Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы по дисциплине
«Основы технологии производства автомобилей»
для студентов направления 6.070106
«Автомобильный транспорт»
заочной формы обучения

Севастополь
2007

УДК 629.114.083

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Основы технологии производства автомобилей» для студентов направления 6.070106 «Автомобильный транспорт» заочной формы обучения / Сост. П.К. Сопин, С.В. Огрызков, Л.А. Кияшко. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 52 с.

Целью методических указаний является помощь студентам при выполнении контрольной работы по курсу «Основы технологии производства автомобилей». Излагаются основные теоретические и справочные сведения, порядок выполнения и требования к оформлению контрольной работы.

Методические указания предназначены для студентов направления 6.070106 «Автомобильный транспорт» заочной формы обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автомобильного транспорта» (протокол № 4 от 29 декабря 2006 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Братан С.М., доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения».

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения по контрольной работе 4

2. Указания по выполнению разделов контрольной работы 5

2.1. Анализ исходной информации 5

2.2. Проектирование технологического процесса сборки

2.2.1. Составление схемы сборки 8
2.2.2. Расчет режимов сборочных операций 10
2.2.3. Нормирование сборочных операций 15

2.3. Разработка маршрутного технологического процесса обработки детали

2.3.1. Выбор заготовки 17
2.3.2. Выбор методов обработки на основе требований к точности и качеству поверхностей деталей 23
2.3.3. Составление технологического маршрута обработки 24
2.3.4. Выбор технологических баз 25
2.3.5. Выбор оборудования 26
2.3.6. Выбор технологической оснастки 26
2.3.7. Оформление технологической документации 28

Приложение А 29
Приложение Б. Экономическая точность обработки на металлорежущих станках 32
Приложение В. Правила оформления маршрутных карт 35
Приложение Д. Примеры оформления чертежей 47

Библиографический список 51

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

На тему: «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ УЗЛОВ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ»

1.1. Цели контрольной работы

Целями контрольной работы, как этапа изучения курса «Основы технологии производства автомобилей», являются:

- закрепление у студентов теоретических знаний по технологии производства автомобилей;
- развитие у студентов навыков по самостоятельному проектированию рациональных технологических процессов сборки узлов и изготовления деталей автотранспортных средств;
- развитие у студентов навыков самостоятельной работы с научно-технической литературой.

1.2. Задание на контрольную работу

Контрольная работа позволяет установить степень усвоения студентами теоретических знаний и способности применять их самостоятельно при решении конкретных практических задач.

Задачей выполнения контрольной работы является разработка технологических процессов сборки узла и изготовления детали автомобиля. Модель автомобиля, его узел заданы согласно варианту (см. табл. 1.1), деталь и программа выпуска задаются преподавателем.

Таблица 1.1 - Набор типовых задач для выполнения контрольной работы

Последняя цифра номера зачетной книжки – модель автомобиля									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
УАЗ-31512	УАЗ-3741	ЛАЗ-699Р	Семейство ВАЗ-2101…2110	КамАЗ-5320	КамАЗ-6540	ГАЗ-2705	Семейство ЗИЛ	КрАЗ-265	УРАЛ-4320-01
Предпоследняя цифра зачетной книжки – базовый узел									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сцепление	Первичный вал коробки перемены передач	Вторичный вал коробки перемены передач	Карданная передача	Рулевой механизм	Передний мост	Задний мост	Амортизатор	Передняя подвеска	Тормозной механизм задних колес

1.3. Структура контрольной работы

Работа состоит из расчётно-пояснительной записки и приложений, содержащих чертежи узла, детали, схему сборки узла, маршрутные технологические карты сборки и изготовления. Расчётно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4 рукописным или машинным способом в соответствии с требованиями ДСТУ 3.008 – 95.

1.4. Содержание расчётно-пояснительной записки

1) Задание для выполнения контрольной работы (узел или агрегат, объем годового выпуска, деталь для разработки технологического процесса её изготовления).
2) Анализ служебного назначения и принцип работы узла, агрегата, автомобиля.
3) Проектирование технологического процесса сборки узла.
4) Разработка маршрутного технологического процесса изготовления детали.
5) Список использованной литературы.
6) Приложения.

Приложение А. Сборочный чертёж узла.
Приложение Б. Рабочий чертёж детали.
Приложение В. Схема сборки узла.
Приложение Д. Маршрутная карта обработки.

Примеры оформления сборочного чертежа и рабочих чертежей деталей представлены в приложении Д данных методических указаний.

2. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1. Анализ исходной информации

Первым этапом при разработке технологического процесса является анализ исходной информации – сборочных чертежей узлов, рабочих чертежей деталей, технических требований, которые регламентируют точность, параметры шероховатости поверхности и другие требования качества. При разработке технологического процесса необходимо учитывать также объём годового выпуска изделия, определяющий возможность организации поточного производства.

Для разработки технологического процесса обработки детали требуется предварительно изучить её конструкцию и функции, выполняемые в узле, системе автомобиля, проанализировать технологичность конструкции и разработать рабочий чертёж. Рабочий чертёж детали должен иметь все данные, необходимые для исчерпывающего и однозначного понимания при изготовлении и контроле детали, и соответствовать технологическим стандартам.

Технологичность конструкции детали анализируют с учётом условий её производства, рассматривая особенности конструкции и требования качества как технологические задачи изготовления. Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств, обеспечивающих оптимальное использование различных видов ресурсов при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте с учетом обеспечения требуемого уровня технических характеристик и качества. Технологичность как свойство конструкции рассматривается в сфере производства и эксплуатации. Последняя разделяется на технологичность конструкции при техническом обслуживании и ремонтную технологичность изделия (ремонтопригодность). При отработке конструкции на технологичность стремятся обеспечить наличие в ней следующих свойств:

- максимального упрощения конструкции узлов и деталей;
- рациональности членения и компоновки изделий и их составных частей; конфигурация и размерные соотношения деталей и узлов не должны вызывать трудностей при их изготовлении, сборке и контроле;
- широкого использования принципов конструкторской и технологической преемственности, унификации, стандартизации; размеры элементарных поверхностей деталей (ширины канавок и пазов, резьбы, фасок и т.п.) должны быть унифицированы; ограничения могут возникнуть, например, в случае слишком близкого расположения осей отверстий у детали, невозможности сквозного прохода инструмента;
- рационального ограничения количества марок и сортамента применяемых материалов; использование недефицитных материалов и материалов, обработка которых не вызывает трудностей;
- рационального назначения термообработки, допусков, шероховатости поверхностей; необходимо выявить возможные трудности обеспечения параметров шероховатости поверхности, размеров, форм и расположения поверхностей, которые связаны с возможностями методов обработки, оборудования и средств измерения; требования к точности размеров должны быть обоснованными;
- возможности применения прогрессивных технологических процессов и высокопроизводительного оборудования, не ухудшающих точность, но значительно облегчающих изготовление деталей;
- наличия особых технических требований (балансировки, подгонки по массе, термической обработки, нанесения покрытий и т.п.) предусматривает создание условий их выполнения в технологическом процессе и место проверки;
- удобство обслуживания и ремонта изделия в процессе эксплуатации.

При оценке эксплуатационной технологичности узлов автотранспортных средств рассматривается контролепригодность, доступность к объекту

технического обслуживания и ремонта, легкосъёмность, взаимозаменяемость комплектующих изделий, преемственность средств технического обслуживания, унификация агрегатов.

Оценку технологичности конструкции, подлежащей автоматизированной сборке, проводят с учетом числа деталей, возможности их обслуживания загрузочными, ориентирующими и другими устройствами.

Качественная оценка технологичности конструкции характеризуется показателями: хорошо – плохо, допустимо – недопустимо.

Для количественной оценки технологичности конструкции применяют показатели, предусмотренные ГОСТ 14.202 – 73. Показатели, характеризующие трудоёмкость, материалоёмкость, унификацию конструкций элементов детали, требования к точности изготовления, дают конкретные значения при сравнении с аналогичными деталями, принятыми в качестве базовых. Методика В.Г. Кононенко количественной оценки технологичности изложена подробно в [1].

Рекомендуется следующая последовательность выполнения анализа:

1) Изучить конструкцию и описать служебное назначение узла или агрегата автотранспортного средства:
   - дать краткую характеристику автомобиля, агрегата, в состав которого входит рассматриваемый узел;
   - сформулировать функциональное назначение узла с указанием пределов изменения его рабочих характеристик;
   - провести описание работы узла с отражением функциональных характеристик каждого из его элементов;
   - выполнить сборочный чертеж узла (см. приложение Д) и провести его анализ при котором отметить наличие всех видов, разрезов и сечений, спецификации, габаритных размеров, посадок, привязочных размеров, данных о массе изделия и его составных частей, технических требований;
   - сделать заключение о правильности назначения посадок и технических требований.
2) Выполнить качественный анализ технологичности конструкции узла по критериям, рассмотренным в теоретическом разделе.
3) Выполнить рабочий чертёж детали со всеми необходимыми видами, разрезами, сечениями, указанием технических требований на её изготовление. Пример выполнения рабочего чертежа см. в приложении Д.
4) Выполнить анализ условий работы заданной детали.
5) Указать материалы детали, привести ГОСТ.
6) Объяснить назначение термической обработки детали, проанализировать получаемую при этом твердость и микроструктуру.
7) Провести анализ технологичности конструкции детали и сделать заключения.
8) Предложить варианты усовершенствования конструкции узла и детали с целью повышения ее надежности, ремонтопригодности.

2.2. Проектирование технологического процесса сборки

Сборка является одним из наиболее ответственных этапов при производстве и ремонте изделий. При проектировании технологического процесса сборки необходимо учитывать рекомендации ГОСТ 14.301 – 95, регламентирующего следующий порядок разработки:

- произвести технологический анализ сборочного чертежа и разбивку изделия на сборочные единицы;
- провести размерный анализ основных сопряжений и выбрать методы сборки и их сочетаний с учетом специфики массового производства;
- разработать технологические инструкции на сборку соединений, сборочных единиц, контроль, регулировку и испытания сборочных единиц и изделия;
- разработать схемы технологического процесса сборки изделия и сборочных единиц;
- определить состав и рациональную последовательность технологических и контрольных операций;
- провести нормирование процесса;
- определить характеристики технологического процесса сборки и выбрать организационные формы сборки;
- определить и выбрать технологическое оборудование и оснастку;
- выбрать состав и количество подъемно-транспортного оборудования;
- оформить технологическую документацию: карту технологического процесса, маршрутную карту.

2.2.1. Составление схемы сборки

Проектирование технологического процесса сборки выполняют после анализа служебного назначения и технологичности конструкции изделия. На первом этапе составляется схема общей и узловой сборки. При большой программе выпуска (массовое и крупносерийное производство) технологический процесс сборки изделия разрабатывают подробно, при малой сокращенно.

При отсутствии базового технологического процесса, тип производства предварительно может быть определён по таблице А.1 (см. приложение А) по заданной программе выпуска.

На последовательность сборки влияют: функциональная взаимосвязь элементов изделия, конструкция базовых элементов, условия монтажа силовых и кинематических передач, постановка легкоповреждаемых элементов в конце сборки, размеры и масса присоединяемых элементов, степень взаимозаменяемости элементов изделия.

Технологические схемы сборки являются основой для последующего проектирования технологических процессов сборки. Сначала составляют схему общей сборки, а затем схемы узловой сборки.

По методике профессора В.М. Кована [2] основное направление сборочного процесса в пределах сборочной операции отображают

горизонтальным отрезком, левый конец которого обозначает начало, а правый – окончание сборочного процесса. Каждый элемент изделия, будь то сборочная единица, деталь или законченное изделие, условно обозначают прямоугольником (рис. 2.1), разделенным на три части. В верхней части указывают название элемента, в нижней левой – его индекс, в нижней правой количество устанавливаемых в данном месте операции элементов. К началу горизонтальной линии схемы, пристраивают прямоугольник (рис. 2.2), обозначающий базовый элемент конструкции, с которого начинают сборку. Для отличия сборочных единиц от деталей, у первых рядом с индексом проставляют «Сб» (или это видно из обозначения чертежа). В конце горизонтальной линии пристраивают прямоугольник, обозначающий объект сборки – сборочную единицу. Над горизонтальной линией вертикально располагают прямоугольники, обозначающие детали, поступающие на данную операцию поштучно, без какого-либо предварительного соединения. Под горизонтальной линией располагают прямоугольники, обозначающие сборочные единицы. Сборочные единицы, собранные на предыдущих участках, и комплектующие изделия - сборочные единицы, поступающие на данный завод с других, специализированных заводов, например, шарикоподшипники, электродвигатели, насосы, приборы показываются без расшифровки процесса сборки.

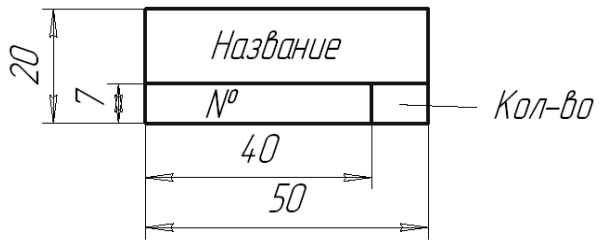


Рисунок 2.1 – Элемент сборки

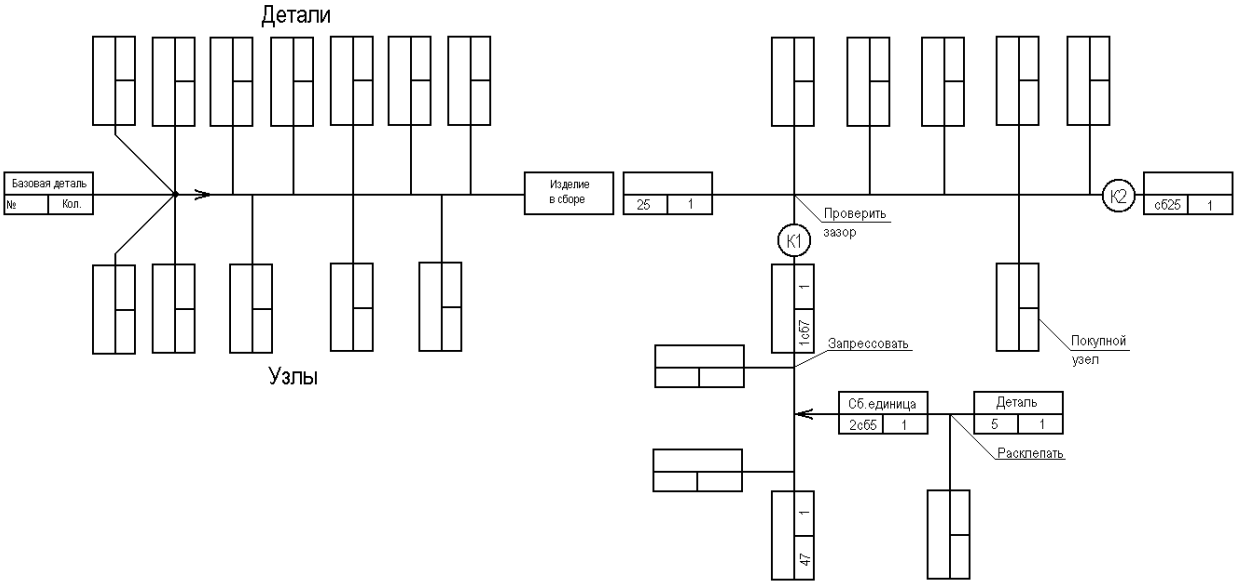


Рисунок 2.2 – Схема сборочного процесса

Технологическую схему сборки снабжают дополнительными надписями, которые указывают содержание работ, трудно определяемых по схеме (совместно сверлить и развернуть, регулировать зазор, смазать, сварить, запрессовать и т.д.). Эти указания записывают либо на полках выносных линий,

идущих от точек пересечения линий связи на схеме, либо под схемой в виде пронумерованного текста согласно порядковым номерам операций (1, 2, 3 и т.д.), которые помещают в окружностях в местах пересечения линий связи. Контрольным операциям присваивают номера, начиная с первого с индексом К (например, К1).

На схемах сборки следует указывать только контрольные операции, предусмотренные техническими условиями и инструкциями. В них указывают: содержание, последовательность выполнения, допустимые отклонения контролируемого параметра и другие требования.

Зная исходные данные, установленные методы сборки и принятый тип производства, выбирают организационную форму сборочного процесса (сборка на стендах, подвижная сборка, поточная сборка, автоматическая сборка). По принятым схемам сборки выявляют технологические и вспомогательные сборочные операции. Содержание операций устанавливают так, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась однородная по своему характеру и технологически законченная работа, что способствует лучшей специализации рабочих и повышению производительности их труда. При массовом производстве длительность операций должна быть равна или кратна такту выпуска изделий. Разработанный технологический процесс оформляют в виде маршрутной карты (ГОСТ 3.1105-84, форма 13 и 13а, см. приложение В), в которой приводится описание технологического процесса по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных по оборудованию, оснастке, материальным и трудовым затратам.

При наличии сложных сборочных единиц в изделии рекомендуется составлять укрупненные схемы сборки. В данном случае на том же листе приводятся развернутые схемы сборки сборочных единиц.

Рекомендуется следующая последовательность разработки технологии сборки:

1) Определить тип производства и организационную форму сборки.
2) Составить схемы общей или узловой сборки изделия.
3) Обосновать и привести маршрутный технологический процесс сборки изделия.

2.2.2. Расчет режимов сборочных операций

Для проектирования операций необходимо знать маршрутную технологию, схему базирования и закрепления изделия, намеченное ранее содержание операций, для поточной линии - такт выпуска изделий. Проектирование операции рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- уточняется схема базирования и содержание операции, устанавливается последовательность и возможность совмещения переходов во времени;
- окончательно выбирается оборудование, приспособления и инструменты (или даются задания на их проектирование);

- рассчитываются или выбираются режимы работы сборочного оборудования;
- рассчитываются или назначаются нормы времени;
- при необходимости проводится технико-экономический анализ вариантов выполнения сборочной операции;
- заполняются операционные карты и карты эскизов и схем.

В зависимости от конструкции изделия, вида сборочной операции возможны следующие варианты базирования.

1) Базовую деталь изделия устанавливают на необработанную поверхность и при одной установке производят его полную сборку (применяется преимущественно при ручной сборке простых изделий в приспособлениях, обеспечивающих их неподвижное расположение).

2) Базовую деталь изделия устанавливают на обработанную поверхность. Схему базирования применяют при ручной сборке в приспособлениях, обеспечивающих точное положение сопрягаемых деталей, а также при механизированной и автоматической сборке.

3) Базовую деталь изделия устанавливают на различные последовательно сменяемые базы.

Содержание операций определяет тип, основные размеры и техническую характеристику сборочного оборудования и технологической оснастки (приспособлений, рабочего и измерительного инструмента). При серийном производстве технологическое оборудование и оснастку применяют универсального и переналаживаемого типа. В массовом производстве преимущественно используют специальное оборудование и оснастку. Тип, основные размеры и грузоподъемность подъёмно-транспортных систем определяют по установленным организационным формам сборки, размерным характеристикам изделий и их массе. Выбор оборудования и технологической оснастки рекомендуется проводить по справочной литературе [3], [4], [5].

Режимы работы сборочного оборудования определяют либо аналитически, либо по нормативным и справочным данным. Более подробно выполняют расчет режимов на типовые сборочные операции, такие как соединения с натягом, резьбовые соединения, клёпанные соединения.

При сборке соединений с натягом под действием осевой силы необходимо точное центрирование деталей. При запрессовке осевая сила растет от нуля до максимальной величины. Усилие запрессовки без теплового воздействия шкивов, шестерен и втулок определяют по формуле

$$P = f_T \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p \qquad (2.1)$$

где f_T – коэффициент трения в сопряжении, зависит от материала пары трения:

сталь-сталь f_T=0,06...0,22;

сталь-чугун f_T=0,06...0,14;

сталь-латунь f_T=0,05...0,10;

сталь-алюминий и его сплавы f_T=0,02...0,08;

d – средний диаметр контактирующих поверхностей, мм;

L – длина запрессовки детали, мм;

p – удельное давление на поверхности контакта, МПа, определяемое по зависимости

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta_p \cdot 10^{-3}}{\left(C_1/E_1 + C_2/E_2\right)}, \qquad (2.2)$$

где δ_p –наибольший расчетный натяг, мкм:

$$\delta_p = \delta_н - 1{,}2 \cdot \left(Rz_1 + Rz_2\right), \qquad (2.3)$$

где $\delta_н$ – номинальный (табличный) натяг, определяемый как разность нижнего отклонения отверстия и верхнего отклонения вала, мкм, [3];

Rz_1 и Rz_2 – высоты микронеровностей сопрягаемых поверхностей деталей, их значения берут из рабочих чертежей деталей (при расчетах можно принять Rz_1=Rz_2= 3,2 мкм).

E_1 и E_2 - модули упругости материалов охватывающей (отверстие) и охватываемой вал деталей, МПа (см. табл. А2 приложения А).

C_1 и C_2 - безразмерные коэффициенты, зависящие от материала сопрягаемых деталей и отношения их диаметров:

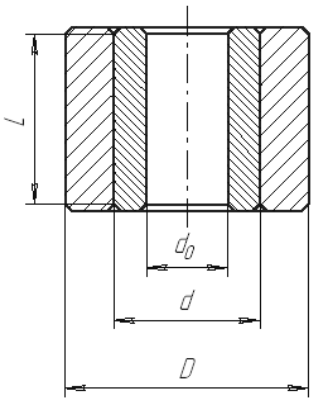


Рисунок 2.3 – Схема продольно-прессового соединения

$$C_1 = \frac{d^2 + d_o^2}{d^2 - d_o^2} - \mu_1 \qquad C_1 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2 \qquad (2.4)$$

где μ_1 и μ_2 - коэффициенты Пуассона для тех же материалов (табл. А.2 приложения А);

D - диаметр наружной поверхности втулки, мм (см. рис. 2.3);

d_o- диаметр отверстия пустотелого вала, мм (при сплошном вале $d_o = 0$ и $C_1 = 1-\mu$).

Значения коэффициентов C_1 и C_2 для различных материалов приведены в приложении А (табл. А.3).

Запрессовку рекомендуется выполнять при скорости 2…20 мм/с, для облегчения ориентации детали рекомендуют делать фаску с углом 10º. Для запрессовки применяют винтовые, пневматические, гидравлические и другие виды прессов. При большом натяге сборку производят с термовоздействием. При этом прочность соединений по сравнению с механической запрессовкой повышается в 1,5…2,5 раза. При сборке либо нагревается охватывающая, либо охлаждается охватываемая деталь. Сборку с нагревом производят в основном на автоматизированном оборудовании. Деталь нагревают до температуры 320…350ºС, при которой сохраняются физико-механические свойства материала. Нагрев производят токами высокой частоты и в масляных ваннах (130ºС). При сборке с охлаждением в качестве хладоносителей применяют твердую углекислоту (-78ºС) и жидкий азот (-195ºС).

При сборке с тепловым воздействием необходимо определить температуру нагрева T_H охватывающей или температуру охлаждения T_O

охватываемой детали, достаточной для сборки соединения (утечками тепла пренебрегают):

$$T_H \geq (1{,}25...1{,}3)\frac{\Delta d \cdot 10^{-3}}{\alpha \cdot d};\ T_O \leq (1,25...1,3)\frac{\Delta d \cdot 10^{-3}}{\alpha d}, \qquad (2.5)$$

где $\Delta d = \delta_{\max} + i$ – увеличение или уменьшения диаметра, мкм;

i – гарантированный зазор при сборке, принимается равным минимальному зазору для посадки $H7/g6$ для значения диаметра *d* [3];

α – коэффициент линейного расширения, 1/ºС (табл. А.4 приложения А.).

Соединение, собираемое тепловыми методами необходимо проверить на прочность:

$$\sigma_T \geq \alpha \cdot T_{B,O} \cdot E, \qquad (2.6)$$

где σ_T – предел текучести материала охватывающей детали, МПа (табл. А.5 приложения А.).

Для большинства **резьбовых соединений** автомобилей нормируется момент затяжки. Минимальная сила затяжки Q выбирается из условия плотности соединения (не раскрытия стыка). Она определяется в зависимости от внешней силы *P* по формулам

для осевой силы $Q = K \cdot P \cdot (1-a)$; (2.7)

для касательной силы $Q = \frac{K \cdot P}{2 f_P} \cdot (1-a)$, (2.8)

где *К* – коэффициент увеличения внешней нагрузки: *К=1,25...2* – постоянная; *К=2,5...4* – переменная; *К=1,25...2,5* – при условии обеспечения герметичности с мягкими прокладками; *К=2,5...3,5* – тоже с металлическими прокладками;

a = 0,2...0,4 – коэффициент основной нагрузки, учитывающий податливость резьбовых соединений;

f_P – коэффициент трения в резьбе. При стальном стержне для стального корпуса $f_P = 0{,}1...0{,}2$; для чугунного – $f_P = 0{,}07...0{,}15$; для алюминиевого или бронзового $f_P = 0{,}04...0{,}1$.

Момент затяжки для метрической резьбы с углом резьбы 60^0 равен:

$$M_K = Q(0{,}16P + 0{,}58 d_{CP} f_P) + \frac{Q}{3}\left(\frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2}\right) f_T \approx 0{,}2Qd, \qquad (2.9)$$

где d_{CP} – средний диаметр резьбы, мм;

D, d_0 – наружный и внутренний диаметры опорных кольцевых поверхностей гайки, головки болта, мм (см. табл. А.6 приложения А.);

f_P и f_T – коэффициенты трения по резьбе и по опорной поверхности гайки (табл. А.7 приложения А). Зависят от вида покрытия и смазочных материалов, состояния трущихся поверхностей, повторяемости сборки, скорости завинчивания и т.д. ;

d – номинальный диаметр резьбы.

Для проверки полученных значений необходимо рассчитать максимальный момент затяжки из условия прочности стержня. Если значение

силы Р точно неизвестно, то максимальный момент принимается в качестве расчетного, с учетом коэффициента запаса $k = 1,5...2,5$ (большие значения принимать для ответственных соединений).

Для болтовых и шпилечных соединений ориентировочно можно рассчитать:

$$M_K \approx 0,1 d^3 \sigma_B, \tag{2.10}$$

где σ_B – предел прочности материала стержня, МПа (табл. А.8 приложения А.).

Для винтов с цилиндрической, сферической или шестигранной головкой:

$$M_K = 0,005 d^3 \sigma_T (6,5 f_T + 1), \tag{2.11}$$

для винта с потайной головкой

$$M_K = 0,005 d^3 \sigma_T (9,8 f_T + 1), \tag{2.12}$$

где σ_T – предел текучести материала винта, МПа (см. табл. А.5 приложения А.)

Заклёпочные соединения применяют в конструкциях, воспринимающих интенсивные вибрационные и ударные нагрузки (рама автомобиля), работающих при низких и высоких температурах, а также для прочного соединения пластмассовых изделий с металлическими. Усилие, необходимое для образования головки при холодной клепке равно:

$$P_{ХКл} = k \cdot d_3^{1,75} \cdot \sigma_B^{0,75} \tag{2.13}$$

где k – коэффициент формы замыкающей головки: для сферических головок k=28,6; для потайных – k=26,2; для плоских – k=15,2; для трубчатых – k=4,33;

d_3 – диаметр стержня заклепки, мм;

σ_B – предел прочности материала заклепки при растяжении, МПа (табл. А.8 приложения А.).

Рекомендуется следующий порядок проектирования сборочной операции:

1) Из технологического процесса сборки выбрать одну из операций (запрессовка подшипника в корпус изделия, напрессовка подшипника на вал изделия, установка сальника, сборка резьбового соединения).
2) Выбрать необходимое для выполнения операции оборудование, технологическую оснастку.
3) Выбрать и обосновать выбор схемы базирования и закрепления изделия при выполнении сборочной операции.
4) По формулам (2.1)…(2.13) рассчитать режимы сборки.

2.2.3. Нормирование сборочных операций

Нормирование сборочных операций выполняют по установленным методикам.При нормировании операций технологического процесса серийного производства определяют штучно-калькуляционное время по зависимости

$$T_{ш.-к.} = T_{пз} / n + T_{шт}, \quad (2.14)$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, связанное со сборкой партии изделий (10...15 мин);

n – число изделий в партии;

$T_{шт}$ – штучное время.

Для массового производства подготовительно-заключительное время равно нулю. Штучное время вычисляют как сумму основного $T_о$, вспомогательного $T_в$ времен, времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места $T_{орг.тех.\ об.}$ и отдых $T_е$.

$$T_{шт}=T_о+T_в+T_{орг.тех.об.}+T_е \quad (2.15)$$

Составляющие времен можно определять по типовым технологическим процессам и справочной литературе [6]. Определить основное время сборочных работ с 5…15 % точностью можно на основе имеющихся эмпирических зависимостей, приведенных в таблице 2.1.

Если сборочная операция имеет несколько переходов, то основное время на операцию определяется суммированием основных времен отдельных переходов.

Таблица 2.1 – Эмпирические зависимости для расчета основного времени

Воздействие	Эмпирическая зависимость
Завертывание гаек	$T_о = (0{,}011\bar{x} + 0{,}306)m'$
Завертывание болтов	$T_о = (0{,}006\bar{x} + 0{,}144)m'$
Завертывание штуцеров	$T_о = (0{,}016\bar{x} + 0{,}039)m'$
Завертывание винтов	$T_о = (0{,}020\bar{x} + 0{,}517)m'$
Завертывание шпилек	$T_о = (0{,}032\bar{x} + 0{,}067)m'$
Установка шплинтов и штифтов	$T_о = 0{,}017\bar{x}m'$
Установка шайб, прокладок, втулок	$T_о = 0{,}005\bar{x}m'$
Установка сальников, пыльников	$T_о = (0{,}005\bar{x} + 0{,}001)m'$
Запрессовка втулок, колес, заглушек	$T_о = (0{,}002\bar{x} + 0{,}033)m'$
Запрессовка шарико- и роликоподшипников	$T_о = 0{,}012\bar{x}m'$
Сверление по месту электродрелью	$T_о = (0{,}077\bar{x} + 0{,}098)m'$
Установка заклёпок	$T_о = (0{,}083\bar{x} + 0{,}067)m'$
Подгонка шпонок к шпоночному пазу	$T_о = (0{,}391\bar{x} + 0{,}911)m'$
В таблице 2.1 $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение элемента детали (длина, ширина и т.п.), мм; m' – количество одинаковых элементов, используемых при сборке.	

Вспомогательное время составляет 15 …60 % от основного, а оперативное время равно:

$$T_{on} = (0{,}15...0{,}6)T_o + T_o . \quad (2.16)$$

Дополнительное время на сборочные операции составляет примерно 6…10 % от оперативного, а подготовительно-заключительное – 3…6 %. Тогда штучно-калькуляционное время можно подсчитать по формуле:

$$T_{шт.к} = (0{,}06...0{,}10)T_{on} + (0{,}03...0{,}06)T_{on}/N + T_{on} . \quad (2.17)$$

Рекомендуется следующая последовательность нормирования операции:

1) Рассчитать нормы времени на одну операцию (таблица 2.2). При выполнении сборочной операции в ней выделяют следующие переходы:
   - Проверить наличие клейм на деталях и состояние сопроводительной документации.
   - В содержание перехода входят ключевые слова, характеризующие метод обработки, выраженные глаголом в неопределенной форме. Ключевые слова: закрепить, запрессовать, зачистить, застопорить, контрить, клепать, маркировать, нарезать, опилить, отрубить, очистить, отрезать, притереть, пломбировать, развинтить, распрессовать, сверлить, смазать, свинтить, собрать, установить, штифтовать и т.п.
   - В конце всех переходов записывается контроль исполнителем.

   Пример записи переходов:

   Установить шайбу поз.5. Свинтить детали поз.5 и 6, выдерживая размер 1, собрать детали поз.2 и 3, выдержав размер 1.
2) Выполнить эскиз технологической наладки выполнения операции.

Таблица 2.2 - Нормирование технологического процесса сборки изделия

№ операции	Переходы	Основное время, мин
	005	
	010	
.....	.....	.....
Основное время суммарное, мин		T_o
Вспомогательное время, мин		$T_в$
Время на организационно-техническое обслуживание рабочего места и отдых		$(T_{орг.тех.об.} + T_е)$
Штучное время, мин		$T_{шт}$

2.3. Разработка маршрутного технологического процесса обработки детали

Проектирование маршрута технологического процесса выполняется после анализа служебного назначения детали, определения типа производства, анализа технологичности конструкции детали и определения организационной формы производства.

Исходные данные, необходимые для проектирования маршрута обработки детали: чертеж детали со всеми необходимыми видами, разрезами и сечениями, программа выпуска деталей.

2.3.1. Выбор заготовки

Заготовкой называется предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и материала изготавливается деталь. Заготовка отличается от готовой детали по размерам (на величину припусков и напусков на механическую обработку).

Припуск на механическую обработку – это слой металла, удаляемый с поверхности заготовки с целью получения требуемых по чертежу формы и размеров детали. Напуск –избыток металла на поверхности заготовки (сверх припуска), обусловленный технологическими требованиями упростить конфигурацию заготовки для облегчения условий её получения. В большинстве случаев напуск удаляется последующей механической обработкой.

Основные способы получения заготовок: литьё, обработка металлов давлением (ОМД), сварка, пайка. К заготовительным операциям технологического процесса относятся также правка прутков и проволоки, отрезка заготовок, прессование и редуцирование заготовок, подготовка под сварку, отжиг заготовок, обработка торцов и центрование заготовок и т.д.

Производство заготовок способом литья

Литьё – способ получения заготовок, осуществляемый заливкой расплавленного металла в литейную форму. После затвердевания металла заготовку извлекают из формы. Такую заготовку называют отливкой. Литейная форма может быть одноразовой и многоразовой.

Способы литья в одноразовые формы:

1) Литьё в песчано-глинистые формы. Таким способом в машиностроении получают до 80% всех производимых отливок. Это самый простой и дешевый способ литья, позволяющий получать различные по конфигурации отливки из чугуна, стали и цветных сплавов от нескольких грамм до сотен тонн с толщиной стенки от 3-5 мм до 1000 мм и длиной до 10 м во всех типах производства. Литейную форму изготавливают из формовочной смеси путем ее уплотнения.

Литейная форма обычно состоит из верхней и нижней полуформ, которые изготавливают в опоках - приспособлениях для удержания формовочной смеси. Расплавленный металл заливают в литейную форму через литниковую систему, состоящую из каналов, по которым металл заполняет форму. Литейная модель - приспособление, с помощью которого в литейной форме получают отпечаток, соответствующий конфигурации и размерам отливки. Шероховатость поверхности отливок, получаемых в песчано-глинистых формах следующая: отливки из черных металлов - Rz =160 мкм, Ra =40 мкм; из цветных металлов - Rz = 80 мкм, Ra = 20 мкм.

2) Литьё в оболочковые формы. Этим способом получают точные отливки с высоким качеством поверхности из всех литейных сплавов массой до 50 кг и толщиной стенки 3 – 15 мм. Оболочковую форму изготавливают из

смеси кварцевого песка и синтетической смолы. Способ основан па свойстве синтетической (термореактивной) смолы переходить из жидкого в необратимое твёрдое состояние.

Формовочную смесь засыпают в бункер и накрывают нагретой металлической плитой с установленными на ней металлическими моделями отливок. При повороте бункера на 180º формовочная смесь осыпается, частицы смолы на поверхности нагретых моделей плавятся, связывая между собой частицы песка. Таким образом образуется оболочка, толщиной 6 – 8 мм. С помощью толкателей оболочка снимается с модели, и обе половинки склеиваются и соединяются скобой. Шероховатость поверхности отливок при этом способе литья следующая: отливки из черных металлов – Rz=40 мкм, Ra=10 мкм; из цветных сплавов - Rz=20 мкм, Ra=5 мкм.

3) Литьё по выплавляемым моделям давно известно как способ для изготовления скульптур. В машиностроении его начали применять в 40-х годах нашего столетия. Этот способ изготовления отливок трудоёмок и дорог. Однако его применение во многих случаях оправдано для получения точных отливок с минимальными припусками на механическую обработку или сразу готовых деталей, для получения отливок из сплавов с низкими литейными свойствами и труднообрабатываемых сплавов (легированные стали).

Легкоплавкую (выплавляемую) модель изготавливают из смеси парафина со стеарином путем заливки под небольшим давлением в металлическую пресс-форму. После затвердевания легкоплавкую модель вынимают из пресс-формы, собирают в блоки с общей литниковой системой и погружают в огнеупорную суспензию, состоящую из раствора этилсиликата и кварцевой муки. Затем блок моделей посыпают сухим песком и сушат на воздухе 2 – 3 ч. Повторяя эти операции 8-10 раз, получают неразъёмную форму толщиной 5 – 8 мм. Парафиновую модель выплавляют из формы с помощью горячего воздуха, пара или горячей воды. Готовую форму прокаливают в печи до температуры 900ºС и заливают в неё расплавленный металл. После затвердевания металла керамическую форму разбивают. Шероховатости поверхности отливок при этом способе литья следующая: отливки из черных металлов – Rz=10 мкм, Ra=2 мкм, из цветных сплавов Rz=20 мкм, Ra=5 мкм.

Способы литья в многоразовые (металлические) формы:

1) Литьё в кокиль - наиболее дешевый среди специальных способов литья. Предназначен для получения отливок простой формы из стали, чугуна, цветных сплавов в серийном производстве. Главная особенность этого способа – многократное использование металлической формы – кокиля. В связи с большой теплопроводностью материала формы скорость кристаллизации достаточно велика. Это повышает механические свойства отливки, но в то же время затрудняет получение отливок с тонкими стенками. Литьё в кокиль позволяет получить отливки со следующими параметром шероховатости поверхности: отливки из черных металлов - Rz=40 мкм, Ra=10 мкм из цветных сплавов Rz=10 мкм, Ra=2 мкм.

2) Литьё под давлением заключается в заливке расплавленного металла под давлением в металлическую пресс-форму и его кристаллизации. Применяется для производства тонкостенных отливок (до 0,5 мм) из цветных

сплавов (массой до 50кг) в серийном и массовом производстве. Литьём под давлением можно получить сложные, близкие по конфигурации к готовым деталям, тонкостенные заготовки. Шероховатость поверхности отливок при этом способе литья Rz=10 мкм, Ra=2 мкм.

3) Центробежное литьё заключается в заливке расплавленного металла во вращающуюся форму (изложницу), которая вращается до окончания кристаллизации металла. Получают полые заготовки, имеющие форму тел вращения диаметром 50 –1000 мм (трубы, втулки, зубчатые колеса, кольца) из чугуна, стали, реже из цветных сплавов. За счёт вращения формы достигается большая плотность металла отливки. К недостаткам можно отнести ограниченный ассортимент отливок по форме. Шероховатость поверхности при этом способе литья следующая: отливки из черных металлов Rz =40 мкм, Ra= 10 мкм, из цветных сплавов –Rz=20мкм, Ra=5мкм.

Производство заготовок обработкой металлов давлением (ОМД)

ОМД основана на способности металлов в определенных условиях подвергаться пластической деформации в результате воздействия на деформируемую заготовку внешних сил. Процессы ОМД по назначению подразделяются на два вида:

1) Для получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине (прутков, проволоки, лент, листов), используемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для изготовления деталей с последующей механической обработкой. Такими процессами являются прокатка, прессование, волочение.

Прокатка – пластическая деформация металла вращающимися валками с целью изменения формы и размеров поперечного сечения и увеличения длины заготовки. Форма поперечного сечения прокатного изделия называется его профилем. Совокупность различных профилей разных размеров называется сортаментом. Сортамент делят на четыре группы: сортовой прокат, листовой, трубы, специальные виды проката. Сортовой прокат подразделяют на две группы: простой формы (в сечении круг, квадрат, прямоугольник, шестигранник и т.д.) и сложной (швеллеры, двутавровые балки, рельсы, уголки) формы.

Круглый сортовой прокат используют для изготовления гладких и ступенчатых валов, стаканов диаметром до 50 мм, втулок. По способу изготовления на металлургических заводах *прутковую сталь подразделяют* на кованую, горячекатаную, холоднотянутую, нешлифованную и шлифованную (серебрянку). Прутки из кованной стали имеют наибольшие отклонения по диаметру и их применяют для производства заготовок крупных размеров с большими припусками на обработку. Прутки из горячекатаной стали имеют несколько меньшие, но всё же значительные отклонения по диаметру или по ширине и толщине. Горячекатаную сталь применяют главным образом в единичном и серийном производстве, где обычно используют универсальное оборудование. Прутки из шлифованной холоднотянутой стали (серебрянки) имеют диаметр с допуском по 8-9-му квалитетам. Большим преимуществом этой стали является отсутствие на её поверхности обезуглероженного слоя. Допуски на сортамент стали-серебрянки предусматривают минимально

возможные припуски на обработку. Это исключает некоторые предварительные операции, необходимые при использовании прутков из горячекатаной стали, значительно упрощает технологический процесс изготовления детали и сокращает расход материала.

Сортовой прокат применяют для изготовления крепёжных деталей, рычагов, планок. *Листовой прокат* идёт на изготовление фланцев, плоских деталей различной формы. *Трубы* используют для изготовления цилиндров, втулок, гильз, стаканов, фланцев. *Специальные виды проката* применяют в крупносерийном и массовом производстве, что позволяет почти полностью исключить обработку резанием.

2) Для получения заготовок (полуфабрикатов), имеющих приближенно формы и размеры готовых деталей и требующих механической обработки для придания им окончательных размеров и получения поверхности заданного качества. Такими процессами являются ковка и штамповка.

Свободная ковка - способ горячей обработки металлов давлением, при котором заготовке придается заданная форма при ударах бойка молота или нажатии бойка пресса. Течение металла не ограничено поверхностями инструмента. Исходными заготовками под ковку служат слитки или прокат (круглый, квадратный, прямоугольный). Полученные изделия называются коваными поковками. Основным оборудованием являются ковочные прессы (для крупных поковок), молота (для мелких поковок). Металл перед ковкой нагревается в зависимости от его химического состава. Параметр шероховатости поверхности поковок составляет Rz=320 – 80мкм. Свободная ковка применяется в единичном производстве для поковок простой формы. Этот способ ОМД является единственным, способом изготовления крупногабаритных поковок.

Широкое использование ковки объясняется рядом преимуществ:

1) ковка позволяет получать высокое качество металла с повышенными механическими свойствами по сравнению с отливками;

2) ковкой возможно получать крупные поковки, имеющие массу до десятков и сотен тонн и длиной десятки метров;

3) при ковке требуются сравнительно небольшие усилия, так как обработка производится отдельными небольшими участками.

Штамповка осуществляется с помощью специального инструмента – штампа. Штампы – это массивные стальные формы, состоящие из двух частей. Верхняя часть штампа крепится к верхней подвижной части кузнечной машины, нижняя – к нижней неподвижной части кузнечной машины. В каждой части имеются полости. При смыкании обеих частей штампа образуется ручей, форма и размеры которого соответствуют изготавливаемому изделию.

Штамповка может быть открытой и закрытой. Штамповка в открытых штампах (открытая штамповка) характеризуется тем, что между двумя частями штампа имеется зазор, в который вытекает излишек металла, образуется заусенец (облой), который необходимо удалять. При закрытой штамповке зазор как таковой отсутствует, следовательно, отсутствует заусенец, экономится металл, исключается необходимость в обрезке заусенца, однако, этот вид

штамповки применяется для сравнительно простых деталей, в основном тел вращения, и требует использования точных по массе заготовок.

Штамповка может быть объемной и листовой, холодной и горячей. Горячая штамповка производится с предварительным нагревом заготовки. Температура нагрева зависит от химического состава материала заготовки. Заготовкой для объёмной штамповки служит прокат круглого, квадратного, прямоугольного сечения, который режут на мерные заготовки. Холодная объемная штамповка более точная по сравнению с горячей, лучше качество поверхности (нет окалины), но она требует больших усилий оборудования. Холодной объёмной штамповкой можно получить гвозди, болты, заклёпки. Заготовкой для листовой штамповки служит лист. Она бывает тонколистовой (толщина листа <10мм) и толстолистовой (толщина листа >10мм). Толстолистовая штамповка осуществляется в горячем состоянии Операции листовой штамповки делят на разделительные и формообразующие. К разделительным операциям относят: вырубку, пробивку. К формообразующим – вытяжку, гибку, формовку и др.

Осуществляют штамповку на молотах, механических и гидравлических прессах, горизонтально-ковочных машинах и другом оборудовании.

По сравнению с ковкой штамповка имеет ряд преимуществ:

1) штамповкой получают более сложные поковки;
2) штампованная поковка требует меньшей последующей механической обработки;
3) производительность штамповки значительно выше.

В то же время, штамп – дорогостоящий инструмент, поэтому штамповку экономически целесообразно применять в массовом и крупносерийном производстве.

Факторы, определяющие способ получения заготовки:

- материал детали;
- размеры и конфигурация детали;
- требования к точности и шероховатости;
- тип производства;
- служебное назначение детали.

Заготовительные операции

Правка проката предшествует его резке на заготовки нужной длины. Правкой уменьшают припуск на последующую механическую обработку заготовки и устраняют поломки зажимных механизмов патронов отрезных и револьверных станков и автоматов. Прутки правят на правильно-калибровочных станках (точность правки 0,5 – 0,9 мм/м), прутки и заготовки длиной до 2 м – на прессах, круглые заготовки длиной до 200 мм – на накатных станках плоскими плашками (точность правки 0,05 –0,1 мм/м).

Отрезку заготовок можно производить на приводных ножовочных станках, фрезерно-отрезных станках и полуавтоматах, токарно-отрезных, ленточно-пильных и абразивно-отрезных станках, а также рубкой на прессах и заготовительных ножницах.

Ножовочные станки (мод. 872А) характеризуются малой производительностью; применяют их главным образом в единичном производстве при отрезке заготовок диаметром 40 мм и выше. Заготовки отрезают ножовочным полотном длиной 450 мм и толщиной 2-3 мм, получающим возвратно-поступательное движение. Недостаток – малая производительность и косой срез, снижающий экономию металла, достигаемую узким пропилом.

Токарно-отрезные станки работают одним или двумя резцами. Для них характерна значительно большая производительность, чем при обработке на ножовочном станке. Эти станки рекомендуют для резки заготовок большого диаметра. Токарно-отрезные автоматы вертикального типа применяют в серийном производстве для отрезки заготовок диаметром до 40 - 50 мм. К недостаткам отрезки заготовок на токарно-отрезных станках следует отнести необходимость снятия концов (шлифованием, фрезерованием), остающихся на торцах после отрезки.

Фрезерно-отрезные полуавтоматы (мод. 8В66 и 8А641) применяют для отрезки заготовок диаметром до 240 мм с помощью дисковой пилы диаметром 275 – 1010 мм, оснащённой сегментами из быстрорежущей стали. Ширина пилы 6,5 мм. Так как отрезка широкой пилой даёт большие потери металла, на этих станках целесообразно отрезать заготовки крупных сечений из конструкционной углеродистой и конструкционной легированной сталей.

Абразивно-отрезные станки применяют для отрезки заготовок с помощью узких (2-3 мм) шлифованных кругов на вулканитовой или бакелитовой связке. Круги, изготовленные на основе стеклоткани, могут работать со скоростью резания до 80 м/с. Резка на абразивно-отрезных станках является наиболее универсальной для получения заготовок независимо от их твёрдости и одной из наиболее производительных.

Ленточные пилы представляют собой станки с бесконечным ножовочным полотном. Преимуществом этих станков является высокая производительность при малой ширине реза (1,5-2 мм). Ленточные станки применяют для отрезки заготовок диаметром до 250 мм и больше.

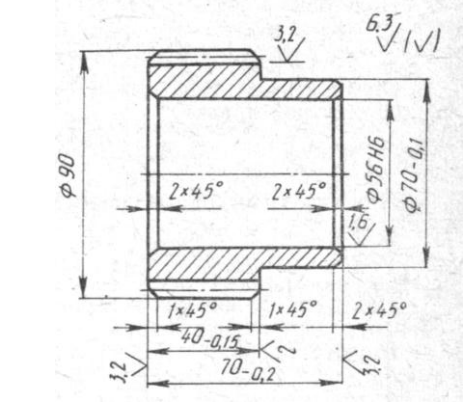
Эксцентриковые прессы и заготовительные ножницы применяют при рубке заготовок в крупносерийном и массовом производстве. При этом способе получения заготовок нет потери материала и достигается максимальная производительность. Однако при рубке заготовок даже при использовании специальных штампов неизбежно возникает смятие прилегающих к торцу участков периферии заготовки и самой плоскости торцов, что вызывает необходимость их дополнительной обработки. Рубку рекомендуется применять лишь для получения заготовок под ковку и штамповку.

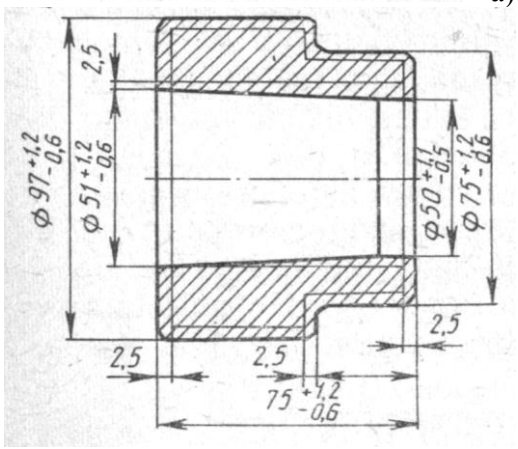
Для получения центровых отверстий на валах и подрезки торцов могут применяться специальные фрезерно-центровальные станки.

Рекомендуется следующий порядок выбора способа получения заготовки:

1) На основании изученных способов получения заготовок и с помощью справочной литературы [1], [2] выбрать для данной детали наиболее экономически целесообразный способ.

2) Описать выбранный способ получения заготовки. Эскиз различных заготовок приведены на рис. 2.4, 2.5, 2.6.





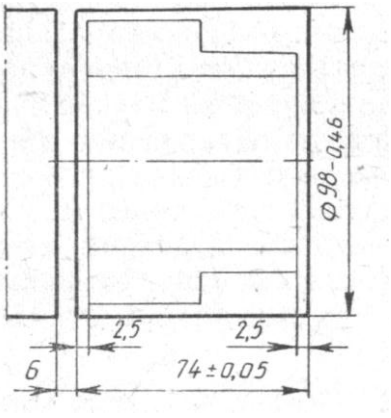


Рисунок 2.4 – Зубчатое колесо:
а) эскиз; б) заготовка, полученная штамповкой на ГКМ; в) заготовка, полученная из калиброванного проката

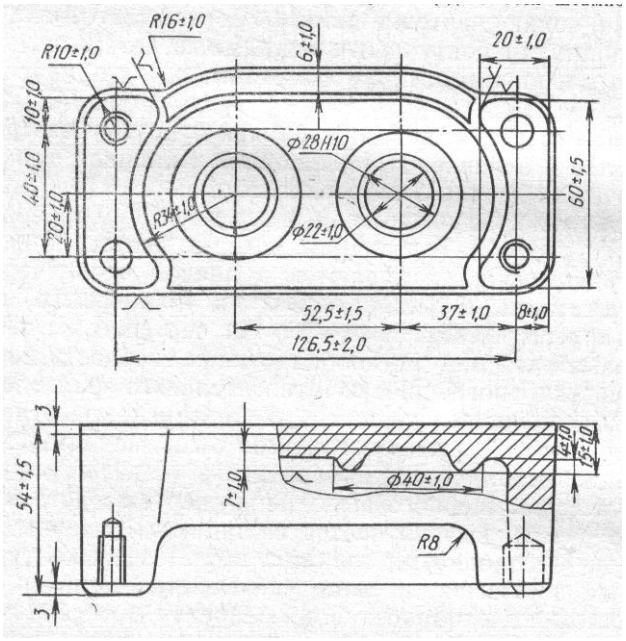


Рисунок 2.5 - Корпус:
отливка (сталь 40Л по ГОСТ 977—75);
технические требования: нормализация. 143…229 НВ; 2-й класс точности по ГОСТ 2009—55; смещение по плоскости разъема не более 1,6 мм; неуказанные формовочные уклоны по ГОСТ 3212—80; неуказанные радиусы не более 6 мм

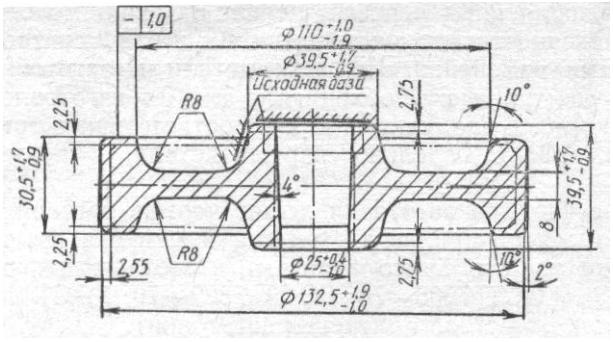


Рисунок 2.6 - Колесо зубчатое:
штамповка (сталь 18ХГТ, ГОСТ 4543—71);
технические требования: группа 2, 156..229 НВ, ГОСТ 8479—70; 2-й класс точности по ГОСТ 7505—.74; неуказанные радиусы не более 2,5 мм; неуказанные штамповочные уклоны 5°; перекос (сдвиг осей штампов) до 1 мм

2.3.2. Выбор методов обработки на основе требований к точности и качеству поверхностей деталей

Для обоснования выбора варианта технологического процесса определяются методы обработки отдельных поверхностей, из которых формируют маршруты обработки детали. Выбор метода обработки зависит от конфигурации детали, её габаритов, точности и качества обрабатываемых

поверхностей, вида принятой заготовки. Решение задач выбора метода и конкретного вида обработки облегчается при использовании справочных таблиц экономической точности обработки (см. приложение Б), в которых содержатся сведения о технологических возможностях обработки резанием различными методами. С помощью этих таблиц можно выбрать метод окончательной обработки поверхности и наметить виды промежуточной. Маршруты обработки поверхностей сводятся в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Маршруты обработки поверхностей детали

№ поверхности	Размер, мм	Требования к поверхности			Маршрут обработки	Технологический приём, обеспечивающий технические требования
		Точность, квалитет	Шерохова-тость Ra, мкм	Технические требования		

2.3.3. Составление технологического маршрута обработки

Основной задачей этого этапа является составление общего плана обработки детали, описание содержания операций технологического процесса и выбор типа оборудования. Результаты работы оформляются в виде маршрутной карты.

При установлении общей последовательности обработки рекомендуется учитывать следующие положения:

- каждая последующая операция должна уменьшать погрешности обработки и улучшать качество поверхности;
- в первую очередь следует обрабатывать поверхности, которые будут служить технологическими базами для последующих операций;
- затем необходимо обрабатывать поверхности, с которых снимается наибольший слой металла, что позволит своевременно обнаружить возможные внутренние дефекты заготовки;
- операции, при которых возможно появление брака из-за внутренних дефектов в заготовке, нужно производить на ранних стадиях ее обработки;
- обработка остальных поверхностей ведется в последовательности, обратной степени их точности: чем точнее должна быть поверхность, тем позже она обрабатывается;
- заканчивается процесс изготовления детали обработкой той поверхности, которая должна быть наиболее точной и имеет наибольшее значение для эксплуатации детали; если она была обработана ранее, до выполнения других смежных операций, может возникнуть необходимость в её повторной обработке;
- отверстия нужно сверлить в конце технологического процесса, за исключением тех случаев, когда они служат базами;
- не рекомендуется совмещение черновой и чистовой обработок немерным инструментом на одном и том же станке;

- если деталь подвергается термической обработке по ходу технологического процесса, механическая обработка расчленяется на две части: до термической обработки и после нее;
- технический контроль намечают после тех этапов обработки, где вероятна повышенная доля брака, перед сложными и дорогостоящими операциями, после законченного цикла, а также в конце обработки детали;

Приведенные рекомендации по разработке технологического маршрута не являются обязательными и требуют творческого подхода в каждом конкретном случае. Работа по составлению маршрутов обработки существенно облегчается при использовании типовых технологических процессов на данную группу деталей [5].

Для каждой технологической операции обосновывают схемы базирования, выбирают оборудование и технологическую оснастку. Выбор оборудования и технологической оснастки выполняют по справочной литературе [2], [4], [5].

2.3.4. Выбор технологических баз

Схема базирования и закрепления, технологические базы, опорные и зажимные элементы и устройства приспособления должны обеспечивать определенное положение заготовки относительно режущих инструментов, надёжность её закрепления и неизменность базирования в течение всего процесса обработки при данной установке. Поверхности заготовки, принятые в качестве баз, и их относительное расположение должны быть такими, чтобы можно было использовать наиболее простую и надёжную конструкцию приспособления, должны обеспечивать удобство установки, закрепления, открепления и снятия заготовки, возможность приложения в нужных местах сил зажима и подвода режущих инструментов.

Если конструкция детали, вытекающая из ее служебного назначения, не удовлетворяет этим требованиям, в ней предусматривают специальные элементы или поверхности, используемые только при базировании (платики, отверстия и др.).

При выборе баз следует учитывать основные принципы базирования. В общем случае полный цикл обработки детали от черновой операции до отделочной производится при последовательной смене комплектов баз. Однако с целью уменьшения погрешностей и увеличения производительности обработки деталей нужно стремиться к уменьшению переустановок заготовки при обработке.

Выбор баз для черновой обработки

1) При обработке заготовок, полученных литьем и штамповкой, необработанные поверхности следует использовать в качестве баз только на первой операции. При дальнейшей обработке использование их не допускается.
2) В качестве технологических баз следует принимать поверхности достаточных размеров, имеющие более высокую точность и малую шероховатость. Они не должны иметь литейных прибылей, литников,

линий разъема, окалины и других дефектов. Все перечисленные дефекты способствуют уменьшению точности базирования и закрепления заготовки в приспособлении.

3) У деталей, не подвергающихся полной обработке, технологическими базами для первой операции рекомендуется принимать поверхности, которые вообще не обрабатываются. Это обеспечит наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных.
4) Если у заготовок обрабатываются все поверхности, в качестве технологических баз для первой операции целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками.
5) База для первой операции должна выбираться с учетом обеспечения лучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем в качестве технологических баз.

Выбор баз для чистовой обработки

1) Следует иметь в виду, что наибольшая точность достигается при условии использования на всех операциях механической обработки одних и тех же комплектов баз, т. е. при соблюдении принципа их единства.
2) Особенно важным при чистовой обработке является соблюдение принципа совмещения баз, так как при этом окончательно выдерживается заданная точность детали. При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю.
3) Базы для окончательной обработки должны иметь высокую точность размеров и геометрической формы, а также малую шероховатость поверхности. Они не должны деформироваться под действием сил резания, зажима и собственного веса заготовки.

2.3.5. Выбор оборудования

Выбор модели оборудования определяется прежде всего возможностью изготовления на нем деталей необходимых размеров и формы, получения требуемого качества их поверхностей, наименьшую себестоимость обработки.

В условиях массового производства нужно стремиться к тому, чтобы на одной операции было занято не более одного-двух станков. Если это условие не выполняется, следует выбрать более производительную модель станка (многошпиндельный, многопозиционный или агрегатный). Технические характеристики станков, выпускаемых серийно, приводятся в справочниках [4], [5].

2.3.6. Выбор технологической оснастки

Правила выбора технологической оснастки регламентируются соответствующими ГОСТами. К ней относят: приспособления, инструменты и средства контроля.

В случае применения стандартной оснастки рекомендуется пользоваться альбомами ее типовых конструкций и соответствующими стандартами.

Выбор режущих инструментов при оснащении технологического процесса производится исходя из условий обработки с учетом: вида станка; метода обработки, режимов и условий работы; материала обрабатываемой детали, ее размеров и конфигурации; требуемых точности обработки и шероховатости поверхностей; типа производства; заданных объема выпуска деталей и производительности обработки, стоимости инструмента и затрат на его эксплуатацию.

При технологической подготовке производства предпочтение следует отдавать стандартной, унифицированной оснастке, что позволяет сократить время на подготовку запуска нового производства, а также снизить расходы, связанные с использованием инструментов. Применение комбинированного, специального инструмента оправдано в автоматизированном производстве, так как там не всегда может быть применен стандартный режущий инструмент из-за недостаточной эксплуатационной надежности, что приводит к увеличению простоев станков и снижению их производительности. Например, на агрегатных станках часто применяются сборные, комбинированные и специальные инструменты, к качеству изготовления которых предъявляются повышенные требования.

Инструмент, используемый на автоматических линиях, изготовляют обычно по стандартам предприятий с учетом особых технических требований на изготовление. Эти инструменты должны обеспечивать быструю наладку и подлаладку станков, быть взаимозаменяемыми, обладать высокой стойкостью (240 мин и более), формировать и дробить стружку, обеспечивать высокую степень концентрации технологических переходов, обладать повышенной жесткостью и виброустойчивостью. Для них применяют более качественные материалы.

Инструмент для станков с ЧПУ должен обладать высокой режущей способностью и надежностью, что достигается использованием наиболее качественных материалов; повышенной точностью за счет изготовления его по более жестким техническим требованиям, чем по действующим стандартам; универсальностью, позволяющей обрабатывать сложные детали за один автоматический цикл. Инструмент может быть комбинированным, регулируемым и многоцелевым.

Высокая производительность механической обработки при оптимальной стойкости инструмента в основном обеспечивается за счет применения современных материалов и различных методов покрытия поверхностей рабочей части инструмента.

Обработку конструкционных материалов в зависимости от материала режущей части инструмента производят в следующих интервалах скоростей резания (м/мин): быстрорежущей стали 20…50, твердого сплава – 100…200, сверхтвердых материалов – 400...800.

Режущие свойства инструментов могут быть повышены в несколько раз путем нанесения на них износостойких покрытий.

Для обработки закаленных сталей и особо прочных чугунов при скоростях резания до 800 м/мин рекомендуется применять сверхтвердые синтетические, материалы типа эльбор, композиты и др.

Рекомендуется применять механическое закрепление твердосплавных пластин, широко использовать неперетачиваемые пластины, что обеспечивает повышение режущих свойств инструмента и способствует созданию инструмента по принципу агрегатирования путем использования стандартных элементов.

Стандартные металлорежущие инструменты следует выбирать из соответствующих ГОСТов, перечень которых приведен в справочниках [2], [4], [5].

2.3.7. Оформление технологической документации

Маршрутный технологический процесс оформляется в виде маршрутной карты (см. приложение В) после подробной разработки технологического процесса.

Порядок разработки маршрутного технологического процесса:

1) На рабочем чертеже детали обозначить обрабатываемые поверхности.
2) Заполнить таблицу 2.3, назначая операции по обработке каждой из поверхностей для обеспечения их точности, шероховатости и взаимного расположения.
3) Используя таблицу 2.3, скомпоновать маршрутный технологический процесс механической обработки детали. Заполнить табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Последовательность выполнения операций при обработке детали

№ операции	Наименование операции	Содержание операции (обрабатываемые поверхности)	Точность, шероховатость, тех. требования, обеспечиваемые при выполнении операции

4) Для каждой операции разработать схемы базирования детали [5] или указать базовые поверхности.
5) Выбрать оборудование, инструмент и приспособления.
6) Заполнить маршрутную карту изготовления детали.

Приложение А.
(справочное)

Таблица А.1 – Ориентировочная программа выпуска при различных типах производства в механических и ремонтных цехах

Максимальная масса обрабатываемой заготовки, кг.	Тип производства при программе выпуска				
	Единичное	Мелко-серийное	Серийное	Крупно-серийное	Массовое
До 1,0 включ.	До 10 включ.	Св.10 до 2000 включ.	Св.1500 до 100000 включ.	Св.75000 до 200000 включ.	Св.200000
Св.1,0 до 2,5 включ.	До 10 включ.	Св.10 до 1000 включ.	Св.1000 до 50000 включ.	Св.50000 до 100000 включ.	Св.100000
Св.2,5 до 5,0 включ.	До 10 включ.	Св.10 до 500 включ.	Св.500 до 35000 включ.	Св.35000 до 75000 включ.	Св.75000
Св.5,0 до 10,0 включ.	До 10 включ.	Св.10 до 300 включ.	Св.300 до 25000 включ.	Св.25000 до 50000 включ.	Св.50000
Св.10,0	До 10 включ.	Св.10 до 200 включ.	Св.200 до 10000 включ.	Св.10000 до 25000 включ.	Св.25000

Таблица А. 2 – Значения модуля продольной упругости E и коэффициента Пуассона μ при 20ºС

Материал	E, МПа	μ
Углеродистая сталь	$(2..2,1)\cdot10^5$	0,24 – 0,28
Легированная сталь	$2,1\cdot10^5$	0,25 – 0,30
Чугун	$1,03\cdot10^5$	0,23 – 0,27
Бронза	$0,83\cdot10^5$	0,32 – 0,35
Алюминий и его сплавы	$0,74\cdot10^5$	0,33

Таблица А. 3 – Значения коэффициентов C_1 и C_2

D_0/d для C_1 d/D для C_2	C_1			C_2		
	Сталь	Бронза	Чугун	Сталь	Бронза	Чугун
0,05	0,70	0,67	0,75	1,30	1,33	1,25
0,10	0,72	0,69	0,77	1,32	1,35	1,27
0,20	0,78	0,75	0,83	1,38	1,41	1,33
0,30	0,89	0,86	0,94	1,49	1,59	1,44
0,40	1,08	1,05	1,13	1,68	1,71	1,63
0,50	1,37	1,34	1,41	1,95	2,00	1,92
0,55	1,57	1,54	1,62	2,17	2,20	2,12
0,60	1,83	1,80	1,88	2,43	2,46	2,38
0,65	2,17	2,14	2,22	2,77	2,80	2,72
0,70	2,62	2,59	2,67	3,22	3,25	3,17
0,75	3,28	3,25	3,33	3,84	3,87	3,79
0,80	4,25	4,22	4,30	4,85	4,88	4,80
0,85	5,98	5,95	6,03	6,58	6,61	6,53
0,90	9,32	9,20	9,28	9,83	9,86	9,87

Таблица А. 4 – Значение коэффициента линейного расширения для некоторых материалов

Материал	$\alpha \cdot 10^3, 1/^\circ C$		Материал	$\alpha \cdot 10^3, 1/^\circ C$	
	нагрев	охлаждение		нагрев	охлаждение
Сталь	11	-8,5	Бронза	17	-15
Чугун серый	10	-8	Латунь	18	-16
Чугун ковкий	10	-8	Алюминий и сплавы	22	-18
Медь	16	-14	Магниевые сплавы	26	-21

Таблица А. 5 – Механические свойства болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей

Класс прочности	Предел текучести, Н/мм^2, не менее	Марка стали	Класс прочности	Предел текучести, Н/мм^2, не менее	Марка стали
3.6	196,12	Ст3кп3, Ст3сп, 10, 10кп	6.8	470,68	20, 20кп
4.6	235,35	20	6.9	529,52	20, 20кп
4.8	313,79	10, 10кп	8.8	627,58	35, 35Х, 38ХА, 45Г
5.6	294,18	30, 35	10.9	882,54	40Г2, 40Х, 30ХГСА, 16ХСН
5.8	392,24	10, 10кп, 20, 20кп, Ст3сп3, Ст3кп	12,9	10,59,05	35ХГС
6.6	353,01	35, 45, 40Г	14,9	1235,56	40ХНМА

Таблица А. 6 – Наружный и внутренний диаметры опорной кольцевой поверхности

Резьба	D	d_0
М6	10	6,6
М8	13	9
М10	17	11
М12	19	14
М16	24	18
М20	30	22
М24	36	26
М30	46	33

Таблица А. 7 – Коэффициенты трения в резьбовых соединениях при различных покрытиях и смазочных материалах

Покрытие болтов и гаек	Коэффициент трения	Без смазочного материала	Машинное масло	Солидол ГОСТ 4366-76	Машинное масло с добавкой 20% MoS_2
Без покрытия	f_p	$0{,}40^{+0{,}12}_{-0{,}08}$	$0{,}21^{+0{,}03}_{-0{,}02}$	$0{,}19^{+0{,}02}_{-0{,}03}$	$0{,}13^{+0{,}02}_{-0{,}02}$
	f_m	$0{,}20^{+0{,}04}_{-0{,}06}$	$0{,}12^{+0{,}02}_{-0{,}02}$	$0{,}13^{+0{,}01}_{-0{,}02}$	$0{,}09^{+0{,}01}_{-0{,}02}$

Таблица А. 8 – Пределы прочности некоторых материалов, $\sigma_в$, МПа

Сталь		Сталь	
Ст 2	115	20Х	190
Ст 3	125	40Х	200
Ст 4	140	40Г2	220
Ст 5	165	30ХГНТ	430
Ст 6	195	40ХН	260
08	110	30ХГС	370
10	120	ШХ15	200
15	135	Чугун	
20	150	серый	30…70
25	165	ковкий	85…110
30	180	Цветные сплавы	
35	210	БрОФ	20…25
40	230	БрАЖ	50…55
45	260	ЛА97	30…40
50	280	ЛМц	25…30
20Г	180	ЛАЖ	60…70
30Г	210	ЛС59	30…50
40Г	240	АД	6…10
50Г	250	Д16	30…38
65Г	300	Титановые сплавы	
А12	420	ВТ1	30…55
А20	465	ОТ1	50…90
А30	555	ВТ20	95…110

Приложение Б. Экономическая точность обработки на металлорежущих станках (справочное)

Таблица Б.1 – Средняя точность обработки и параметры шероховатости обрабатываемой поверхности при обработке наружных поверхностей тел вращения

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
Обтачивание однократное	12	6,3
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое	11...10	3,2
Обтачивание однократное Шлифование однократное	10...8	1,6...0,8
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Шлифование однократное	8…6	0,8
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Обтачивание тонкое	7...6	0,4
Обтачивание однократное Шлифование предварительное Шлифование чистовое	7...6	0,4
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Шлифование предварительное Шлифование чистовое	6	0,4
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Шлифование предварительное Шлифование тонкое Обтачивание предварительное	6...5	0,2
Обтачивание чистовое Шлифование предварительное Шлифование чистовое Шлифование тонкое	5	0,2…0,1

Таблица Б. 2 – Средняя точность и параметры шероховатости обработанной поверхности цилиндрических отверстий

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
В сплошном металле		
Сверление	12	25...12,5
Сверление и зенкерование	11	6,3...3,2
Сверление и развертывание	8...9	3,2... 1,6
Сверление и протягивание	9...8	3,2…0,4
Сверление, зенкерование и развертывание	9...8	1,6...0,8
Сверление и двукратное развертывание	8...7	1,6...0,4
Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8...7	0,8…0,4
Сверление, зенкерование и шлифование	8...7	0,8...0,4
Сверление, протягивание и	8...7	0,8...0,4

калибрование		
В заготовках с отверстием		
Зенкерование или растачивание	12	6,3...3,2
Рассверливание	12	25...6,3
Двукратное зенкерование или двукратное растачивание	11	12,5...6,3
Зенкерование или растачивание и развертывание	9...8	3,2…1,6
Зенкерование и растачивание	9...8	6,3...3,2
Двукратное зенкерование и развертывание или двукратное растачивание и развертывание	9...8	1,6...0,8
Зенкерование или растачивание и двукратное развертывание	8...7	0,8…0,4
Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развертывание или тонкое растачивание	8...7	0,8…0,2
Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование	8...7	0,2…0,05
Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование	8...7	0,1…0,025
Протягивание и шлифование	8...7	0,8…0,2

Таблица Б. 3 – Средняя точность и параметры шероховатости обработанных плоских поверхностей

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
Строгание и фрезерование цилиндрическими и торцевыми фрезами:		
черновое	14...11	12,5...3,2
получистовое и однократное	12... 11	3,2...1,6
чистовое	10	1,6…0,8
тонкое	8...6	1,6...0,2
Протягивание:		
черновое литых и штампованных поверхностей	11...10	3,2…1,6
чистовое	8...6	1,6...0,4
Шлифование:		
однократное	8...7	1,6...0,4
предварительное	9…8	0,8...0,4
чистовое	7	0,4…0,1
тонкое	6	0,2…0,05

П р и м е ч а н и я:

1) Данные относятся к обработке жестких деталей с габаритными размерами не более 1м при базировании по чисто обработанной поверхности и использовании ее в качестве измерительной базы.

2) Точность обработки торцевыми фрезами при сопоставимых условиях выше, чем цилиндрическими, примерно на один квалитет.

3) Тонкое фрезерование производят только торцевыми фрезами.

Таблица Б. 4 – Средняя точность и параметры шероховатости обработанных резьбовых поверхностей

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
Круглыми плашками	8g	12,5...6,3
Метчиками	6H	6,3…3,2
Фрезерование:		
дисковыми фрезами	6g	6,3...1,6
гребенчатыми фрезами	6g	6,3…3,2
Точение:		
резцами	4h	3,2…0,8
гребенками	6g	6,3…0,8
вращающимися резцами (вихревой метод)	6h	3,2... 1,6
самораскрывающимися головками	4h	6,3...1,6
Накатывание:		
плоскими плашками	6g	0,8…0,4
резьбонакатными роликами	6g…4h	0,8…0,2

Таблица Б. 5. – Средняя точность обработки зубчатых колес

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra, мкм
Фрезерование:		
предварительное	9...10	12,5...3,2
чистовое дисковой фрезой	8...9	6,3...1,6
чистовое червячной фрезой	7...8	6,3.1,6
Долбление чистовое	6...8	3,2...0,8
Протягивание	6...7	3,2...0,8
Строгание чистовое	5…7	3,2...0,8
Шевингование	6...7	1,6...0,4
Шлифование	4...5	0,8...0,2

Приложение В. Правила оформления маршрутных карт
(справочное)

Маршрутная карта (МК) является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления МК (рисунок В.1), применяемых при отработке технологических процессов изготовления регламентированы ГОСТ 3. 1118-82 «Формы и правила оформления маршрутных карт».

В контрольной работе допускается упрощенное оформление маршрутных карт. В графах, не несущих основную информацию допускается ставить знаки ХХХ.

К заполнению граф технологических документов предъявляются следующие требования.

Верх маршрутной карты (рисунки В.1, В.2) заполняют в соответствии с определенными требованиями. Графа 0 – указание организации. В графе 1 указывают наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу, например: «Вал шлицевой».

В графе 2 задают обозначение изделия по основному конструкторскому документу или код ступени классификации по конструкторскому классификатору, например 322705. Графа 3 указывает код классификационных группировок технологических признаков для типовых и групповых технологических процессов по технологическому классификатору. Графа 4 указывает код документа в соответствии с нижеприведенными кодами (ГОСТ 3. 1201-85):

первые две цифры – вид документации:

01 – комплект технологической документации;

10 – маршрутная карта;

20 – карта эскизов;

60 – операционная карта;

62 – карта наладки;

третья цифра – вид технологического процесса (операции) по организации:

0 – без указания;

1 – единичный процесс (операция);

2 – типовой процесс (операция);

3 – групповой процесс (операция);

последние две цифры – вид технологического процесса по методу выполнения:

00 – без указания;

02, 03 – технический контроль;

04 – перемещение;

21 – обработка давлением;

41, 42 – обработка резанием;

50, 51 – термообработка.

Пример. Маршрутная карта единичного процесса обработки резанием – 10141.ХХХХ (10 – маршрутная карта, 1 – единичный процесс (операция), 41 – обработка резанием). Последние четыре разряда (ХХХХ) – резерв дополнительного обозначения по отраслевому классификатору. Карта с кодом

60202 указывает, что это операционная карта (код 60) типового процесса (код 2) технического контроля (код 02).

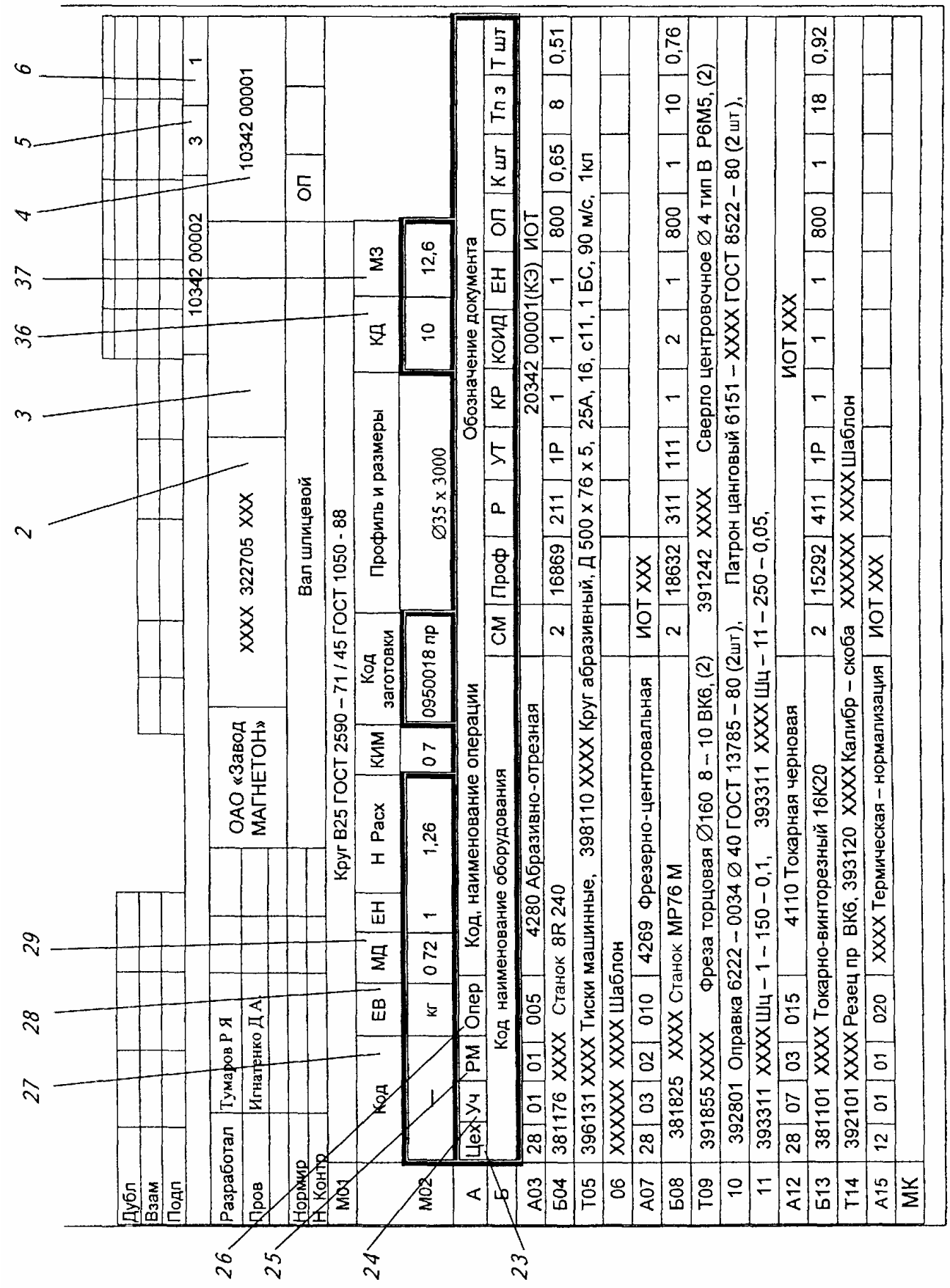


Рисунок В.1 – Пример заполнения маршрутной карты

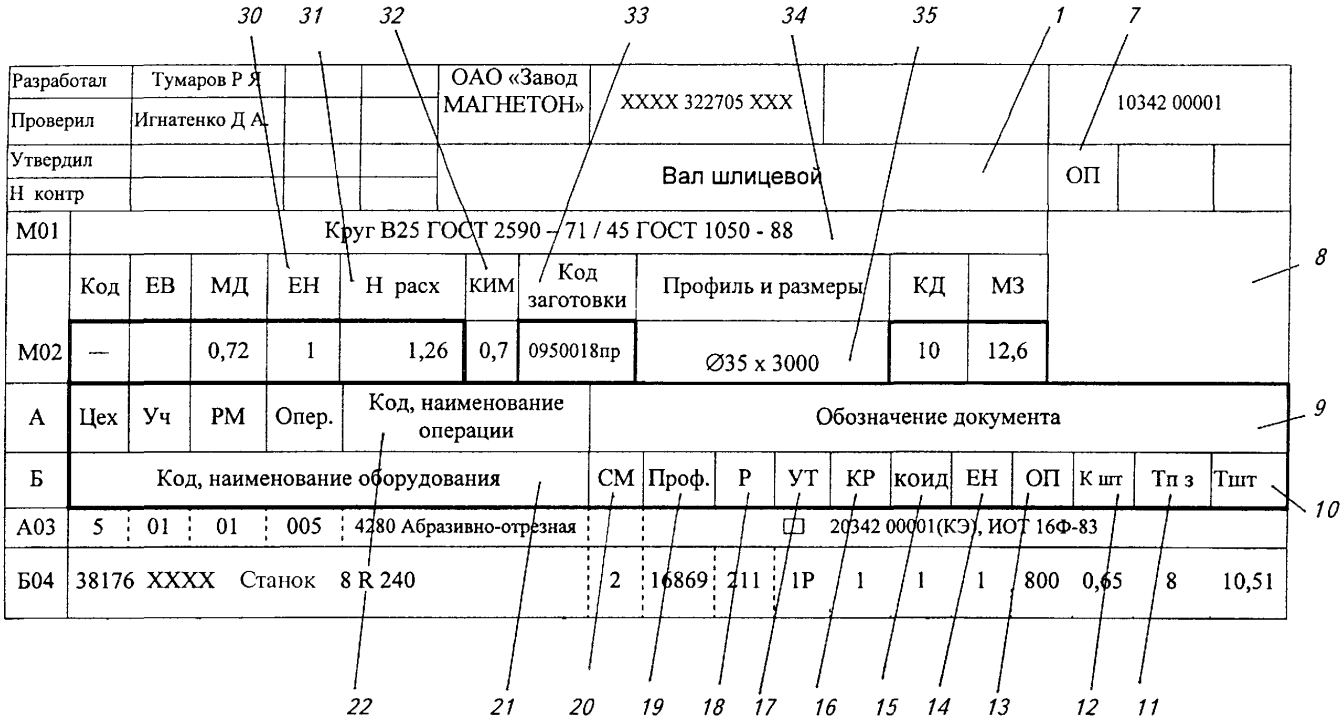


Рисунок В. 2 – Фрагмент заполнения маршрутной карты

Таблица В.1 – Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты

Номер позиции	Обозначение графы	Символ	Информация
1	2	3	4
1			Наименование изделия
2			Обозначение изделия
3			Код классификационных технологических группировок
4			Обозначение документа
5			Общее количество листов документа
6			Порядковый номер листа документа
7			Литера, присвоенная технологическому документу
8			Графа для особых указаний
9	Обозначение документа	А	Обозначение документа, применяемого при выполнении данной операции
10	$Т_{ШТ}$	Б	Норма штучного времени на операцию, мин
11	$Т_{П-З}$	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин
12	$К_{ШТ}$	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
13	ОП	Б	Объем производственной партии, шт.
14	ЕН	Б, К, М	Единица нормирования
15	КОИД	Б	Количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции
16	КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции

Продолжение таблицы В. 1

17	УТ	Б	Код условий труда
18	Р	Б	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
1	2	3	4
19	Проф.	Б	Код профессии согласно классификатору
20	СМ	Б	Код степени механизации труда
21	Код, наименование оборудования	Б	Код оборудования
22	Код, наименование операции	А	Код операции согласно классификатору технологических операций
23	Цех	А	Номер цеха, в котором выполняется операция
24	Уч	А	Номер участка
25	РМ	А	Номер рабочего места
26	Опер	А	Номер операции
27	Код	М02	Код материала
28	ЕВ	М02, К, М	Код единицы величины – массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки
29	мд	М02	Масса детали по конструкторскому документу
30	ЕН	М02, Б, К	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени
31	$Н_{РАСХ}$	М02, К, М	Норма расхода материала
32	КИМ	М02	Коэффициент использования материала
33	Код заготовки	М02	Код заготовки по классификатору
34		М01	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий
35	Профиль и размеры	М02	Обозначение профиля и размеров заготовок
36	КД	М02	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
37	МЗ	М02	Масса заготовки

В графах 5 и 6 указывают общее количество листов документа (графа 5) и порядковый номер листа документа (графа 6). В графе 7 проставляют литеру, присвоенную технологическому документу, например: ОП – опытное производство. Графа 8 является графой для особых указаний.

Для изложения технологических процессов в маршрутной карте используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно, при этом все строчки в МК нумеруют сверху вниз (см. рисунок В.1). Но каждую из строк индексируют в соответствии с заносимой в нее информацией. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ: М, А, Б, К, О, Т, Р (таблица В.2).

Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах строки документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. Простановка служебных символов является обязательной в любом случае. В качестве обозначения служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки.

Указание соответствующих служебных символов для типов строк в зависимости от размещаемого состава информации в графах маршрутной карты следует выполнять в соответствии с таблицей В. 2.

Таблица В.2 - Служебные символы для технологических документов

Служебный символ	Информация, вносимая в графы, расположенные в строке
М	Применяемый основной материал и исходная заготовка, исходные и комплектующие материалы, коды единицы величины, единицы нормирования, количество материала на изделие и нормы расхода
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; код и наименование операции
Б	Код, наименование оборудования, трудозатраты
К	Комплектация изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, кода единицы величины, единицы нормирования, количества материала на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Т	Применяемая при выполнении операции технологическая оснастка
Р	Режимы обработки

Служебный символ М. Строки в маршрутной карте под символами М01 и М02 задают информацию по заготовке (детали): наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись (графа 34) выполняют на уровне одной строки с применением косой черты «/», например:

Лист БОН2,5х1000х2500 ГОСТ 19903-74/Ш1У В ст. 3 ГОСТ 14637-79
Круг В25 ГОСТ 2590-71/45 ГОСТ 1050-74
Сталь 45Х1 ГОСТ 4543-87/Штамповка.

Строка ниже определяет наименование (буквенными кодами) полей для строки М02, в которой последовательно записывают (в клетках под кодами):

код материала (под указанием Код – позиция 27 на рис. В.1), пишется редко, ставится прочерк;

ЕВ – код единиц измерения массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки (для массы, указанной в килограммах, – код 166; в граммах, – 163; в тоннах, – 168); допускается вместо кода указывать единицы измерения величины (позиция 28);

МД – масса детали по конструкторскому документу (позиция 29); например: 0,72 (кг);

ЕН – единица нормирования, на которую установлены норма расхода материала или норма времени (позиция 30); например: 1, 10, 100 (деталей);

$Н_{РАСХ}$ – норма расхода материала; например: 1,26 (кг) на 1 деталь (позиция 31);

КИМ – коэффициент использования материала; например: 0,7 (позиция 32);

код заготовки – код заготовки выбирают по классификатору; допускается указывать вид заготовки: отливка, прокат, штамповка и т. д.; например: 0950018 пр. (позиция 33);

профиль и размеры – обозначение профиля и размеров заготовок; рекомендуется указывать толщину, ширину и длину, сторону квадрата или

диаметр и длину; например: ∅35х3000 (позиция 35); профиль допускается не указывать;

КД – количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки; например: 10 (позиция 36);

МЗ – масса заготовки; например: 12,6 (кг) (позиция 37).

Служебный символ А. Строки в маршрутной карте под символом А (рисунки В. 1 и В.2) задают следующую информацию: номер цеха, в котором выполняется операция (позиция 23), номер участка (позиция 24), номер рабочего места (позиция 25).

Кроме этого, в строках с символом А указывают номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения (позиция 26). Рекомендуемая нумерация операций: 000, 005, 010 и т. д. Далее задают код операции согласно классификатору технологических операций. После кода операции записывают ее наименование (позиция 22). Всю информацию записывают в вертикальных столбцах карты, индексация которых определена в строчке с основной литерой А (позиция А).

Таким образом, информация со служебным символом А построчно будет записана, например, как показано на рисунке В.3.

М02	*Код*		*ЕБ*	*МД*	*ЕН*	*$Н_{расх}$*	*КИМ*	*Код заготовки*
	–		кг	0,72	1	1,26	0,7	0950018 пр.
А	*Цех*	*Уч*	*РМ*	*Опер.*	*Код, наименование операции*			
Б	Код, наименование оборудования							
А 03	*26*	*3*	*12*	*005*	*4821 Ножовочно-отрезная*			*ИОТ*
Б 04	381762. XXXX Ножовочно-отрезной 8R 240							
Т 05	396131 Тиски машинные 7200-0010 ГОСТ 21167–85; 392540 Полотна ножовочные							
06	393311 Штангенциркуль 400–0, 1 ГОСТ 166–89							
А07	*7*	*2*	*10*	*010*	*4269 Фрезерно-центровальная*			*ИОТ*
Б 08	381825. XXXX Фрезерно-центровальный 2Г942							
Т 09	396181 Приспособление универсальное							
10	391855 Фреза торцевая 2214 – XXXX ⌀160 Z10 ВК6М ГОСТ 24359–80 (2 шт.); Оправка 6222-0034 ⌀40 ГОСТ 13785–80 (2 шт.)							
11	Патрон цанговый 6151-XXXX ГОСТ 8522–80 (2 шт.)							
12	391242 Сверло центровочное 2317-XXXX ⌀4 тип 1 Р6М5 ГОСТ 14952–85 (2 шт.);							
А13	*7*	*2*	*10*	*015*	*4110 Токарная черновая*			*ИОТ*
Б 14	381101. XXXX Токарно-винторезный 16К20							
Т 15	392101 Резец пр. 20×20×150 2102-XXXX ВК6 ГОСТ 21151–85; 393120 Калибр – скоба 30h14 8118-XXXX ГОСТ 2216–84							

Рисунок В. 3 – Фрагмент маршрутной карты с записями по служебному адресу А

Следует добавить, что в строках с символом А указывают обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например: ИОТ – инструкция по охране труда. В таблице В.3 выборочно приведены коды

основных операций механической обработки и коды сопутствующего им оборудования. При наличии операции, выполняемой на станке с ПУ, к коду операции добавляют код 4103 или указывают соответствующий код, например: 4233 Токарная с ЧПУ (табл. В.3).

Служебный символ Б. В строке с символом Б прежде всего записывают код и наименование оборудования, применяемого при выполнении заданной операции. Код включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки. Выборочно коды оборудования указаны в таблице В.3. Низшую группировку в МК иногда условно указывают знаком XXXX.

Далее в строке с символом Б указывают информацию, связанную с трудозатратами и условиями работ (рисунки В.1 и В.2). В контрольной работе данную информацию можно не указывать.

Служебный символ Т. При заполнении информации в строках, имеющих служебный символ Т, следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначения) и наименование технологической оснастки (таблица В.4).

В строках с символом Т информацию о применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

1 – приспособления;
2 – вспомогательный инструмент;
3 – режущий инструмент;
4 – слесарномонтажный инструмент;
5 – специальный инструмент;
6 – средства измерения.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак точку с запятой. Перед наименованием каждого элемента технологической оснастки указывают его код согласно классификаторам. Например, полная запись технологической оснастки (в строке с индексом Т) может быть такой:

396131 Тиски машинные 72000010 ГОСТ 21167-85; 391855 Фреза торцевая 2214XXXX 0160 210 ВК6М ГОСТ 2435-98; Оправка 62220034 040 ГОСТ 13785-80 (2 шт.).

В контрольной работе допускается упрощенная запись оснастки.

Служебный символ О. При заполнении информации в строках, имеющих служебный символ О, следует руководствоваться правилами записи операций и переходов. Фрагмент маршрутной карты, в которой отражены технологические переходы, представлен на рисунке В.4. От приведенного выше он отличается тем, что за строками с символом Т следуют строки с символом О, в которых последовательно, со своей нумерацией указаны переходы операции.

Служебный символ Р. При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ Р, следует руководствоваться правилами записи режимов резания при записи операций и переходов.

Таблица В.3 – Коды некоторых операций

Операция	Код операции	Код оборудования
1	2	3
Операции общего назначения		
Разметка	0101	
Нагревание	0103	
Раскрой	0104	
Охлаждение	0105	
Слесарная	0108	
Зачистка	0109	
Смазывание	0114	
Ориентация	0119	
Промывка	0125	
Очистка В том числе: гидроструйная дробеметная ультразвуковая химическая	0130 0132 0134 0135 0143	
Сушка	0170	
Маркирование	0180	
Технический контроль		
Контроль линейных размеров В том числе: между плоскими поверхностями между осями поверхностей	0220 0221 0223	
Контроль расположения поверхностей В том числе: параллельности перпендикулярности соосности симметричности	0230 0231 0232 0235 0236	
Контроль формы поверхности В том числе: прямолинейности цилиндричности круглости	0240 0242 0245 0246	
Контроль формы и расположения поверхностей радиального биения торцевого биения	0250 0251 0252	
Контроль резьбовых деталей	0261	
Контроль шлицевых деталей	0265	
Контроль шероховатости поверхности	0266	
Контроль зубчатых деталей	0270	
Контроль механических величин (плотности, массы, давления и др.)	0310	
Операции обработки резанием		
Долбежная	4175	381718
Зубодолбежная	4152	381571
Зубопротяжная	4155	
Зубострогальная	4154	381520
Зубофрезерная	4153	381572
Зубошевинговальная	4157	381574
Зубошлифовальная	4151	381561
Шлицестрогальная	4166	
Шлицефрезерная	4165	
Полировальная	4196	
Хонинговальная	4192	
Абразивноотрезная	4287	
Расточная с ЧПУ	4231	
Сверлильная с ЧПУ	4232	
Токарная с ЧПУ	4233	
Фрезерная с ЧПУ	4234	
Шлифовальная с ЧПУ	4236	
Вертикально-протяжная; станки: для внутреннего протягивания для наружного протягивания	4182	 381753 381754
Горизонтально-протяжная	4181	381751
Алмазно-расточная	4224	38126Х
Вертикально-расточная	4222	381262
Горизонтально-расточная	4221	381261
Координатно-расточная	4223	381263
Вертикально-сверлильная	4121	381213
Горизонтально-сверлильная	4122	381829
Радиально-сверлильная	4123	381217
Поперечно-строгальная	4172	
Продольно-строгальная	4171	381713
Лоботокарная	4115	
Резьботокарная	4122	
Токарно-винторезная	4110	381101
Токарно-карусельная	4113	381143

Токарно-копировальная	4117	
Токарно-револьверная; станки: с вертикальной осью с горизонтальной осью	4111	 381131 381133
Вертикально-фрезерная; станки: консольные с крестовым столом специальные	4261	 381611 381612 381861
Горизонтально-фрезерная; станки: консольные универсальные широкоуниверс.	4262	 381621 381631 381632
Карусельно-фрезерная	4264	
Копировально-фрезерная	4267	
Продольно-фрезерная; станки: дностоечные двухстоечные	4263	 381661 381667
Резьбофрезерная	4271	381623
Фрезерно-центровальная	4269	381825
Шпоночно-фрезерная	4274	
Бесцентрово-шлифовальная	4134	381314
Внутришлифовальная	4132	381312
Круглошлифовальная	4131	381311
Плоскошлифовальная	4133	381313
Резьбошлифовальная	4135	381316
Торцешлифовальная	4145	
Центрошлифовальная	4143	
Шлицешлифовальная	4141	
Испытания		
Испытания механические при статической нагрузке В том числе: при растяжении при изгибе при сжатии на твердость, микротвердость	0620 0621 0622 0626 0627	
Испытания механические при динамической нагрузке В том числе: на ударную вязкость на прочность	 0640 0641 0642	
Испытания на герметичность В том числе: пневматические гидравлические	0675 0676 0677	
Обработка давлением		
Разделительная		
Отрезка	2101	
Пробивка	2105	
Проколка	2106	
Отрубка	2107	
Вырубка	2109	
Формообразующая		
Осадка	2121	
Протяжка	2123	
Радиальное обжатие	2125	
Прошивка	2127	
Раскатка	2128	
Вытяжка	2135	
Обжим	2141	
Редуцирование	2155	
Правка	2156	
Ковка	2160	
Штамповка	2170	
Штамповка объемная	2171	
Термическая		
Отжиг	5010	
Закалка	5030	
Отпуск В том числе: высокий средний низкий	5050 5051 5052 5053	
Сборка		
Базирование	8801	
Стопорение	8821	
Штифтование	8822	
Запрессовывание	8823	
Свинчивание	8831	
Клёпка	8841	
Развальцовка	8842	
Склеивание	8846	
Центрирование	8849	
Шплинтование	8851	
Распрессование	8852	
Монтаж	8858	
Разборка	8861	
Слесарно-сборочная	8864	
Приклеивание	8866	

Таблица В.4. – Указатель кодов на режущий инструмент, измерительные средства и технологическую оснастку (выборочно)

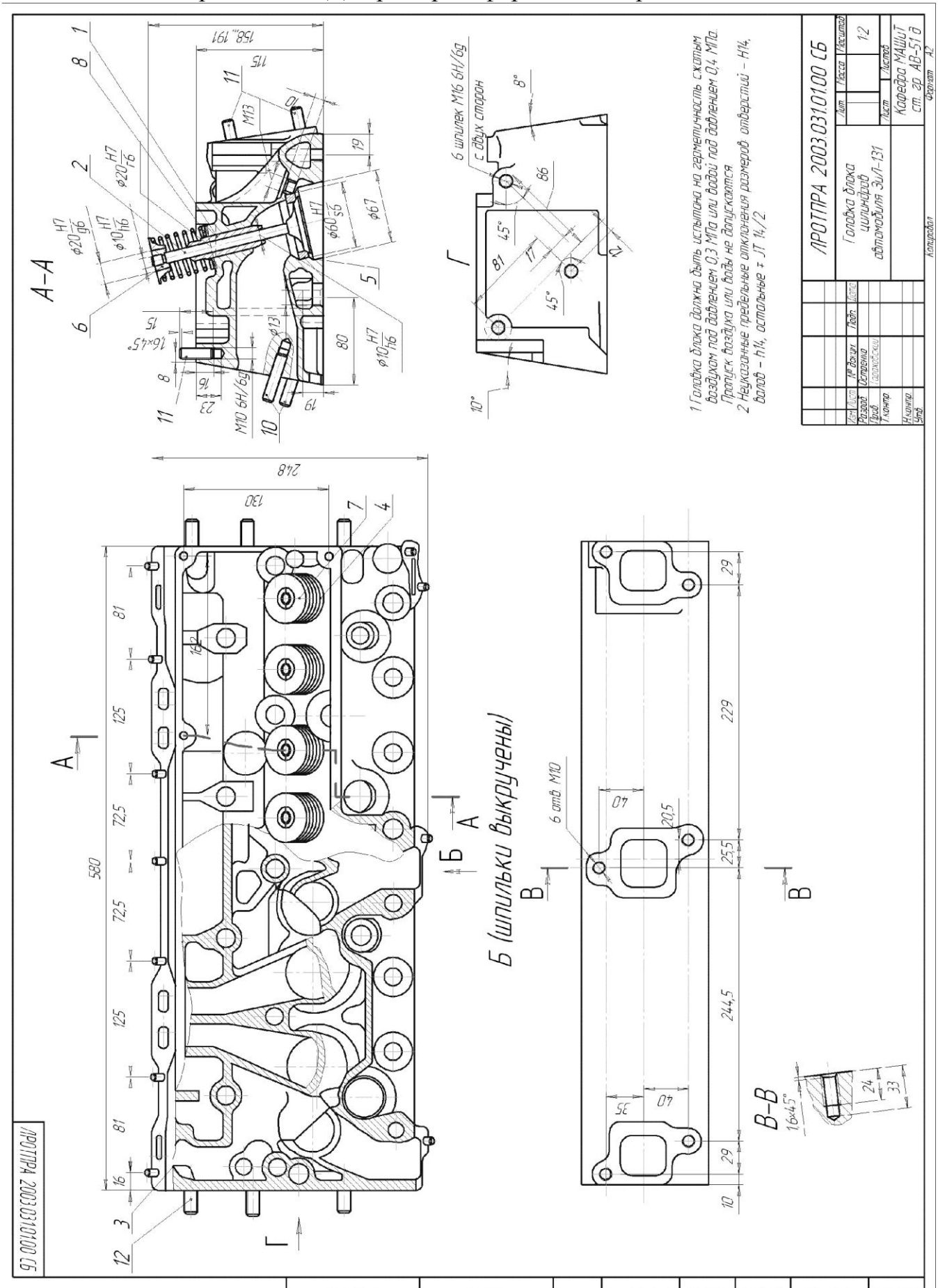
Оснастка	Код
1	2
Сверла спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком быстрорежущие	391210
Сверла спиральные общего назначения с коническим хвостовиком быстрорежущие	391267
Сверла твердосплавные	391303
Сверла для станков с ЧПУ и автоматических линий	391290
Метчики из углеродистой стали ручные	391310
Метчики быстрорежущие машинно-ручные	391330
Метчики твердосплавные	391350
Метчики для станков с ЧПУ	391391
Плашки резьбонарезные круглые	391510
Зенкеры быстрорежущие	391610
Зенкеры твердосплавные	391620
Зенкеры конические	391630
Зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ	391690
Развертки ручные	391710
Развертки машинные быстрорежущие	391720
Развертки машинные твердосплавные	391740
Развертки для станков с ЧПУ	391790
Фрезы твердосплавные	391801
Фрезы быстрорежущие	391802
Фрезы зуборезные и резьбовые	391810
Фрезы концевые	391820
Фрезы насадные	391830
Фрезы для станков с ЧПУ	391890
Резцы твердосплавные	392101
Резцы с механическим креплением пластин	392104
Резцы быстрорежущие	392110
Резцы для станков с ЧПУ	392190
Пилы круглые сегментные	392210
Протяжки	392302
Долбяки зуборезные	392410
Шеверы дисковые	392430
Головки зуборезные для конических колес	392460
Гребенки зуборезные	392480
Головки, плашки, ролики резьбонакатные	392500
Головки резьбонарезные	392514
Полотна ножовочные ручные и машинные	392540
Напильники и борфрезы	392900
Калибры гладкие и скобы	393120
Калибры для конусов Морзе	393131
Калибры для метрической резьбы (пробки, кольца)	393140
Меры длины концевые плоскопараллельные	393200
Штангенциркули	393311
Штангенрейсмусы	393320

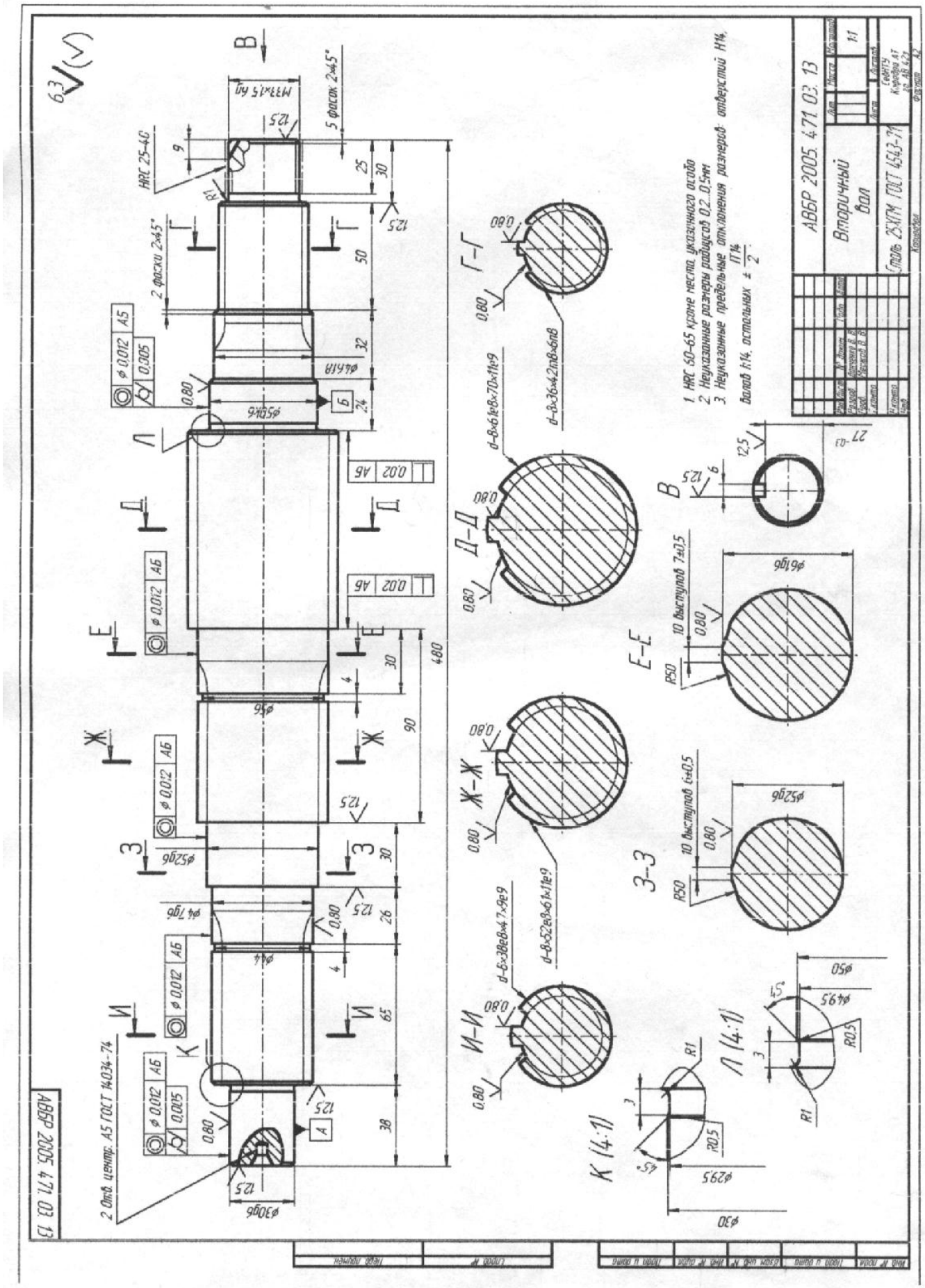
Оснастка	Код
Микрометры гладкие	393410
Микрометры резьбовые	393420
Глубиномеры микрометрические	393440
Нутромеры микрометрические	393450
Линейки лекальные	393510
Плиты проверочные и разметочные	393550
Индикаторы рычажнопружинные	394130
Приборы измерительные универсальные	394300
Приборы активного контроля	394630
Приборы для измерения режущего инструмента	394920
Инструмент алмазный шлифовальный на органической связке	397110
Инструмент алмазный шлифовальный на металлической связке	397120
Инструмент алмазный шлифовальный на керамической связке	397130
Инструмент абразивный из электрокорунда	398110
Инструмент абразивный из карбида кремния	398150
Патроны токарные	396110
Тиски машинные	396131
Головки делительные универсальные	396141
Столы поворотные	396151
Плиты магнитные	396161
Приспособления универсальные сборные переналаживаемые	396181
Ключи гаечные, торцовочные, трубные, специальные	392650
Центры вращающиеся	392841
Тиски слесарные верстачные	392871

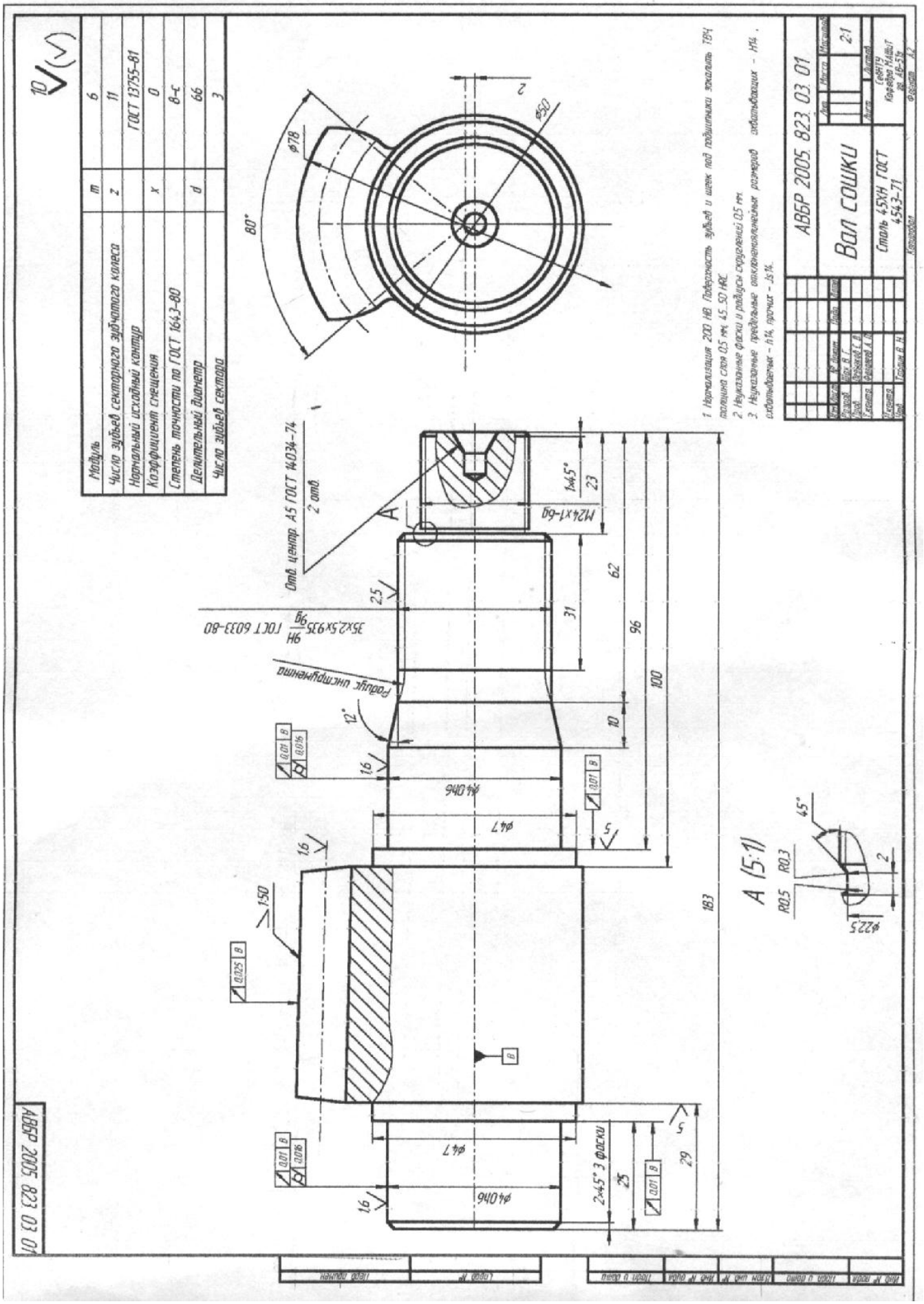
	Код		*ЕБ*	*МД*	*ЕН*	*Нрас*	*КИМ*	*Код заготовки*
М02	–		кг	0,72	1	1,26	0,7	0950018 пр.
А	*Цех*	*Уч*	*РМ*	*Опер.*	*Код, наименование операции*			
Б	Код, наименование оборудования							СМ
А 03	**26**	**3**	**12**	**005**	**4281 Ножовочно-отрезная**			**ИОТ**
Б 04	381762. XXXX Ножовочно-отрезной 8R 240							
Т 05	396131 Тиски машинные 7200-0010 ГОСТ 21167–85; 392540 Полотна ножовочные							
06	393311 Штангенциркуль 400 – 0,1 ГОСТ 166–89							
А 07	**7**	**2**	**10**	**010**	**4270 Фрезерно-центровальная**			**ИОТ**
Б 08	381825. XXXX Фрезерно-центровальный 2Г942							
Т 09	396181 Приспособление универсальное;							
10	391855 Фреза торцевая 2214 – XXXX ⌀160 Z10 ВК6М ГОСТ 24359–80 (2 шт); оправка 6222-0034 ⌀40 ГОСТ 13785–80 (2 шт)							
11	Патрон цанговый 6151-XXXX ГОСТ 8522–80 (2 шт.)							
12	391242 Сверло центровочное 2317-XXXX ⌀4 тип 1 Р6М5 ГОСТ 14952–85–2							
О13	***1. Установить и закрепить заготовку в приспособлении.***							
14	***2. Фрезеровать торцы в размер 295 ± 0,5 и центровать с двух сторон одновременно.***							
15	***3. Снять деталь.***							
А 16	**7**	**2**	**10**	**015**	**4111 Токарная черновая**			**ИОТ**
Б 17	381101. XXXX Токарно-винторезный 16К20							
Т 18	392841 Центр вращающийся ГОСТ 8742–75; 392840 Центр упорный 7032-XXXX ГОСТ 13214–79; 396110 Патрон поводковый 7108-XXXX ГОСТ 2571–71; 392101 Резец пр. 20×20×150 2102-XXXX ВК6 ГОСТ 21151–85; 393120 Калибр-скоба 30 – 0,1 8118-XXXX ГОСТ 2216–84; 393120 Калибр-скоба 25 – 0,1 8118-XXXX ГОСТ 2216–84, 393311 Штангенциркуль 400 – 0,1 ГОСТ 166–89							
О19	***1. Установить и закрепить заготовку в центрах, закрепить патрон.***							
20	***2. Точить ⌀30 – 0,1, выдерживая размер 250 + 0,5.***							
21	***3. Точить ⌀25 – 0,1, выдерживая размер 100 + 0,5.***							
22	***4. Снять фаску 2 × 45.***							
23	***5. Снять деталь.***							
А 24	**37**	**1**	**2**	**020**	**5030 Термическая**			**ИОТ**
Б 25	Электропечь; закалочная ванна; отпускная печь и ванна							
Т 26	.....							

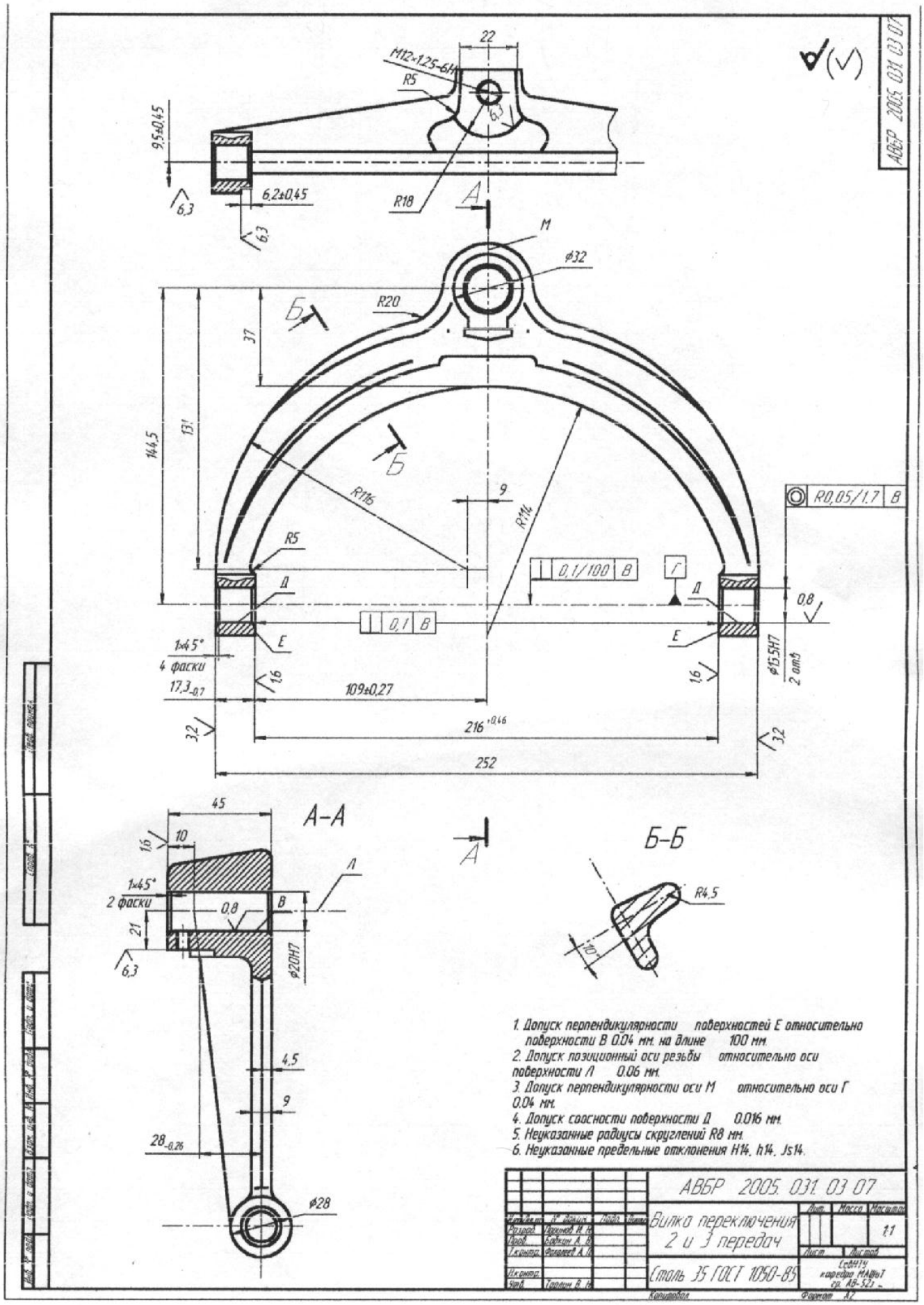
Рисунок В.4 – Фрагмент маршрутной карты с записями по служебному символу О

Приложение Д. Примеры оформления чертежей




АВБР 2005. 471 03. 13
Вторичный вал
Сталь 2Х1М ГОСТ 4543-71
1. НRC 60-65 кроме мест, указанного особо
2. Неуказанные размеры радиусов 0,2...0,5мм
3. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных ±IT14/2
2 Отв. центр. А5 ГОСТ 14034-74
Г-Г
Д-Д
Ж-Ж
И-И
Е-Е
3-3
К (4:1)
Л (4:1)
В


Модуль m 6
Число зубьев секторного зубчатого колеса z 11
Нормальный исходный контур ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения x 0
Степень точности по ГОСТ 1643-80 8-с
Делительный диаметр d 66
Число зубьев сектора 3
1 Нормализация 200 НВ. Поверхность зубьев и шеек под подшипники закалить ТВЧ глубиной слоя 0,5 мм, 45...50 HRC
2 Неуказанные фаски и радиусы скруглений 0,5 мм
3 Неуказанные предельные отклонения размеров: охватывающих - H14, охватываемых - h14, прочих - ±IT/2
АВБР 2005.823.03.01
Вал сошки
Сталь 45ХН ГОСТ 4543-71
Отв. центр. А5 ГОСТ 14034-74
2 отв
M24x1-6g
1x45°
23
62
31
96
100
10
183
2,5
16
12°
Радиус шлифования
35x2,5x9H/9g ГОСТ 6033-80
ø40h6
ø47
150
2x45° 3 фаски
25
29
5
0,07 B
0,016
0,025 B
A (5:1)
R0,5
R0,3
45°
2
ø225



1. Допуск перпендикулярности поверхностей Е относительно поверхности В 0,04 мм на длине 100 мм.
2. Допуск позиционный оси резьбы относительно оси поверхности Л 0,06 мм.
3. Допуск перпендикулярности оси М относительно оси Г 0,04 мм.
4. Допуск соосности поверхности Д 0,016 мм.
5. Неуказанные радиусы скруглений R8 мм.
6. Неуказанные предельные отклонения H14, h14, Js14.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АВБР 2005. 031. 03 07
Разраб.	Пархимец И. Н.				Вилка переключения 2 и 3 передач
Пров.	Бобрин А. Н.				
Т.контр.	Филатов А. Л.				
Н.контр.					Сталь 35 ГОСТ 1050-85
Утв.	Тарапин Б. Н.				

Лит. | Масса | Масштаб 1:1
Лист | Листов
Копировал | Формат А2

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабук В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие/ В.В. Бабук, В.А. Шкред, Г.П. Кривко, А.И. Медведев. – Мн.: Выш. шк., 1987. – 255 с.:ил.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. – 565с.: ил.

3. Зенкин А.С. Допуски и посадки в машиностроении : Справочник/ А.С. Зенин, И.В. Петко. – К. Техника, 1984. -311 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.: ил.

5. Панов А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога./А.А. Панов, В.В. Аникин; Под общ. ред. А.А.Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 450 с.

6. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник./ В.И.Баранчиков, А.В.Жариков, Н.Д.Юдина и др.; Под общ.ред. В.И.Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 210 с.

Заказ №_____от «___»_____200_____. Тираж_____экз.
Изд-во СевНТУ