серийном производстве необходимо еще учитывать подготовительно-заключительное время $t_{п.з.}$, рассчитываемое на операционную партию деталей. Норму времени на операцию в условиях серийного производства называют штучно-калькуляционной нормой времени и

определяют по формуле

$$t = t_{\text{шт.}} + t_{\text{п.э}}/n, \quad (2.32)$$

где n – число деталей в партии.

Нормы вспомогательного и подготовительно-заключительного времени берут из справочников

Примеры назначения норм времени можно найти в [44].

В табл. 2.17 дана последовательность расчета режимов резания и норм времени.

Таблица 2.17

Последовательность расчета режимов резания и нормы времени

№ п/п	Требуемые сведения	Буквенные обозначения	Откуда взяты
1	2	3	4
1	Диаметр заготовки, мм	$d_{\text{заг}}$	Из чертежа заготовки
2	Длина обработки с учетом врезания и перебега инструментов, мм	l	То же
3	Припуск на обработку	$t_1 = d_{\text{заг}} - d_{\text{дет}}$	Из чертежа заготовки
4	Материал инструмента	-	Из технологической карты
5	Тип станка	-	По выбору технолога
6	Метод установки и закрепления заготовки на станке	-	То же
7	Род материала изделия	-	Из чертежа детали
8	Коэффициент в формуле силы резания, характеризующий род и механические качества материала	C_p	Из нормативов

1	2	3	4
9	Коэффициент в формуле скорости резания, характеризующий материал режущего инструмента и обрабатываемого изделия	C_v	То же
10	Глубина резания	$t \frac{t_1}{i}$	t_1 – по п. 3; i – количество рабочих ходов (задается)
11	Расчетная величина подачи, мм/об	$S_p = \left(\frac{Pz_{\text{доп}}}{C_p \cdot t} \right)^{4/3}$	Пп. 8, 10 и 12
12	Тангенциальная сила резания $Pz_{\text{доп}}$ выбирается наименьшей из следующих: а) наибольшая сила, допускаемая жесткостью изделия	$P_{\text{зж}}$	Из расчета допускаемого прогиба изделия
	б) наибольшая сила, допускаемая механизмом подачи станка, кгс	$P_{\text{зст}}$	Из паспорта станка
13	Подача S_p , полученная по п. 11: а) сравнивается с подачей, допускаемой механизмом станка	$S_{\text{ст}}$	Из паспорта станка
	б) сравнивается с наибольшей подачей, допускаемой по шероховатости поверхности	$S_{\text{ш}}$	Из нормативов
	в) выбирается как допускаемая подача, наименьшая из первых двух	$S_{\text{доп}}$	-

1	2	3	4
14	Экономическая скорость резания, м/мин	$V_{\text{эк}} = \frac{C_y}{S_{\text{доп}}^{X_v} t^{Y_v}}$	Коэффициенты X_v и Y_v – из нормативов; остальные величины по пп. 9, 10, 13
15	Скорость резания, допускаемая по мощности станка, м/мин	$V_N = \frac{4500N_c}{C_p S_{\text{доп}}^{3/4} t}$	Эффективная мощность N_c – из паспорта станка; остальные величины по пп. 8, 10, 13
16	Оптимальная скорость резания, м/мин, по стойкости инструмента	$V_{\text{опт}}$	По п. 14, но не выше V_N по п.15
17	Оптимальное число оборотов в минуту шпинделя (детали)	$\Pi_{\text{опт}} = \frac{1000V_{\text{опт}}}{\pi d}$	$V_{\text{опт}}$ – по п. 16; d – по п. 1
18	Машинное время обработки на переходе, мин	$t_{\tau} = \frac{\ell_i}{\Pi_{\text{опт}} S_{\text{доп}}}$	ℓ – по п. 2; i – по п. 10; остальные величины – по пп. 13; 17
19	Сумма машинного времени по всем переходам, мин	$\sum_I^K t_{\tau i}$	Из расчетов по п. 8–18; K – количество переходов
20	Вспомогательное время по каждому переходу, мин	t_i	Из нормативов
21	Сумма вспомогательного времени по всем переходам, мин	t_i	Из расчетов по п. 20; K – по п. 19

1	2	3	4
22	Штучное время обработки, мин	$t_{шт.} = \left(\sum_1^k t + \sum t \right) \times (1 + \alpha + \beta)$	Из пп. 19 и 21: α – прибавка времени на обслуживание рабочего места; β – прибавка времени на естественные надобности и отдых (из нормативов)
23	Штучно-калькуляционное время обработки, мин	$t_{шт.-к} = \frac{t_{п.з}}{n} + t$	n – количество изделий в партии (из технологической карты); $t_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время (из нормативов); $t_{шт.-к}$ – по п. 22
24	Норма выработки в смену, шт.	$Q = \frac{\eta T}{t_{шт.-к}}$	T – календарное время, мин; η – коэффициент использования рабочего времени; $t_{шт.-к}$ – по п. 23

2.5.5.12. Отработка технологических процессов (ТП) на надежность

Этот этап выполняется, если курсовое проектирование ведется по заказу предприятия и предполагается его внедрение.

Отработку ТП на надежность проводят с целью обеспечения выпуска продукции установленного объема в течение заданного периода эксплуатации технологических систем с регламентированными показателями качества при соблюдении нормативов затрат материальных, трудовых и энергетических ресурсов. Систему показателей качества продукции определяют для разных случаев на основании ГОСТ 4.93-83 (для металлорежущего оборудования), ГОСТ 4.130-85 (для автоматических линий механической обработки), ГОСТ 27.003-83 (в остальных случаях).

На этапе разработки маршрутной и операционной технологии состав работ по отработке на надежность для вновь проектируемых ТП устанавливают ГОСТ 16.307-74, ГОСТ 27.202-83, ГОСТ 16.320-80, ГОСТ 19.415-74, ГОСТ 19.416-74 и предусматривают:

- размерный анализ ТП с целью определения номинальных размеров составляющих звеньев, технологических размерных цепей, корректировки ТП, расчета коэффициентов запаса точности для замыкающих звеньев;

- анализ точности технологических операций, который позволяет выявить основные факторы, влияющие на точность операций, и установить требования к этим факторам;

- анализ производительности технологических систем, который позволяет определить оптимальный состав и объем резервирования оборудования.

Соответствующие методики размерного анализа, анализа точности и производительности приведены в [71].

По результатам анализа могут быть пересмотрены решения, принятые на предыдущих этапах, и произведена оценка уровня технологии (прил. 17).

2.5.5.13. Заполнение технологических карт

При определении комплектности документов и заполнении карт необходимо руководствоваться стандартами ЕСТД [5, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Примеры оформления и основные требования к технологической документации приведены в [55]. Уровень разработки ТП – маршрутно-операционный.

Стадия разработки – серийное производство.

Минимальный комплект документов:

- титульный лист (ГОСТ 3.1105-84, форма 2);
- маршрутная карта (ГОСТ 3.1118-82, формы 2, 1а);
- ведомость деталей к ТТП (ГОСТ 3.1121-84, формы 2, 2а);
- операционная карта (ГОСТ 3.1104-86, формы 3, 2а);
- ведомость деталей к типовой операции (ГОСТ 3.1121-84, формы 2, 2а);
- карта эскизов (ГОСТ 3.1105-84, формы 7, 7а).

Комплекты технологической документации помещают в приложении к расчетно-пояснительной записке.

Список рекомендуемой литературы

1. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. – М.: Моск. рабочий, 1973.
2. Блюменштейн В.Ю. Проектирование и производство заготовок: Учеб. пособие: В 2 ч. / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1994.
3. ГОСТ 21495-76. Базы и базирование в машиностроении. Термины и определения.
4. ГОСТ 3.1104-81. Общие требования к формам, бланкам и документам.
5. ГОСТ 3.1105-84. Формы и правила оформления документов общего назначения.
6. ГОСТ 3.1107-81. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
7. ГОСТ 3.1118-82. Формы и правила оформления маршрутных карт.
8. ГОСТ 3.1119-83. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы.
9. ГОСТ 3.1121-84. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции).
10. ГОСТ 3.1404-86. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
11. ГОСТ 3.1702-79. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием.
12. ГОСТ 3.1703-79. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы.
13. Дерябин А.Л. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС: Учеб. пособие для машиностроит. техникумов / А.Л. Дерябин, М.А. Эстерзон. – М.: Машиностроение, 1989.
14. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / Под общ. ред. В.В. Бабука. – Минск: Вышш. шк., 1979.
15. Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1985.
16. Жабин А.И. Универсально-сборочная переналаживаемая оснастка. – Киев: Техника, 1982.

17. Замятин В.К. Технология и автоматизация сборки. – М.: Машиностроение, 1993.

18. Замятин В.К. Технология оснащения сборочного производства машиноприборостроения: Справочник. – М.: Машиностроение, 1995.

19. Изучение методов группирования объектов производства с применением ЭВМ: Метод. указания к практ. работе / Сост.: А.Н. Трусов, И.В. Бизенков; Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1988.

20. Каплунов Р.С. Контроль качества деталей типовых групп. – М.: Изд-во стандартов, 1977.

21. Картавов С.А. Технологии машиностроения. – Киев: Высш. шк., 1974.

22. Коган Б.И. Методика расчета припусков на обработку деталей в мелкосерийном производстве: Метод. указания к практ. занятиям и курс. проектированию по технологии машиностроения. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1998.

23. Коган Б.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1998.

24. Коган Б.И. Технологическое обеспечение качества изготовления редукторов горных машин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1999.

25. Коган Б.И. Прогрессивная технология горного машиностроения. Ч.1. Методология технологической подготовки производства и обеспечения качества горной техники. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000.

26. Коган Б.И. Прогрессивная технология горного машиностроения. Ч. 2. Новые технологические процессы. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000.

27. Коган Б.И. Технологическая обработка конструкций машин / Б.И. Коган, М.В. Чибряков. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001.

28. Коган Б.И. Порядок разработки и оформления технологических процессов сборки: Метод. указания. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1998.

29. Коган Б.И. Выбор инструментов и режимов резания резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин: Метод. указания. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1999.

30. Коган Б.И. Технологическое обеспечение качества сборки изделий машиностроения: Учеб. пособие. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2000.
31. Коган Б.И. Метрологическое обеспечение качества производства машин: Учеб. пособие. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2000.
32. Коган Б.И. Новая концепция сухой обработки материалов резанием. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2000.
33. Классификатор технологических операций в машиностроении и приборостроении: Ч. 1, 2. – М.: Изд-во стандартов, 1978.
34. Клепцов А.А. Выбор баз и расчет технологических размерных цепей при механической обработке: Метод. указания. – Кемерово: КузПИ, 1986.
35. Клепцов А.А. Проектирование станочного приспособления: Метод. указания. – Кемерово: КузПИ, 1991.
36. Клепцов А.А. Проектирование компоновки универсально-сборного приспособления: Метод. указания. – Кемерово: КузПИ, 1987.
37. Клепцов А.А. Проектирование контрольного приспособления: Метод. указания. – Кемерово: КузПИ, 1986.
38. Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – М: Машиностроение, 1983.
39. Экологически чистые смазочно-охлаждающие технологические среды / В.Н. Латышев, А.Г. Наумов, А.Е. Бушуев, А.С. Верещака // Вестн. машиностроения. – 1999.
40. Металлорежущие станки для эффективной эксплуатации инструмента из синтетических сверхтвердых материалов и керамики: Метод. рекомендации. – М.: ВНИИТЭМР, 1986.
41. Металлорежущие станки с ЧПУ: Каталог. – М.: ЭНИМС, ВНИИТЭИМАШ, 1987.
42. Металлорежущие станки: Каталог-справочник. – М.: НИИМАШ, 1971.
43. Методика отработки конструкции на технологичность и оценки, уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения. – М.: Изд-во стандартов, 1975.

44. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1972.
45. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: В 2 т. – Л.: Машиностроение, 1983.
46. Расчет технологических размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки: Учеб. пособие / Б.С. Мордвинов, Е.С. Огурцов; Омский политехн. ин-т. – 2-е изд. – Омск, 1975.
47. Мостальгин Г.П. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990.
48. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988.
49. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ (различные типы производства). – М.: Машиностроение, 1974.
50. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением / Центр. бюро нормативов по труду при НИИТруда. – М., 1980.
51. Общемашиностроительные нормативы на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы при сборке. Мелкосерийное и единичное производство. – М.: Машиностроение, 1973.
52. Общемашиностроительные нормативы на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы при сборке. Массовое и крупносерийное производство. – М.: Машиностроение, 1973.
53. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для многоцелевых станков фрезерно-сверлильно-расточной группы. – М.: ВНИИТЭМР, 1986.
54. Оценка степени подготовленности изделия к автоматизированному производству: Метод. указания к практической работе / Сост.: А.Н. Трусов, А.В. Протодяконов, Г.А. Алексева; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1995.
55. Полетаев В.А. Проектирование технологических процессов автоматизированного производства: Учеб. пособие / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2000.

56. Полетаев В.А. Технологическая подготовка изготовления деталей на станках с ЧПУ: Учеб. пособие / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1998.

57. Правила оформления документов на технологические процессы: Метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / Сост.: А.Н. Трусов, Г.А. Алексеева; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1998.

58. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / В.В. Бабука, В.А. Шкрел, Г.П. Кривко и др.; Под ред. В.В. Бабука. – Минск: Высш. шк., 1987.

59. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения / И.М. Баранчукова, А.А. Гусев, Н.Б. Крамаренко и др.; Под ред. Ю.Н. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1993.

60. Проектирование операционного ТП обработки деталей на токарном станке с ЧПУ модели 16К20ФЗС32: Метод. указания к лабораторной работе / Сост.: И.В. Бизенков; Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1989.

61. Проектирование технологического процесса сборки изделия: Метод. указания к контрольной работе / Сост.: А.А. Клепцов; Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1983.

62. Прогрессивные технологические процессы в автостроении. Механическая обработка, сборка / Под ред. проф. С.М. Степашкина. – М.: Машиностроение, 1986.

63 Расчет припусков и межпереходных размеров в технологии машиностроения / Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе и др. – Пенза: ПГТУ.

64 Методические указания по выполнению дипломной работы / Я.М. Радкевич, М.С. Островский, Л.С. Сычев и др. – М.: Моск. горн. ун-т, 1999.

65. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам / Под ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение, 1986.

66. Розенберг А.М. Обработка отверстий твердосплавными выглаживающими протяжками / А.М. Розенберг, О.А. Розенберг. – Киев: Техника, 1966.

67. Сборка и монтаж изделий машиностроения: В 2 т. / П.П. Алексеенко, Л.Г. Григорьев, В.С. Демин и др.; Под общ. ред.

В.С. Корсакова (Т. 1), В.С. Демина и П.П. Алексеенко. – М.: Машиностроение, 1983.

68. Семенченко И.И. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машгиз, 1963.

69. Смазывающе-охлаждающие средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. С.Г. Энтелеса. – М.: Машиностроение, 1986.

70. Технология машиностроения и ремонт горных машин / Г.И. Солод, В.И. Морозов. – М.: Недра, 1988.

71. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И.С. Солонин, С.И. Солонин. – М.: Машиностроение, 1986.

72. Справочник технолога-машиностроителя: Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1995.

73. Станки с программным управлением: Справочник – М.: Машиностроение, 1975.

74. Станочные приспособления: Справочник / Под ред. Б.И. Вадашкина. – М.: Машиностроение, 1984.

75. Технология тяжелого машиностроения / Под ред. С.И. Самойлова. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1967.

76. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Под ред. Ю.Д. Амирова. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1990.

77. Чарнко Д.В. Основы выбора технологического процесса механической обработки. – М. Машгиз, 1963.

78. Якунин В.Г. Изготовление резьбы: Справочник / В.Г. Якунин, В.А. Ставров. – М.: Машиностроение, 1989.

79. Базров Б.М. Модельная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001.

80. Суслов А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002.

81. Коган Б.И. Технологические методы снижения информации при изготовлении зубчатых колёс: Метод. указания. – Кемерово: КузГТУ, 2003.

82. Коган Б.И. Технология обработки деталей общемашиностроительного назначения: Метод. указания. – Кемерово: КузГТУ, 2003.

83. Коган Б.И. Технологическая подготовка обработки деталей на станках с ЧПУ: Метод. указания. – Кемерово: КузГТУ, 2002.

84. Коган Б.И. Порядок формирования тематики курсового и дипломного проектирования: Метод. указания. – Кемерово: КузГТУ, 2002.

85. Коган Б.И. Оценка уровни технологических процессов машиностроительного производства курсовых и дипломных проектов: Метод. указания. – Кемерово: КузГТУ, 2002.

86. Коган Б.И. Слесарные работы. Лабораторный практикум по технологии конструкционных материалов / Б.И. Коган, М.В. Чибряков. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2003.

87. Коган Б.И. Изготовление деталей типа валов: Учеб. пособие. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2003.

88. Коган Б.И. Обработка зубов цилиндрических крупномодульных зубчатых колёс. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2003.

89. Коган Б.И. Технология изготовления конических зубчатых колёс: Учеб. пособие. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2003.

90. Коган Б.И. Выбор смазывающе-охлаждающих технологических средств (СОТС) при обработке материалов резанием: Учеб. пособие. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2004.

91. Коган Б.И. Некоторые методы устранения технологических противоречий при решении издательских задач: Учеб. пособие. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2004.

92. Коган Б.И. Порядок оформления операционного технологического процесса обработки детали резанием: Метод. указания. – Кемерово: КузГТУ, 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Форма задания на курсовой проект

«Кузбасский государственный технический университет»

Утверждаю:
Зав. кафедрой.....
«.....».....200..г.

Задание

на курсовой проект по технологии машиностроения студенту
.....
курса.....Группы.....
1. Тема задания: разработать технологический процесс механической обработки детали (или группы деталей), сборки с годовой программой выпуска.....
2. Спроектировать: приспособление.....
режущий инструмент.....
мерительный инструмент.....
наладку.....
3. Состав графической части курсового проекта по сборке: рабочий чертеж сборочной единицы и спецификация (с указанием технических требований – функциональных параметров), схема размерной цепи, схема сборки, сборочные чертежи станда (сборочного или контрольно-обкаточного), средств малой механизации, контроля (указывается конкретно).
4. Состав графической части для механической обработки: рабочий чертеж детали, чертеж заготовки, карта наладки, сборочный чертеж приспособления со спецификацией, чертеж режущего инструмента, чертеж мерительного инструмента.
5. Дата выдачи задания
6. Срок защиты работы
Руководитель (консультант),.....

Основные правила записи операций и переходов

1. Правила записи операции

1.1. Технологическая документация на операции обработки резанием должна выполняться в соответствии с требованиями ЕСТД (ГОСТ 3.1404-74, ГОСТ 3.1103-74, ГОСТ 3.1104-74, ГОСТ 3.1105-74, 31702-79).

Терминология процессов и операций – по ГОСТ 3.1109-82 и ГОСТ 17420-72.

1.2. Наименование операции определяют в зависимости от наименования оборудования, на котором она выполняется, и записывают в маршрутные и операционные карты именем прилагательным, производным от вида оборудования, строчными буквами (прил. 3, табл. 1), например «Токарно-револьверная».

В документации единичного производства допускается применять общее наименование операции (токарная, фрезерная и т. п.).

1.3. В наименование операции при необходимости допускается вводить дополнительные признаки и понятия (наличие программного управления, вид инструмента, технологическое назначение или характер обработки), например «токарная операция ПУ», «прорезная токарная операция», «чистовая фрезерная операция» и т. д.

1.4. Наименование слесарных операций, относящихся к обработке резанием, выбирают по табл. 2 прил. 3

2. Правила записи переходов

2.1. Содержание записи перехода должно включать:

- указание метода обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (точить, сверлить...);
- наименование обрабатываемой поверхности (торец, отверстие); номер обрабатываемой поверхности или размеры, получаемые в результате обработки.

2.2. Если одна и та же поверхность обрабатывается за несколько переходов, причем на операционном эскизе отсутствуют промежуточные размеры, то их указывают в содержании перехода, например: сверлить отверстие в размер $\varnothing 35$, или сверлить отверстие 1, $\varnothing 35$.

2.3. При выполнении нескольких переходов одновременно перечисляются все обрабатываемые на данном переходе поверхности, например: обточить пов. 1; сверлить отверстие, пов. 2; сверлить 5 отверстий, пов. 3.

2.4. При обработке следующих друг за другом одноименных поверхностей содержание перехода следует дополнить количеством обрабатываемых друг за другом поверхностей, например: сверлить 5 отверстий, пов. 3; фрезеровать 12 пазов, пов. 1.

3. Примеры записи переходов слесарных операций

3.1. Обработка зубилом (крейцмейселем).

Вырубить.	Прорубить.
Вырубить канавки (паз).	Прорубить в трубе паз.
Надрубить.	Разрубить.
Надрубить заготовку с 2-х сторон.	Разрубить на части.
Обрубить.	Срубить.
Обрубить излишек металла по рискам.	Срубить технологические бобышки.
Отрубить.	
Отрубить концы.	

3.2. Обработка ножовкой и ножницами.

Вырезать.	Прорезать.
Вырезать прокладку по разметке.	Прорезать паз (шлицу).
Надрезать.	Разрезать.
Надрезать пруток кругом.	Разрезать на части.
Отрезать.	
Отрезать в размер.	

3.3. Обработка напильником.

Зачистить.	Притупить.
Зачистить заусенцы.	Притупить кромки.
Опилить.	
Опилить пов. 1.	

3.4. Обработка шабером.

Шабрить.

Зачистить.

Шабрить плитку с точностью 8-10 пятен на площади $25 \times 25 \text{ мм}^2$.

Зачистить отверстие

3.5. Обработка разметочным инструментом.

Кернить.

Разметить.

Кернить центры отверстий, кернить точки на осевых по окружности.

Разметить развертку коробки, нанести риску.

3.6. Обработка притиром.

Притереть.

Притереть деталь по гнезду.

3.7. Обработка деформирующими инструментами.

Выгнуть.

Править.

Выгнуть пружину (плоскую).

Править штамповку.

Загнуть.

Развальцевать.

Загнуть один конец скобы.

Развальцевать конец трубы.

Навить пружину.

4. Обозначение операций и переходов

4.1. Операции нумеруют арабскими цифрами в последовательности, соответствующей технологическому процессу.

Нумерация операций может производиться по одному из следующих рядов: 1, 2, 3,...20 и т. д., 5, 7, 9...21 и т. д.; 5, 10, 15, 20...45 и т. д.

4.2. Технологические и вспомогательные Переходы каждой операции нумеруют арабскими цифрами в последовательности, соответствующей технологическому процессу (1, 2, 3 и т. д.).

Наименования операций по видам оборудования

Общее наименование операции	Оборудование, на котором выполняется операция	Наименование операции
Токарная	Станки токарной группы Токарно-револьверные. Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные. Автоматы токарные одношпиндельные. Автоматы токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые. Полуавтоматы токарные многошпиндельные горизонтальные патронные. Полуавтоматы токарные многошпиндельные вертикальные. Полуавтоматы токарные многорезцовые	Токарно-револьверная Автоматная токарная
Токарная	Автоматы и полуавтоматы токарные специальные и специализированные. Токарно-карусельные. Токарно-винторезные Специальные токарные и специализированные. Полуавтоматы токарные многорезцовые для обработки колеччатых валов специализированные. Полуавтоматы токарные многорезцовые для обработки распределительных валов специализированные Лоботокарные Вальцетокарные Токарно-затыловочные	Автоматная токарная Токарно-карусельная Токарно-винторезная Специальная токарная Лоботокарная Вальцетокарная Токарно-затыловочная

Токарная	Токарно-копировальные. Токарно-копировальные полуавтоматы Токарно-бесцентровые Токарные для подрезания торцов Центровальные	Токарно-копировальная Токарно-бесцентровая Торцеподрезная Центровальная
Сверлильная	Станки сверлильной группы	
	Вертикально-сверлильные	Вертикально-сверлильная)
	Горизонтально-сверлильные	Горизонтально-сверлильная
	Радиально-сверлильные (в т. ч. порталные)	Радиально-сверлильная
	Центровальные	Сверлильно-центровальная
Расточная	Станки расточной группы	
	Горизонтально-расточные	Горизонтально-расточная
	Вертикально-расточные	Вертикально расточная
	Координатно-расточные	Координатно-расточная
	Алмазно-расточные	Алмазно-расточная
Шлифовальная	Станки шлифовальной группы	
	Круглошлифовальные	Круглошлифовальная
	Круглошлифовальные полуавтоматы и автоматы	
	Вальцешлифовальные	Вальцешлифовальная
	Бесцентрово-шлифовальные	Бесцентрово-шлифовальная
	Бесцентрово-доводочные	

	<p>Внутришлифовальные Плоскошлифовальные Обдирочно-шлифовальные</p> <p>Резьбошлифовальные (в т. ч. червячно-шлифовальные) Шлицешлифовальные Шлифовально-затыловочные</p> <p>Торцешлифовальные автоматы и полуавтоматы Координатно-шлифовальные</p> <p>Карусельно-шлифовальные</p> <p>Для шлифования центровых отверстий</p>	<p>Внутришлифовальная Плоскошлифовальная Обдирочно-шлифовальная</p> <p>Резьбошлифовальная</p> <p>Шлицешлифовальная. Шлифовально-затыловочная</p> <p>Торцешлифовальная</p> <p>Координатно-шлифовальная</p> <p>Карусельно-шлифовальная</p> <p>Центрошлифовальная</p>
Шлифовальная	<p>Заточные</p> <p>Ленточно-шлифовальные Специализированные и специальные шлифовальные (например, желобошлифовальные для колец подшипников, специализированные, бортикошлифовальные) станки для колец роликоподшипников и т. п.)</p>	<p>Заточная</p> <p>Ленточно-шлифовальная Специальная шлифовальная</p>
Отделочная	Станки отделочной группы	
	<p>Хонингованные Суперфинишные Доводочные Полировальные Притирочные</p>	<p>Хонинговальная Суперфинишная Доводочная Полировальная Притирочная</p>
Зубообрабатывающая	Станки зубообрабатывающей группы	
	Зубофрезерные	Зубофрезерная

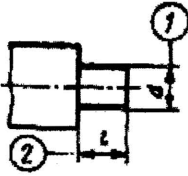
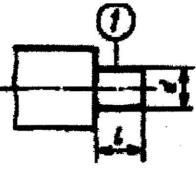
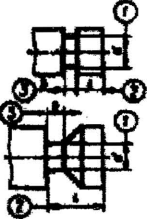
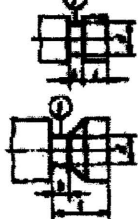
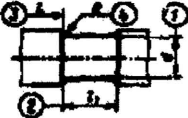
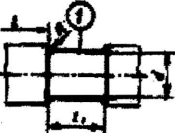
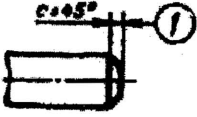
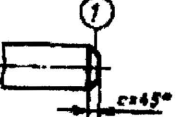
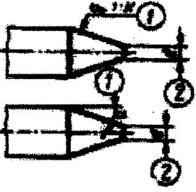
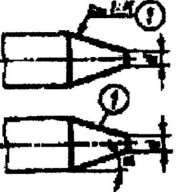
	Шлицефрезерные. Шлице-строгальные	Шлицефрезерная
	Зубодолбёжные Зубошевинговальные Зубохонинговальные Зубошлифовальные Зубопритирочные Зубострогальные Зубопротяжные	Зубодолбёжная Зубошевинговальная Зубохонинговальная Зубошлифовальная Зубопритирочная Зубострогальная Зубопротяжная
	Зубопритирочные. Зубодоводочные	Зубопритирочная
	Зубозакругляющие Для обработки реек и червяков, для снятия заусенец и фасок, для нарезания глобидных червячных пар Контрольно-обкатные	Зубозакругляющая Специальная зубообработывающая Контрольно-обкатная
Фрезерная	Станки фрезерной группы	
	Горизонтально-фрезерные Вертикально-фрезерные Резьбофрезерные Копировально-фрезерные	Горизонтально-фрезерная Вертикально-фрезерная Резьбофрезерная Копировально-фрезерная
Фрезерная	Гравировально-фрезерные Карусельно-фрезерные Барабанно-фрезерные Шпоночно-фрезерные Фрезерно-центровальные Продольно-фрезерные Специальные и специализированные (например, станки для фрезерования канавок фрез и метчиков)	Гравировально-фрезерная Карусельно-фрезерная Барабанно-фрезерная Шпоночно-фрезерная Фрезерно-центровальная Продольно-фрезерная Специальная фрезерная



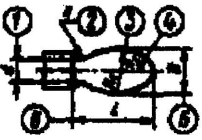
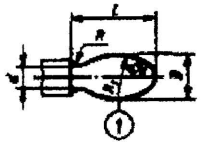

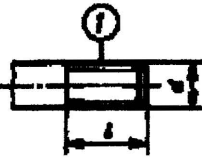

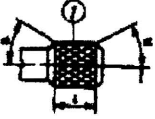
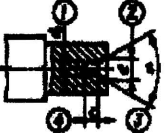
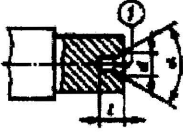
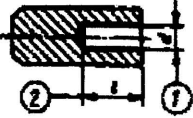
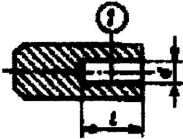
Строгальная	Станки строгальной группы	
	Продольно-строгальные Поперечно-строгальные	Продольно-строгальная Поперечно-строгальная
Протяжная	Станки протяжной группы	
	Горизонтально-протяжные	Горизонтально-протяжная.
Долбежная	Станки долбежной группы	Долбежная
Отрезная	Станки отрезной группы	
	Токарно-отрезные автоматы Токарно-отрезные полуавтоматы Фрезерно-отрезные Пилоотрезные Отрезные ножовочные Ленточно-отрезные Абразивно-отрезные	Токарно-отрезная Фрезерно-отрезная Пилоотрезная Ножовочно-отрезная Ленточно-отрезная Абразивно-отрезная
Специальная	Станки специальные	
	Агрегатные. Болторезные Автоматы гайконарезные Резьбонакатные полуавтоматы и автоматы Балансировочные Галтовочные Виброабразивные Автоматическая линия Обрабатывающие центры	Агрегатная. Болторезная. Гайконарезная Резьбонакатная Балансировочная Галтовочная Виброобразивная Автоматно-линейная Программно-комбинированная

Слесарная		Разметочная Обрубочная Разрезная Отрезная Сверлильная Резьбонарезная Калибровочная Опиловочная Зачистная Притирочная Шабровочная Маркировочная Клеймение
-----------	--	--

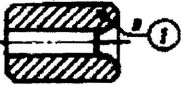
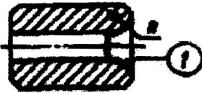

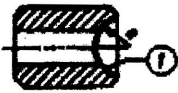
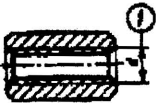
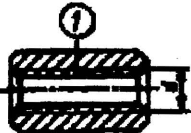
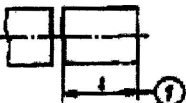
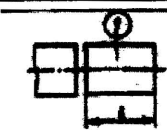

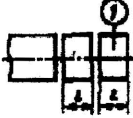
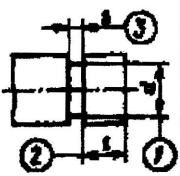
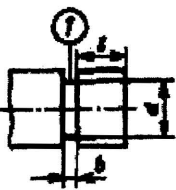
В серийном и массовом производствах операции, выполняемые на агрегатных станках, допускается именовать по виду обработки (сверлильная, расточная и др.).

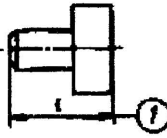
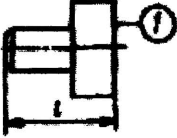
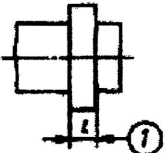
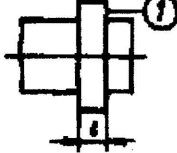
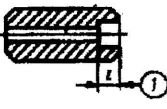

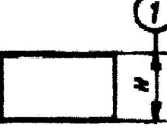
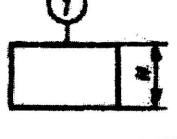

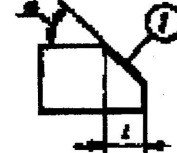
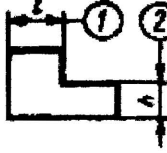
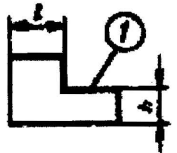
Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79)



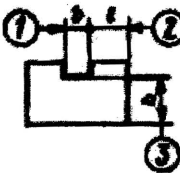
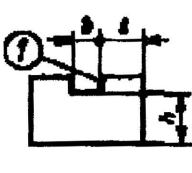
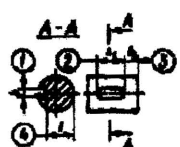
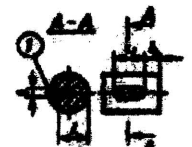
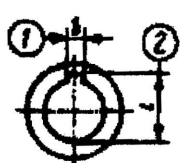
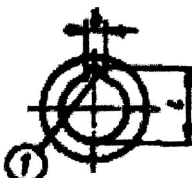
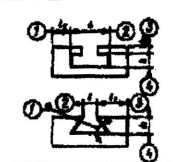
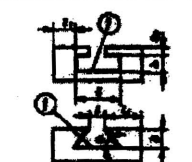
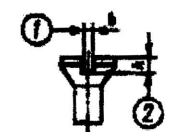
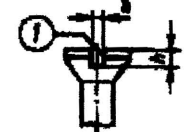
Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.), пов. 1 и 2, выдерживая размеры d и l</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) пов. 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку, пов. 1, 2, 3, выдерживая размеры d, b и l</p>		<p>Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку, пов. 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку, пов. 1-4, выдерживая размеры d, l, R</p>		<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку, пов. 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) фаску, пов. 1, выдерживая размер $C \times 45^\circ$</p>		<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) фаску, пов. 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус, пов. 1, 2, выдерживая размеры d и a</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус, пов. 1</p>




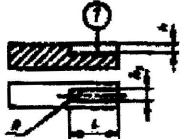


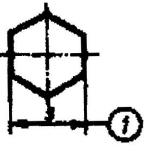
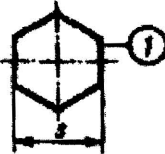
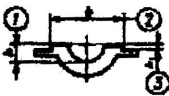

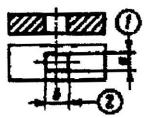
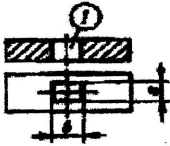
Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	Точить (шлифовать, полировать и т. п.) сферу, пов. 11, выдерживая размер R		Точить (шлифовать, полировать и т. п.) сферу, пов. 1
	Точить (шлифовать, полировать и т. п.) криволинейную пов. 1-5, выдерживая размеры d, D, l, R		Точить (шлифовать, полировать и т. п.) криволинейную пов. 1
	Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т. п.) резьбу, пов. 1, выдерживая размеры d и l		Нарезать (фрезеровать, накатать и т. п.) резьбу, пов. 1
	Накатать рифление, пов. 1, 2, выдерживая размеры l и α		Накатать рифление, пов. 1
	Центровать торец, пов. 1-4, выдерживая размеры l, d, d ₁ , α		Центровать торец, пов. 1
	Сверлить (зенкеровать, развернуть и т. п.) отверстие, пов. 1, выдерживая размеры d и l		Сверлить (зенкеровать, развернуть и т. п.) отверстие, пов. 1

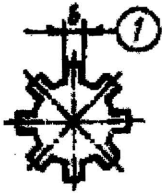
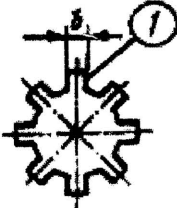




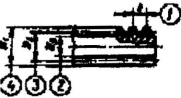

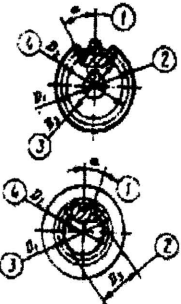
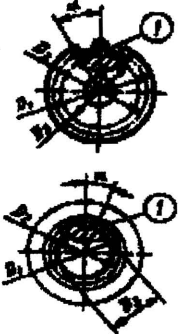
Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	Сверлить (рас- сверлить, зенке- ровать и т. п.) от- верстие, пов. 1, выдерживая раз- меры d и ℓ		Сверлить (рас- сверлить, зенке- ровать и т. п.) от- верстие, пов. 1
	Расточить (зен- керовать, шли- фовать и т. п.) отверстие, пов. 1, выдерживая раз- меры d и ℓ		Расточить (зенке- ровать, шлифо- вать и т. п.) от- верстие, пов. 1
	Расточить (зен- керовать, раз- вернуть и т. п.) коническое от- верстие, пов. 1, выдерживая раз- меры d и ℓ , α		Расточить (зенке- ровать, развер- нуть и т. п.) от- верстие, пов. 1
	Расточить канав- ку, пов. 1 и 3, выдерживая размеры d , ℓ и b		Расточить канав- ку, пов. 1
	Расточить (по- лировать, дове- сти т. п.) выточ- ку, пов. 1., вы- держивая разме- ры d , ℓ , U		Расточить (по- лировать, дове- сти и т. п.) вы- точку, пов. 1
	Зенкеровать (шлифовать, по- лировать и т. п.) фаску, пов. 1, выдерживая раз- мер $C \times 45^\circ$		Зенкеровать (шлифовать, по- лировать и т. п.) фаску, пов. 1

Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	Расточить (зенкеровать, шлифовать, полировать и т. п.) галтель, пов. 1, выдерживая размер R		Расточить (зенкеровать, шлифовать, полировать и т. п.) галтель, пов. 1
	Расточить (шлифовать, полировать и т. п.) сферу, пов. 1, выдерживая размер R		Расточить (шлифовать, полировать и т. п.) сферу, пов. 1
	Нарезать (шлифовать, довести и т. п.) резьбу, пов. 1, выдерживая размер d		Нарезать (шлифовать, довести и т. п.) резьбу, пов. 1
	Отрезать деталь, (заготовку), пов. 1, выдерживая размер ℓ		Отрезать деталь (заготовку), пов. 1
	Отрезать две заготовки, пов. 1, выдерживая размер ℓ		Отрезать две заготовки, пов. 1
	Врезать в поверхность (надрезать деталь), выдерживая размеры d, ℓ , b		Врезать в поверхность 1 (надрезать деталь по пов. 1)

Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	<p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец, пов. 1, выдерживая размер l</p>		<p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец, пов. 1</p>
	<p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец буртика, пов. 1, выдерживая размер l</p>		<p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец буртика, пов. 1</p>
	<p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) дно отверстия, пов. 1, выдерживая размер l</p>		<p>Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) дно отверстия, пов. 1</p>
	<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) пов. 1, выдерживая размер H</p>		<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) пов. 1</p>
	<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) фаску, пов. 1, выдерживая размеры l и α</p>		<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) фаску, пов. 1</p>
	<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать, и т. п.) уступ, пов. 1 и 2, выдерживая размеры l и h</p>		<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) уступ, пов. 1</p>


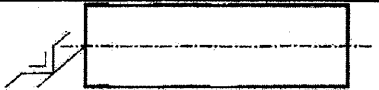
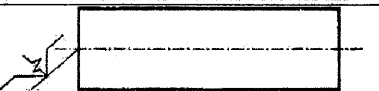

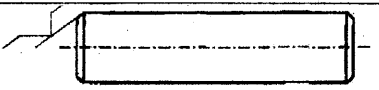
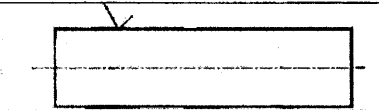
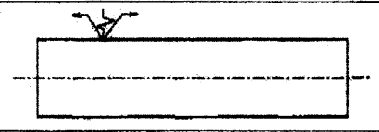
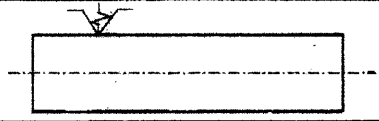
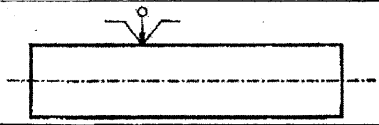
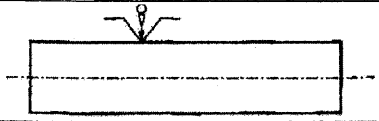
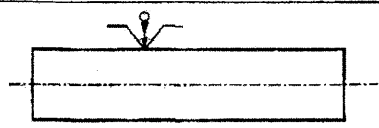
Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	Фрезеровать (строгать, шлифовать, протянуть и т. п.) галтель, пов. 1, выдерживая размер R		Фрезеровать (строгать, шлифовать, протянуть и т. п.) галтель, пов. 1
	Фрезеровать (строгать, протянуть, шлифовать и т. п.) паз, пов. 1, выдерживая размеры l , b , h		Фрезеровать (строгать, протянуть, шлифовать и т. п.) паз, пов. 1
	Фрезеровать шпоночный паз, пов. 1, 2, выдерживая размеры 1-4		Фрезеровать шпоночный паз 1
	Долбить (протянуть) шпоночный паз, пов. 1, 2, выдерживая размеры b , l		Долбить (протянуть) шпоночный паз, пов. 1
	Фрезеровать (протянуть) паз, пов. 1, 2, 3, выдерживая размеры l , l_1 , h , h_1		Фрезеровать (протянуть) паз, пов. 1
	Фрезеровать (протянуть) шлиц, пов. 1, выдерживая размеры b , h		Фрезеровать (протянуть) шлиц, пов. 1

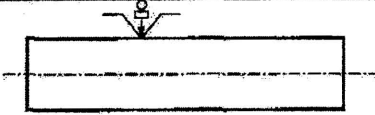
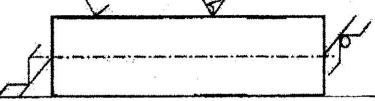
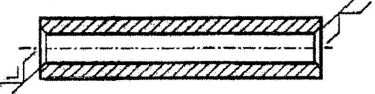
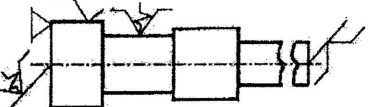

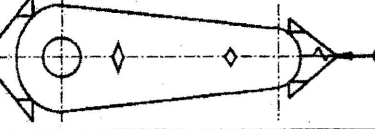
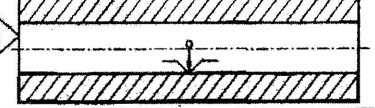
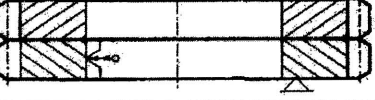
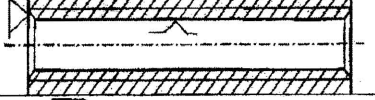
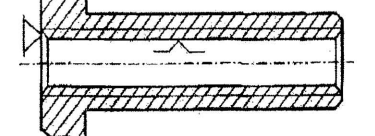
Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) лыску, пов. 1, выдерживая размер h		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) лыску, пов. 1
	Фрезеровать паз по разметке, пов. 1, выдерживая раз- меры h, ℓ		Фрезеровать паз, пов. 1 по размет- ке
	Долбить (протя- нуть) шестигран- ник, пов. 1, выдер- живая размер S		Долбить (протя- нуть) шестигран- ник, пов. 1
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) шести- гранник, пов. 1, выдерживая размер S		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) шестигранник, пов. 1
	Фрезеровать (шли- фовать, полиро- вать и т. п.), пов. 1, 2, 3, выдер- живая размеры $h,$ h_1, b		Фрезеровать (шлифовать, по- лировать и т. п.) пов. 1 и 2
	Прошить (долбить, протянуть и т. п.) отверстие, пов. 1, 2, выдерживая размеры a, b		Прошить (дол- бить, протянуть и т. п.) отверстие, пов. 1

Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	<p>Фрезеровать (шлифовать, полировать и т. п.) боковые поверхности шлицев, пов. 1, выдерживая размер b</p>		<p>Фрезеровать (шлифовать, полировать и т. п.) поверхность шлицев 1</p>
	<p>Фрезеровать (шлифовать, полировать и т. п.) червяк, пов. 1, выдерживая размеры D, α_1, α_2</p>		<p>Фрезеровать (шлифовать, полировать и т. п.) пов. 1</p>
	<p>Долбить (протянуть) шлицы, пов. 1, выдерживая размеры b, a_v</p>		<p>Долбить (протянуть) шлицы, пов. 1</p>
	<p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т. п.) червяк, пов. 1, выдерживая размеры D_1, D_2, D_3, t</p>		<p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т. п.) червяк, пов. 1</p>
	<p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, зачистить и т. п.) зубья, пов. 2, выдерживая размеры D_1, D_2, D_3, α</p>		<p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, зачистить и т. п.) зубья, пов. 1</p>

Условные графические обозначения опор и зажимов
(ГОСТ 3.1107-73)

А. Примеры нанесения знаков базирования изделий

Наименование	Примеры нанесения знаков
Центр гладкий	
Центр рифленый	
Центр плавающий	
Центр вращающийся	
Центр обратный	
Патрон поводковый	
Люнет подвижный	
Люнет неподвижный	
Патрон двух-, трех- и четырехкулачковый	
Патрон пневматический	
Патрон гидравлический	

Наименование	Примеры нанесения знаков
<p>Патрон магнитный и электромагнитный</p>	
<p><i>Б. Примеры выполнения схем установок изделий</i></p>	
<p>С упорным и вращающимся центрами, в поводковом патроне и в подвижном люнете</p>	
<p>С рифленным и упорным центрами</p>	
<p>С упорным и плавающим центрами, в поводковом патроне и в неподвижном люнете</p>	
<p>В тисках с опорой на плоскость</p>	
<p>В призмах с опорой на плоскость</p>	
<p>На разжимной цилиндрической оправке с упором в торец</p>	
<p>На гидравлической оправке с упором в торец</p>	
<p>На резьбовой оправке с упором в торец</p>	
<p>На шлицевой оправке с упором в торец</p>	

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки, мм

	Наибольшая толщина поковки							
	до 40		40-63		63-100		100-160	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки							
	до 40		40-100		100-160		160-250	
	Предельные отклонения (верхнее + нижнее -)							
ИН	+	-	+	-	+	-	+	-
1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2
2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2
3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3
4	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3	0,6	0,3
5	0,5	0,2	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3
6	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4
7	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5
8	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5
9	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7
10	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8
11	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9
12	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0
13	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1
14	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2
15	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3
16	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5
17	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7
18	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9
19	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1
20	3,3	1,7	3,7	1,0	4,2	2,1	4,7	2,4
21	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7
22	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0
23	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3

	Наибольшая толщина поковки									
	160-250		св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки									
	250-400		400-630		630-1000		1000-1600		1600-2500	
	Предельные отклонения (верхнее +, нижнее -)									
ИН	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-
1	0,5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,5	0,3	0,6	0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4	-	-	-	-
4	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5	-	-	-	-
5	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	-	-
6	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9
7	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0
8	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1
9	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2
10	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3
11	1,8,	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5
12	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,6	3,3	1,7
13	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9
14	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1
15	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4
16	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7
17	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0
18	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3
19	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6
20	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0
21	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4
22	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4	9,2	4,8
23	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4	9,2	4,8	10,0	6,0

Предельные отклонения по диаметру сортового круглого
проката из стали, мм

Диаметр проката, мм	Точность проката					
	высокая		повышенная		обычная	
	es	ei	es	ei	Es	Ei
5; 5.5; 6; 6.5; 7-9	+0,1	-0,2	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
10-19	+0,1	-0,3	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
20-25	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5	+0,4	-0,5
26-48	+0,2	-0,5	+0,2	-0,7	+0,4	-0,7
50; 52-58	+0,2	-0,8	+0,2	-1,0	+0,4	-1,0
60; 62; 63; 65; 67; 68	+0,3	-1,1	+0,3	-1,1	+0,5	-1,1
70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 90; 95	+0,3	-1,1	+0,3	-1,3	+0,5	-1,3
100; 105; 110; 115	-	-	+0,4	+1,7	+0,6	-1,7
12; 125; 130; 135	-	-	+0,6	-0,2	+0,8	-2,0
140; 150; 160; 170; 180; 190; 200	-	-	-	-	+0,9	-2,5
210; 220; 230; 240; 250	-	-	-	-	+1,2	-3,0

Точность и качество поверхности проката и обработанных
из него полуфабрикатов

Таблица 1

Качество поверхности фортового проката

Диаметр проката, мм	Точность проката (мкм)					
	высокая		повышенная		обычная	
	Rz	h	Rz	h	Rz	H
до 30	63	50	80	100	125	150
св. 30 до 80	100	75	125	150	160	250
св. 80 до 180	125	100	160	200	200	300
св. 180 до 250	200	200	250	300	320	400

Таблица 2

Качество поверхности поперечно-винтового проката

Диаметр проката, мм	Rz при точности проката		Дефектный слой, мкм H
	повышенной	нормальной	
до 10	63	100	100
св. 10 до 18	100	200	180
св. 18 до 30	160	320	300
св. 30 до 50	320	500	500
св. 50 до 80	500	800	800
св. 80 до 120	800	1250	1200
св. 120 до 180	1250	1600	2000

Таблица 3

Точность отрезки и качество поверхности торца

Способ отрезки	Квалитет	Rz+h, мкм
На ножницах	17	300
Приводными ножовками, дисковыми фрезами на фрезерных станках	14	200
Отрезными резцами на токарных станках Отрубка на прессах	13	200

Таблица 4

Точность и качество поверхности заготовок после
механической обработки

Способ обработки	Переход	Квалитет	Rz, мкм	σ_{H}
Обработка наружных поверхностей				
Обтачивание резцами проката повышенной и обычной прочности	Обдирка	14	125	120
	Черновое	12	63	60
	Чистовое и однократное	10-11	32-20	30
	Тонкое	7-9	6,3-3,2	-
Шлифование в центрах проката обычной точности	Черновое	8-9	10	20
	Чистовое и однократное	7-8	6,3	12
	Тонкое	5-6	3,2-0,8	6-2
Бесцентровое шлифование проката повышенной и высокой прочности				
Обработка торцовых поверхностей				
Подрезание резцами на токарных станках	Черновое	12	50	50
	Однократное	11	32	30
	Тонкое	6	5-10	-
Шлифование на круглошлифовальном и торцешлифовальном станках				

Таблица 5

Кривизна профиля сортового проката на 1 мм

Характеристика проката	Длина проката, мм				
	до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 315	св. 315 до 400	св. 400 до 500
Без правил при точности проката:					
обычной	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
повышенной	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
высокой	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Таблица 6

Точность поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей

Обработка	Квалитет	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
		св. 3 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250	св. 250 до 315	св. 315 до 400	св. 400 до 500
		Обтачивание											
Черно- вая	14	-	-	-	-	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
	12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
Полу- чисто- вая	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
Одно- кратная	12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
	11	75	90	160	130	160	190	220	250	290	320	360	400

Продолжение табл. 6

Чисто- вая	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	
Тонкая	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
	8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97	
	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
	8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97	
	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
Шлифование														
Предва- ритель- ная	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
	8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97	
Чисто- вая	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
Тонкая	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
	Притирка, суперфиниширование													
	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
	4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	Обкатывание, алмазное выглаживание													
	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	
	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
	8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97	
	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40		
5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27		

Примечание: Данные таблицы относятся к стальным деталям. Для деталей из чугуна или цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалитет выше.

Точность и рекомендуемые маршруты обработки отверстий

Но- ми- наль- ный диам- метр от- вер- ствия	Отверстия диаметром 1,5-100 мм										12 квартал							
	7 квартал					8, 9 квартал					11 квартал							
	в сплошном материале		литое или горяче- штампованное			в сплошном материале		литое или горя- чештампованное			в сплошном мате- риале		Литое или го- рячештамп.					
Сверло	лучи стоп- зен- кер	Развертка		Зенкер	Развертка		Сверло	полу тов. зен- кер	Разв.	Зенкер	Полу- забор- товкой	Разв.	Сверло	полу- чистов. зенкер разв.	Зенкер	Чистовый	Сверло	
		чистовая	черновая		чистовая	черновая												первое
1,5	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,2	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,5	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	6,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	9,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	10,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	10,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	11,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	12,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	14,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	15,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	16,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	16,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	18,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	20,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	21,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	22,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	23,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Возможности методов обработки по обеспечению точности размеров
и параметров состояния плоских поверхностей деталей машин

Метод обработки	Квалитет	Ra, мкм	Rz, мкм
Торцовое фрезерование:			
черновое	12-14	4,0-16,0	10,0-50
чистовое	9-11	1,0-4,0	3,2-16,0
тонкое	6-8	0,32-1,25	0,80-4,0
Цилиндрическое фрезерование:			
черновое	12-14	3,2-10,0	10,0-30,0
чистовое	9-11	0,8-3,2	25-12,5
тонкое	6-8	0,20-1,6	0,63-3,2
Строгание:			
черновое	12-14	6,4-40,0	16,0-125
чистовое	9-11	1,0-6,3	3,2-20
тонкое	6-8	0,32-1,6	1,0-5,0
Торцовое точение:			
черновое	12-13	6,4-32	16,0-100
чистовое	9-11	1,6-6,4	4,0-20
тонкое	6-8	0,32-1,6	1,0-5,0
Шлифование:			
обдирочное	8-9	1,6-4,0	5,0-12,0
чистовое	6-7	0,32-1,6	1,0-5,0
тонкое	5-6	0,08-0,32	0,25-1,0
Плосковершинное протягивание:	6-8	0,32-2,5	0,5-6,3
черновое	7-8	1,0-3,2	2,5-10,0
чистовое	5-6	0,32-1,25	0,8-4,0
Шабрение:			
черновое	7-8	2,5-8,0	6,3-32
чистовое	5-6	0,62-2,5	2,0-8,0
тонкое	4-5	0,10-0,8	0,25-25
Накатывание роликами и шариковыми головками:			
черновое	8-10	0,63-2,5	1,5-10,0
чистовое	5-7	0,1-0,83	0,2-2,0
Вибронакатывание	5-10	0,16-2,5	0,25-10,0
Суперфиниширование и полирование:			
обычное	5-6	0,05-0,32	0,125-1,2
плосковершинное	6-8	0,1-1,25	0,16-3,2
Притирка:			
обычная	4-6	0,02-0,1	0,04-0,32
плосковершинная	5-7	0,02-0,4	0,032-1,0

Возможности методов обработки по обеспечению точности обработки зубьев, шлицев и резьб и параметров состояния их рабочих поверхностей

Таблица 1

Возможности методов обработки по обеспечению точности обработки зубьев и параметров состояния их рабочих поверхностей

Метод обработки	Степень точности	Ra, мкм	Rz, мкм
Зубонарезание: модульными фрезами	9-11	8,0-16	20-50
червячными фрезами	8-9	3,2-8,0	8,9-25
долбьяками	7-8	20-4,0	5,0-12
протягивание	6-7	0,8-1,6	2,0-5,0
накатывание	8-9	0,8-2,0	1,8-6,0
шевингование	5-6	0,6-1,25	1,5-3,6
шлифование	5-6	0,32-1,25	0,9-4,0
обкатывание	5-6	0,32-1,0	0,63-3,0
притирка	5	0,1-0,25	0,15-0,6

Таблица 2

Возможности методов обработки по обеспечению точности шлицев и параметров состояния их рабочих поверхностей

Метод обработки	Ra, мкм	Rz, мкм
Шлицефрезерование: черновое	4-10	10-50
чистовое	1,25-4,0	3,0-12,0
Шлицестрогание	1,0-2,5	2,5-8,0
Шлицепротягивание	0,8-1,6	2,0-5,0
Шлифование шлицев: черновое	1,6-3,2	4,0-10
чистовое	0,4-1,25	1,0-4,0
Накатывание шлицев	0,8-1,0	2,0-3,0
Обкатывание шлицев	0,32-1,0	0,8-3,0

Возможности методов обработки по обеспечению точности резьбы
и продолжение параметров состояния её рабочих поверхностей

Метод обработки	Класс точности	Ra, мкм	Rz, мкм
Нарезание резцами, гребёнками, резцовыми головками	2-3	1,6-4,0	4,0-12
Нарезание метчиками, плашками	3	1,25-3,2	3,0-10
Шлифование резьбы	1-2	0,63-1,25	1,5-4,0
Накатывание, раскатывание	1-2	0,8-2,5	1,6-7,0

Погрешности установок заготовок в приспособлениях ϵ_y

Вид образца заготовки	Направление смещения заготовки	Диаметр базы, мм									
		св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 260	св. 260 до 500	
Установка в цанговом патроне											
Шлифованная контрольная оправка, установленная в новом патроне	Радиальное	15-	15-	20-	25-	30-	-	-	-	-	
		20	40	45	50	75					
	на расстоянии от торца, мм	25	50	75-	100	150	-	-	-	-	
				100		-					
Прутки калиброванные	Радиальное	50	60	70	90	100	120	-	-	-	
	Осевое	30	40	50	60	70	80	-	-	-	
Установка в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне											
Прутки горячекатаные:											
повышенной точности	Радиальное	100	120	150	200	300	450	650	-	-	
	Осевое	70	80	100	130	200	300	420	-	-	
обычной точности	Радиальное	-	200	220	280	400	500	800	-	-	
	Осевое	-	130	150	190	250	350	520	-	-	
Единичная заготовка:											
с шлифованной базой	Радиальное	20	20	20	20	30	30	40	40	50	
	Осевое	10	10	10	10	15	15	25	25	30	
с чисто обработанной базой	Радиальное	50	50	50	50	80	80	100	100	120	
	Осевое	30	30	30	30	50	50	80	80	100	
Отливка:											
по выплавляемой модели или в оболочковую форму	Радиальное	100	100	100	100	150	150	200	200	250	
	Осевое	50	50	50	50	80	80	100	100	120	
Предварительно обработанная поверхность, литые в постоянную форму, заготовка, штампованная на КШП	Радиальное	200	200	200	200	300	300	400	400	500	
	Осевое	80	80	80	80	100	100	120	120	150	

При установке в цанговых патронах единичных заготовок вместо прутковых погрешность установки в осевом направлении увеличивается на 10–30 мкм.

При неподвижной цанге смещение в осевом направлении минимально (5–9).

Поджатием деталей при закреплении в патронах погрешность установки можно уменьшить на 20–30 %.

В патронах с пневматическим и гидравлическими силовыми узлами погрешность установки уменьшается на 20–40 % по сравнению с указанными в таблице.

Припуски на обработку

Таблица 1

Припуски на обработку отверстий шлифованием

Метод обработки отверстия	Припуск на диаметр (в мм) при размере отверстия						
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120
Шлифованием до термообработки	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
Шлифование после термообработки: черновое	-	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
	-	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2

Таблица 2

Припуски на обработку отверстий хонингованием

Диаметр отверстия, мм	Материал	
	Сталь	Чугун
до 80	0,05	0,02
св. 80-180	0,06	0,03
св. 180	0,07	0,04

Таблица 3

Припуски на притирку отверстий

Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр, мм
до 50	0,010
св. 50-80	0,015
св. 80-120	0,020

Таблица 4

Припуски на шабрение

Ширина плоскости	Припуск на сторону (в мм) при длине плоскости, мм					Диаметр отверстия	Припуск (в мм) при длине		
	100-500	500-100	1000-2000	2000-4000	4000-6000		до 100	100-200	200-300
до 100	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	до 80	0,05	0,08	0,12
св. 100	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	св. 80-180	0,10	0,15	0,25
500						св. 180-360	0,5	0,25	0,35

Припуски на обработку пазов

Ширина паза	Припуск на ширину паза, мм	
	Чистовое фрезерование после черного	Шлифование пазов у термически обработанных и необработанных деталей после чистого фрезерования
до 6	1,5	0,5
св. 6-10	2,0	0,7
св. 10-18	3,0	1,0
св. 18-30	3,0	1,0
св. 30-50	3,0	1,0
св. 50-80	4,0	1,0
св. 80-120	4,0	1,0

Припуски на обработку торцов

Длина детали	Наибольший размер торца, мм					
	до 30	30-120	120-260	до 30	30-120	120-260
	Чистовая подрезка после черновой			Шлифование после черновой		
до 10	0,5	0,6	1,0	0,2	0,2	0,3
св. 10-18	0,5	0,7	1,0	0,2	0,3	0,3
св. 18-30	0,6	1,0	1,2	0,2	0,3	0,3
св. 30-50	0,6	1,0	1,2	0,2	0,3	0,3
св. 50-80	0,7	1,0	1,3	0,3	0,3	0,4
св. 80-120	1,0	1,0	1,3	0,3	0,3	0,5
св. 20-180	1,0	1,3	1,5	0,3	0,4	0,5
св. 180-260	1,0	1,3	1,5	0,3	0,5	0,5

Минимальные припуски на обработку плоскостей

Метод обработки		Наибольший размер обрабатываемой поверхности, мм							
		до 50	50-120	120-260	260-500	500-800	800-1250	1250-2000	2000-3150
Черновая и однократная лезвийным инструментом	Способ изготовления отливок в песчаной форме								
	I класс точности	0,9	1,1	1,5	2,2	3,1	4,5	7,0	10,0
	II класс точности	1,0	1,2	1,6	2,3	3,2	4,6	7,1	11,0
	в кокиле	0,7	0,8	1,0	1,6	2,2	3,1	4,6	7,0
	в оболочковой форме	0,5	0,6	0,8	1,4	2,0	2,9	-	-
	по выплавляемой модели	0,3	0,4	0,5	0,8	-	-	-	-
Получистовая лезвийным инструментом после черновой		0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,50	0,65
Чистовая лезвийным инструментом после получистовой		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20
Предварительное и неоднократное шлифование после чистовой обработки лезвийным инструментом		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08
Чистовое шлифование после предварительного		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05

**Коэффициенты уточнения K_u для отливок, поковок,
штампованных заготовок и сортового проката**

Технологический переход	K_u
Однократное и черновое точение штампованных заготовок, заготовок из горячекатаного проката, предварительное шлифование проката	0,06
Получистовая обработка заготовок из проката, штампованных заготовок, рассверливание отверстий, смещение оси отверстия после черновой обработки	0,05
Чистовое точение заготовок из сортового проката обыкновенного качества, штампованных заготовок после первого технологического перехода обработки литых заготовок, после чистового шлифования проката	0,04
Двукратное обтачивание калиброванного проката или двукратное шлифование заготовок после токарной обработки	0,02
Получистовая обработка (зенкерование и черновое развертывание отверстий)	0,005
Чистовая обработка – развертывание отверстий	0,002

При обработке торцовых поверхностей штампованных заготовок с центральным отверстием остаточную величину пространственного отклонения (коробления) можно определить по формуле:

- после черновой обработки

$$\Delta_{\text{ост}} = 1,2 [0,06\Delta_{\text{кор}} + 0,15(R-r)];$$

- после получистовой обработки

$$\Delta_{\text{ост}} = 1,1 [0,003\Delta_{\text{кор}} + 0,1(R-r)];$$

- после чистовой обработки

$$\Delta_{\text{ост}} = 0,003\Delta_{\text{кор}} + 0,1(R-r),$$

где R и r – радиусы наружной поверхности и отверстия.

Рекомендуемые диаметры сверл для отверстий под резьбу

Номинальный размер резьбы	Шаг резьбы	Диаметр сверла		Номинальный размер	Шаг резьбы	Диаметр сверла		
1	0,2	0,80	0,82	8	0,5	7,50	7,60	
	0,25	0,75	0,80		0,75	7,25	7,30	
1,1	0,2	0,90	0,92		1	7,00	7,10	
	0,25	0,85	0,90		1,25	6,80	6,90	
1,2	0,2	1,00	1,05	9	0,5	8,50	8,60	
	0,25	0,95	1,00		0,75	8,25	8,30	
1,4	0,2	1,00	1,25		1	8,00	8,10	
	0,3	1,05	1,15		1,25	7,80	7,90	
1,6	0,2	1,40	1,45	10	0,5	9,50	9,60	
	0,35	1,25	1,30		0,75	9,25	9,30	
1,8	0,2	1,60	1,65		1	9,00	9,10	
	0,35	1,45	1,50		1,25	8,80	8,90	
2	0,25	1,75	1,80	11	1,5	8,50	8,70	
	0,4	1,60	1,65		0,5	10,50	10,60	
2,2	0,25	1,95	2,00		0,75	10,25	10,30	
	0,45	1,75	1,80		1	10,00	10,10	
2,5	0,35	2,15	2,20	12	1,5	9,50	9,70	
	0,45	2,05	2,10		0,5	11,50	-	
3	0,35	2,65	2,70		0,75	11,25	11,30	
	0,5	2,50	2,60		1	11,00	11,10	
3,5	0,35	3,15	3,20	14	1,25	10,80	10,90	
	0,6	2,90	2,95		1,5	10,50	10,70	
4	0,5	3,50	3,60		1,75	10,20	10,40	
	0,7	3,30	3,40		0,5	13,50	13,25	
4,5	0,5	4,00	-	0,75	13,30	13,00		
	0,75	3,75	3,90	1	13,00	12,80		
5	0,5 0,8	4,50 4,20 4,30	4,60 4,30	14	1,25	12,50	12,70	
					1,5	12,00	12,20	
					2			
5,5	0,5	5,00	5,10	15	1	14,00	-	
					1,5	13,50	13,70	
6	0,5	5,50	5,60	16	0,5	15,50	-	
	0,75	5,25	5,30		0,75	15,25	-	
	1	5,00	5,10		1	15,00	-	
7	0,5	6,50	6,60	17-52	1,5	14,50	-	
	0,75	6,25	6,30		2	14,00	14,20	
	1	6,00	6,10		P			

О патентном поиске и структуре международного патентного классификатора

Новизна конструкторской и технологической разработки является одним из требований, предъявляемых к курсовому и дипломному проектам. Решение этой задачи невозможно без проведения поиска необходимой патентной документации и обзора технической литературы. Под патентной документацией понимается совокупность официальных документов, содержащих сведения о результатах научно-исследовательской и проектно-конструкторской работ, заявленных или признанных открытиями, изобретениями, полезными моделями, промышленными образцами и др. К их числу относятся: официальные патентные бюллетени, описания к заявкам на изобретения, описания изобретений к патентам (авторским свидетельствам), описания полезных моделей, промышленных образцов и др.

Главными объектами изучения студентов являются описания изобретений к патентам (авторским свидетельствам), основные виды патентной документации.

Полный и правильно организованный поиск патентных документов невозможен без знания структуры Международной патентной классификации (МПК) и принципов классифицирования и поиска.

Для систематизации огромного множества технических решений в различных областях деятельности человека в 1951–1955 гг. была разработана Международная патентная классификация (седьмая редакция с 01.01.2000 г.).

В МПК все области знаний разделены на восемь разделов, которые обозначены заглавными буквами латинского алфавита:

- А – удовлетворение жизненных потребностей человека;
- В – различные технологические процессы; транспортирование;
- С – химия и металлургия;
- Д – текстиль и бумага;
- Е – строительство; горное дело;
- F – прикладная механика, освещение и отопление; двигатели и насосы; оружие и боеприпасы; взрывные работы;
- G – техническая физика;
- Н – электричество.

Каждый раздел делится на классы. Индекс класса состоит из индекса раздела и двузначного числа. Каждый из разделов может содержать до 99 классов.

Например: E21 Бурение. Горное дело.

Классы разделяются на подклассы, которые обозначаются заглавными согласными буквами латинского алфавита. Индекс подкласса состоит из индекса класса и согласной буквы.

Например: E21B Бурение. Глубокое бурение, добыча нефти.

Каждый подкласс делится на группы, а группы в свою очередь – на подгруппы.

Здесь имеет место иерархический принцип построения классификации от общего к частному. Это означает, что последующие цифры или буквы индекса определяют все большую дифференциацию классифицируемой области.

Группы, как правило, обозначаются нечетными цифрами, а подгруппы – четными; они разделяются друг от друга наклонной чертой и именуется дробными рубриками. Среди дробных рубрик различают основные группы и подгруппы. Индекс основной группы состоит из индекса подкласса, за которым следует одно-, двух- или трехзначное число, наклонная черта и два нуля.

Например: E21B 10/00, буровые долота.

Текст и индексы основных групп выделяются жирным шрифтом. Индекс подгруппы состоит из индекса подкласса, за которым следует одно-, двух- или трехзначное число основной группы, которой подчинена данная подгруппа, далее идет наклонная черта дробной рубрики и, по крайней мере, две четные цифры, кроме 00.

Например: E21B 10/24, буровые долота, шарошечные.

Каждая подгруппа может иметь дальнейшую дифференциацию, которая обозначается третьей, четвертой цифрой после наклонной черты. Текст таких подгрупп выделяется одной, двумя, тремя точками, которые ставятся после индексов дробной рубрики перед текстом.

Оценка качества соединения и изготовления деталей

При оценке качества соединений с зазором уровень качества определяется по формуле

$$k_i = 1 - \frac{(S_i - S_{\min})^2}{(ITS + \Delta)^2}, \quad (1.1)$$

где ITS – допуск зазора ($ITS = S_{\max} - S_{\min}$); S_i – действительное значение зазора в i -м соединении; S_{\min} – минимальное (по чертежу) значение зазора; S_{\max} – максимальное (по чертежу) значение зазора; Δ – погрешность определения параметра.

При оценке качества соединений с натягом уровень качества определяется по формуле

$$k_i = 1 - \frac{(N_{\max} - N_i)^2}{(ITN + \Delta)^2}, \quad (1.2)$$

где ITN – допуск натяга ($ITN = N_{\max} - N_{\min}$); действительное значение натяга в i -м соединении; N_{\min} – минимальное (по чертежу) значение натяга; N_{\max} – максимальное (по чертежу) значение натяга. В переходных посадках могут иметь место как натяги, так и зазоры. При высоких требованиях к точности центрирования, а также при больших, особенно ударных, нагрузках и вибрациях назначают посадки с большим средним натягом. В этом случае уровень качества изготовления соединения определяется по формуле

$$k_i = 1 - \frac{(N_{\max} - N_i)^2}{(ITNS + \Delta)^2}, \quad (1.3)$$

где $ITNS$ – допуск посадки ($ITNS = N_{\max} + S_{\max}$); N_i – действительное значение натяга в i -м соединении; S_{\max} – максимальное (по чертежу) значение зазора; N_{\max} – максимальное (по чертежу) значение натяга. Чем чаще требуется разборка (сборка) узла, чем больше опасность повреждения других деталей соединения (особенно подшипников), тем с меньшим средним натягом следует выбирать переходную посадку. В этом случае уровень качества изготовления соединения определяется по формуле

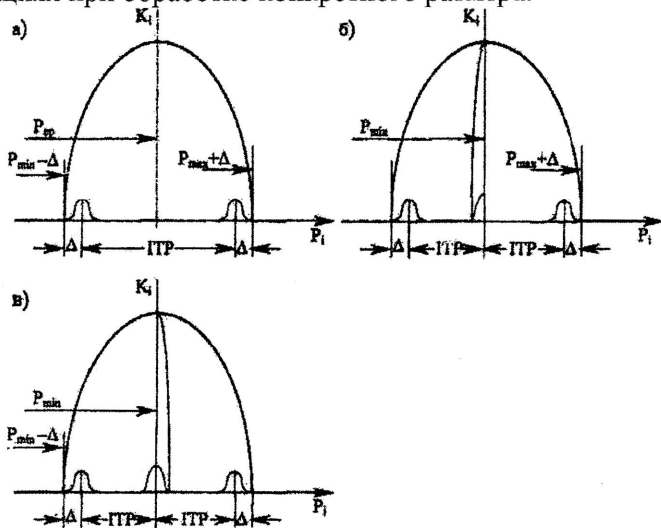
$$k_i = 1 - \frac{(S_{\max} - S_i)^2}{(ITNS + \Delta)^2}, \quad (1.4)$$

где S_i – действительное значение зазора в i -м соединении; S_{\max} – максимальное (по чертежу) значение зазора.

Оценка качества изготовления деталей

Качество изготовления машин зависит от качества изготовления отдельных деталей, входящих в нее, качества монтажа сборочных единиц и т. п.

Качество изготовления детали формируется в течение всего технологического процесса. Следовательно, о качестве изготовления детали, с одной стороны, можно судить по конечному результату, т. е. по полученной геометрии готовой детали, а с другой стороны, качество детали является функцией уровней качества, достигнутых на отдельных операциях при обработке конкретного размера.



Расчетные схемы для определения уровня качества изготовления для размеров, заданных в виде: а) номинального размера и допуска; б) не менее номинального размера и допуска; в) не более номинального размера и допускам

Существуют три способа задания требований к отдельным свойствам детали на чертеже:

- показатель должен находиться в заданных пределах — $P_{\min} \dots P_{\max}$, т. е. действительное значение некоторого параметра (значение параметра, измеренное с допустимой погрешностью) должно находиться в этих пределах (группа 1);
- показатель должен быть равен или меньше некоторого мак-

симального значения – $P \leq P_{\max}$. Нижний предел для таких параметров не устанавливается. Он обуславливается выбранным технологическим процессом достижения требуемого значения параметра. Такие параметры относятся к параметрам, заданным в виде «не более...». К таким параметрам можно отнести показатели отклонения формы, взаимного расположения поверхностей и осей и т. п. (группа 2);

- показатель должен быть больше некоторого минимального значения – $P \geq P_{\min}$. Верхний предел для таких параметров не устанавливается. Он обуславливается выбранным технологическим процессом достижения требуемого значения параметра. Такого рода параметры относятся к параметрам, заданным в виде «не менее...». Примером такого задания параметра может быть, например, «твёрдость не менее HB230» и т. п. (группа 3, рисунок). Уровень качества изготовления детали по i -му регламентированному свойству (для показателей группы 1, рис. 2.1) можно определить по формуле

$$k_i = 1 - \frac{(P_i - \bar{P})^2}{(0,5ITP + \Delta)^2}, \quad (2.1)$$

где ITP – допуск на i -й параметр ($ITP = esP - eiP$); \bar{P} – среднее значение i -го параметра ($\bar{P} = 0,5(esP + eiP)$); P_i – действительное значение параметра, полученное в данном технологическом процессе; esP – верхнее предельное значение параметра P ; eiP – нижнее предельное значение параметра P ; Δ – погрешность определения параметра.

Численная величина Δ может быть принята в соответствии с рекомендациями ISO. Так, в соответствии с этими требованиями предельная абсолютная погрешность измерения $\Delta = (0,2...0,25)U_n$, а приведенная погрешность $\delta = 100 - \Delta/2\Pi_n$. Здесь U_n – предельное отклонение значения регламентируемого параметра; Π_n – предельное значение измеряемого параметра. Для линейных размеров величина Δ может быть принята из РД-50-98-86 «Методические указания. Выбор универсальных средств, измерений линейных размеров до 500 мм».

Для показателей второй группы формула для определения уровня качества по i -му регламентированному параметру будет иметь вид

$$k_i = 1 - \frac{(P_i - P_{\min})^2}{(0,5ITP + \Delta)^2}. \quad (2.2)$$

где ITP – допуск на i -й параметр ($ITP = P_{\max} - P_{\min}$); P_i – действительное значение параметра, полученное в данном технологическом процессе; P_{\min} – минимально достижимое значение i -го параметра в данном технологи-

ческом процессе при полном соблюдении технологического регламента; P_{\max} – максимально допустимое по техническим требованиям значение параметра.

Для показателей третьей группы формула для определения уровня качества по i -му регламентированному параметру будет иметь вид

$$k_i = 1 - \frac{(P_{\max} - P_i)^2}{(ITP + \Delta)^2}, \quad (2.3)$$

где ITP – допуск на i -й параметр ($ITP = P_{\max} - P_{\min}$); P_i – действительное значение параметра полученное в данном технологическом процессе; P_{\max} – максимально достижимое значение i -го параметра в данном технологическом процессе при полном соблюдении технологического регламента; P_{\min} – максимально допустимое по техническим требованиям значение параметра.

Для оценки уровня качества изготовления детали по комплексному показателю на данной операции используется формула

$$K = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m k_i},$$

где k_i – определяется по формулам для соответствующей группы; m – количество параметров детали, по которым производится оценка качества изготовления i -й детали.

Примеры разработки технологических операций

1. Пример разработки револьверной операции *обработки гайки специальной, рис. 1*

Материал детали – сталь углеродистая А12 ГОСТ 1414-75, $\sigma_B = 50 \text{ МН/м}^2$; НВ203. Масса детали 0,23 кг.

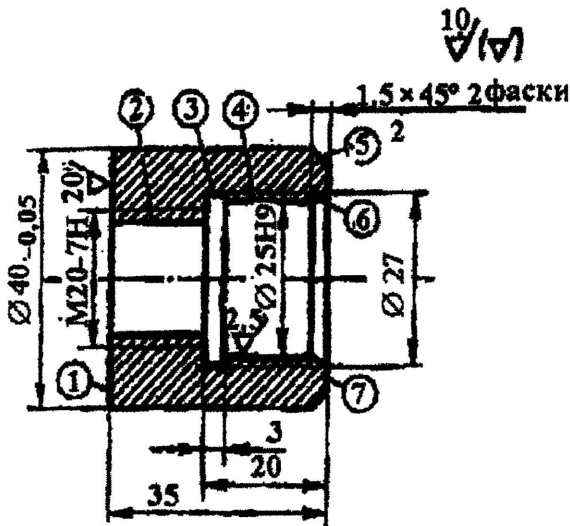


Рис. 1. Гайка специальная

Сталь А12 с содержанием серы до 0,3 % относится к группе автоматных сталей, даёт при обработке резанием чистую поверхность, ломкую, легкоудаляемую стружку, т. е. имеет повышенную обрабатываемость резанием.

В качестве исходной заготовки принята прутковая сортовая калиброванная сталь, изготавливаемая холодной прокаткой или волочением из горячекатаного проката. Она имеет относительно более точные размеры по сечению $\varnothing 40_{-0,05}$ по ГОСТ 7417-75, что является средним между h8 (-0,039) и h9 (-0,062).

Тип производства – среднесерийный.

Целесообразность револьверной обработки рассматриваемой детали подтверждается следующим: деталь изготавливается из прутка, а на станках этого типа механизированы подача и зажим прутка; деталь может быть обработана путём последовательного участия большого

числа инструментов; производство серийного типа; обеспечивается идентичность деталей, используется рабочий невысокой квалификации, снижается себестоимость изделия.

Проектирование токарно-револьверной операции

Содержание операции. Операция будет состоять из одного станова, ряда позиций и переходов. При установлении содержания операции руководствуются правилами и рекомендациями по разработке револьверных операций: обработку следует начинать с подрезания торца; сверлению должна предшествовать зацентровка коротким жёстким сверлом большого диаметра с углом $2\phi = 90^\circ$; начинать сверлить ступенчатое отверстие следует свёрлами большого диаметра (это производительнее и даёт точнее результат); нужно стремиться к возможному совмещению переходов с целью повышения производительности; развёртку надо закреплять в качающуюся оправку; в месте отрезания заготовки для облегчения отрезки нужно, если деталь полая, выполнить сверление и др. В соответствии с этими рекомендациями устанавливаются последовательность обработки (табл. 1).

Выбор станка. Целесообразно выбрать достаточно быстроходный, механизированный и частично автоматизированный токарно-револьверный станок мод. 1Г340П, имеющий круглую шестнадцатипозиционную револьверную головку с горизонтальной осью вращения, параллельной оси шпинделя станка.

Таблица 1

№ позиции	№ пере- хода	Содержание перехода
I	1	Подать пруток до упора и закрепить
II	2	Подрезать торец, выдержав размер 45 мм от торца цанги, окончательно
III	3	Центровать торец, выдержав размер $d = 20$ мм 17 мм
IV	4	Сверлить отверстие $\varnothing 22,5$, выдержав размер 17 мм
V	5	Сверлить отверстие $\varnothing 17,4$, выдержав размер 42 мм
VI	6	Зенкеровать отверстие $\varnothing 24,75$, выдержав размер 20 мм
VII	7	Расточить канавку $\varnothing 27$ шириной 3, выдержав размер 20 мм

1	2	3
VIII	8	Зенкеровать фаску в размер $\varnothing 28$ и точить фаску $1,5 \times 45^\circ$ одновременно
IX	9	Нарезать резьбу метчиком М20-7Н
X	10	Развернуть отверстие $\varnothing 25H9$ начисто
XI	11	Отрезать заготовку, выдержав размер 35 мм

Основные технические характеристики станка

Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм.....40

Наибольший диаметр заготовки над станиной, мм.....400

Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм.....100

Частота вращения шпинделя, об/мин:

нижний диапазон45; 90; 180; 355; 700; 1400

верхний диапазон.....63; 125; 250; 500; 1000; 2000

Подача револьверного суппорта, мм/об:

нижний диапазон.....0,035; 0,070; 0,125; 0,24; 0,45; 0,85

верхний диапазон.....0,07; 0,125; 0,24; 0,45; 0,85; 1,6

Поперечная подача, мм/об, в два раза меньше соответствующей продольной подачи того же диапазона

Мощность электродвигателя, Вт.....6

Следует иметь в виду, что новая модель станка по сравнению с ранее выпускаемыми станками этого же типа отличается наличием командоаппарата, при повороте револьверной головки автоматически включающего в каждую следующую позицию выбранную частоту вращения шпинделя в пределах установленного диапазона частот и величину подачи также в пределах установленного диапазона подач; гидравлического механизма подачи и зажима прутка как калиброванного, так и менее точного – горячекатаного, а также штучных заготовок меньшей точности; копирной линейки для обработки конических и фасонных поверхностей заготовки; резбонарезного устройства для нарезания резьбы, расположенной в левой части заготовки.

Выбор технологической оснастки. В качестве приспособления

используется гидравлический механизм подачи и зажима калиброванного холоднотянутого проката, имеющийся на станке.

Для установки каждого режущего инструмента и упора для подачи прутка выбираются вспомогательные инструменты (резцедержавка, переходные втулки, патроны для метчиков и плашек, качающиеся оправки для развёрток и др.) из числа имеющихся в комплекте станка и изображённые в инструкции, прилагаемой к паспорту станка. Режущие инструменты выбираются по справочникам и ГОСТам на режущие инструменты, причём учитываются особенности их установки и закрепления в гнездах револьверной головки. Предпочтение при выборе отдаётся инструментам с твёрдым сплавом, а быстрорежущие – из новых качественных сталей с уменьшенным содержанием дефицитных материалов, например вольфрама.

Измерительные инструменты выбирают из числа имеющихся стандартных предельных калибров, а для наладки используют штангенциркули и микрометры.

Все выбранные элементы технологической оснастки вписывают в соответствующие графы ОК. Схема наладки показана на рис. 2.

Определение режимов резания производится для каждого перехода для установления величины и рода подачи и частоты вращения шпинделя при выполнении определённого перехода. Так, например, для перехода 2 при $t_2 = 2$ мм $S_{НОРМ} = 0,4..0,55$ мм/об; $S_{пасп} = 0,42$ мм/об; $V_{НОРМ} = 148$ м/мин; $n_{расч} = 1000 \cdot V_{НОРМ} / (\pi \cdot d)$; $n_{расч} = 1000 \cdot 148 / (\pi \cdot 40) = 1178$ об/мин; $n_{пасп} = 1000$ об/мин; $V_{ДЕЙСТ} = \pi d n_{расч} / 1000 \pi 40 \cdot 1000 / 1000 = 125,7$ м/мин = 2,1 м/с.

Аналогично устанавливают режимы резания для других переходов и вписывают их в соответствующие графы ОК.

Техническое нормирование операции выполняется для каждого из переходов (см. табл. 1). Для перехода 1 (вспомогательного) вспомогательное время при работе для прутка диаметром 40 мм с выдвиганием на длину до 50 мм и закреплением механизированным зажимом $T_{всп} = 0,19$ мин.

Аналогично устанавливают основное и вспомогательное время, связанное с каждым переходом, и вносят его в ОК.

В результате работы по техническому нормированию всех переходов в ОК записывают $T_{осн}$ и $T_{всп}$ каждого из переходов и далее последовательно определяют все элементы нормы времени операции:

$$\sum T_{i\text{осн}} + \sum T_{i\text{всп}} = T_{опер}; \quad T_{обс} = 0,01 \alpha_{обс} \cdot T_{опер} \quad T_{пер} = 0,01 \beta_{пер} \cdot T_{опер};$$

$T_{шт.} = T_{опер} + T_{обс} T_{пер}; T_{п.з.шт.} = T_{п.з.}/n_{Д.}$
 Эти данные $T_{шт.}$ и $T_{п.з. шт.}$ внесены из ОК в последние графы МК.

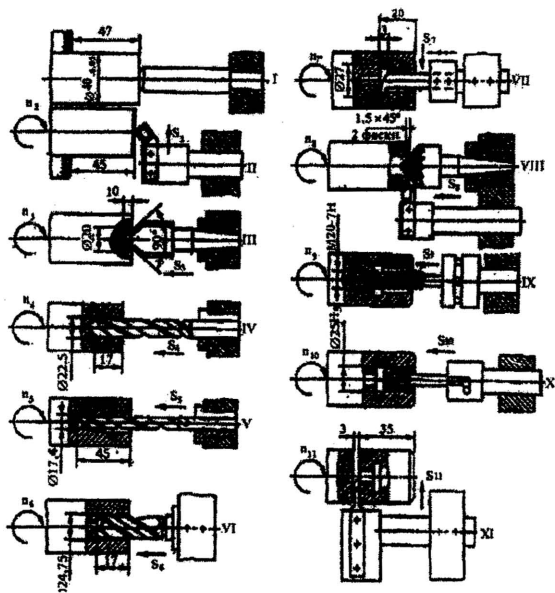


Рис. 2. Наладка токарно-револьверного станка мод. 1Г340П

2. Пример разработки полуавтоматной токарной операции многорезцовой обработки ступенчатого вала

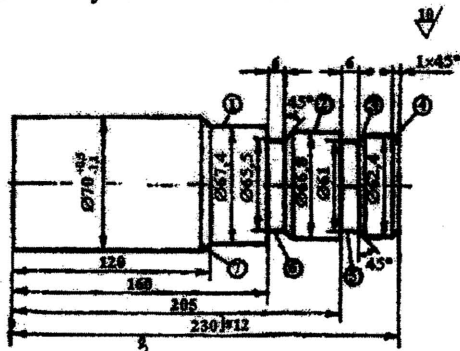


Рис. 3. Вал

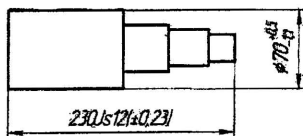


Рис. 4. Заготовка вала

Материал – сталь 45 (ГОСТ 1050-88), НВ 176-207 ($\sigma_B = =630 \dots 700 \text{ МН/м}^2$). Исходная заготовка – сортовой стальной горячекатаный прокат круглого сечения $\varnothing 70$ (ГОСТ 2590-88) обычной точности В. Масса погонного метра 30,21 кг.

Заготовка до рассматриваемой операции была разрезана в размер 234 мм, затем у неё были подрезаны оба торца в размер 230 js 12 ($\pm 0,23$) и произведена зацентровка с двух сторон. Центровые отверстия В 6,3 (ГОСТ 14034-74). Масса заготовки $M_3 = 6,95$ кг.

Жёсткость заготовки определяют с целью проверки возможности течения многолезцовым способом. Определяем средний диаметр заготовки для случая, когда точится вторая сторона вала:

$$d_{cp} = (d_0 \cdot l_0 + d_1 2l_1 + d_6 2l_6 + d_2 2l_2 + d_5 2l_5 + d_3 2l_3) / L_{общ};$$

$$d_{cp} = (70 \cdot 10 + 67,4 \cdot 2 \cdot 40 + 65,5 \cdot 2 \cdot 6 + 66,8 \cdot 2 \cdot 39 + 61,2 \cdot 2 \cdot 23 + 62,4 \cdot 2 \cdot 22) / 230 = 15200 / 230 = 66,1 \text{ мм.}$$

Показатель жёсткости $L/d_{cp} = 230/66,1 = 3,48$ свидетельствует, что вал жесткий и, следовательно, обработка его многолезцовым способом допустима.

Проектирование операции

Выбор станка. Для данной операции применяется токарный многолезцовый полуавтомат мод. 1Н713. Этот станок предназначен для черновой и чистовой обработки деталей типа тел вращения (валов, фланцев, шестерён и др.) в центрах, патроне или на центральной оправке в условиях серийного и массового производства.

Основные технические характеристики станка мод. Ш713

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом.....250

Наибольшая длина обрабатываемой заготовки.....500

Частоты вращения шпинделя, об/мин.....50; 63; 80; 100; 125;
160; 200; 250; 315; 400
500; 630; 800; 1000

Подача суппортов, мм/мин:

продольного.....	25–400
поперечного.....	25–315
Наибольшее сечение резцов, мм.....	25×32
Мощность электродвигателя, кВт.....	17

Выбор технологической оснастки и инструмента. Для осуществления рассматриваемой операции на станке мод. 1Н713 требуется следующая технологическая оснастка:

- приспособления – поводковый патрон с автоматически зажимающим утопающим центром и вращающийся центр с конусом Морзе 6;

- вспомогательный инструмент – специальные резцедержатели к суппортам;

- режущий инструмент – один проходной правый резец, два проходных упорных резца $\phi = 90^\circ$, один фасонный $\phi = 45^\circ$ и два канавочных специальных резца (все оснащённые пластинками твёрдого сплава Т15К6 или ВТ112);

- измерительный инструмент – скобы 67, 4h12; 66, 8h12; 62, 4h12; шаблоны линейные $l=205h14$; $l=160h14$; $l=120h14$; шаблон для контроля фаски; эталоны шероховатости $Ra = 10$ мкм; микрометры и штангенциркули разных размеров.

Выбранные оснастка и инструмент вносятся в операционную карту.

Установление наименования операции, её содержания и всех переходов. Так как операция выполняется на токарном полуавтомате, то её наименование – «полуавтоматная токарная». Как следует из эскиза, в операции следует обработать три шейки вала (1, 2, 3) методом точения с продольной подачей, а две канавки (5 и 6) и фаску (4) – точением с поперечной подачей. Таким образом, в работе будут участвовать оба суппорта станка и каждый из них будет выполнять по одному сложному технологическому переходу. Содержание всех переходов записывают в операционную карту.

Операция состоит из одного установа, двух технологических и трёх вспомогательных (в том числе контрольного) переходов.

Разработка схемы установки резцов. В продольном верхнем суппорте будут установлены три резца, каждый из которых соответственно точит «свою» шейку. Длина хода этого суппорта с учётом длины шейки $2l_2 = 45$ мм и косо́го врезания $l_{вр} = 6$ мм принимается $l_{расч. прод} = 50$ мм.

В поперечном суппорте установлены три резца: два канавочных и один фасонный; длина хода этого суппорта, считая по канавке 5, составит $l_5 = 0,5(61 \dots 70)$ мм, врезание и перебег – 1,5 мм.

Принимаем $l_{\text{расч.поп.}} = 6$ мм (рис. 2.3).

Назначение режимов резания. Глубина резания для каждого резца уже установлена. Подачу продольного суппорта устанавливают по [48] и для нашего случая, учитывая требования по шероховатости $Ra = 10$ мкм, $S = 0,4 \dots 0,55$ мм/об. Подача продольного суппорта для канавочного резца, обрабатывающего канавку 6, по [48] составит $S_{\text{поп}} = 0,1-0,2$ мм/об. При одновременной работе обоих суппортов должно выдерживаться соотношение $L_{\text{прод.}}/S_{\text{прод.}} = L_{\text{поп.}}/S_{\text{поп.}}$

Тогда $S_{\text{поп.}} = S_{\text{прод.}} L_{\text{поп.}} / L_{\text{прод.}} = 0,4-6/50 = 0,048$ мм/об.

Определение периода формуле $T = T_m \lambda$, где T_m – период стойкости инструмента; λ – коэффициент времени резания [48]. В нашем случае для средней наладки при шести инструментах $T_m = 130$ мин и при $\lambda = 1$, $T = 130$ мин. При этом значении T поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от принятой стойкости $K_{T_v} = 0,85$.

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя $V_{\text{расч.}} = V_{\text{норм.}} K_{T_v} K_{U_v} 0,85 = 87,5 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,85 = 63,2$ м/мин.

Частота вращения шпинделя $n_p = 1000 \cdot 63,2 / (\pi \cdot 70) = 287,4$ об/мин. Принимаем $n_{\text{пасп.}} = 250$ об/мин, тогда $V_{\text{факт.}} = \pi D n_{\text{пасп.}} / 1000$; $V_{\text{факт.}} = \pi \cdot 70 \cdot 250 / 1000 = 55$ м/мин = 0,92 м/с.

Минутные подачи суппортов: $S_{\text{прод.мин.}} = 0,4 \cdot 250 = 100$ мм/мин; $S_{\text{прод.пасп.}} = 100$ мм/мин; $S_{\text{поп. мин.}} = S_{\text{поп. пасп.}} = 0,048 \cdot 250 = 12$ мм/мин. Принимаем по паспорту $S_{\text{поп.мин.}} = 25$ мм/мин (мин); $S_{\text{поп. факт.}} = S_{\text{поп. мин.}} / n_{\text{пасп.}} = 25/250 = 0,1$ мм/об.

Проверочный расчет режимов резания по мощности при одновременной работе всех шести резцов. Мощность резания $P_{\text{рез.}} = \sum_{i=1}^6 P_{\text{рез.}i}$,

где $P_{\text{рез.}}$ – мощность резания каждого из резцов, $P_{\text{рез.}} = 1,4 + 1,4 + 2,9 + 0,8 + 1,4 + 2,9 = 10,8$ кВт; $P_{\text{шп.}} = 17 \cdot 0,75 = 12,75$ кВт. Так как $P_{\text{шп.}} > P_{\text{рез.}}$, то резание возможно. При этом мощность станка используется на 85,35 %, что является хорошим показателем.

Определение основного технологического времени T_0 :

$$T_{0 \text{ прод.}} = L_{\text{расч. прод.}} / S_{\text{прод. пасп.}} = 50 / 100 = 0,5 \text{ мин.};$$

$$T_{0 \text{ поп.}} = L_{\text{расч. поп.}} / S_{\text{поп. пасп.}} = 6 / 25 = 0,24 \text{ мин.}$$

Обычно на многорезцовых станках работу обоих суппортов стремятся выполнить параллельно, тогда меньшее время работы перекрывается. В данном случае можно включить суппорты на последовательную работу, уменьшить припуск на обработку канавочными резцами и облегчить условия их работы; при этом, однако, T_0 увеличивается на 0,24 мин. $T_{\text{очн.оп}} = 0,5 + 0,24 = 0,74$ мин.

Техническое нормирование операции выполняется по табл. 2.17 и указывается в ОК.

Для рассматриваемой операции оформляется операционная карта эскизов со схемой наладки (рис. 5).

Пример разработки токарной с ПУ операции изготовления гайки (рис. 6)

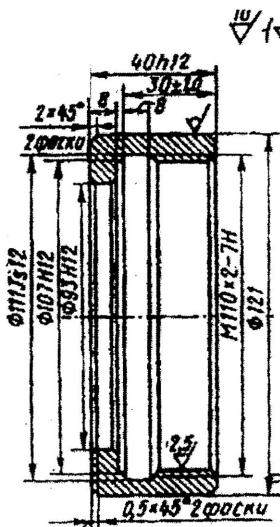


Рис. 6. Гайка

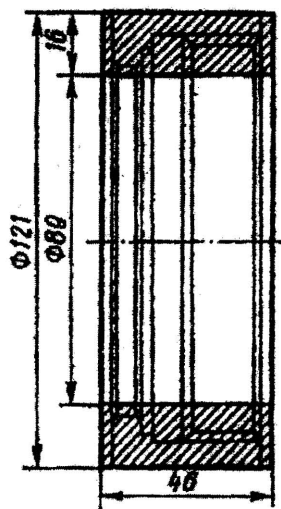


Рис. 7. Исходная заготовка

Масса детали 0,825 кг. Материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-88, HB204. Габаритные размеры детали $d_{\text{нар}} = 121$ мм; $L_{\text{общ}} = 40$ мм (рис. 6). Наружная поверхность детали $\varnothing 121$ мм, в механической обработке не нуждается. Остальные поверхности детали имеют невысокую точность 12-го квалитета и шероховатость $Ra = 10$ мкм и точнее только внутренняя резьба $M10 \times 2-7H$ с шероховатостью $Ra = 5$ мкм. Поэтому все поверхности нуждаются в однократной обработке точением, кроме поверхностей под образование резьбы $M10 \times 2-7H$, которые из-за боль-

ших припусков под резьбу нужно растачивать четыре раза ($i_1=4$), и нарезание резьбы производить за шесть рабочих ходов ($i_2=6$).

Исходной заготовкой принята труба 121×16 мм по ГОСТ 8732-78, порезанная на штучные заготовки $L_0=46$ мм, масса $M_0=1,78$ кг (рис. 7). Затем разрабатывается технологическая операция, в которой применяется последовательность выполнения её по переходам, изложенная в табл. 2.

После установления содержания операции по переходам оформляют следующие технологические документы:

- операционную карту на операцию, выполняемую на станке с ЧПУ, по ГОСТ 3.1404-86, форма 3 (первый лист) и 1, а; 2, а (последующие листы). Первый лист ОК, на котором описано начало операции (установ А), приведён на рис. 10;

- карту эскиза с операционными эскизами, выполненными на каждый установ. Эти операционные эскизы показаны на рис. 8.

Выбор станка. Исходя из данных о содержании операции заключают, что для её выполнения нужен современный токарный патронный или патронно-центральный станок с ЧПУ нормальной точности, допускающий обработку деталей диаметром над суппортом более 125 мм. Учитывая, что характер производства серийный и на участке могут встречаться более крупные детали, выбран станок мод. 16К20Ф3С5.

Таблица 2

№	Содержание перехода
	Установ А
1	Взять заготовку из тары, установить и закрепить
2	Смена инструмента
3	Подрезать торец 13
4	Точить фаску 14
5	Технологический установ
	Установ Б
6	Переустановить заготовку
7	Подрезать торец 2
8	Точить фаску 1
9	Смена инструмента
10	Расточить отверстие 4 до $\varnothing 105,4$ на $l=30$ мм; $l=3$
11	Расточить фаску 3
12	Расточить отверстие 4 под резьбу до $\varnothing 107,9$ на $l=22$ мм
13	Расточить канавку 6 с образованием торца 7 ($l=2$)
14	Расточить фаску 5

15	Расточить отверстие 8 ($i=2$)
16	Подрезать торец 9
17	Расточить фаску 10
18	Расточить отверстие 11 окончательно
19	Расточить фаску 12
20	Смена инструмента
21	Нарезать резьбу предварительно ($i=5$)
22	Нарезать резьбу окончательно ($i=1$)
23	Реверс перфоленты
24	Снять заготовку
25	Контроль
26	Уложить заготовку в тару

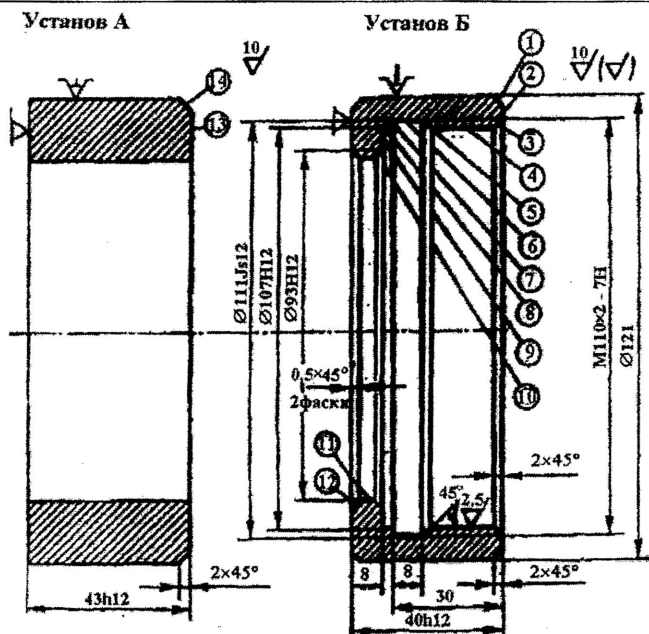


Рис. 8. Эскизы операции

Технологическая оснастка. Приспособление – патрон механизированный с электромеханическим приводом 250 мм.

Оправки и блок-державка для крепления токарных и резьбового резцов (из набора, имеющегося при станке).

Режущий инструмент: резец проходной с трехгранной неперега-

чиваемой пластинкой твёрдого сплава Т15К6 (ВТ112), резец расточной упорный Т15К6 (ВТ112) и резец резьбовой Т15К6 (ВТ112). Измерительный инструмент для настройки: штангенциркуль ШЦ-1 0-125_{0,1}, ШЦ-2 0-250_{0,1}; штангенфаскомер М9-246; нутромер М9-116.

Для контроля и приёмки – предельные калибры (пробки, скобы, шаблоны), в том числе резьбовая пробка М1 10×2-7Н, а для контроля шероховатости – образцы шероховатости Ra = 10 мкм для наружных, внутренних и плоских поверхностей.

Составление управляющей программы.

1: Установление опорных точек детали. Приведём пример определения координат опорных точек профиля изделия – детали, обрабатываемой в первом установе – в технологических переходах 2 и 3 (рис. 9).

Переход 1. Подрезать торец 13 (в размер 43) однократно.

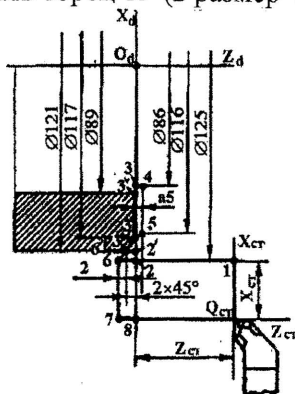


Рис. 9. Координаты опорных точек профиля гайки на первом установе

Переход 2. Точить фаску 14 (2×45° до Ø 121) однократно. Начало системы координат детали находится в точке 0 («0» детали) на пересечении оси детали, являющейся осью вращения, и плоскости обработанного торца детали.

Координаты по оси X представляют собой радиусы точек профиля детали. Для программирования эти значения удваивают, т. е. записывают размеры диаметров.

Координаты точек профиля детали будут такими: точка 2' при подрезке торца (до точения фаски) имеет координаты (x+121; z0); точка 3' координаты (x+89; z0); точка 5' при точении фаски – координаты

($x+117; z_0$) и точка b' – координаты ($x+121; z-2$).

Аналогично рассчитывают координаты точек профиля по всем переходам.

2. Установление координат опорных точек траектории движения вершины токарного резца. При расчёте координат учитываются, кроме размеров обрабатываемых поверхностей, совершаемые резцом движения для подвода, врезания, перебега и отвода. Так устанавливаются точки всего пути вершины инструмента из «0» станка до возвращения его в ту же точку (табл. 3).

Таблица 3

№ точки		«0» станка	1	2	3	4	5	6	7	8	«0» станка
Координаты точек	X	$X_{ст}$	125	125	86	86	116	185	$X_{ст}$	$X_{ст}$	$X_{ст}$
	Z	$Z_{ст}$	$Z_{ст}$	Z	Z_d	+0,5	+0,5	+4	+4	4,5	

Аналогично рассчитываются координаты точек траектории движения инструмента с учётом подвода, врезания и отвода. Дальнейшая работа по подготовке УП состоит в расчёте величины перемещения вершины резца по опорным точкам траектории. При установке А, содержащем два технологических и несколько вспомогательных переходов, эта траектория начинается для вершины резца точкой $0_{ст}$, имеющей в системе координат детали $x_{0дз}$ координаты $0_{ст}(x_{ст}z_{ст})$, проходит последовательно через точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и заканчивается также точкой $0_{ст}$. Расчёты этих перемещений выполняются с использованием рис. 9 и для наглядности и компактности сведены в табл. 4. В левой части таблицы показаны координаты точек траектории, а в правой – величины перемещения вершины резца в направлении осей координат при перемещении между двумя соседними опорными точками.

Таблица 4

№ точки	Координаты				Перемещения			
	X		Z		Δx		Δz	
	±	мм	±	мм	±	мм	±	мм
$0_{ст}$	+	$x_{ст}$	+	$Z_{ст}$	+	$x_{ст}$		0
1	+	125	+	$Z_{ст}$		0	+	$Z_{ст}$
2	+	125		0	+	39		0
3	+	86		0		0	+	0,5

4	+	86	+	0,5	-	30		0
5	+	116	+	0,5	-	9	-	4,5
6	+	125	-	4,0	-	$X_{ст}$		0
7	+	$X_{ст}$	-	4,0		0	+	4
8	+	$X_{ст}$	+	0,5		0	-	$Z_{ст}$
$0_{ст}$	+	$X_{ст}$	+	$Z_{ст}$				
Итого						0		0

Для осуществления переустановки заготовки программу прерывают, осуществляют технологический останов программы. При этом инструмент вернётся в нулевую точку $0_{ст}$ и после выполнения переустановки заготовки продолжится выполнение программы.

В порядке подготовки управляющей программы нужно выяснить, в какие моменты выполнения операции УЧПУ следует давать станку технологические, геометрические и другие управляющие команды.

Разработка групповых технологических операций

Проектированию групповых технологических операций предшествует классификация деталей: по типу применяемого при выполнении основных операций оборудования и его размерам, по методу установки заготовки для обработки и типу необходимого приспособления, по требуемой точности и качеству поверхностей обрабатываемых деталей. Групповые технологические операции проектируют в определённом порядке:

- подбирают группу деталей, удовлетворяющих требованиям групповых наладок; намечают маршрут обработки и схемы групповых наладок, ориентировочно определяют основное время обработки;
 - разрабатывают наладку для наиболее сложных и выпускаемых в большом количестве деталей группы, затем учитывают другие детали группы, определяют штучное время обработки;
 - уточняют требования к станку (в некоторых случаях предусматривают модернизацию или специализацию станка);
 - разрабатывают конструкцию установочного приспособления и инструментальную наладку, уточняют режимы обработки и окончательно определяют норму времени;
 - составляют техническую документацию, включающую все данные для обработки каждой заготовки и компоновочные чертежи.
- Эффективность групповых технологических операций, а в некоторых

случаях и возможность их применения зависят от уровня стандартизации и нормализации конструкций деталей. При подборе деталей в группу и разработке групповых технологических процессов и наладок контролируют чертежи и унифицируют материалы и виды заготовок, конструктивные формы и размеры отдельных поверхностей, а также разрабатывают технические требования к ним.

На основе максимальной унификации конструкций можно разработать рациональный технологический процесс групповой обработки.

На рис. 10 определена группа деталей типа крышек, на рис. 11 – схема наладки токарного станка для обработки группы этих деталей, а в табл. 5 – схема технологического процесса обработки комплексной детали этой группы.

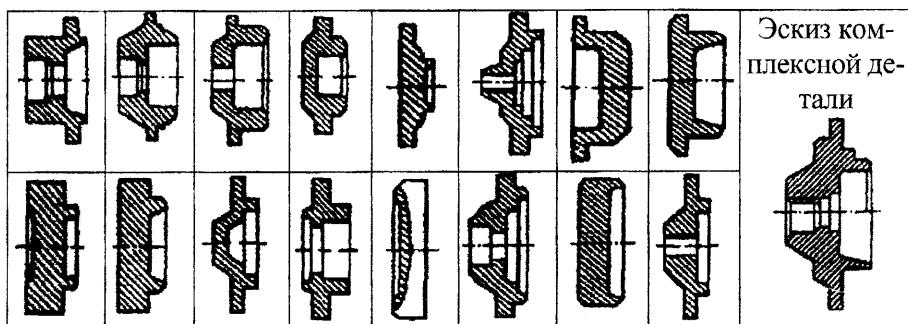
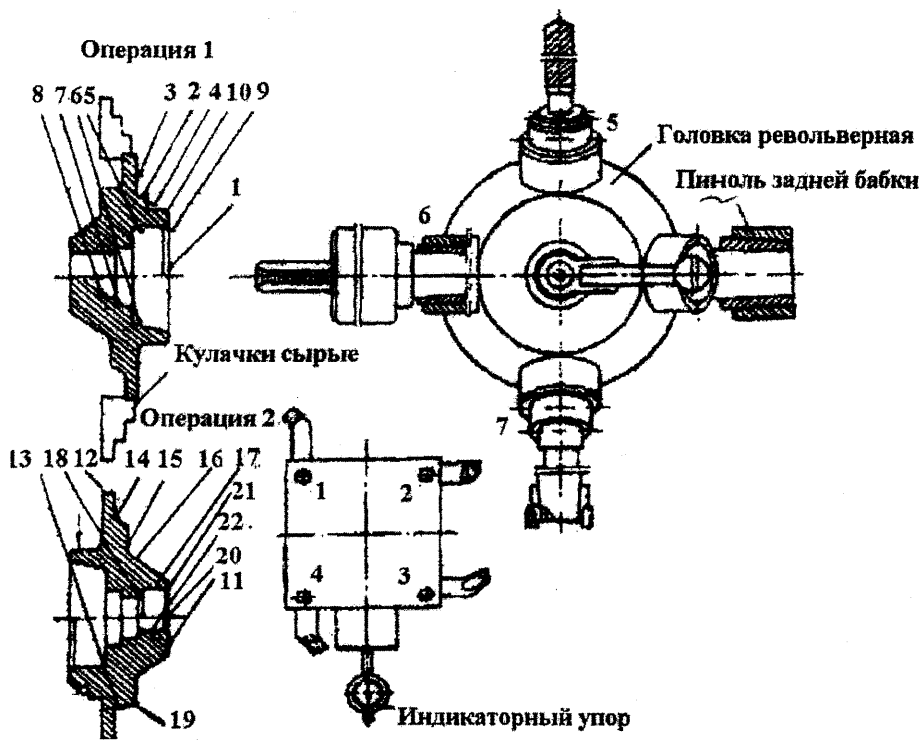


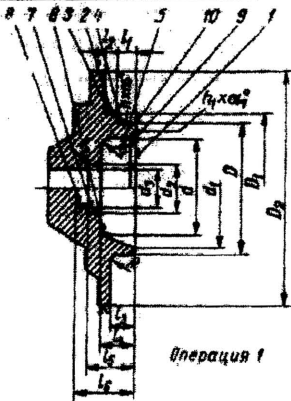
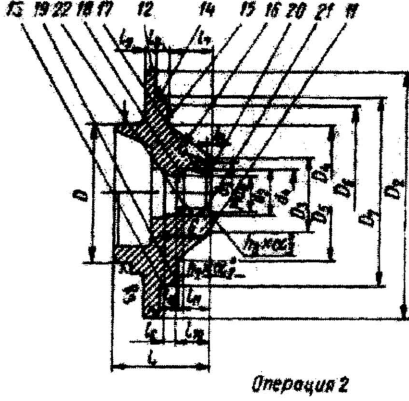
Рис. 10. Группа деталей типа крышек



№ перех.	D	L	t	S	V	n	i	$t_{\text{маш}}$

Рис. 11. Схема наладки токарного станка для обработки группы деталей типа крышек

Схема технологического процесса обработки
комплексной детали группы

			
№ пе- ре- хо- да	Содержание переходов операции 1	№ пе- ре- хо- да	Содержание переходов операции 2
1	Подрезать торец поверхности 1 (гнездо 1)		Подрезать торец поверхности 11 в размер L начисто (гнездо 1)
2	Обточить $\varnothing D_1$ поверхности 2 с подрезкой торца поверхности 3 в размер l_1-l_2 (гнездо 2)	2	Обточить $\varnothing D_7$ поверхности 12 начисто на проход (гнездо 2)
3	Обточить $\varnothing D$ поверхности 4 с подрезкой торца поверхности $\varnothing D_1$ или $\varnothing D_2$ с образованием R_1 , выдержав размер l_1 или l_3 (гнездо 2)	3	Обточить $\varnothing D_7$ поверхности 13 или $\varnothing D_7 / \varnothing D_6$ поверхности 14 с подрезкой торца в размер l_9 (гнездо 2)
4	Расточить $\varnothing d$ поверхности 5 или $\varnothing d_1 / \varnothing d$ поверхности 6 на конус с подрезкой дна в размер l_4 с образованием R_1 (гнездо 3)	4	Обточить $\varnothing D_4 / \varnothing D_3$ или $\varnothing D_7 / \varnothing D_6$ поверхности 16 с подрезкой торца поверхности 15 в размер l_8 и l_{12} (гнездо 2)

5	Расточить $\varnothing d_2$ поверхности 7 в размер l_5 с образованием R_2 (гнездо 3)	5	Расточить отверстие $\varnothing d_4$ поверхности 17 в размер l_{11} (гнездо 3) с подрезкой дна или отверстие $\varnothing d_4$ поверхности 18 на глубину $l_{11}+b_1$ (гнездо 4)
6	Развернуть $\varnothing d_2$ поверхности 7 в размер l_5 (гнездо 3)	6	Обточить фаску $h_2 \times a_2^\circ$ поверхности 19 по $\varnothing D_7$ (гнездо 1)
7	Расточить $\varnothing d_3$ поверхности 8 в размер l_6 (гнездо 3) или на проход (гнездо 4)	7	Расточить торцевую выточку b_1 поверхности 20 до $\varnothing d_5$ или фаску $h_2 \times a_3^\circ$ поверхности 21 (гнездо 1)
8	Расточить фаску $h_1 \times a_1^\circ$ поверхности 9 по $\varnothing d$ (гнездо 1)	8	Сверлить отверстие d_p поверхности 22 под резьбу Md_p на проход (гнездо 6)
9	Обточить фаску $h \times a^\circ$ поверхности 10 по $\varnothing D$ (гнездо 1)	9	Нарезать резьбу Md_p поверхности 22 на проход (гнездо 7)

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет»

Б.И. Коган

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов КузГТУ, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и специальностям: «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы» (направление подготовки дипломированных специалистов – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»)

КЕМЕРОВО 2004

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН, заслуженный деятель науки РФ В.Ф. Горбунов

Доктор технических наук, профессор Кемеровского сельскохозяйственного института в составе Новосибирского госагроуниверситета М.В. Чибряков

Коган Б.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – 2-е изд. / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 133 с. ISBN 5-89070-385-4

Рассмотрены основные этапы выполнения курсовых проектов, организация и последовательность работ. Даны методические рекомендации по разработке и оформлению технологических процессов, расчетно-пояснительной записки и графической части проекта в соответствии с государственными стандартами. Приведены необходимые справочные материалы. Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и 551800 «Технологические машины и оборудование».

Печатается по решению редакционно-издательского совета ГУ КузГТУ.

Борис Исаевич Коган

Курсовое проектирование по технологии машиностроения

Учебное пособие

Редактор О. А. Вейс

Подписано в печать 08.10.2004. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 8,3.

Тираж 150 экз. Заказ 49

ГУ КузГТУ. 650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография ГУ КузГТУ. 650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.

Предисловие.....	3
Раздел 1. Общие вопросы выполнения курсового проекта.....	3
1.1. Цель и задачи курсового проекта.....	3
1.2. Тема курсового проекта и задание на его выполнение.....	4
1.3. Содержание и объем курсового проекта.....	5
1.4. Оформление расчетно-пояснительной записки (РПЗ).....	9
1.5. Последовательность выполнения и порядок защиты курсового проекта.....	9
Раздел 2. Методические указания по разработке отдельных частей курсового проекта.....	11
Введение.....	11
2.1. Анализ технологичности конструкции сборочной единицы..	11
2.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	16
2.3. Определение типа производства и формы его организации	19
2.4. Последовательность разработки технологических процессов сборки сборочных единиц.....	21
2.4.1. Маршрутный технологический процесс сборки изделия или сборочной единицы.....	21
2.4.2. Разработка технологических операций.....	25
2.4.3. Оформление технологической документации сборки изделия.....	32
2.5. Последовательность разработки технологического процесса механической обработки деталей резанием.....	35
2.5.1. Анализ служебного назначения детали и ТУ на изготовление.....	35
2.5.2. Классификация и группирование деталей.....	35
2.5.3. Анализ технологичности конструкции детали.....	36
2.5.4. Выбор технологического процесса-аналога.....	36
2.5.5. Разработка технологического процесса.....	36
2.5.5.1. Выбор вида и метода получения заготовки.....	36
2.5.5.2. Аналитический расчет припусков на обработку поверхностей на всех операциях.....	48
2.5.5.3. Проектирование маршрута обработки детали.....	57
2.5.5.4. Место термической обработки.....	58
2.5.5.5. Разработка операционной технологии.....	61
2.5.5.6. Выбор технологических баз.....	63
2.5.5.7. Закономерности формирования операции.....	67

2.5.5.8. Выбор приспособлений.....	70
2.5.5.9. Выбор инструментов.....	71
2.5.5.10. Назначение режимов резания.....	72
2.5.5.11. Нормирование технологического процесса.....	72
2.5.5.12. Отработка технологических процессов (ТП) на надежность.....	77
2.5.5.13. Заполнение технологических карт.....	78
Список рекомендуемой литературы.....	79
Приложения.....	87
Приложение 1. Форма задания на курсовой проект.....	87
Приложение 2. Основные правила записи операций и переходов.....	88
Приложение 3. Наименование операций по видам оборудования.....	91
Приложение 4. Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79).....	97
Приложение 5. Условные графические обозначения опор и зажимов (ГОСТ 3.1107-73).....	105
Приложение 6. Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки, мм.....	107
Приложение 7. Предельные отклонения по диаметру сортового круглого проката из стали, мм.....	109
Приложение 8. Точность и качество поверхности проката и обработанных из него полуфабрикатов.....	110
Приложение 9. Точность и рекомендуемые маршруты обработки отверстий.....	114
Приложение 10. Возможности методов обработки по обеспечению точности размеров и параметров состояния плоских поверхностей деталей машин.....	116
Приложение 11. Возможности методов обработки по обеспечению точности обработки зубьев, шлицев и резьб и параметров состояния их рабочих поверхностей.....	117
Приложение 12. Погрешности установок заготовок в приспособлениях ϵ_y	119
Приложение 13. Припуски на обработку.....	120
Приложение 14. Коэффициенты уточнения K_y для отливок, поковок, штампованных заготовок и сортового проката.....	123

Приложение 15. Рекомендуемые диаметры сверл для отверстий под резьбу.....	124
Приложение 16. О патентном поиске и структуре международного патентного классификатора.....	125
Приложение 17. Оценка качества соединения и изготовления деталей.....	127
Приложение 18. Примеры разработки технологических операций....	131