

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 20.07.2023 15:27:48
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f584c442a3c8e99d

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «**Основы технологии производства и ремонта автомобилей**»
для студентов направления подготовки

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Пятигорск, 2023

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C00000043E9AB8B952205E7BA5000600000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТЧЁТА.....	5
Лабораторная работа № 1.....	8
Лабораторная работа № 2.....	28
Лабораторная работа № 3.....	47
Лабораторная работа № 4.....	58
Лабораторная работа № 5.....	80
Лабораторная работа № 6.....	98
Лабораторная работа № 7.....	109
Лабораторная работа № 8.....	132
Лабораторная работа № 9.....	155

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Основы технологии производства и ремонта автомобилей» занимает особое место в процессе формирования специалистов в области автомобильного транспорта. Для ряда последующих предметов, входящих в учебный план подготовки бакалавров по направлению 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», данная дисциплина является одной из базовых. Поэтому глубокие знания, полученные в процессе освоения данной дисциплины, напрямую связаны с высоким качеством подготовки специалистов-транспортников.

Настоящее методическое пособие предназначено для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Основы технологии производства и ремонта автомобилей», являющихся основой получения практических и закрепления теоретических знаний.

Лабораторные занятия по дисциплине «Основы технологии производства и ремонта автомобилей» проводятся с целью привития студентам твёрдых знаний по конструкции механизмов и систем двигателей внутреннего сгорания.

В пособии приведены 9 лабораторных работ, для каждой из которых отмечены цель, содержание, последовательность выполнения и приложение, в котором даются все необходимые материалы для написания отчёта.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТЧЁТА.

На первом занятии, студентам сообщают содержание и цели лабораторных занятий по дисциплине, проводят инструктаж по технике безопасности в лаборатории, знакомят с документацией и организацией рабочих мест, графиком выполнения работ.

Прежде чем приступить к выполнению работы, студент должен изучить ее содержание по данному учебному пособию, после чего преподаватель путем опроса проверяет готовность студентов к работе.

Предварительной подготовкой к лабораторным занятиям студенты занимаются дома. При домашней подготовке необходимо изучить содержание занятия по учебному пособию и повторить теоретический материал. При незнании теоретических выкладок студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

После выполнения лабораторной работы студенты предъявляют преподавателю отчет, оформленный в соответствии с данным пособием. После защиты результатов работы и оценки ее качества преподавателем студенты допускаются к следующей работе.

Отчет по лабораторным работам выполняется на писчей бумаге стандартного формата А4 (297 х 210). Все листы сшиваются в папке скоросшивателем или переплетаются. Допускается выполнение отчета по лабораторным работам в общей тетради.

Содержание отчета следует иллюстрировать таблицами, схемами, рисунками и т.д. Графическому материалу по тексту необходимо давать пояснение в виде ссылок на рисунки и схемы, а внизу под графическим материалом обязательно выполнять подрисуночную надпись.

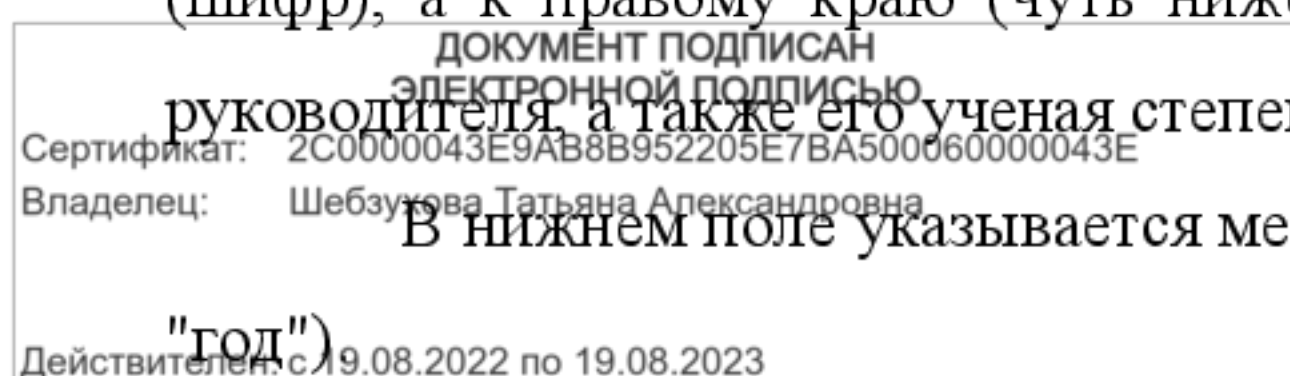
В тексте отчета не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых.

В отчете используется сплошная нумерация страниц. На титульном листе номер страницы не проставляется.

Титульный лист является первой страницей отчета и заполняется по определенным правилам. В верхнем поле указывается полное наименование учебного заведения и кафедры, по которой выполняются работы.

В среднем поле пишется: "Отчет по лабораторной работе по дисциплине..." Далее ближе к левому краю указываются фамилия, имя и отчество студента, курс, группа (шифр), а к правому краю (чуть ниже) указываются фамилия, имя, отчество научного руководителя, а также его ученая степень и ученое звание.

В нижнем поле указывается место выполнения работ и год выполнения (без слова



Титульный лист оформляется печатным шрифтом (или набранным на компьютере). В случае выполнения отчета в тетради титульный лист оформляется печатным шрифтом от руки.

После титульного листа помещается содержание (оглавление), где приводятся все заголовки работы и указываются страницы, на которых они помещены. Необходимо помнить, что все заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом, а заголовки последующей ступени смещают на три — пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени.

После каждой лабораторной работы помещается список использованных источников.

Различного рода вспомогательные или дополнительные материалы помещают в приложении.

Схемы, рисунки, графики необходимо выполнять карандашом, черной пастой или тушью на листах писчей, чертежной или миллиметровой бумаги, которые вкладываются в отчёт. При необходимости можно использовать листы нестандартного формата.

Лабораторная работа № 1

Цель занятия – изучить техническую систему автомобиля

Содержание занятия:

- 1) Функциональное, конструктивное и техническое деление автомобиля
- 2) **Деталь — элементарная составная часть автомобиля**
- 3) **Материалы, применяемые в автомобилестроении**
- 4) **Характеристика видов соединения деталей в автомобилях**

Контрольные вопросы

- 1) Каково функциональное, конструктивное и техническое деление автомобиля?
- 2) Назовите виды изделий автомобильной промышленности.
- 3) Назовите принципы типизации деталей на классы.
- 4) Какие металлы и их сплавы применяют при изготовлении деталей?
- 5) Какие полимерные материалы используют при производстве автомобилей?
- 6) Каково назначение лакокрасочных покрытий при производстве автомобилей?
- 7) Назовите виды лакокрасочных материалов и их назначение.
- 8) Охарактеризуйте виды соединений деталей в автомобилях.
- 9) Назовите особенности сборки резьбовых соединений.
- 10) Назовите особенности сборки соединений с натягом.

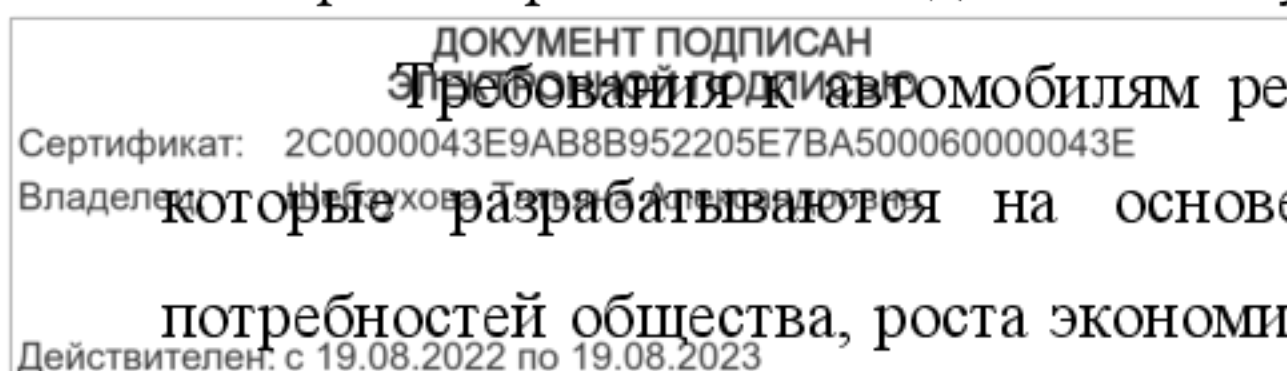
АВТОМОБИЛЬ КАК СЛОЖНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

1.1. Функциональное, конструктивное и техническое деление автомобиля

Автомобили, как любые машины, предназначены для удовлетворения определенных потребностей общества, что и определяет их назначение. Для того чтобы автомобили соответствовали своему назначению, необходимо еще до их производства четко сформулировать задачу, для решения которой они предназначены, и уточнить требования, которым они должны удовлетворять.

Свойства автомобиля проявляются при выполнении им полезной работы в соответствии с его назначением при воздействии всей совокупности факторов, а также в других состояниях, когда автомобиль находится в техническом обслуживании, ремонте или просто хранится в ожидании эксплуатации.

Требования к автомобилям регламентируются соответствующими стандартами, которые разрабатываются на основе изучения опыта их эксплуатации с учетом потребностей общества, роста экономики страны, моды и дизайна конструкций, техноло-



гичности и др. Очевидно, что требования к автомобилям весьма разноплановы, а материализация их в процессе проектирования и производства позволяет формировать свойства автомобилей, которые обеспечивают в эксплуатации заданную степень удовлетворения потребностей общества в них.

Для качественного выполнения автомобилем своих функций его потребительские свойства подразделяют на группы свойств, обеспечивающих движение автомобиля, безопасность, вместимость и приспособленность к погрузке и разгрузке, технологичность изготовления, производительность, экономичность, надежность, дизайн, эргономику, патентно-правовую защиту самого автомобиля и его элементов, экономическую эффективность изготовления, обслуживания и ремонта автомобилей, а также свойства, обеспеченные стандартизацией. Разделение потребительских свойств на группы условное, так как они находятся в сложных и часто противоречивых зависимостях. Кроме того, при анализе какого-либо конкретного свойства всегда возникает необходимость его разложения на элементарные составляющие.

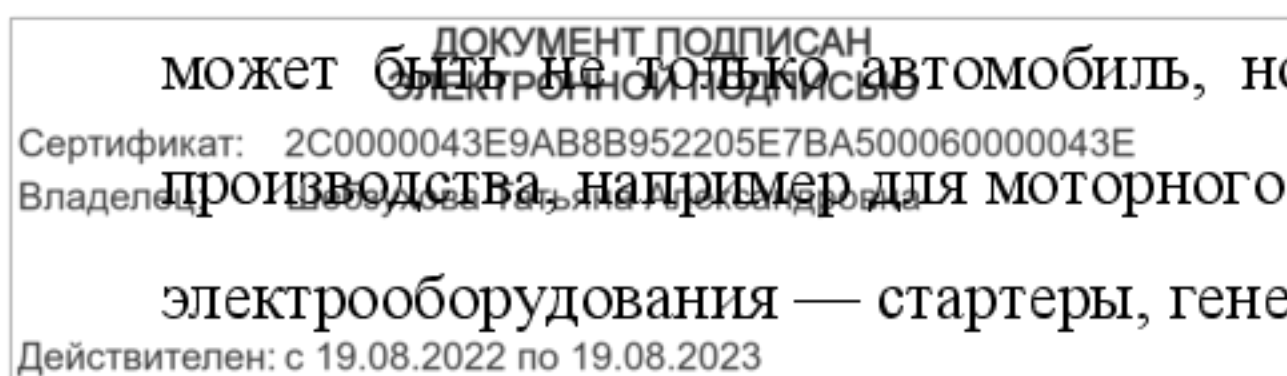
Продуктом автомобильной промышленности являются изделия требуемого функционального назначения, современного конструктивного исполнения и определенного уровня технологичности.

Функциональная завершенность изделия по назначению заключается в том, что каждая его составляющая должна представлять собой функционально завершенное изделие, для которого характерно выполнение заданных функций и способность выполнять эти функции отдельно от изделия в целом. Например, двигатель выполняет функцию преобразования одного вида энергии в другой, а редуктор — крутящего момента.

Конструктивная завершенность изделия учитывает конструктивные признаки и особенности функционирования элементов и систем изделия. Например, двигатели с рядным и V-образным расположением цилиндров; двигатели с жидкостной и воздушной системами охлаждения; двигатели бензиновые или дизели.

Технологическая завершенность части изделия состоит в самостоятельности технологических операций ее разработки, изготовления, монтажа, испытаний и ремонта. Например, для двигателя и редуктора — возможность независимой сборки, регулировки, обкатки и т.п.

Единицей промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах, является изделие. В автомобильном производстве изделием может быть не только автомобиль, но и отдельная его часть. Это зависит от объекта производства, например для моторного завода — двигатели, для производства по выпуску электрооборудования — стартеры, генераторы и др.



Под видами изделий понимают детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например блок цилиндров, коленчатый вал и т. п.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (сваркой, клепкой, склеиванием, резьбовыми соединениями и т.п.), например стартер, карбюратор, кузов автомобиля и др.

Комплекс — два и более специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Каждое из этих специфицированных изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса, например автомобильный кран, специальная коммунальная машина и т. п.

Комплект — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплект инструмента, комплект запасных частей и т. п.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей бывают неспецифицированные, т. е. не имеющие составных частей (детали), и специфицированные, состоящие из двух и более составных частей (сборочные единицы, комплексы, комплекты).

Специфицированные изделия автомобильной промышленности в зависимости от числа деталей, входящих в сборочную единицу, функционального назначения конструкции и других признаков подразделяются на узлы, системы, устройства, механизмы, агрегаты, приборы, аппаратуру и др.

Узел — сборочная единица, которая может собираться отдельно от других составных частей или изделия в целом и выполнять определенную функцию в изделии. Узел может состоять из двух и более сборочных единиц, например головка блока цилиндров с седлами клапанов в сборе, шатун в сборе и др.

Различают конструкционные и технологические узлы. Конструкционные узлы — это составные части изделия, которые условно выделены по функциональным признакам независимо от возможности самостоятельного их изготовления. Технологические узлы — это составные части изделия, которые собираются независимо друг от друга. Узлы, соединенные вместе, образуют системы.

Система — это совокупность правильно расположенных и взаимосвязанных между собой частей, выполняющих в изделии общую функцию. В зависимости от назначения различают пневматические, гидравлические, электрические и комбинированные системы. Частями системы могут быть устройства и механизмы.

Устройством называется совокупность частей, представляющая собой единую конструкцию и служащая для организации какого-либо процесса.

Механизмом называется часть системы, предназначенная для передачи и преобразования движений и скоростей. Его применяют тогда, когда требуемое движение получить непосредственно нельзя и возникает необходимость преобразования движения.

Если в преобразовании движения кроме деталей участвуют жидкости или газы, то механизм называется гидравлическим или пневматическим.

Агрегат — это сборочная единица, обладающая полной взаимозаменяемостью, возможностью сборки независимо от других составных частей или изделия в целом. Агрегат представляет собой составную часть изделия, непосредственно входящую в него, он предназначен для поддержания изделия в работоспособном состоянии. Агрегаты являются укрупненными унифицированными узлами изделия. Например, двигатель, коробка передач по отношению к автомобилю.

Прибор — изделие, имеющее самостоятельное конструктивное и эксплуатационное назначение, предназначенное для диагностирования составных частей изделия, как при работе, так и при ремонте.

Аппаратурой называют совокупность объединенных вместе агрегатов или других составных частей изделия, предназначенных для выполнения определенной работы, изменяющейся по требуемому закону. Например, контрольно-измерительная аппаратура представляет собой совокупность приборов для проведения измерений.

1.2. Деталь — элементарная составная часть автомобиля

Деталь в автомобиле является его элементарной составной частью и в конструктивном плане неделима. Некоторые детали в целях улучшения их свойств подвергают хромированию, оксидированию, пассивированию, окрашиванию для защиты от коррозии и улучшения декоративных свойств, а также термической обработке — для повышения физико-механических свойств рабочих поверхностей.

Детали автомобиля подразделяются на базовые и основные (табл. 1.1).

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Базовые и основные детали, входящие в состав агрегатов

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Таблица 1.1

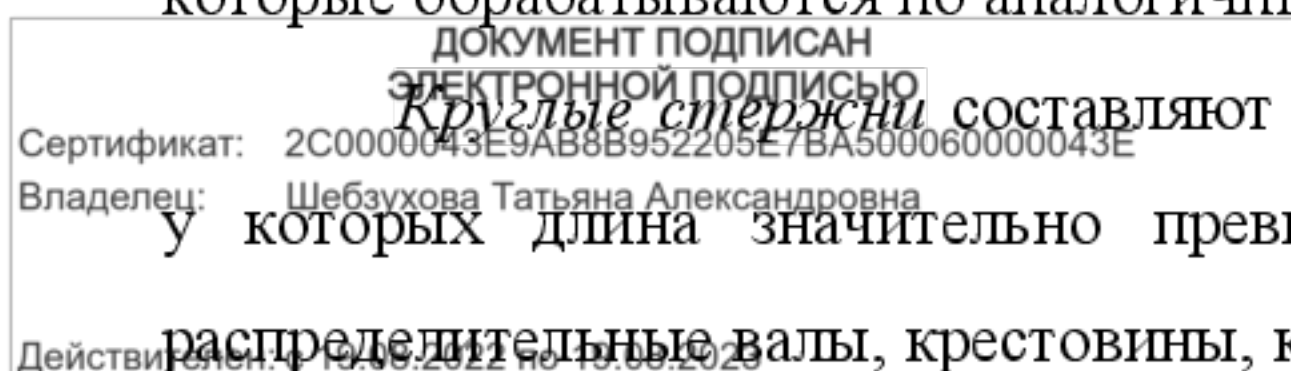
Базовые и основные детали, входящие в состав агрегатов

Агрегат	Базовая деталь	Основная деталь
Двигатель с картером сцепления в сборе	Блок цилиндров	Головка блока цилиндров, коленчатый и распределительный валы, маховик, картер сцепления
Агрегат	Базовая деталь	Основная деталь
Коробка передач	Картер коробки передач	Верхняя крышка картера, удлинитель, валы
Гидромеханическая передача	Картер механического редуктора	Корпус двойного фрикциона, валы, турбинное и насосное колеса, реактор
Задний мост	Картер	Кожух полуоси, картер редуктора, стакан подшипников, чашки дифференциала, ступица колеса, тормозной барабан или диск, водило колесного редуктора
Передняя ось	Балка или поперечина при независимой подвеске	Поворотная цапфа, ступица, шкворень, тормозной барабан или диск
Рулевое управление	Картер рулевого механизма, картер золотника гидроусилителя, корпус насоса гидроусилителя	Вал сошки, червяк, рейка-поршень, винт шариковой гайки, крышка корпуса насоса гидроусилителя, статор и ротор насоса гидроусилителя
Кузов или кабина автомобиля	Каркас кузова или кабины	Дверь, крыло, облицовка радиатора, капот, крышка багажника
Рама	Лонжероны	Поперечины, кронштейны рессор

Для повышения технологичности при производстве и ремонте деталей осуществляется типизация деталей. Типизация деталей на классы производится исходя из конфигурации, размеров, материала, требуемой точности и качества обработки, общности технологических процессов их обработки. В основе классификации деталей, предложенной проф. Ф. М. Демьянюком, лежит разбивка деталей машин на шесть классов: корпусные (класс 1), круглые стержни (класс 2), полые цилиндры (класс 3), диски (класс 4), некруглые стержни (класс 5) и крепежные (класс 6).

К *корпусным деталям* относятся блок цилиндров, картеры, крышки, кронштейны, которые обрабатываются по аналогичным технологическим процессам.

Круглые стержни составляют класс деталей, имеющих цилиндрическую форму, у которых длина значительно превышает диаметр (обычные валы, коленчатые и распределительные валы, крестовины, клапаны и т.п.).



Полые цилиндры объединяют детали, близкие по форме к полному цилиндру с соотношением между наружным диаметром D цилиндра и его высотой $h = (0,5 \dots 2,4)D$, а также детали вращения со сложной наружной или внутренней формой (барабаны, поршни, ступицы колес, чашки сателлитов дифференциала и т.п.).

Диски включают в себя детали вращения, у которых высота h меньше половины наружного диаметра D , т. е. $h < 0,5D$. Детали этого класса подразделяются на четыре типа: простые (шкивы, маховики, тормозные барабаны, фланцы); цилиндрические и конические зубчатые колеса; кольца подшипников; поршневые кольца.

Некруглые стержни объединяют детали, особенность конструкции которых состоит в том, что их поперечное сечение имеет некруглую форму, а длина детали превышает ширину и высоту поперечного сечения более чем в два раза. Например, лонжероны кузова, поперечины рам, балки мостов, шатуны, рычаги, тормозные колодки, коллекторы и т.п.

К *крепежным деталям* относятся мелкие детали, разнообразные по конструкции (болты, гайки, шпильки, винты, шпонки и т.п.), которые характеризуются массой менее 0,8 кг, наружным диаметром менее 50 мм и длиной менее 150 мм.

1.3. Материалы, применяемые в автомобилестроении

Конструкция автомобиля состоит из большого числа узлов и деталей, изготавливаемых из различных материалов. Для производства автомобилей используются различные материалы: металлы и их сплавы; пластмассы, стекло, герметики и клеи; лакокрасочные материалы.

Металлы и их сплавы. Несмотря на разные условия работы деталей, для обеспечения им заданной надежности материалы, из которых они изготовлены, должны отвечать следующим требованиям: высокая усталостная прочность, высокие противокоррозионные свойства, сочетание прочностных качеств детали с необходимыми пластическими свойствами для достижения заданной формы.

Автомобильные детали изготавливают из конструкционных сталей, чугунов и цветных сплавов.

Конструкционные стали общего назначения, содержащие до 0,8 % углерода, выпускаются обыкновенного качества и качественные.

Стали обыкновенного качества выпускают следующих марок: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Стали обыкновенного качества бывают кипящие (кп), полуспокойные (пс), спокойные (сп). Например, марки кипящей стали: 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп; полуспокойной: 08пс, 10пс, 15пс, 20пс; спокойной: 15сп, 20сп, ..., 60сп.

Качественные стали отличаются от сталей обыкновенного качества более точным химическим составом, а также пониженным содержанием вредных примесей (серы не более 0,04 %, фосфора не более 0,035 %) и неметаллических включений. Их маркируют цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Конструкционные легированные стали применяют для изготовления ответственных нагруженных деталей.

Чугуны, разнообразные по химическому составу и структуре, имеющие различные механические свойства, широко используют для изготовления деталей.

Чугуны с пластинчатым графитом обозначаются буквами СЧ (серые чугуны), с шаровидным графитом — ВЧ (высокопрочные чугуны) и КЧ (ковкие чугуны). Цифры после обозначения марки чугунов с пластинчатым и шаровидным графитом указывают среднее временное сопротивление при растяжении σ_B . У ковких чугунов первые две цифры указывают временное сопротивление при растяжении σ_B , вторые — относительное удлинение σ .

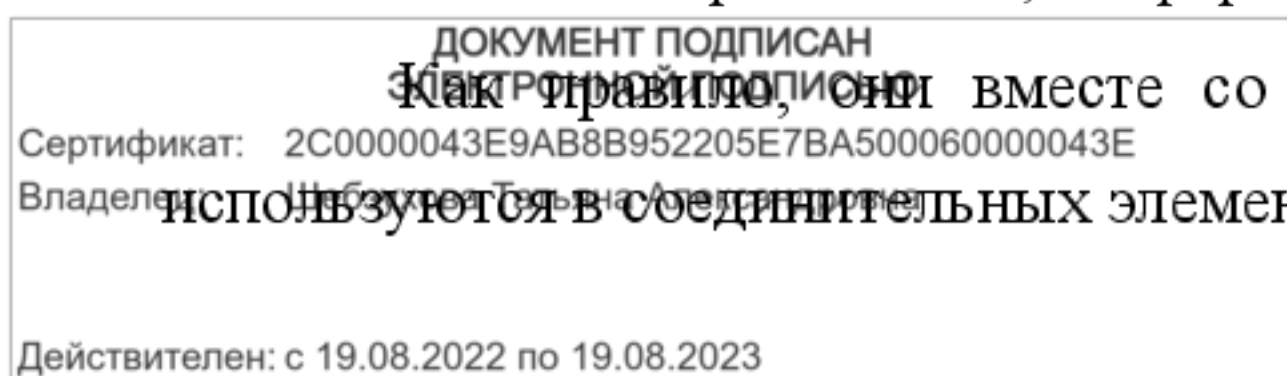
Алюминиевые сплавы, используемые при изготовлении деталей, бывают литейные и деформируемые. Из деформируемых алюминиевых сплавов получают листы, профильный материал и т. п.

Полимерные материалы. Одним из главных преимуществ полимерных материалов является их малая плотность, которая составляет от 0,2 г/см³ у пенопластов до 1,5 г/см³ у стеклопластика. Кроме того, имеются большие возможности обеспечения объемности деталей, приспособленности свойств материала к конкретным функциональным задачам, включая и противокоррозионные свойства. Недостатки полимерных материалов носят экологический характер, так как при производстве некоторых из них используются опасные растворители, которые позже могут попасть в окружающую среду.

Термопластики, применяемые в автомобилестроении, состоят из несвязанных молекулярных цепочек, которые при нагревании размягчаются, становятся пластичными. При охлаждении они затвердевают и сохраняют свою новую форму. Недостаточная прочность и низкая температурная устойчивость определяют их применение — только при небольших нагрузках.

Дуропласты состоят из мелкосетчатых молекулярных цепей и после образования сетки их нельзя ни размягчать, ни формовать.

Как правило, они вместе со стекло-, пласто- или углеродистыми волокнами используются в соединительных элементах для повышения прочности.



Эластомеры состоят из молекул, соединенных в крупную сетку, которые могут расширяться, сжиматься и после окончания воздействия возвращают свою исходную форму. Они сохраняют эластичность резины в широком диапазоне температур, но вследствие соединения в сетку их нельзя переформовать. Эластомеры используются преимущественно для автомобильных шин, уплотнительных профилей, сальников для подшипников и амортизаторов. В виде затвердевшей пены (пенополиуретан) этот материал используется для изготовления панелей приборов, эластичных покрытий для облицовок металлических деталей.

В последнее время выпускают смеси из всех трех видов полимерных материалов, так называемые *бленды*, свойства которых зависят от вида компонентов и их соотношения в смеси.

Для соединения полимерных материалов используют сварку и склеивание.

Стекло. В зависимости от количества слоев стекла бывают однослойные и многослойные и с подогревом.

Однослойные стекла (сталинит) проходят специальную термическую обработку — закалку. Резкий перепад температур в процессе закалки вызывает образование в поверхностных слоях остаточных напряжений сжатия, обеспечивающих повышенную механическую прочность и термостойкость стекла, однако при этом в стекле появляются зоны концентрации напряжений. Даже небольшой удар по этим зонам, приводит к полному разрушению стекла.

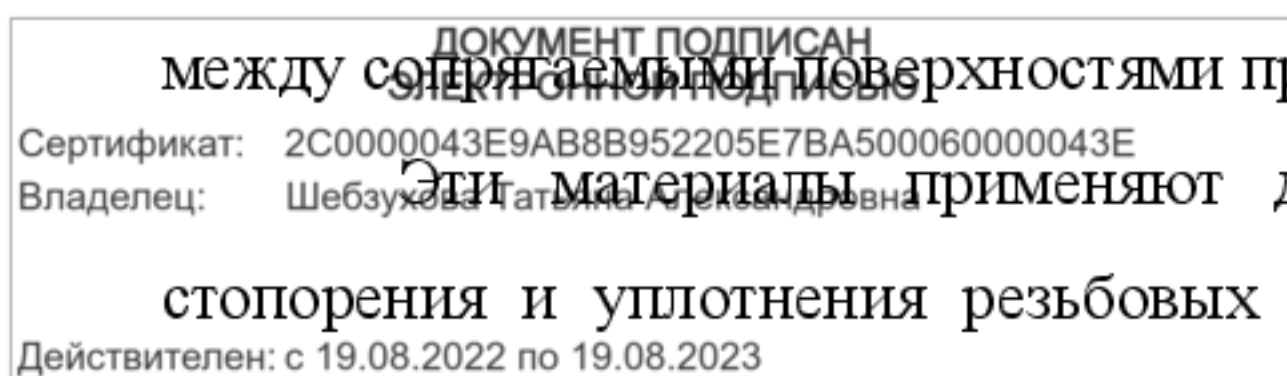
Многослойные стекла состоят из нескольких слоев стекла и склеивающих их прозрачных полимеров. На автомобилях применяют трехслойные (триплекс) стекла: два слоя стекла и слой полимера. При разрушении осколки наружного стекла удерживаются связующей пленкой полимера. Ветровые стекла современных автомобилей являются трехслойными.

Стекла с обогревом. Конструкция обогревателя в таких стеклах представляет собой несколько нитей из металлосодержащей пасты, которая наносится на поверхность стекла в процессе его изготовления. В некоторых автомобилях обогрев осуществляется через пиролитическое покрытие из металлосодержащей полосовой пасты, которое нанесено на внутреннюю поверхность стекла по верхнему и нижнему краям.

Анаэробные герметики. Анаэробные герметики — жидкие или вязкие составы, способные длительное время оставаться в исходном состоянии и отверждаться в зазорах

между соприкасающимися поверхностями при контакте с кислородом воздуха.

Эти материалы применяют для герметизации пор в литье, сварных швов, стопорения и уплотнения резьбовых и фланцевых соединений, фиксации подвижных



соединений. Они не чувствительны к воздействию воды, минеральных масел, топлива, растворителей, в большинстве своем не токсичны, не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду и обеспечивают надежную противокоррозионную защиту уплотняемых деталей. После отверждения они сохраняют свои прочностные и усталостные характеристики, могут контактировать с жидкими и газообразными средами, обеспечивают контакт сопрягаемых деталей, выдерживают температуру от -60 до +250 °С и давление до 35 МПа.

На качество уплотнения влияет материал герметизируемого сопряжения, чистота поверхностей, контактирующих с герметиком, форма и размеры деталей, технология сборки, режимы отверждения и др. Скорость отверждения герметиков и время достижения максимальной прочности соединения зависит от температуры окружающей среды. Низкие температуры замедляют полимеризацию и вызывают необходимость применения активаторов.

Некоторые герметики способны полимеризоваться при температуре до -10 °С.

Клеи. При производстве и ремонте автомобилей используют эпоксидные, акриловые, цианакриловые и силиконовые клеи.

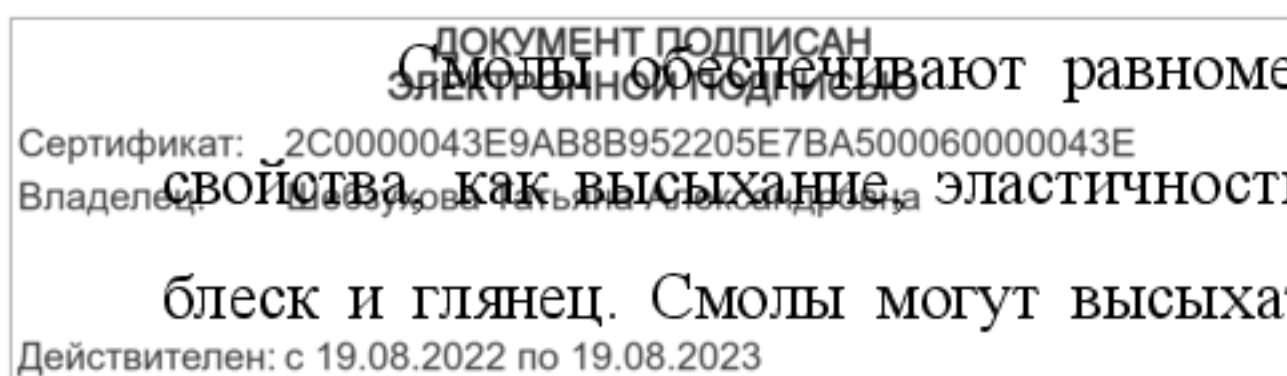
Особенностью клеевых материалов является сочетание хороших адгезионных, необходимых антифрикционных свойств и достаточной механической прочности. Они обеспечивают прочное соединение деталей из различных материалов, уплотняют зазоры и трещины; герметизируют фонари, окна, шланги и патрубки; изолируют электрические контакты; устраняют вибрацию и шум; применяются для изготовления уплотнений и прокладок.

Лакокрасочные материалы. Применяемые при изготовлении автомобилей лакокрасочные материалы, создают покрытия для защиты от коррозии, улучшения внешнего вида, имеют определенные аспекты безопасности и др.

Лакокрасочные материалы подразделяются на основные (эмали, грунты и шпатлевки) и вспомогательные (растворители, разбавители, отвердители, добавки, смывки, средства для подготовки поверхностей к окрашиванию и ухода за покрытиями).

Эмали представляют собой пигментированную жидкость, которая после нанесения тонким слоем превращается в твердую пленку, обеспечивающую необходимую укрывистость. Главными компонентами эмали являются смола, связывающая компоненты в единую пленку; растворители; добавки; пигменты.

Смолы обеспечивают равномерный разлив материала и определяют такие его свойства, как высыхание, эластичность и водостойкость, а также придают сухой эмали блеск и глянец. Смолы могут высыхать в результате простого испарения растворителя



(термопластичная акриловая эмаль) или в ходе химической реакции (двухкомпонентная акриловая, термоотверждающаяся эмаль).

Растворители обеспечивают нужную вязкость, а также являются органическими легколетучими жидкостями. Все они испаряются во время сушки, но быстрота их испарения имеет решающее значение для прочности покрытия и его внешнего вида.

Добавки применяют в небольшом количестве для улучшения свойств эмали. В качестве добавок используют катализаторы — для ускорения химической реакции полимерных эмалей; проти-востарители — для предотвращения гелеобразования; добавки, улучшающие защитные свойства эмали от коррозии.

Пигменты — мелкодисперсные окрашенные вещества, способные создавать с пленкообразователями декоративные и защитные покрытия. Пигменты придают лакокрасочному материалу цвет, повышают твердость и атмосферостойкость покрытия.

При окраске автомобилей для внешних слоев покрытия на заводах-изготовителях применяют различных цветов и оттенков меламиноалкидные, акриловые, на водной основе и нитроцеллюлозные эмали.

Меламиноалкидные эмали изготовляют на основе смесей меламиноформальдегидной и алкидной смол. Высыхание их происходит за счет испарения растворителей и поликонденсации смол. Для полного высыхания эмалей требуется температура 120... 140 °C (горячая сушка), при которой образуется необратимая пленка.

После сушки покрытие из этих эмалей приобретает глянец, высокую атмосферостойкость, эластичность и твердость, стойкость к изменению температуры в пределах -40... +60 °C, высокую стойкость к воздействию воды, топлив и масел.

Акриловые эмали изготовляют на основе акриловых и метакриловых смол, а также сополимеров, в которых основную часть составляют акриловые компоненты. Характерные свойства всех акриловых лакокрасочных материалов — быстрое высыхание и высокая свето- и атмосферостойкость покрытия. Покрытие высыхает при температуре 150 °C в течение 0,5 ч.

Водорастворимые эмали получают на основе водорастворимых специально синтезированных алкидных, феноло- и меламиноформальдегидных акриловых и других смол. Они представляют собой суспензии пигментов на водных эмульсиях различных пленкообразующих. Эмульсии состоят из мельчайших частичек пленкообразующих, находящихся в воде во взвешенном состоянии. При нанесении эмали по мере удаления из

нее воды происходит разрушение эмульсии, частицы пигмента и смолы начинают собираться и соприкасаться. По мере слияния частиц смолы происходит образование покрытия при температуре 175 °C.

Водорастворимые краски позволяют заменить часть органических растворителей на воду, что улучшает условия труда и экологию.

Нитроцеллюлозные эмали являются суспензиями пигментов в нитролаках с добавлением пластификаторов и смол. Высыхание слоя происходит путем испарения растворителей при температуре 18... 20 °С. При высыхании образуется обратимая пленка, способная вновь растворяться в растворителях.

Покрытия из нитроэмалей относительно стойкие к воздействию минеральных масел, бензина, а также слабых щелочных растворов. Длительное воздействие воды приводит к отслаиванию покрытия. Они также стойкие к действию температур в пределах -40...+60 °С, а при температурах выше 90 °С разрушаются и могут самовоспламениться. При высыхании нитроэмалей образуется полуглянцевая поверхность, которую доводят до зеркального блеска полированием.

Грунтовки наносят первыми на подготовленную к окрашиванию поверхность. Они являются связующим покрытием между металлом и последующими слоями эмали, и поэтому обладают хорошей сцепляемостью. Толщина грунтовочного слоя обычно составляет 15...20 мкм.

Шпатлевки и **наполнители** используют для устранения вмятин, рисок и царапин на окрашиваемой поверхности. Они представляют собой пастообразный состав из различных смол, пигментов и наполнителей, которые придают им различные свойства. Для заполнения глубоких неровностей требуется крупнозернистая шпатлевка, которую наносят толстым слоем без риска появления сколов или трещин. Для устранения царапин, применяют мелкозернистую шпатлевку.

Растворители и **разбавители** применяют для обеспечения лакокрасочным материалам необходимой рабочей вязкости. Они представляют собой однокомпонентные органические и бесцветные жидкости или их смеси в различном сочетании. При смешивании с лакокрасочными материалами растворители не должны вызывать коагуляцию (свертывание) пленкообразователя, расслоение и помутнение раствора. Растворитель подбирают так, чтобы обеспечить оптимальные условия для высыхания материала, достаточные розлив эмали и плотность нанесенной пленки.

Отвердители обеспечивают полимеризацию различных лакокрасочных материалов в любых производственных условиях. Они отличаются легкостью и простотой в использовании, высокой химической активностью и обеспечивают быстрое высыхание

красок, лаков, наполнителей, грунтов и других лакокрасочных материалов даже на воздухе при невысоких температурах и в окрасочных камерах с недостаточным воздухообменом.

Добавки к лакокрасочным материалам вводят для придания специфических свойств обрабатываемой поверхности. В зависимости от состава добавок поверхность приобретает эластичность, матовость, термопластичность и т. п.

Смывки используют для снятия лакокрасочного покрытия. Они представляют собой смеси растворителей, при воздействии которых покрытие разбухает, вспучивается и отстает от металла. Иногда смывки можно заменять растворителями.

Материалы для противокоррозионной защиты автомобилей — это различные составы, мастики и пасты для нанесения на днище, крылья и другие нижние части, а также на внутренние поверхности и полости кабины или кузова легкового автомобиля.

К составам для покрытия нижней части автомобиля предъявляются следующие требования: высокая стойкость к воздействию влаги, минеральных масел, солей и сернистого газа; высокая адгезия, стойкость к вибрации и абразивному износу, ударным нагрузкам; стойкость к воздействию высоких (до 140 °С) и низких (до -40 °С) температур; непродолжительное время высыхания.

1.4. Характеристика видов соединения деталей в автомобилях

Основной конструктивно-технологической характеристикой любой сборочной единицы является способ соединения составных частей между собой.

Сборка автомобиля представляет собой ряд операций по сборке типовых соединений. Соединения деталей и узлов в зависимости от характера и изменения относительного положения при работе подразделяют на подвижное и неподвижное, каждое из которых в свою очередь в зависимости от возможности разборки подразделяют на разъемные и неразъемные.

Таким образом, все соединения, используемые при сборке, подразделяют на подвижные разъемные (вал — подшипник скольжения, поршень — цилиндр, поршневое кольцо — поршень, зубчатые и шлицевые соединения и др.); подвижные неразъемные (шариковые подшипники); неподвижные разъемные (резьбовые, шпоночные, некоторые шлицевые соединения и соединения с натягом); неподвижные неразъемные (заклепочные и сварные и соединения пайкой, склеиванием и развальцовыванием).

Сборка подвижных разъемных соединений. Особенностью этих соединений является высокая точность посадки и взаиморасположения поверхностей, что обуславливает применение методов групповой взаимозаменяемости, регулирования и пригонки. Предварительную сортировку деталей на размерные группы, подбор пары, пригонку и сборку отдельных соединений выполняют на специальных постах.

Качество сборки зубчатых соединений обеспечивается точностью геометрических параметров зубчатых колес, расстоянием между осями и их взаиморасположением, величиной бокового зазора между зубьями и т. п. Для подбора, контроля и регулировки зубчатых пар применяют специальные приборы и приспособления.

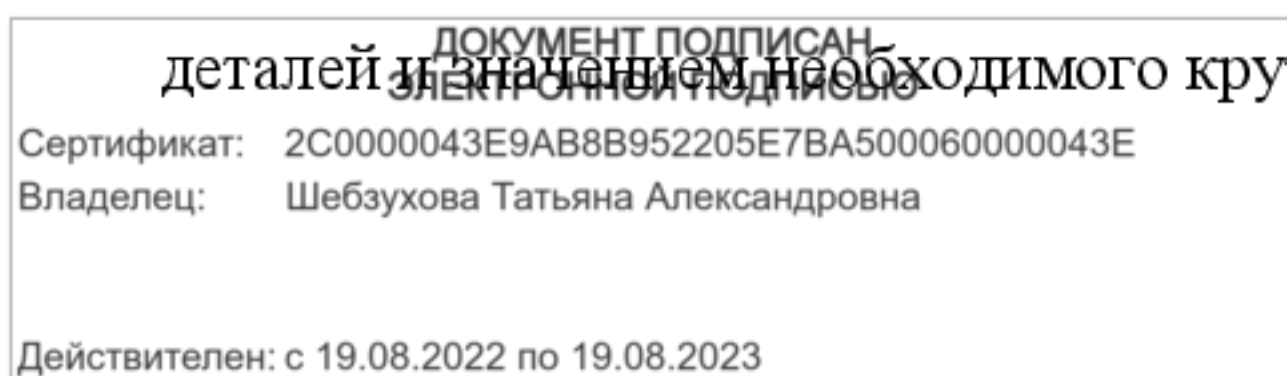
Сборка шлицевых соединений характеризуется трудностью обеспечения требуемой точности посадки, т.е. точности бокового или радиального зазора (натяга) и соосности сопрягаемых деталей. Сборка шлицевых соединений должна осуществляться с применением соответствующего оборудования и оснастки.

Сборка подвижных неразъемных соединений. При сборке подшипников качения с валами и корпусными деталями следует иметь в виду, что при вращающемся вале и неподвижном корпусе внутреннее кольцо подшипника устанавливают с натягом, а наружное — с зазором, а при вращающемся корпусе и неподвижном вале — наоборот. Перекос осей колец подшипников, овальность и конусность посадочных мест приводят к сокращению сроков службы подшипников. Поэтому монтаж колец подшипников производят с применением прессов, специальных приспособлений, центрирующих и направляющих устройств и оправок.

Сборка неподвижных разъемных соединений. К данному типу соединений относятся резьбовые соединения, соединения с натягом и соединения с нагревом и охлаждением деталей. Резьбовые соединения имеют широкое применение из-за простоты и надежности, возможности регулирования усилия затяжки и осуществления повторной сборки и др.

Сборка резьбовых соединений характеризуется необходимостью выполнения ряда требований: обеспечение соосности осей болтов, винтов, шпилек и резьбовых отверстий и соответствующей плотности посадки в резьбе; отсутствие перекаса торца гайки или головки винта, болта относительно поверхности сопрягаемой детали; соблюдение очередности и постоянства усилия заворачивания группы гаек (головка блока цилиндров, крышки коренных подшипников и др.).

Для повышения производительности при сборке резьбовых соединений применяют многошпиндельные гайковерты и механизированные инструменты с устройствами, обеспечивающими крутящий момент требуемой величины. Выбор типа и мощности инструмента определяется конструктивными особенностями соединяемых деталей и значением необходимого крутящего момента для сборки.



Крутящий момент M , требуемый для затягивания резьбового соединения (при отсутствии его величины), определяют по приближенной формуле $M \approx 0,2Pd$, где P — сила затяжки, Н; d — номинальный диаметр резьбы, м.

Если на соединение действует внешняя сила Q , перпендикулярная к сопрягаемым плоскостям, то $P = KQ$, где K — коэффициент запаса (2... 5), а при касательном направлении силы Q сила затяжки $P = KQ/(2f)$, где f — коэффициент трения (0,15...0,20).

Качество *сборки соединений с натягом* определяют материал сопрягаемых деталей, геометрические размеры, форма и шероховатость поверхностей, соосность соединяемых деталей, значение прилагаемого усилия при прессовании, наличие смазочного материала, применение соответствующего оборудования и оснастки.

Усилие запрессовки Р, Н, определяют по приближенной формуле $P = 20\delta l$ (для стальной ступицы и стального вала) и $P = 11,5\delta l$ (для чугунной ступицы и стального вала), где δ — натяг, мкм;

l — длина ступицы, мм.

Выбор типа и мощности прессового оборудования определяется усилием запрессовки, формой и размерами соединяемых деталей.

Сборка *соединений с нагревом и охлаждением деталей* обеспечивает прочность посадок в 2 — 3 раза выше прочности прессовых посадок при тех же условиях.

Охватываемую деталь нагревают в масляной ванне или токами высокой частоты. Минимальную температуру $t_{\min}$, °С, на которую охватываемая деталь должна быть горячее, чем окружающий воздух, рассчитывают по формуле $t_{\min} = 1,25(90 + 1350/d)$, где $t_{\min}$ — минимальная температура нагрева охватываемой стальной детали, °С; d — диаметр отверстия, мм.

Если коэффициент линейного расширения материала охватываемой детали больше, чем материала охватывающей детали, то применяют охлаждение охватываемой детали до температуры, которую определяют по формуле $t = (\delta + \Delta)/(Kd)$, где t — температура охлаждения охватываемой детали, °C; δ — натяг, мкм; Δ — минимальный зазор для возможности введения детали в отверстие (для $d \geq 30$ мм $\Delta = 0,0006d$); K — коэффициент линейного теплового расширения материала детали, °C⁻¹; d — диаметр охватываемой детали, мм.

Наиболее распространенным способом охлаждения деталей до температуры -75°C является охлаждение в твердой углекислоте (сухой лед). При необходимости получения более низких температур применяют жидкий воздух, азот или кислород.

Лабораторная работа № 2

Цель занятия – изучить старение и надежность автомобиля

Содержание занятий:

- 1) **Характеристика процессов, происходящих в автомобиле**
- 2) **Изменение технического состояния автомобилей в процессе их старения.**
- 3) **Надежность автомобиля.**

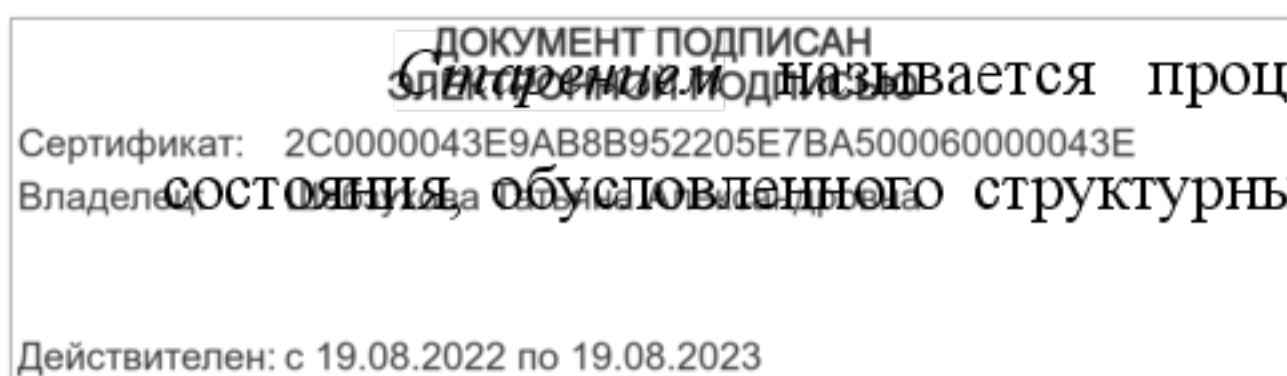
Контрольные вопросы

- 1) Дайте характеристику процессов старения автомобилей.
- 2) Какие виды трения поверхностей характерны при работе автомобиля?
- 3) Охарактеризуйте виды изнашивания деталей автомобиля.
- 4) Охарактеризуйте деформации и механические разрушения деталей автомобиля.
- 5) Дайте характеристику коррозионных процессов, протекающих в автомобилях.
- 6) Охарактеризуйте взаимосвязь дефектов деталей с разрушительными процессами в автомобилях.
- 7) Охарактеризуйте дефекты деталей и агрегатов автомобилей.
- 8) Дайте характеристику технического состояния автомобиля и укажите пути восстановления его работоспособности.
- 9) Назовите неисправности и виды отказов в работе автомобилей.
- 10) Что такое надежность автомобиля и каковы ее свойства?
- 11) Какими характеристиками оценивается ремонтпригодность автомобиля?

СТАРЕНИЕ И НАДЕЖНОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ

2.1. Характеристика процессов, происходящих в автомобиле

Современные автомобили представляют собой сложные технические системы длительного пользования. В процессе эксплуатации автомобиля происходит ухудшение его рабочих характеристик деталей, т.е. он стареет. При этом потребительские свойства автомобиля ухудшаются.



Старением называется процесс необратимого изменения свойств и (или) состояния, обусловленного структурными превращениями, химическими изменениями в

материалах деталей, а также постепенным накоплением в элементах конструкции автомобиля микро- и макроповреждений при эксплуатации.

Старение автомобиля подразделяется на моральное и физическое. Причиной морального старения является появление новых моделей автомобилей с более эффективными свойствами (техническими, экономическими, дизайнерскими, эргономическими и др.). Ранее выпущенные автомобили становятся морально устаревшими и заменяются современными. Физическое старение вызвано длительным воздействием на автомобиль и его элементы эксплуатационных факторов — механических, динамических, термических, природно-климатических, экологических и др.

Физическое старение имеет две разновидности: старение материалов деталей и старение, сопровождаемое изнашиванием рабочих поверхностей деталей.

Старение *материалов* — самопроизвольный процесс перехода материала из нестабильного состояния (из-за неоднородности структуры и свойств в различных местах детали, а также наличия внутренних напряжений) в стабильное состояние.

Старение и усталость материала являются характерными видами разрушительных процессов деталей автомобиля, хотя в различных деталях, в основном в зависимости от материала, эти процессы протекают по характеру и времени различно. Старение металлов связано с перемещениями их атомов, т. е. с изменениями кристаллической структуры материала.

Старение полимеров является по существу процессом деструкции, т. е. распадом макромолекул под влиянием внешних факторов (температуры и света). Вследствие старения детали из полимерных материалов существенно утрачивают свои физико-механические свойства и главным образом эластичность. Такая деталь не вызывает отказа в работе автомобиля, но ее свойства приводят к ускоренному износу сопряженных деталей. Процесс старения пластмассовых деталей необратимый, поэтому восстанавливать электропроводы, сальники, детали из пластмасс не представляется возможным и они заменяются новыми.

Старение, сопровождаемое *изнашиванием* рабочих поверхностей деталей, приводит к изменению размеров и формы этих поверхностей. К этому виду старения относят изменения геометрической формы деталей (смещение поверхностей относительно друг друга) и физико-механических свойств материалов (твердости,

упругости, выкраивания, возникновение трещин и т.п.).

Трение и его виды.

Под трением (внешним) понимают сопротивление относительно перемещению, возникающему между двумя телами в зонах

соприкосновения поверхностей по касательным к ним. По характеру взаимного перемещения трущихся поверхностей деталей различают два вида трения: трение покоя — трение двух тел при предварительном смещении и трение движения — трение двух тел, находящихся в относительном движении.

Трение движения, в свою очередь, по характеру движения подразделяется на трение скольжения и трение качения, а по наличию смазочного материала на трение без смазывания, граничное и жидкостное.

Трение скольжения возникает при движении соприкасающихся тел, у которых скорости в точках касания различны. При трении качения скорости в точках касания одинаковые по величине и направлению. Трение качения с проскальзыванием возникает при одновременном качении и скольжении соприкасающихся тел.

Трение без смазочного материала — это трение двух тел при отсутствии на поверхностях трения введенного смазочного материала. Граничное трение возникает в случае, когда поверхности трения разделены слоем смазочного материала настолько малой толщины (менее высоты микронеровностей поверхности), что свойства этого слоя отличаются от объемных свойств, а сила трения зависит от природы и состояния трущихся поверхностей. При жидкостном трении смазочный слой полностью отделяет перемещающиеся рабочие поверхности одну от другой и имеет толщину, при которой проявляются нормальные объемные свойства масла.

Механизм образования масляного клина (слоя) в подшипнике коленчатого вала при пуске двигателя показан на рис. 2.1. При неработающем двигателе (рис. 2.1, *а*) шейка коленчатого вала (центр O_x) расположена в нижней части подшипника (центр O_2).

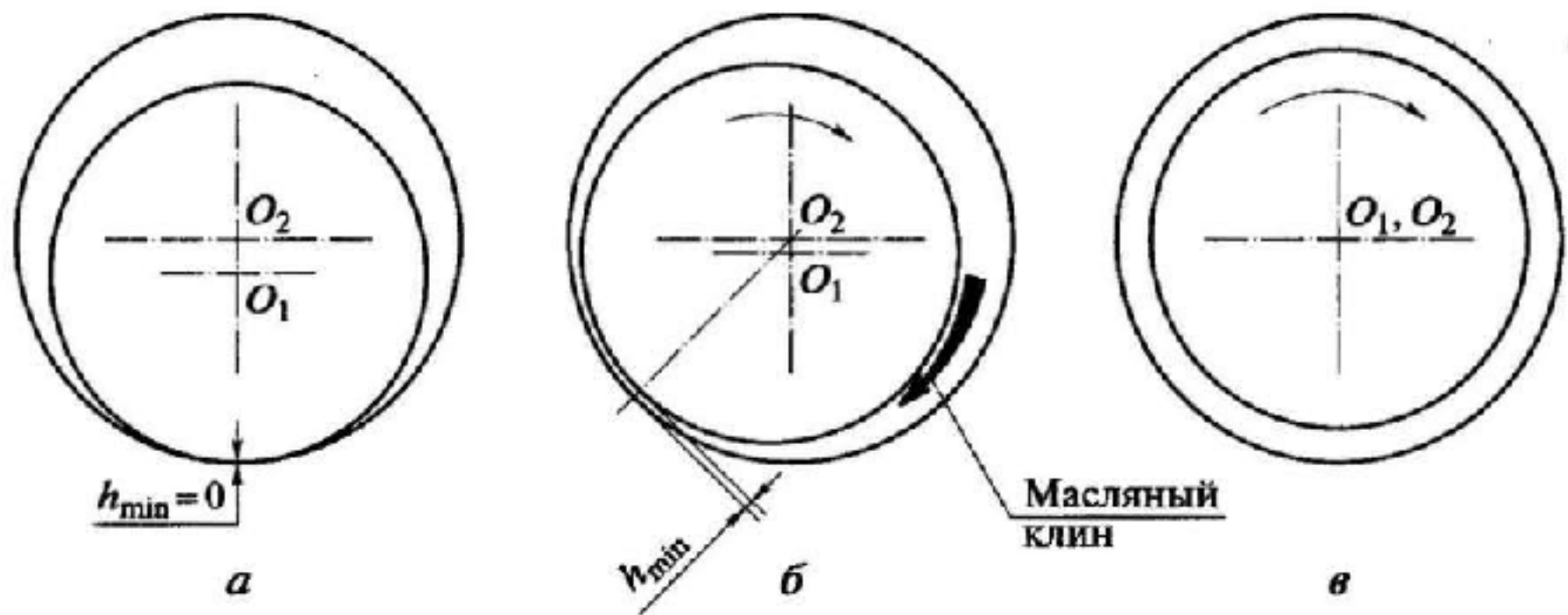


Рис. 2.1. Образование масляного клина в подшипнике скольжения коленчатого вала при пуске двигателя:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AD4B952E05E7B43300F000073E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

а — двигатель не работает; *б* — момент пуска двигателя; *в* — работа двигателя с постоянной частотой вращения коленчатого вала

Полужидкостное трение возникает при пуске и остановке двигателя, при высоких рабочих температурах и нагрузках, а также при недостаточной вязкости масла и его подаче. При попадании в масло абразивных механических примесей также возникает этот вид трения. В этих ситуациях подшипник может находиться в состоянии, когда масла в зазоре между трущимися парами недостаточно для полного обеспечения жидкостного трения. При этом виде трения масляный слой между трущимися поверхностями частично разрушен, в результате чего в отдельных местах соприкосновения трущихся поверхностей и возникает граничное или сухое трение. В этом случае масло, обладающее высокой смазывающей способностью, уменьшает трение и износ, а также предотвращает заедание трущихся деталей.

накопления в ней остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров или формы поверхностей. Мерой оценки изнашивания является износ, который может выражаться в единицах длины, массы (поршневые кольца) или объема (утар масла).

как отношение износа к расстоянию, км, на котором происходило изнашивание, или
объему выполненной работы, т • км, м³ и т.д. Например, интенсивность изнашивания

Сертификат № 000-ВНП-789-00
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

гильз цилиндров составляет 2... 7 мкм, а шеек коленчатого вала — 0,5... 2,0 мкм на 1 000 км пробега автомобиля.

По характеру разрушения деталей различают следующие виды изнашивания: механическое, молекулярно-механическое и кор-розионно-механическое.

Механическое изнашивание, возникающее в результате механических воздействий, бывает абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, усталостное, эрозионное и кавитационное.

Абразивное изнашивание является результатом режущего или царапающего воздействия на поверхности трения относительно более твердых частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии. Даже малое количество абразивных частиц (песок в тормозных барабанах или сцеплении) приводит к быстрому изнашиванию трущихся поверхностей деталей автомобиля.

Гидроабразивное изнашивание так же, как и газоабразивное, — результат действия твердых частиц, увлекаемых соответственно жидкостью или газом. Такие загрязнения, как продукты износа, нагар, пыль и другие, попавшие в двигатель, вызывают изнашивание деталей смазочной системы и системы питания.

Усталостное изнашивание является следствием повторного деформирования микрообъемов материала, из-за которого возникают трещины и происходит отделение частиц. Этот вид изнашивания может происходить как при трении качения (галтели поворотного кулака переднего моста), так и при трении скольжения (галтели коленчатого вала).

Эрозионное изнашивание наблюдается при воздействии на поверхность трения жидкости или газа. Часто этот вид изнашивания встречается на поверхностях деталей охлаждающей и выпускной систем двигателя. Разновидностью эрозионного изнашивания является электроэрозионное изнашивание поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока. Подгорание контактов в замке зажигания, прерывателе-распределителе, втягивающем реле стартера, электрическом приводе насоса охлаждения и других является разновидностью эрозионного изнашивания.

Кавитационное изнашивание возникает в условиях кавитации, при которой пузырьки газа лопаются вблизи поверхности трения, что создает местное повышение давления или температуры. Результатом такого изнашивания наружной поверхности гильз цилиндров двигателя является наличие кратеров или вырывов, образовавшихся от

разрывов пузырьков

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзузьева Татьяна Александровна

Молекулярно-механическое изнашивание (изнашивание при заедании) — результат совместного действия механического изнашивания и молекулярных или

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

атомных сил. Происходит вырывание материала, местное соединение (схватывание) двух твердых тел, перенос металла с одной поверхности трения на другую и воздействие возникших неровностей на сопряженную поверхность.

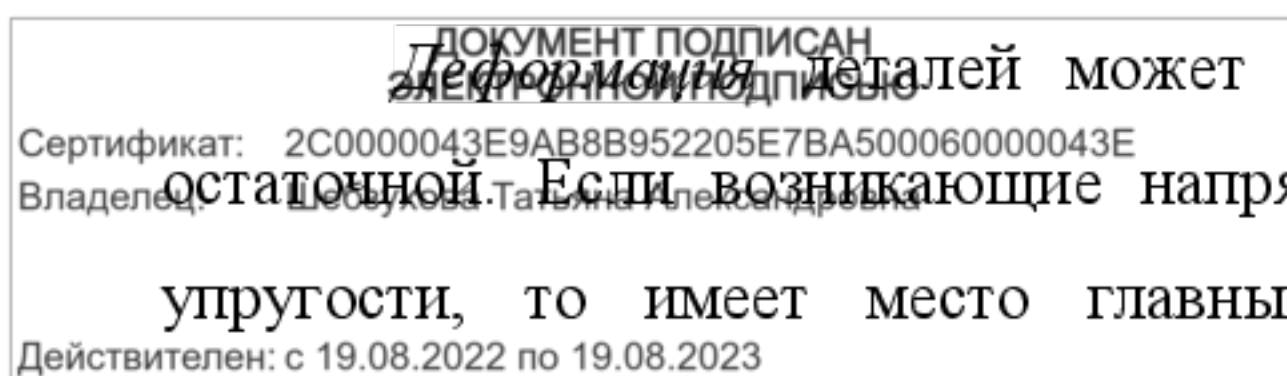
Заклинивание двигателя является следствием схватывания, как правило, шатунного подшипника коленчатого вала из-за нарушения жидкостного трения. Возникающее при этом повышение температуры приводит к расплавлению антифрикционного сплава (баббитового или алюминиевого слоя) вкладышей, который заполняет зазор между трущейся поверхностью вкладыша и шейкой вала и вызывает заклинивание. Задир на стенках гильз цилиндров двигателей являются также результатом нарушения подвижности или разрушения поршневых колец.

Коррозионно-механическое изнашивание является результатом механического воздействия на трущиеся поверхности, сопровождаемое химическим или электрическим взаимодействием материала со средой. В результате воздействий на трущиеся поверхности таких агрессивных веществ, как химически активные газы, кислотные примеси смазки и другие, при которых основное влияние на изнашивание оказывает химическая реакция материала поверхности трения с кислородом или окисляющей окружающей средой, появляются коррозионные разрушения, окисляются клеммы.

К причинам, определяющим возникновение какого-либо вида изнашивания и его интенсивность, относятся: свойства материалов поверхностей трения деталей (баббит, алюминий, закаленная сталь и др.); свойства смазочных материалов; способ подвода смазочного материала к трущимся поверхностям (разбрызгиванием, под давлением, самотеком); давление масла и место его подачи к поверхностям (положение масляного канала относительно трущихся поверхностей); форма и размер поверхностных неровностей (шероховатость) и трущихся поверхностей (овальность, конусность); характер нагрузки (динамический, статический, знакопеременный); относительная скорость перемещения трущихся тел и ее изменение во времени (режим разгона автомобиля или торможения двигателем); температурный режим работы агрегата и, как следствие, пары трения; наличие загрязнений, влаги в месте контакта и полнота удаления продуктов изнашивания из зоны трения; качество топлива; режим работы и климатические условия эксплуатации автомобиля и др.

Деформации и механические разрушения деталей. Такие дефекты возникают при появлении значительных напряжений в материале детали.

Деформация деталей может быть обратимой (упругой) и необратимой, т.е. остаточной. Если возникающие напряжения в материале детали меньше предела его упругости, то имеет место главным образом упругая деформация. Однако при



определенных условиях упругая деформация может сопровождаться и остаточной деформацией. Например, при повышенных температурах за счет ползучести, при нормальных температурных условиях за счет релаксации напряжений и т. д.

Остаточная деформация изменяет размеры и конфигурацию детали. Например, в блоке цилиндров двигателя изменяется положение осей посадочных отверстий под гильзы, под вкладыши коренных подшипников коленчатого вала, а также появляется коробление и нарушается положение обработанных поверхностей относительно друг друга. Аналогичные явления имеют место у коленчатых валов, которые в процессе эксплуатации изменяют форму вследствие деформации щек, способствуют появлению прогиба и нарушают взаимное расположение шатунных шеек. Подшипники скольжения, шатуны и поршневые кольца при работе также приобретают остаточную деформацию, что приводит к значительным искажениям их формы и снижению долговечности соответствующего узла.

Механическое разрушение сопровождается полным расчленением детали. Разрушения деталей бывают вязкими, хрупкими и усталостными.

Вязкое разрушение происходит от касательных напряжений вследствие значительной пластической деформации. В этом случае плоскость разрушений расположена под углом к направлению приложения нагрузки и совпадает с направлением действия касательных напряжений.

Хрупкое разрушение происходит под действием нормальных напряжений. Ему предшествует незначительная пластическая деформация и очень часто оно происходит в упругой области. При этом плоскость разрушения оказывается перпендикулярной направлению приложения нагрузки.

Усталостное разрушение деталей является результатом многократного приложения нагрузок и происходит при напряжениях, значительно меньших, чем в случае однократного нагружения.

Трещина при усталостном разрушении зарождается в поверхностных слоях, где действуют максимальные растягивающие напряжения. Механизм зарождения трещины и ее последующий рост основаны на дислокационном представлении образования трещины при циклическом нагружении. Усталостные разрушения происходят при напряжениях меньше предела текучести. Усталостные трещины, возникнув в микрообъеме металла, постепенно под влиянием переменной нагрузки распространяются в глубь тела детали. По мере ослабления сечения скорость развития трещины увеличивается и при определенном

остаточном сечении происходит полное разрушение детали.

Коррозия деталей автомобиля. Коррозионные процессы являются наиболее существенными разрушительными процессами в автомобиле, в особенности в деталях кузова. Под коррозией понимают самопроизвольное разрушение металлов в результате химического или электрохимического взаимодействия их с внешней средой, вследствие чего они переходят в окисленное состояние и изменяют свои физико-механические свойства.

Коррозионные процессы многообразны и подразделяются на типы и виды коррозии. Типы коррозии металлов различаются механизмами взаимодействия металла с коррозионной средой, а виды отличаются коррозионными средами и характером разрушения. По типу различают коррозию электрохимическую и химическую. Наиболее часто встречаются коррозионные разрушения, вызванные следующими видами коррозии: атмосферной, местной, сплошной, подповерхностной, сквозной, структурной, межкристаллитной, фреттинг-коррозией.

Химической коррозией называется разрушение металла вследствие взаимодействия его с окружающей средой. Этот тип коррозии возникает, когда металл, взаимодействуя непосредственно с кислородом воздуха, образует на поверхности оксиды (ржавчину). Коррозионный процесс происходит в результате внедрения атомов кислорода в решетку металла при сохранении решеткой ее ориентации. При этом образуются следующие оксиды железа: **FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4** , строение пленок которых зависит от условий окисления. Пленки оксидов являются многослойными, а процесс окисления продолжается после их образования.

Электрохимическая коррозия имеет место в тех случаях, когда два различных материала образуют в соединении микрогальванический элемент. В природе нет двух металлов, которые в контакте с электролитом имели бы одинаковые электродные потенциалы. Из-за этого при соединении двух металлов, покрытых влагой, образуется гальванический коррозионный элемент, в котором металл с более высоким электродным потенциалом (более благородный металл) становится катодом, а менее благородный — анодом. Из двух металлов, находящихся в контакте, всегда разрушается анод. Анодом и катодом могут служить также различные структурные составляющие сплава, граница и сердцевина зерна металла, напряженный и ненапряженный участки металла, чистый металл и его оксиды.

Интенсивность электрохимической коррозии зависит от химического состава и структурной неоднородности металла или сплава; наличия и распределения внутренних напряжений в конструкции детали; возможности доступа кислорода к поверхности металла (зависит от противокоррозионной защиты); длительности пребывания

металлической поверхности во влажном состоянии; относительной влажности воздуха; температуры окружающей среды; загрязнения воздуха, особенно диоксидом серы и хлоридами; плотности продуктов коррозии и др.

Электрохимическая коррозия имеет наибольшее распространение в автомобильных кузовах и кабинах, поскольку на их деталях всегда создаются макро- и микрогальванические пары, в которых протекает электрохимическая реакция.

2.2. Изменение технического состояния автомобилей в процессе их старения

Взаимосвязь дефектов с разрушительными процессами.

Разрушительные процессы приводят к изменению технического состояния автомобиля и его агрегатов. Так, например, у двигателя по мере износа увеличиваются зазоры и, как следствие, снижается давление масла в магистрали, что сокращает его подачу к поверхностям трения. А при недостатке масла поверхность трения хуже охлаждается, засоряется продуктами износа. При износе поршневых колец и гильз цилиндров нарушается герметичность сопряжения, увеличивается прорыв газов в картер. Это сопровождается ростом температуры в сопряжении поршневое кольцо — гильза цилиндров, что вызывает повышенный расход масла и снижение рабочего давления в цилиндре.

Дефекты деталей и агрегатов автомобилей. Процессы старения автомобиля, происходящие при его эксплуатации, приводят к появлению в нем дефектов.

Дефект — это каждое отдельное несоответствие автомобиля или его составной части установленным требованиям. В автомобилях встречаются следующие виды дефектов: явные, скрытые, критические, значительные, малозначительные, устранимые и неустраняемые.

Для выявления *явного дефекта* в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства. Для выявления *скрытого* дефекта в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства. *Критическим* является дефект, при наличии которого использование автомобиля по назначению практически невозможно или недопустимо (т.е. влияющий на безопасность движения). *Значительный* дефект существенно влияет на использование автомобиля по назначению или его долговечность, однако он не является критическим (повышенный расход масла, толкание шин и т.п.). *Малозначительный* дефект существенно не влияет на использование автомобиля по назначению и его долговечность (царапины боковых стекол и т.п.). *Устранимый* дефект — это дефект, устранение которого технически возможно и

экономически целесообразно (износ шеек коленчатого вала и т. п.). *Неустранимый* дефект — это дефект, устранение которого технически невозможно и экономически нецелесообразно (поломка одной крышки коренного подшипника коленчатого вала в блоке цилиндров и т.п.).

Техническое состояние автомобиля и критерии его предельного состояния.

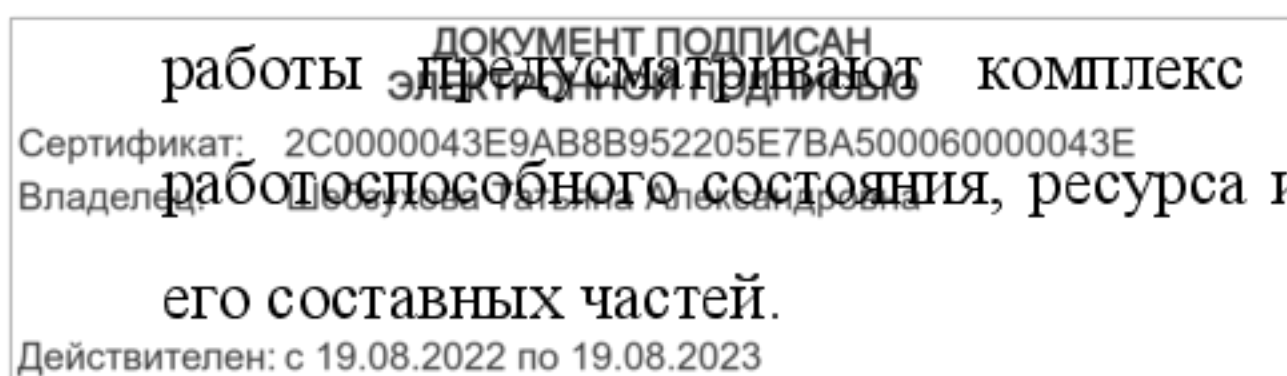
При эксплуатации автомобиль и его составные части могут быть в исправном, неисправном, работоспособном, неработоспособном и предельном состояниях.

Исправное состояние — это состояние автомобиля, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической или конструкторской документации. *Неисправное* состояние — это состояние автомобиля, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической или конструкторской документации. *Работоспособное* состояние — это состояние автомобиля, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической или конструкторской документации. *Неработоспособное* состояние — это состояние автомобиля, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической или конструкторской документации. *Предельное* состояние — это состояние автомобиля, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо и/или нецелесообразно либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Предельное состояние автомобиля оценивается соответствующими критериями. Критерий предельного состояния — это признак или совокупность признаков предельного состояния автомобиля или его составной части, установленных в нормативно-технической или конструкторской документации.

Оценку исправности автомобиля или его составных частей выполняют по наличию на них повреждений. *Повреждение* — это событие, заключающееся в нарушении исправного состояния автомобиля или его составной части при сохранении их работоспособного состояния.

Пути перехода автомобиля в исправное и работоспособное состояния. При наступлении неисправного, неработоспособного или достижения предельного состояния автомобиль или его элементы подвергают ремонтно-восстановительным работам. Эти работы предусматривают комплекс операций по восстановлению исправного или работоспособного состояния, ресурса и обеспечению безопасности работы автомобиля и его составных частей.



Автомобили и их составные части по приспособленности к выполнению ремонтно-восстановительных работ подразделяются на восстанавливаемые, невосстанавливаемые, ремонтируемые и неремонтируемые.

Восстанавливаемым (невосстанавливаемым) является автомобиль, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния предусмотрено (не предусмотрено) в нормативно-технической или конструкторской документации. *Ремонтируемым (неремонтируемым)* является автомобиль, для которого проведение ремонтов предусмотрено (не предусмотрено) в нормативно-технической или конструкторской документации.

2.3. Надежность автомобиля

Неисправность и виды отказов в работе автомобилей. Старение приводит к постепенному ухудшению технического состояния автомобиля или его агрегатов, истощению ресурса и появлению неисправностей и отказов.

Отказ — нарушение работоспособного состояния автомобиля, при котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

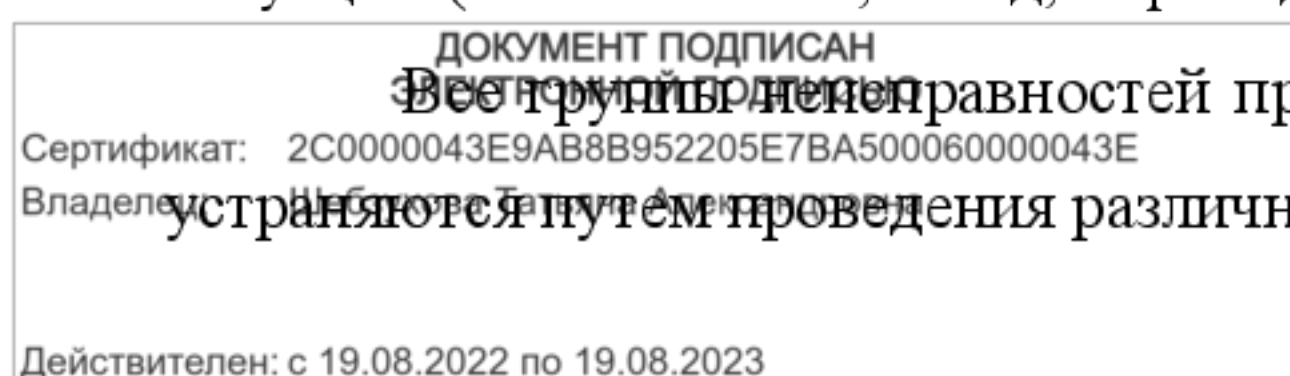
Неисправности автомобилей подразделяются на три группы: внезапные отказы, постепенные отказы, неисправности вследствие аварийных ситуаций.

Причинами *внезапных* отказов являются конструктивная недоработка узла (агрегата), нарушение технологий производства и ремонта, вызывающее концентрации внутренних напряжений из-за технологических, термических, деформационных явлений, нарушение правил эксплуатации автомобилей и т. п.

Постепенные отказы, возникающие из-за износа и коррозионных процессов, происходят не сразу, а после того, как износ или коррозия достигает определенного критического значения, т. е. при достижении предельного состояния автомобилем или его агрегатами. Например, постепенное увеличение износа деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателя приводит к снижению его топливной экономичности и мощности.

Аварийные неисправности являются следствием возникающих аварийных ситуаций (столкновение, наезд, опрокидывание и т. д.).

Все группы неисправностей приводят к потере работоспособности автомобиля и устраняются путем проведения различных видов ремонта.



В зависимости от сложности устранения отказы подразделяют на простые, устраняемые водителем с использованием комплекта инструментов и запасных частей (замена колеса, свечей зажигания и др.); сложные, — устранение которых производится на ремонтных предприятиях (восстановление аварийного автомобиля) и полные, — для устранения которых необходимо проведение капитального ремонта на специализированном предприятии (износ двигателя, коробки передач и др.).

Надежность автомобилей. Возникающие неисправности и отказы в работе автомобиля приводят к снижению его надежности.

Надежность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Надежность автомобилей характеризуют следующие свойства: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность — свойство автомобиля непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. Основными показателями безотказности являются вероятность безотказной работы (вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ автомобиля не возникает); средняя наработка на отказ (отношение наработки автомобиля к среднему значению числа его отказов в течение этой наработки); параметр потока отказов (отношение среднего числа отказов автомобиля за малую наработку к значению этой наработки).

Долговечность — свойство автомобиля сохранять работоспособное состояние до наступления предельного значения при установленной системе технического обслуживания и ремонта. К основным показателям долговечности относятся средний ресурс (например, средняя наработка до капитального ремонта, средняя наработка от капитального ремонта до списания); гамма-процентный ресурс (наработка, в течение которой автомобиль не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью u , выраженной в процентах) и другие показатели.

Ремонтпригодность — свойство автомобиля, заключающееся в приспособленности его к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию (восстановлению) работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Это свойство охватывает

достаточно широкий круг требований к конструкции автомобиля, в том числе требование ремонтной технологичности. Под ремонтной технологичностью понимается такое конструктивное и технологическое формирование автомобиля, при котором учтена

необходимость обеспечения минимальных затрат труда и средств на ремонт при обеспечении назначенного ресурса за срок его службы.

Сохраняемость — свойство автомобиля сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения или транспортирования.

Ремонтпригодность автомобиля. Большинство современных автомобилей относятся к восстанавливаемым техническим устройствам. Это значит, что уже при создании предполагается, что поддержание их в работоспособном состоянии будет достигаться за счет периодического технического обслуживания и ремонта. Успешное и качественное выполнение этих работ в значительной степени зависит от приспособленности подвижного состава автомобильного транспорта к их проведению в конкретных условиях использования автомобиля, т. е. от ремонтпригодности.

Ремонтпригодность представляет собой одно из четырех частных свойств комплексной характеристики автомобилей, называемой надежностью, и она тесно связана с другими его свойствами: безотказностью, долговечностью и сохраняемостью. Чем выше уровень безотказности, долговечности и сохраняемости, тем меньше затраты времени, труда и средств на поддержание и восстановление работоспособности автомобилей и тем выше, следовательно, ремонтпригодность.

Свойства ремонтпригодности создаются в процессе проектирования и изготовления автомобилей, а реализуются в процессе их эксплуатации.

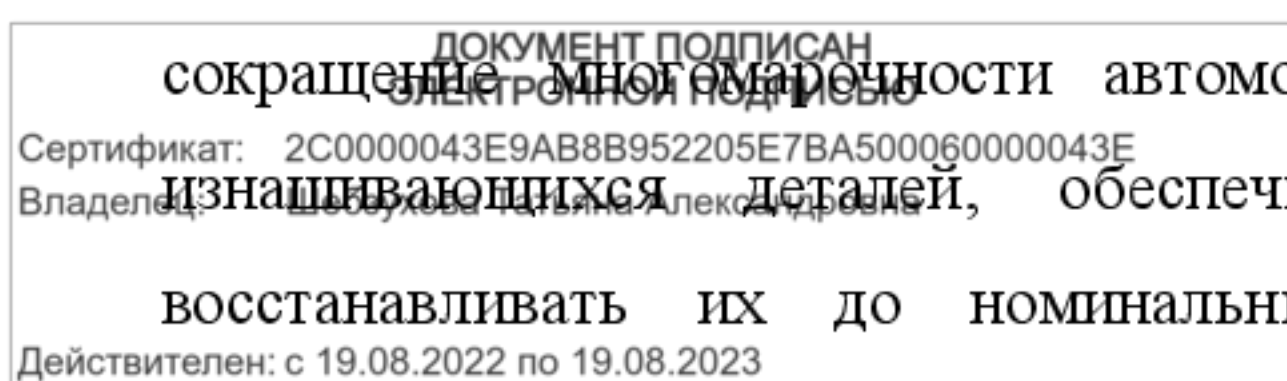
Конструкция автомобиля является ремонтпригодной, если при минимальных затратах на проектирование и изготовление она обеспечивает следующие требования: максимальные межремонтную наработку и периодичность обслуживания; минимальное время пребывания автомобиля в обслуживании и ремонте;

минимальные трудовые и материальные затраты на обслуживание и ремонт.

Для обеспечения этих требований автомобиль должен обладать следующими свойствами: контролепригодностью, доступностью, легкосъемностью, взаимозаменяемостью, стандартизацией и унификацией составных частей, восстанавливаемостью составных частей, преемственностью технологических процессов, эргономичностью характеристик изделий, безопасностью выполнения обслуживания и ремонта.

Улучшение ремонтпригодности обеспечивают следующие мероприятия:

сокращение многомарочности автомобилей; применение материалов и конструкций износостойких деталей, обеспечивающих заданный ресурс и позволяющих восстанавливать их до номинальных или ремонтных размеров; использование



взаимозаменяемости, унификации и стандартизации деталей и сборочных единиц; наличие в быстроизнашиваемых соединениях регулировочных устройств, компенсаторов и легкозаменяемых деталей; диагностика агрегатов без снятия с автомобиля; сохранение на деталях, подлежащих восстановлению, защищенных от повреждений технологических баз, обеспечивающих их многократное использование.

Для совершенствования ремонтпригодности автомобилей необходимо кроме общих требований иметь систему количественных показателей для оценки достигнутого уровня ремонтпригодности нового автомобиля по сравнению с предыдущей или аналогичной моделью. Количественную оценку ремонтпригодности производят по следующим показателям: *вероятность восстановления работоспособного состояния*, т.е. вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния изделия не превысит заданного значения; *среднее время восстановления работоспособного состояния* — математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния; *средняя трудоемкость восстановления работоспособного состояния*, т.е. математическое ожидание суммарных трудозатрат на ремонты за определенный период эксплуатации автомобиля.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа № 3

Цель занятия – Изучить организационно-технологические основы производства автомобилей

Содержанием занятия:

- 1) Характеристика автомобильных производств
- 2) **Производственный и технологические процессы и их элементы**
- 3) **Организация производственных процессов автомобильных производств**

Контрольные вопросы:

- 1) Охарактеризуйте классификационные категории автомобильных производств.
- 2) Какие характеристики используются для оценки автомобильных производств?
- 3) Чем различаются единичное, серийное и массовое производства?
- 4) Назовите элементы производственного и технологического процессов.
- 5) Каковы формы организации автомобильных производств?
- 6) Что включают в себя оборудование и организационная оснастка?

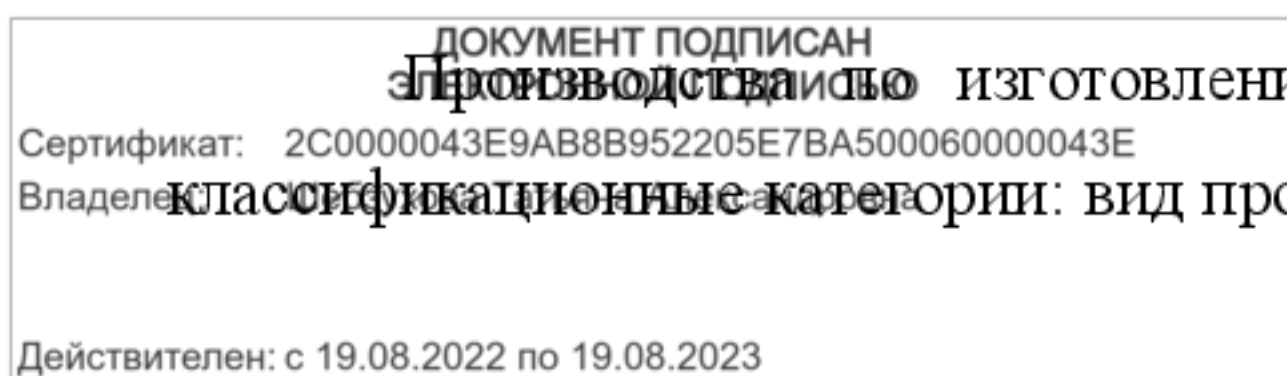
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

3.1. Характеристика автомобильных производств

Под технологической подготовкой производства (ТПП) понимают совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства, которая предусматривает наличие на предприятии конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для выпуска заданного объема продукции с установленными технико-экономическими показателями. ТПП осуществляют в соответствии с требованиями стандартов и положений Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП).

Система организации и управления процессом ТПП предусматривает применение прогрессивных технологических процессов, стандартного оборудования и технологической оснастки, средств механизации и автоматизации процессов, инженерно-технических и управленческих работ. Основные положения и правила организации и управления процессом ТПП регламентированы ЕСТПП.

Производство по изготовлению и ремонту изделий подразделяются на две классификационные категории: вид производства и тип производства.



Вид производства — классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия (литейное, сварное, штамповочное, окрасочное и т.п.).

Тип производства — классификационная категория, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции.

Характеристиками автомобильных производств являются такт и ритм выпуска, объем и программа выпуска, производственная мощность, производственный цикл и производственная партия.

Такт — интервал времени, через который производится выпуск изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений.

Ритм выпуска — количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, выпускаемых в единицу времени.

Объем выпуска продукции — количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием в течение планируемого периода времени.

Программа выпуска продукции — установленный для данного предприятия перечень изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени.

Производственная мощность — расчетный максимально возможный в определенных условиях объем выпуска изделий в единицу времени.

Производственный цикл — интервал времени от начала до окончания производственного процесса изготовления или ремонта изделия. **Производственная партия** — предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени, при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию.

Основной технологической характеристикой типа производства

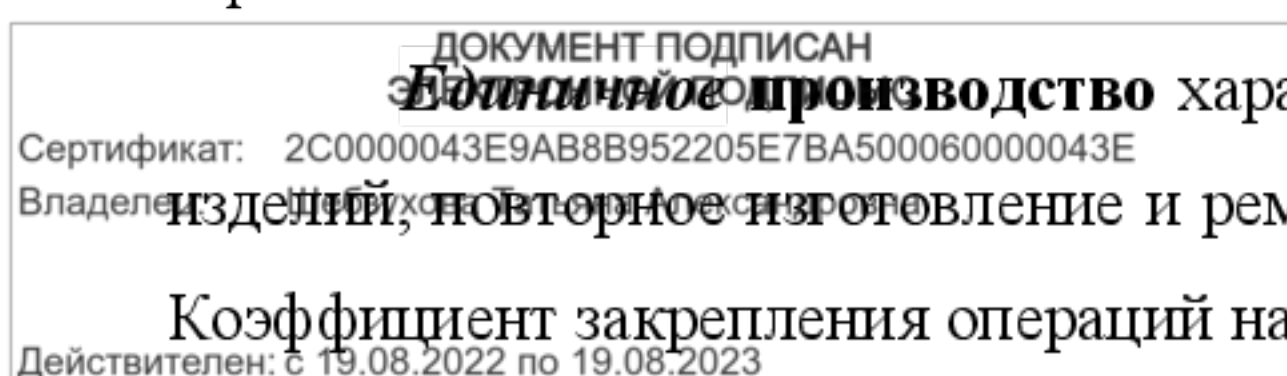
является **коэффициент закрепления операций** $K_{з.о}$, определяемый отношением числа всех технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение

месяца, к числу рабочих мест. Коэффициент $K_{з.о} = O/PM$, где O — число операций, выполненных в течение месяца; PM — число рабочих мест.

Предприятия различают по типам производства. Производство бывает единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются.

Коэффициент закрепления операций на таком производстве более 40.



Особенностями единичного производства являются применение универсального оборудования, приспособлений и инструмента; размещение оборудования группами по видам станков (токарные, шлифовальные, фрезерные и др.); наиболее длительный производственный цикл изготовления или ремонта изделий.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от числа изделий в партии и

значения $K_{з.о}$ различают мелко-, средне- и крупносерийное производства. Коэффициент закрепления операций принимается следующим: для мелкосерийного производства

$K_{з.о} = 21 \dots 40$, для среднесерийного $K_{з.о} = 11 - 20$, для крупносерийного $K_{з.о} = 2 \dots 10$.

В мелкосерийном производстве применяют универсальное оборудование со специальными приспособлениями и инструментом. Для средне- и крупносерийного производства характерно использование поточного метода.

Особенностями серийного производства являются необходимость переналадки станков с одной операции на другую, так как на одном рабочем месте может выполняться несколько операций; расположение оборудования по потоку (крупносерийное производство) или по групповому признаку — группы токарных, фрезерных и других станков (мелкосерийное); наличие межоперационного складирования обрабатываемых заготовок; большой грузопоток по сравнению с массовым производством; более длинный производственный цикл изготовления или ремонта изделия.

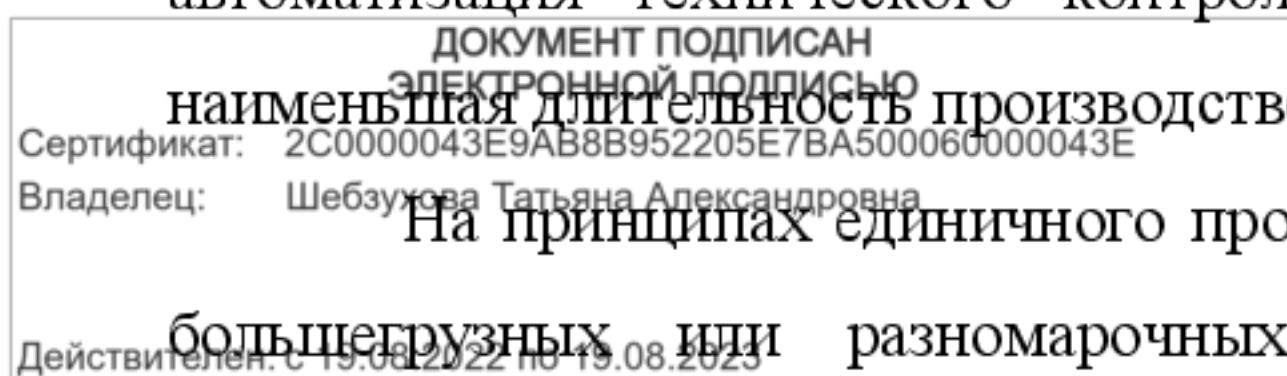
Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о} = 1$. Закрепление за рабочим местом одной технологической операции позволяет применять конвейеры, специализированное оборудование, механизировать и автоматизировать трудоемкие процессы. Требования к квалификации рабочих при этом существенно снижаются.

Особенностями массового производства являются расположение оборудования в последовательности выполнения операций; применение высокопроизводительного оборудования, специальных приспособлений и инструмента; широкое использование транспортных устройств передачи заготовок вдоль поточных линий; механизация и автоматизация технического контроля; короткие грузопотоки на линии обработки;

наименьшая длительность производственного цикла.

На принципах единичного производства осуществляются изготовление и ремонт большегрузных или разномарочных автомобилей, а также специализированного



прицепного состава автомобильного транспорта. Серийное производство характерно для изготовления и ремонта основных моделей автомобилей и агрегатов в условиях специализированных предприятий. К массовому производству относятся предприятия, специализирующиеся на изготовлении и ремонте автомобильной продукции с большим установившимся объемом выпуска.

3.2. Производственный и технологические процессы и их элементы

На автомобильных предприятиях при производстве или ремонте автомобилей выполняют разнообразные действия (процессы), которые объединены в производственный процесс (рис. 3.1).

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

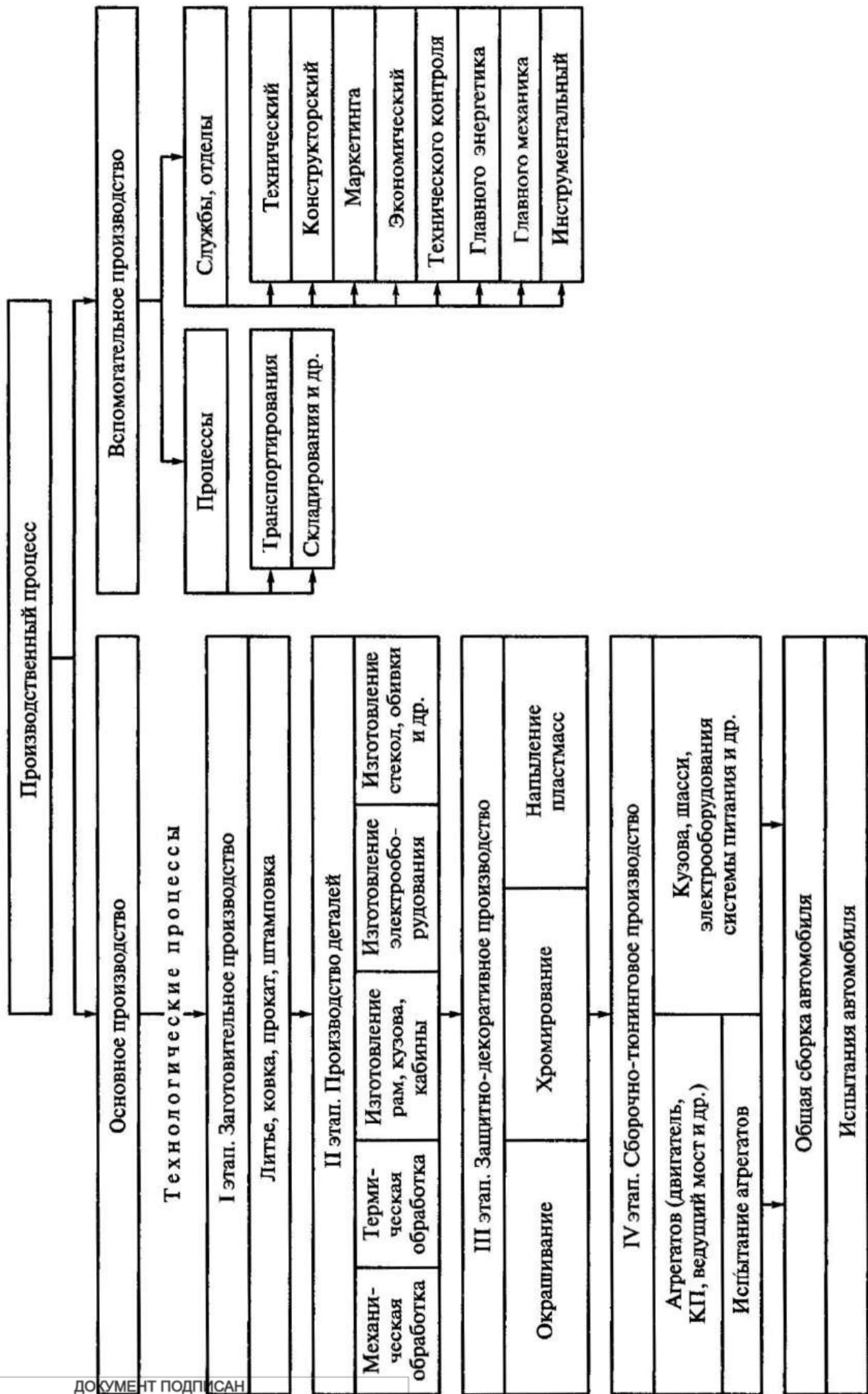


Рис. 3.1. Схема производственного процесса изготовления автомобиля

Производственный процесс — совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления и ремонта выпускаемых изделий.

В производственный процесс входят основные технологические процессы, связанные с обработкой исходных материалов для получения готовых изделий и вспомогательные процессы, объединяющие производство инструмента, приспособлений, ремонт оборудования, транспортирование материалов и деталей, складские операции и др.

Технологический процесс — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и последующему определению состояния предмета труда.

Технологический процесс может быть направлен на изменение состояния изделия, его составной части или методов обработки, формообразования и сборки. К предметам труда относят заготовки и изделия. В ходе технологического процесса достигается изменение формы, размеров, свойств материала или элементов изделия для получения изделия с нужными техническими требованиями. Бывают технологические процессы механической и термической обработки, сборки, разборки, мойки, окраски, испытаний и др.

Технологические процессы подразделяются на операции.

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

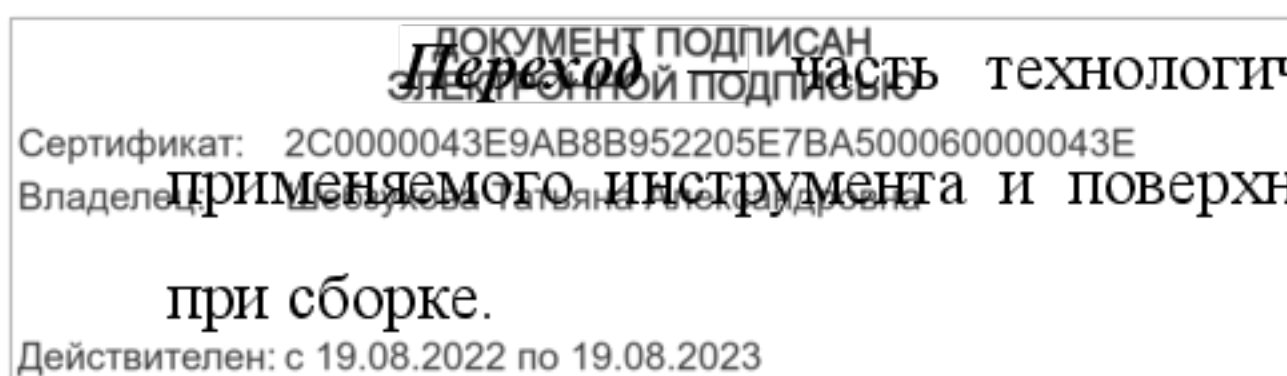
В организационном отношении операция является основой для планирования производственного процесса, так как по ней определяются его трудоемкость или станкоемкость, необходимое количество рабочих по квалификациям и др. Операция характеризуется технологическим циклом, определяемым интервалом времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно обрабатываемых изделий.

Операция выполняется с одним или несколькими установками обрабатываемого изделия на оборудовании.

Установ — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Для технического нормирования операцию или установ подразделяют на переходы.

Переход — часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке.



Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека или оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей, но необходимы для выполнения перехода. Переход выполняется за один или несколько рабочих ходов, непосредственно следующих друг за другом.

Рабочий ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей или свойств заготовки.

Вспомогательный ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей или свойств заготовки, но необходимого для выполнения рабочего хода.

Разделение операции на перечисленные элементы необходимо для технического нормирования и анализа ее выполнения.

В зависимости от организации процесса технологические операции бывают типовыми и групповыми. Типовая операция характеризуется единством содержания и последовательности технологических переходов для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Групповая операция — операция совместного изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

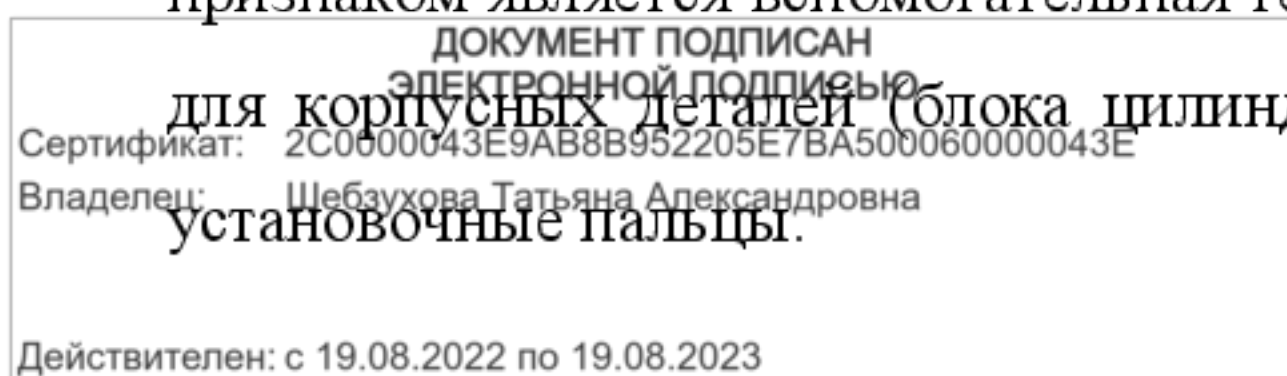
3.3. Организация производственных процессов автомобильных производств

Формы организации производств. При выпуске автомобильной продукции в зависимости от формы организации технологических операций применяют поточное или групповое производство.

Поточное производство характеризуется расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций процесса и определенным интервалом выпуска изделий.

Групповое производство характеризуется совместным изготовлением или ремонтом групп изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Например, для валов (коленчатых, распределительных и др.) общим признаком является вспомогательная технологическая база в виде центровых отверстий, а

для корпусных деталей (блока цилиндров, картера) — плоскость и два отверстия под установочные пальцы.



Технологические операции выполняются на рабочих местах.

Рабочее место — элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители работы, технологическое оборудование, часть конвейера, а также на ограниченное время оснастка и предметы труда. Рабочие места различают универсальные и специализированные, а в условиях массового и крупносерийного производства рабочие места объединяют в поточные линии.

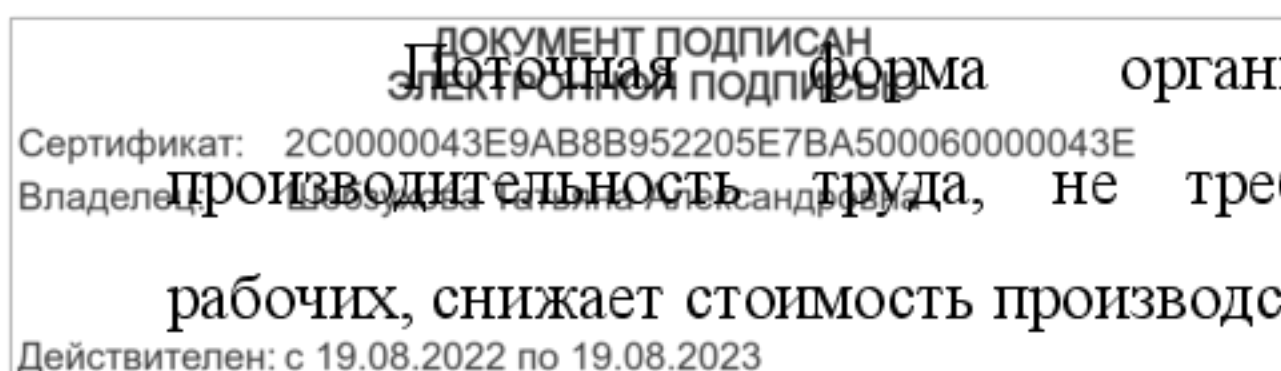
Универсальные рабочие места используют в случае, когда производственная программа данного типа изделий мала, а их конструкция не допускает обезличивания составных частей при ремонте. Универсальные рабочие места применяются в условиях единичного и мелкосерийного производства, когда весь объем работ от начала до конца выполняется одной бригадой рабочих. Детали, требующие при изготовлении или ремонте специального оборудования (термического, окрасочного и т.п.), которого нет на универсальном рабочем месте, направляют на соответствующие участки.

Недостатками такой формы организации являются длительный производственный цикл, потребность в высококвалифицированных кадрах и высокая стоимость. Положительной стороной считается простота организации работ.

Специализированное рабочее место предназначено для изготовления или ремонта одного изделия или группы изделий при общей наладке и отдельных подналадках в течение длительного интервала времени. Производство на таких рабочих местах организуется в условиях средне- и крупносерийного производства. При такой организации работ на каждом рабочем месте выполняют обработку одного узла или совокупность заранее определенных технологических операций, что повышает производительность, снижает требуемый уровень квалификации рабочих и стоимость обработки.

Поточные линии являются наиболее совершенной формой организации работы и используются в крупносерийном и массовом производстве. При этой форме организации производства операции закрепляются за рабочими местами, расположенными в последовательности технологического процесса обработки. Перемещение объектов осуществляют непрерывно или с перерывом через некоторые промежутки времени, соответствующие такту выпуска. Поточное производство требует ритмичной работы всех рабочих мест и бесперебойного функционирования всех производственных подразделений предприятия, обслуживающих поточные линии.

Поточная форма организации работ обеспечивает наивысшую производительность труда, не требует использования высококвалифицированных рабочих, снижает стоимость производства и ремонта автомобильных изделий.



Технологическое оборудование и организационная оснастка производства.

Оснащение рабочих мест выполняется по результатам изучения технической документации на выполняемые работы и включает в себя технологическое оборудование и организационную оснастку.

Количество и номенклатуру средств *технологического оборудования* и оснастки на рабочем месте определяют исходя из состава работ по принятому технологическому процессу. Технологическое оснащение включает в себя оборудование и оснастку, измерительный, режущий, монтажный и вспомогательный инструмент, а также технологическую документацию. Средства технологического оснащения на рабочем месте размещают в удобном для работы порядке.

Организационная оснастка включает в себя устройства для хранения и размещения используемых при работе инструмента, приспособлений, документации и предметов ухода за рабочим местом; устройства для временного размещения на рабочем месте заготовок, деталей, узлов и агрегатов; устройства для обеспечения удобной рабочей позы и безопасных условий труда; средства для поддержания чистоты, порядка и обеспечения благоприятных условий труда; светильники для местного освещения, местные вентиляционные и пылеотсасывающие устройства и пр.; подъемные механизмы и устройства для межоперационного транспортирования изделий.

Количество и номенклатура организационной оснастки должны обеспечивать непрерывность, высокую производительность и удобство работы.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа № 4

Цель занятия – изучить базирование деталей.

Содержание занятий:

- 1) Базирование и виды баз
- 2) **Правила выбора баз**
- 3) **Станочные приспособления и их элементы**
- 4) **Проектирование приспособлений**

Контрольные вопросы:

- 1) Что такое базирование? Назовите виды баз.
- 2) В чем состоит сущность базирования деталей по правилу шести точек?
- 3) Назовите и охарактеризуйте правила выбора баз.
- 4) Как поступают в случаях несовпадения баз?
- 5) Дайте классификацию станочным приспособлениям.
- 6) Какие установочные элементы используются в приспособлениях?
- 7) Какие элементы используются для ориентации инструмента на станках?
- 8) Охарактеризуйте зажимные элементы и механизмы приспособлений.
- 9) Что относится к вспомогательным элементам приспособлений и корпусам?
- 10) Какова последовательность проектирования приспособлений?

БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

4.1. Базирование и виды баз

Для обеспечения определенного положения обрабатываемой заготовки на столе станка или в приспособлении решают задачу ее базирования с заданной точностью. Аналогичная задача стоит при выполнении сборочных работ, когда необходимо соединить с требуемой точностью детали и сборочные элементы.

Базирование — это придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат, а **база** — это поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, осей, точек, принадлежащих заготовке или изделию, используемые для базирования.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Проектирование процессов обработки и сборки, а также расчет погрешностей связаны непосредственно с выбором баз. Классификация баз предусматривает подразделение их по назначению, лишаемым степеням свободы и характеру проявления.

По назначению базы бывают проектные, конструкторские, технологические и измерительные.

Проектными называют базы, выбранные при проектировании изделия, технологического процесса изготовления или ремонта. При проектировании изделия определяют расчетное положение детали относительно других элементов изделия, а при проектировании технологического процесса — расчетное положение обрабатываемой заготовки относительно других элементов технологической системы, т.е. относительно режущего инструмента, приспособления и станка. Проектные базы на чертежах представляют в виде геометрических элементов (оси отверстий и валов, плоскости симметрии, биссектрисы углов и др.).

Конструкторскими называют базы, используемые для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. При сборке изделия сопрягают конструкторские базы его элементов. Таким образом, конструкторские базы являются реальными поверхностями элементов изделия.

Конструкторские базы различают основные и вспомогательные. Основная конструкторская база детали или сборочной единицы используется для определения их положения в изделии. Вспомогательная конструкторская база детали или сборочной единицы используется для определения положения присоединяемого к ним изделия. Например, при сборке маховика и коленчатого вала двигателя положение маховика вначале устанавливают по двум установочным пальцам (вспомогательная база), а затем крепят с помощью резьбового соединения (основная база).

Технологическими называют базы, используемые для определения положения заготовки или изделия в процессе их изготовления или ремонта. При установке заготовки или сборочной единицы в приспособление технологическими базами являются поверхности заготовки или сборочной единицы, находящиеся в непосредственном контакте с установочными элементами приспособления. Различают основные и вспомогательные технологические базы.

Основные технологические базы — это поверхности, которые являются неотъемлемым элементом конструкции детали и выполняют определенную роль при ее работе в изделии. Например, внутренний диаметр цилиндрической шестерни и один из ее торцов, используемые для базирования при нарезании наружных зубьев, являются

основными технологическими базами, так как по этим же поверхностям устанавливают шестерню при сборке изделия.

Вспомогательные базы — это поверхности, специально создаваемые на детали исходя из технологических соображений, для работы детали в изделии они не нужны. В качестве вспомогательных технологических баз используют центровочные отверстия валов, два установочных отверстия на заготовках корпусных деталей, внутренний центрирующий поясok и торец юбки поршня двигателя, специальные приливы для удобства установки и закрепления отливок и др. Возможность создания вспомогательных баз должна быть предусмотрена в конструкции детали.

Измерительными называют базы, используемые для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения. Их также применяют для отсчета размеров при обработке заготовки (сборке изделия) или для проверки взаимного положения поверхностей детали (элементов изделия). В качестве измерительных баз используют плоскости столов станков, линии и точки, принадлежащие изготавливаемым деталям. Например, при контроле отклонений от параллельности деталей в качестве измерительной базы принята плоскость стола.

Для ориентации заготовки в приспособлении или на станке необходимо выбрать необходимое количество и расположение базирующих поверхностей. Обрабатываемая деталь, как и всякое тело, в пространстве имеет шесть степеней свободы: три возможных перемещения вдоль взаимно-перпендикулярных осей координат X , Y и Z (рис. 4.1, **дать рисунок**) и три возможных вращения относительно этих же осей. Для правильной ориентации заготовки в приспособлении необходимо и достаточно иметь шесть опорных точек, расположенных определенным образом на поверхности детали. Отсюда вытекает известное правило базирования деталей по шести опорным точкам, т.е. правило шести точек. Таким образом, для лишения заготовки всех шести степеней свободы необходимы шесть неподвижных опорных точек, расположенных в трех перпендикулярных плоскостях. Такая заготовка не сможет перемещаться и вращаться относительно всех координатных пространственных осей (X , Y и Z).

По лишаемым степеням свободы базы подразделяют на установочную **I**, направляющую **II** и опорную **III**. Установочная база используется для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих их трех степеней свободы — перемещения

вдоль одной координатной оси OZ и поворотов вокруг двух других осей OX и OY .

Направляющая база используется для наложения на заготовку или изделие связей,

лишающих их двух степеней свободы — перемещения вдоль одной координатной оси OY .

и поворота вокруг другой оси OZ . Опорная база используется для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих их одной степени свободы — перемещения вдоль одной координатной оси OX .

Иногда используют дополнительные базы по лишаемым степеням свободы: двойную направляющую и двойную опорную. Двойную направляющую базу используют для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих их четырех степеней свободы — перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей, а двойную опорную базу — связей, лишающих их двух степеней свободы — перемещений вдоль двух координатных осей.

При механической обработке заготовок следует принять схему базирования, т. е. схему расположения опорных точек на базах. Каждая опорная точка символизирует одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат. Все точки на схеме базирования изображают условными знаками и нумеруют, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество точек. При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображают одну точку и около нее проставляют номера совмещенных точек (рис. 4.1, б **привести рисунок**).

Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на них нужно наложить шесть двухсторонних геометрических связей. Если изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимают. Например, заготовка, закрепленная в трех- кулачковом патроне токарного станка, лишена пяти степеней свободы. Одна степень свободы — вращение вокруг оси — оставлена для обеспечения процесса обработки.

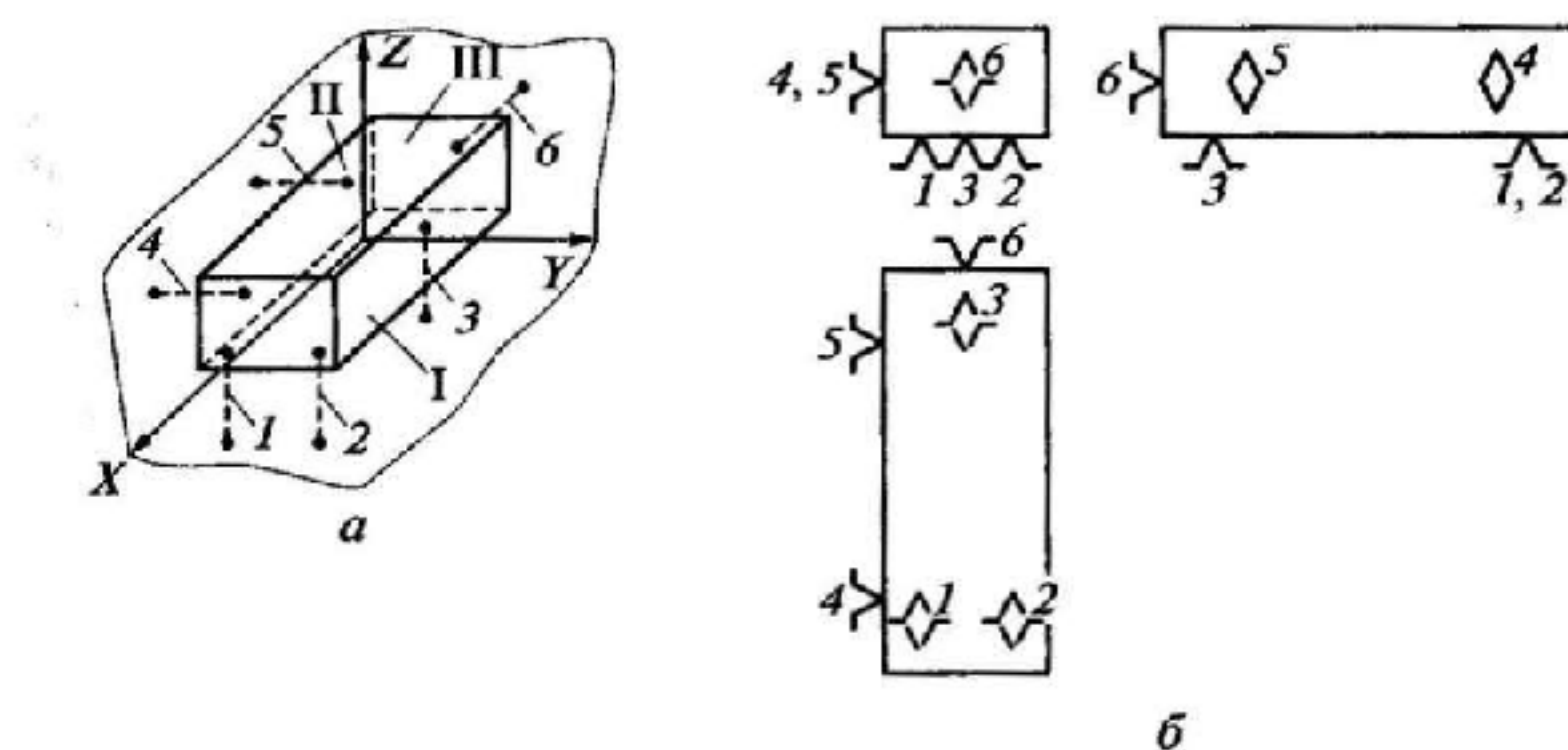


Рис. 4.1. Базирование призматической детали: а — комплект баз и связи опорных

точек (7 — 6) с плоскостями базирования; б — схема расположения опорных точек на базах, I, II, III — базы (плоскости) соответственно установочная, направляющая и опорная

По характеру проявления различают базы скрытые (воображаемая плоскость, ось или точка) и явные (реальные поверхности детали). Скрытые базы используют, если необходимо определить положение заготовки (детали) с помощью плоскостей симметрии, оси или пересечения осей.

По месторасположению в процессе обработки (сборки) технологические базы подразделяют на черновые (первичные), промежуточные и чистовые (окончательные).

В процессе изготовления или восстановления деталей схемы базирования меняются из-за изменения баз. Замену одних баз другими проводят с сохранением их принадлежности к технологическим, измерительным и конструкторским базам.

4.2. Правила выбора баз

При базировании возникают погрешности, оцениваемые отклонениями фактически достигнутого положения заготовки или изделия от требуемого.

Для обеспечения заданной точности механической обработки необходимо соблюдать следующие правила выбора баз: в качестве черновых баз принимаются поверхности, которые впоследствии не обрабатываются; черновая база принимается один раз и на первом установе; при обработке деталей по всем поверхностям в качестве черновой базы принимаются поверхности с наибольшим припуском на обработку; не следует за черновую базу принимать поверхности, имеющие большие штамповочные или литейные уклоны. Для повышения точности установки детали выполняют следующие правила: в качестве базовых поверхностей используют поверхности наибольшей протяженности; технологические базы выбирают так, чтобы обеспечить заданную жесткость установки и отсутствие деформаций детали от усилий зажима и сил, возникающих в процессе обработки; размеры технологических баз при необходимости увеличивают или предусматривают специальные вспомогательные базы; в качестве чистовых баз используют обработанные поверхности детали, которые определяют ее положение при работе в изделии; при выборе измерительных баз используют поверхности, являющиеся конструкторскими базами. Наибольшей точности обработки можно достигнуть при соблюдении принципов совмещения и постоянства баз.

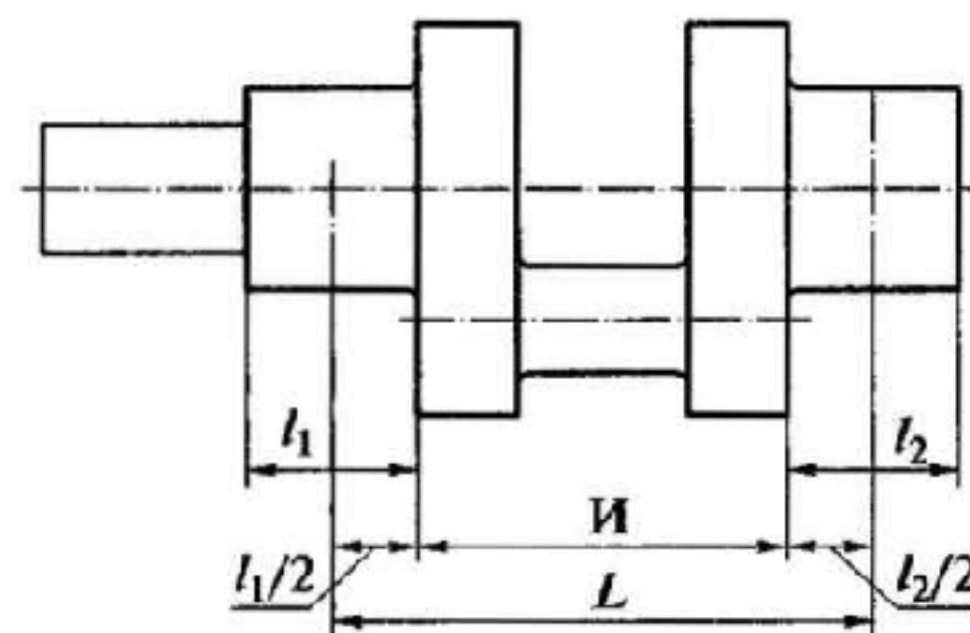
Принцип совмещения технологической, измерительной и конструкторской баз позволяет повысить точность изготовления изделий и состоит в том, что в качестве конструкторской базы при сборке используют базу, являющуюся технологической при обработке и одновременно измерительной. Возможность совмещения технологической, измерительной и конструкторской баз следует учитывать в процессе проектирования изделия и при разработке технологического процесса.

Принцип постоянства баз предусматривает выполнение всех операций обработки детали на одной и той же базе. Каждый переход от одной базы к другой увеличивает погрешность от установок. Для соблюдения принципа постоянства на деталях создают вспомогательные технологические базы, не имеющие конструктивного назначения: центровые отверстия в валах, отверстия в корпусных деталях и др.

Если по условиям обработки не удастся выдержать принцип постоянства базы, то в качестве новой базы принимают наиболее точно обработанную поверхность, обеспечивающую жесткость установки заготовки. Если принятая база не является измерительной, то пересчитывают допуски на получаемый размер с учетом появляющейся погрешности базирования и снижают допуск на размер, определяющий положение новой технологической базы относительно измерительной.

Пересчет допуска в случае несовпадения баз проводят на основе анализа размерных связей с вновь принятыми базами. Проектной базой коленчатого вала двигателя является расстояние L между серединами длин коренных шеек (рис. 4.2), имеющее допуск δ_L . Размеры длин коренных шеек l_1 и l_2 должны быть выдержаны соответственно с допусками δ_{l_1} и δ_{l_2} . При изготовлении вала расстояние L может быть определено путем измерения расстояния I , т.е. проектная база, проставленная конструктором в виде осевых линий, заменяется новым контролируемым размером I .

Рис. 4.2. Схема размерных связей при несовпадении баз



На этот измеряемый размер назначают допуск, который обеспечивает соблюдение заданного конструктором допуска δ_L на размер L . Размерная цепь, определяющая рассматриваемую совокупность баз и конструктивных элементов кривошипа коленчатого вала, имеет вид $L = l_1/2 + I + l_2/2$. Тогда контролируемый размер $I = L - (l_1/2 + l_2/2)$. Представив данное уравнение в виде допусков на

соответствующие размеры, получим

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$\delta_I = \delta_L - \left(\frac{\delta_{l_1} + \delta_{l_2}}{2} \right).$$

Таким образом, установленный конструктором допуск δ_L на длину кривошипа L при контроле данного размера в соответствии с принятой измерительной базой должен

быть снижен на величину $\frac{\delta_{I_1} + \delta_{I_2}}{2}$.

4.3. Станочные приспособления и их элементы

Приспособление — техническое устройство, присоединяемое к оборудованию или используемое самостоятельно для установки, базирования, закрепления предметов производства или инструмента при выполнении технологических (контрольных, регулировочных, испытательных, транспортных и др.) операций.

Все многообразие конструкций приспособлений подразделяют на группы и подгруппы по следующим признакам:

- **по целевому назначению:** станочные для установки (закрепления) изделий на оборудовании — токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные и др.; станочные для установки инструментов — патроны, зажимы, оправки и др.; сборочные; контрольные; транспортно-кантовальные;
- **по степени специализации:** универсальные, специализированные, специальные;
- **по источнику энергии привода:** пневматические, пневмогидравлические, гидравлические, электромеханические, магнитные, вакуумные, инерционные;
- **по степени использования энергии неживой природы:** ручные, механизированные, полуавтоматические, автоматические;
- **по организационно-техническим условиям** системы технологической оснастки: универсально-наладочные (УНО), универсально-сборочные (УСО), универсально-безналадочные (УБО), сборно-разборные (СРО), специализированные наладочные (СНО), неразборные специальные (НСО).

Все многообразие приспособлений сводится к единой структуре, включающей в себя следующие основные группы элементов: установочные для детали, установочные и направляющие для инструмента, зажимные, вспомогательные, корпуса.

Установочные элементы (опоры). К установочным элементам предъявляют следующие требования: число и расположение этих элементов должно обеспечивать необходимую ориентацию заготовки согласно схеме базирования и достаточную устойчивость в приспособлении; для уменьшения влияния шероховатости и неровностей черновых баз установочные элементы выполняют с ограниченной опорной поверхностью;

при установке изделий на чистовые базовые поверхности установочные элементы должны быть жесткими, износостойкими и сохранять заданную точность установки.

Базирование изделия на установочные элементы осуществляют по плоскостям, с применением точечных неподвижных опор. При установке деталей на необработанные базовые поверхности используют постоянные опоры с рифленой (рис. 4.3, *а*) и сферической

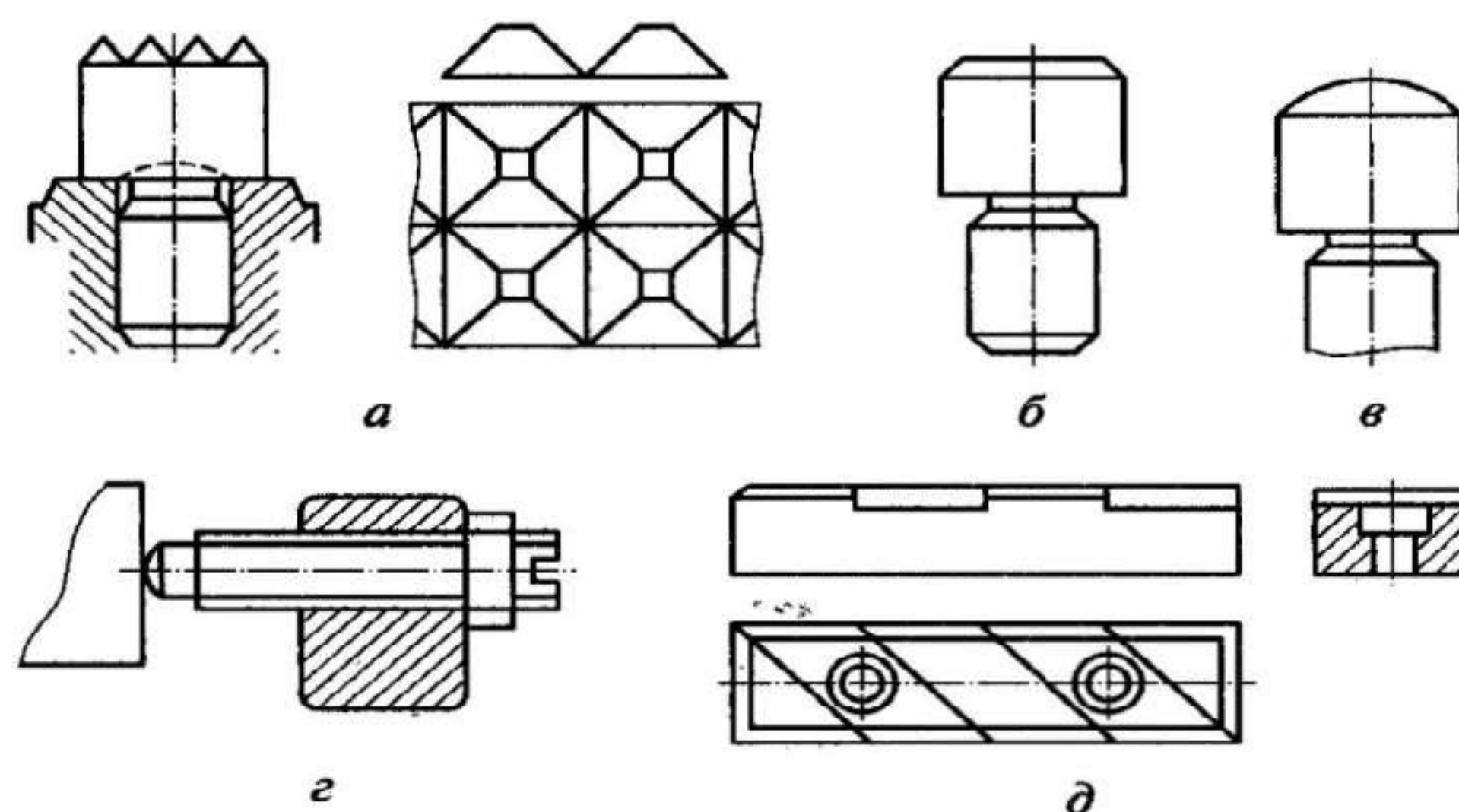


Рис. 4.3. Опоры для установки деталей на плоские поверхности: *а* — с рифленой головкой; *б* — с плоской головкой; *в* — со сферической головкой; *г* — регулируемые; *д* — опорные пластины

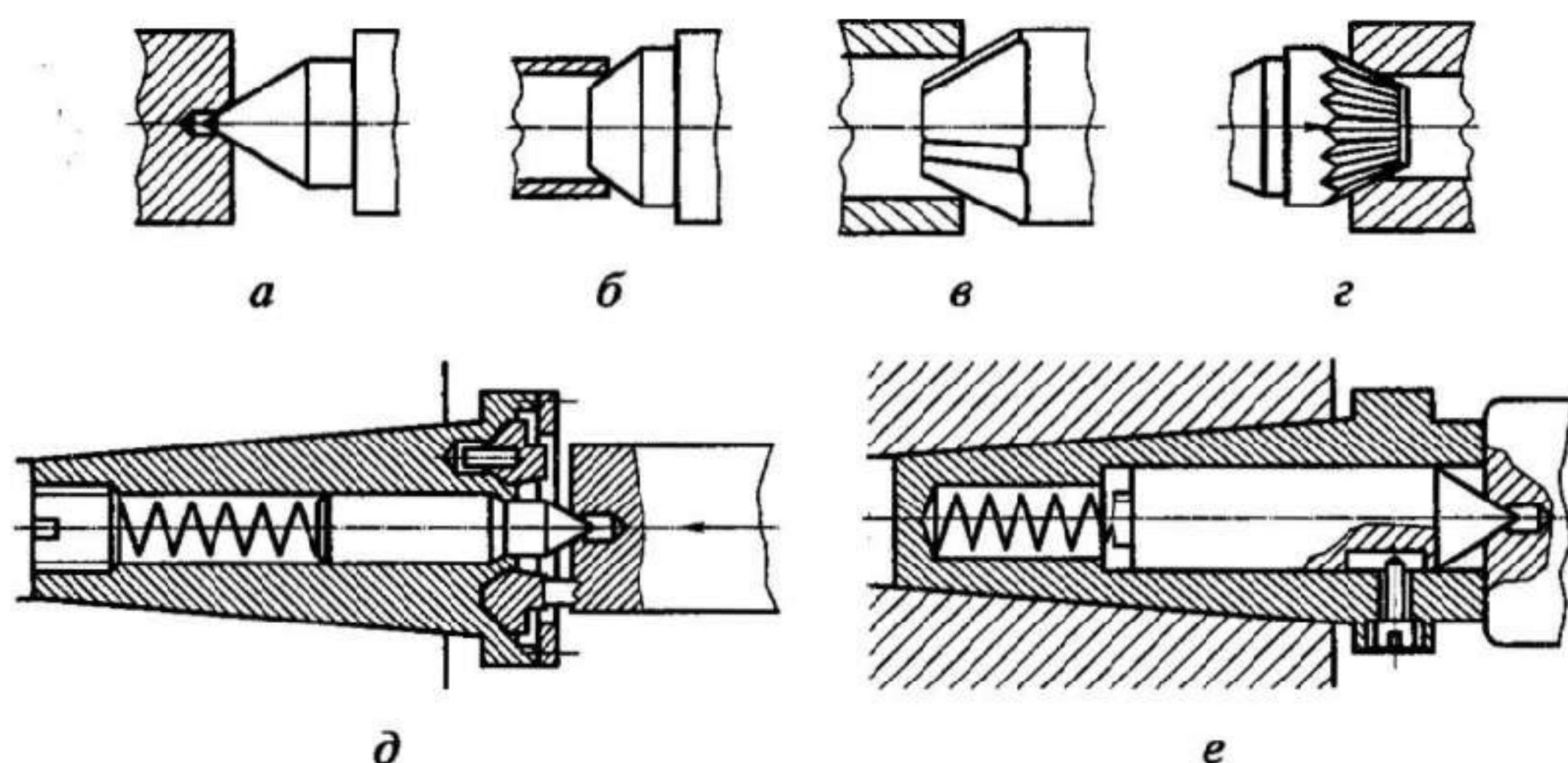


Рис. 4.4. Центры: *а* — жесткий; *б* — срезанный; *в* — специальный с тремя узкими ленточками на кромке отверстия детали; *г* — поводковый, передающий крутящий момент от вдавливания рифленой поверхности при приложении к центру осевой линии; *д* — поводковый, передающий момент через рифления, вдавливаемые в торцевую плоскость детали; *е* — плавающий передний

головками (рис. 4.3, *в*), а также регулируемые опоры (рис. 4.3, *г*). Установку деталей с использованием чистовых баз, осуществляют на опоры с плоской головкой (рис. 4.3, *б*) и опорные пластины (рис. 4.3, *д*); по центровым отверстиям — на центровые гнезда и конические фаски (рис. 4.4); по внешним цилиндрическим поверхностям — в призмы, втулки, цанги, кулачки патронов и подобные установочные и установочно-зажимные элементы; по внутренним цилиндрическим поверхностям — на цилиндрические и срезанные пальцы, сухари, оправки жесткие и разжимные, кулачки разжимных устройств и другие элементы; по профильным поверхностям зубьев шестерен, шлицов и других — с помощью роликов, шариков и т.д.

Зажимные элементы и механизмы приспособлений. Зажимные механизмы (ЗМ) предназначены для надежного и стабильного закрепления, предупреждающего вибрацию и смещение изделий относительно опор приспособления при выполнении операций, а также для обеспечения требуемой точности.

Зажимные механизмы должны отвечать следующим требованиям: силы закрепления должны соответствовать силам резания, тяжести и инерции; закреплять точные и нежесткие детали следует так, чтобы не деформировать и не повреждать обрабатываемые поверхности; они также должны иметь защиту от загрязнений, быть удобными в работе, обслуживании и ремонте; состоять из стандартных, унифицированных и нормализованных деталей и сборочных единиц.

Зажимные механизмы (устройства) в зависимости от конструкции бывают элементарные (кулачковые, винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные) и сложные, состоящие из элементарных устройств, соединенных в определенном порядке.

В зависимости от упругих характеристик различают два типа ЗМ: самотормозящие механизмы, имеющие прямую зависимость между приложенной силой и упругим перемещением (винтовые, клиновые, эксцентриковые и т.п.); механизмы, имеющие сложную зависимость между приложенной силой и упругими перемещениями (пневматические, пневмогидравлические прямого действия).

Винтовые зажимные механизмы находят широкое применение в приспособлениях вследствие простоты и компактности конструкции, широкого использования стандартизованных деталей, возможности создания значительных зажимных усилий при сравнительно небольшом моменте на приводе, способности к самоторможению и т. п. Однако сравнительно большое время срабатывания ручных

винтовых ЗМ и нестабильность сил закрепления ограничивают их применение при обработке нежестких деталей и в условиях крупносерийного производства.

Номинальный диаметр винта d зажимного механизма определяют по формуле $d = C \sqrt{P_z / \sigma_b}$, где C — коэффициент вида резьбы (для метрической резьбы $C = 1,4$); P_z — силы закрепления, Н; σ_b — допускаемое напряжение растяжения или сжатия (для стали 45 $\sigma_b = 80 \dots 100$ МПа).

Эксцентрикковые зажимные механизмы отличаются простотой и компактностью конструкции, широким использованием стандартизованных деталей, возможностью получения больших сил P_z при небольшой силе на приводе, быстродействием и др. Недостатки таких устройств следующие: их не используют для закрепления нежестких изделий, сила закрепления нестабильна, в ходе эксплуатации быстро изнашиваются эксцентрикковые кулачки.

В состав эксцентрикковых зажимных механизмов входят эксцентрикковые кулачки, опоры, цапфы, рукоятки и другие элементы. Существуют следующие типы кулачков: круглые, одиночные, сдвоенные, вильчатые и двухопорные.

Рассчитывают эксцентрикковые механизмы в следующем порядке: определяют ход, диаметр эксцентрика и эксцентриситет; подбирают стандартный эксцентрикковый кулачок; определяют длину рукоятки и другие элементы.

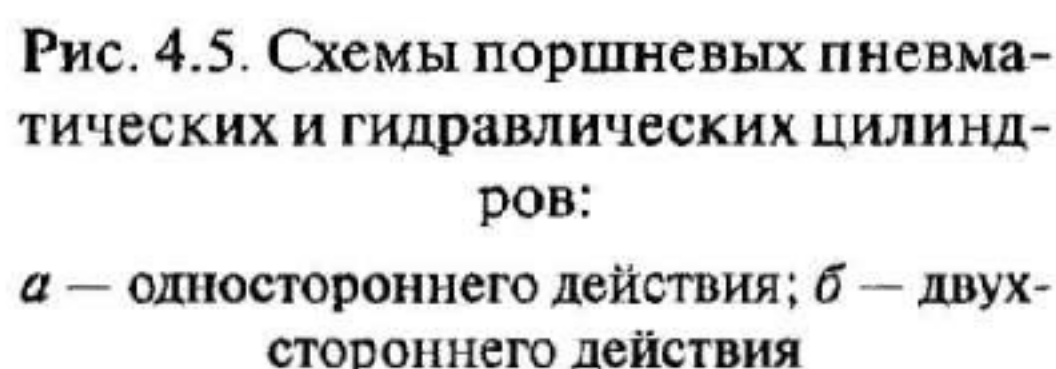
Ход кулачка h при угле поворота 130° определяют по формуле $h = \delta + \Delta + P_z / \gamma + \Delta h$, где δ — допуск на размер изделия; Δ — гарантированный зазор для установки изделия, $\Delta = 0,2 \dots 0,4$ мм; γ — жесткость эксцентриккового механизма, $\gamma = 9,8 \dots 19,6$ мН/м; Δh — запас хода с учетом износа и погрешности изготовления кулачка, $\Delta h = 0,4 \dots 0,6$ мм.

Рычажные и рычажно-шарнирные зажимные механизмы позволяют при относительной простоте получить большие усилия или перемещения, обеспечить постоянство P_z вне зависимости от размеров закрепляемой поверхности, закрепить деталь в труднодоступном месте. Эти ЗМ не рекомендуются для непосредственного закрепления нежестких изделий и не обладают свойством самоторможения. Как правило, рычажные ЗМ применяют с клиновыми, клиноплунжерными, эксцентрикковыми механизмами, а также с механизированными приводами.

Центрирующие установочно-зажимные механизмы применяют для установки и закрепления изделий по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям. К ним относят патроны (кулачковые, цанговые, мембранные) и другие устройства.

Пневматические приводы по сравнению с гидравлическими имеют преимущества: простота конструкции; доступность сжатого воздуха 0,3...0,6 МПа; быстродействие и др. Однако пневмоприводы не обеспечивают силу на штоке более 10 кН.

При расчете пневмоприводов по силе закрепления P_3 , равной усилию $P_{\text{ш}}$ на штоке цилиндра (рис. 4.5), определяют диаметр цилиндра D и другие конструктивные параметры. Диаметр $D = \sqrt{(P_3 + P_0 + jS)/(\pi p)} = 1,13\sqrt{(P_3 + P_0 + jS)/p}$ — для цилиндра одностороннего действия и $D = 1,13\sqrt{P_3/p}$ — для цилиндра двухстороннего действия, где P_0 — сила предварительного натяжения



При небольших ходах штока применяются мембранные цилиндры одностороннего действия пневмокамеры с диаметром 125...400 мм и с усилием на штоке 3,5...42 кН.

Гидравлические приводы по сравнению с пневматическими благодаря возможности использования рабочей жидкости под большим давлением (до 15 МПа) имеют меньший диаметр цилиндров, что уменьшает их габаритные размеры и массу привода. Такой привод состоит из источника подачи масла и гидродвигателя.

В качестве источника подачи масла применяют ручные рычажные, плунжерные и винтовые насосы (одно- или двухступенчатые, с цилиндрами низкого или высокого давления), а также шестеренные, лопастные или плунжерные насосы.

При силе на штоке $P_{ш}$ (см. рис. 4.5) и давлении рабочей жидкости $P_{ж}$ диаметр цилиндра одностороннего действия $D = 2\sqrt{(P_{ш} + P_{п})/(\pi P_{ж} \eta)}$; а диаметр цилиндра двухстороннего действия $D = 2\sqrt{P_{ш}/(\pi P_{ж} \eta)}$, где η — КПД привода, $\eta = 0,9 \dots 0,97$; $P_{п}$ — сила сопротивления возвратной пружины в крайнем рабочем положении, Н, $P_{п} = jS$.

По расчетному диаметру цилиндра принимают ближайший больший стандартный размер и определяют другие параметры привода.

Пневмогидравлические приводы универсальны, они не требуют использования насосной установки. Совмещение в одном устройстве пневматического и гидравлического цилиндров обеспечивает большее значение силы на штоке гидравлического цилиндра (по сравнению с пневматическим приводом), большую простоту и меньшую стоимость изготовления (по сравнению с гидравлическим приводом).

Пневмогидравлические преобразователи бывают одноступенчатые, прямого действия и двухступенчатые последовательного действия.

Привод с преобразователем давления прямого действия (рис. 4.6) основан на непосредственном преобразовании низкого давления сжатого воздуха в высокое давление рабочей жидкости (масла). Сжатый воздух поступает в пневмоцилиндр 4. Шток этого цилиндра служит плунжером гидроцилиндра 7. Масло, вытесняемое плунжером, поступает по трубопроводу 5 во второй гидроцилиндр 7. Шток этого гидроцилиндра связан с зажимным механизмом, обеспечивающим требуемое усилие закрепления.

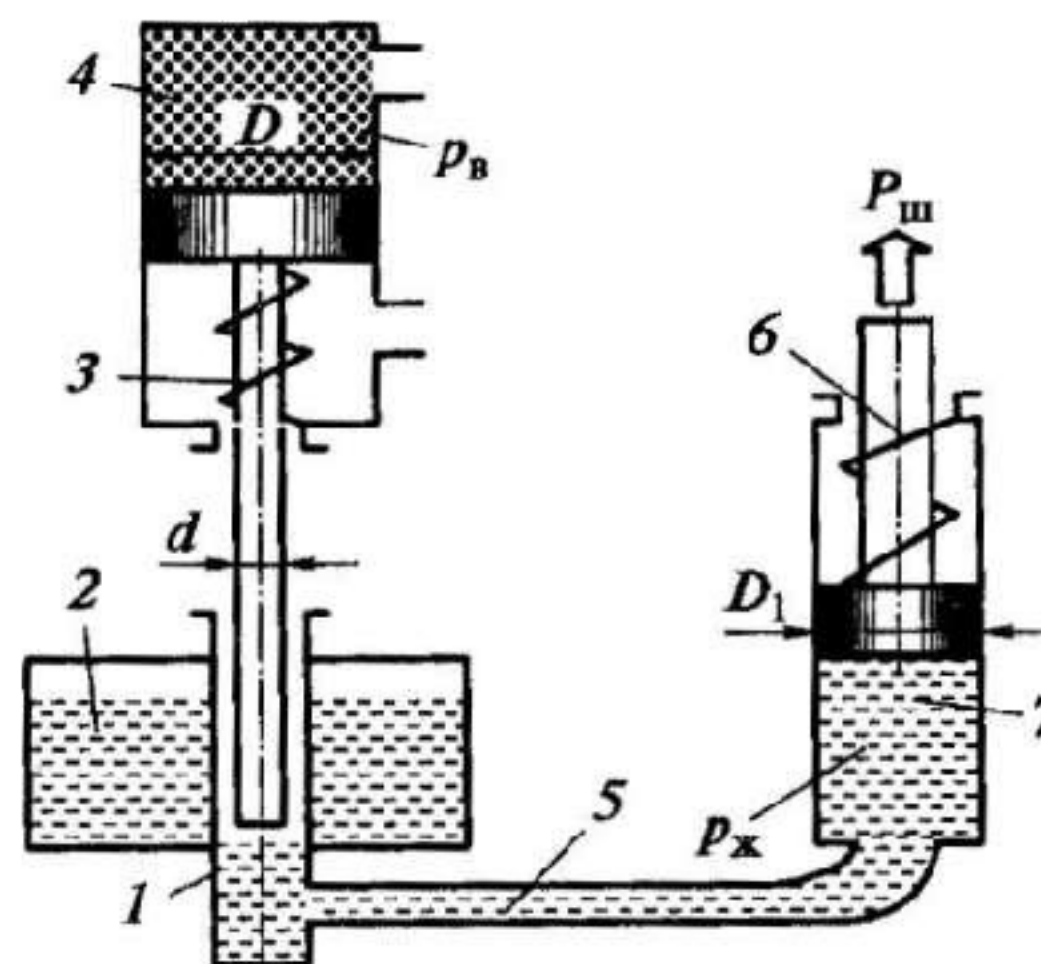


Рис. 4.6. Схема пневмогидравлического преобразователя прямого действия: 1 а 7

ществляется пружинами 3 и 6, если обратный ход мал. Из резервуара 2 масло поступает в систему для компенсации утечек.

Диаметр пневмоцилиндра без учета усилия пружин определяют по формуле

$$D = \frac{2d}{D_1} \sqrt{\frac{P_{ш}}{\pi p_v \eta_o \eta}},$$

где d — диаметр штока пневмоцилиндра (плунжера гидроцилиндра), мм; D_1 — диаметр гидроцилиндра, мм; $P_{ш}$ — усилие на штоке гидроцилиндра, равное силе закрепления изделия P_z , Н; p_v — давление сжатого воздуха, МПа; η_o — объемный КПД привода, $\eta_o = 0,9 \dots 0,95$; η — КПД преобразователя, $\eta = 0,8 \dots 0,9$. Давление рабочей жидкости в гидроцилиндре определяют по формуле $P_{ж} = p_v k_y \eta$, где k_y — коэффициент усиления, равный $(D/d)^2$.

Кроме рассмотренных механизированных приводов, применяют магнитные, электромагнитные, электромеханические, вакуумные приводы, а также комбинированные, т. е. состоящие из комплекта приводов различных видов.

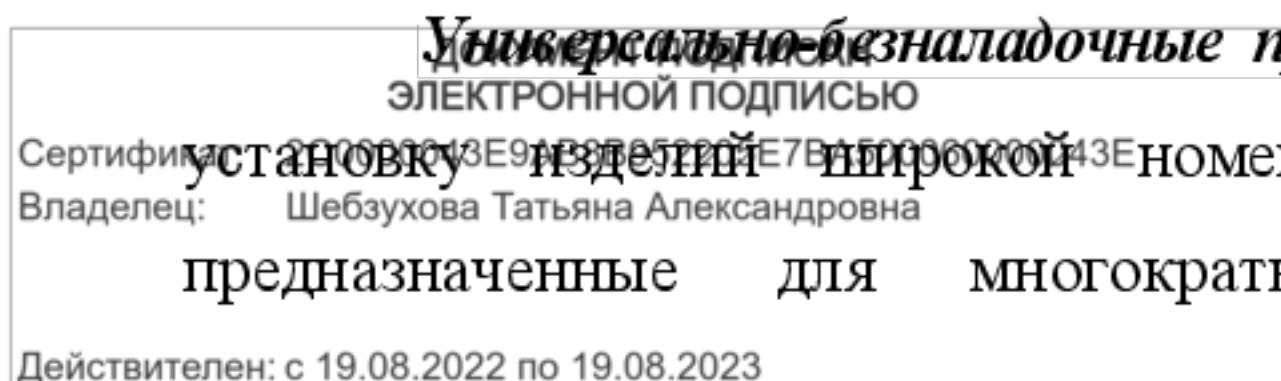
Вспомогательные элементы и корпуса. К вспомогательным элементам относят поворотные и делительные устройства с дисками и фиксаторами, выталкивающие устройства, подъемные механизмы, быстродействующие защелки, тормозные устройства, сухари, рукоятки, маховички, крепежные и другие детали.

Корпуса приспособлений служат для монтажа всего комплекта элементов и для установки приспособлений на оборудование. Они должны иметь достаточные прочность, жесткость, износостойкость, виброустойчивость, надежность, долговечность и быть технологичными в изготовлении. У переналаживаемых приспособлений корпуса должны допускать быстрое изменение компоновки.

Сокращение времени обработки деталей обеспечивается гибкостью и мобильностью станочных приспособлений, характеризующихся возможностью многократного применения при смене изделия, что обеспечивается их переналадкой.

Переналаживаемые групповые приспособления многократного применения обеспечивают установку и закрепление группы изделий широкой номенклатуры путем регулирования подвижных элементов или замены установочных накладок. Одно такое приспособление заменяет множество специальных приспособлений.

Универсально-переналадочные приспособления общего назначения обеспечивают установку изделий широкой номенклатуры и представляют собой механизмы, предназначенные для многократного использования без доработки. Они



характеризуются применением универсальных регулируемых приспособлений, не требующих изготовления специальных деталей. К ним относят токарные патроны, машинные тиски, поворотные столы и др.

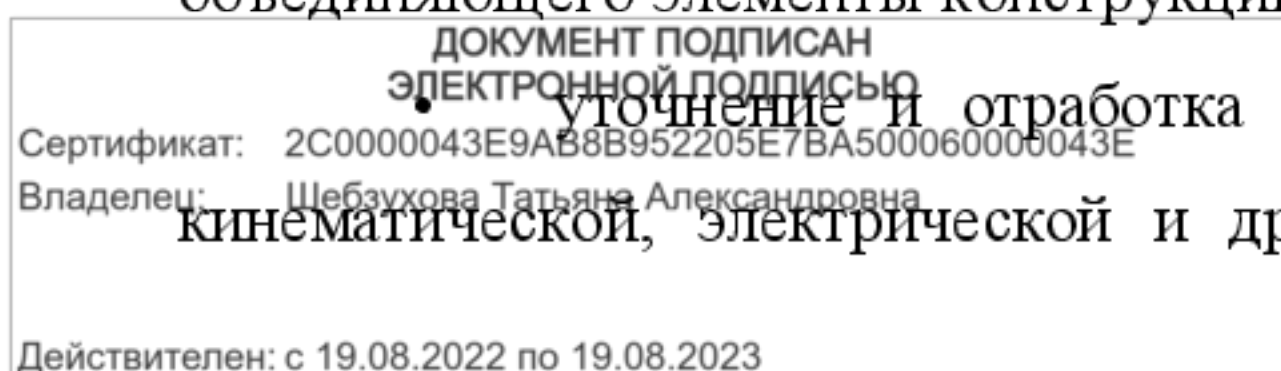
Универсально-наладочные приспособления обеспечивают установку и фиксацию изделий с помощью специальных накладок. Они состоят из базисного агрегата, универсального по схемам базирования и конструктивным формам обрабатываемых заготовок, и наладок (регулируемых элементов). Базисный агрегат — неизменяемая часть приспособления, предназначенная для установки и фиксации накладок при компоновке конструкций приспособлений. Таким образом, эти приспособления заменяют большое количество специальных приспособлений.

Специализированные наладочные приспособления обеспечивают базирование и закрепление одинаковых по конфигурации изделий различных габаритных размеров. Они состоят из специализированных по схеме базирования и виду обработки типовых групп деталей, базисного агрегата и соответствующих регулируемых элементов.

4.4. Проектирование приспособлений

Процесс проектирования приспособлений включает в себя следующие этапы:

- изучение чертежа изделия, содержания и структуры технологической операции, схем и поверхностей базирования, закрепления и наладки, характеристик и особенностей станка, на котором планируют обработку с учетом типа производства и характеристик поверхностей, обрабатываемых в приспособлении;
- обзор и анализ существующих конструкций, используемых для аналогичных работ. Уточнение схемы базирования и закрепления. Расчет сил резания и зажима. Выбор места приложения зажима, определение и выбор типа и размеров установочных элементов, их числа и взаимного положения. Выбор типа зажимного механизма и его привода с определением основных параметров и учетом заданного времени на установку, закрепление и снятие изделия после его обработки;
- установление и выбор конструкции и размеров вспомогательных элементов и устройств, корпуса приспособления;
- эскизная разработка вариантов общего вида путем последовательного нанесения элементов приспособления (установочных, зажимных, направляющих для инструмента) вокруг контура детали. Изображение корпуса приспособления, объединяющего элементы конструкции. Выбор оптимального варианта конструкции;
- уточнение и отработка выбранного варианта конструкции. Составление кинематической, электрической и других схем. Выполнение необходимых расчетов



(силовых, прочности и жесткости элементов, точности обработки детали на данном приспособлении и др.). Графическое изображение приспособления в общем виде или выполнение сборочного чертежа по ЕСКД;

- выполнение технико-экономических расчетов для обоснования целесообразности и эффективности применения (модернизации, замены) приспособления.

Расчет точности приспособления состоит из следующих стадий: выбор расчетного параметра, определяющего положение и точность обработки заготовки; определение последовательности расчета и составление размерных цепей; выбор точности приспособления по выбранному параметру; распределение полученного значения допуска приспособления между допусками деталей, составляющих приспособление; выбор методов обеспечения точности сборки приспособления и разработка технических требований к сборке.

Точность приспособления рассчитывают путем решения размерных цепей, сначала обратной, а затем прямой задач. При решении обратной задачи определяют номинальное значение и допуск замыкающего звена, в качестве которого принимают размер, связывающий поверхность установки приспособления на столе станка с поверхностью установки детали в приспособлении. При решении прямой задачи найденное значение допуска замыкающего звена распределяют между составляющими звеньями размерной цепи, в качестве которых служат соответствующие допуски деталей приспособления.

В качестве расчетных параметров принимают номинальные значения и допуски линейных и угловых размеров, отклонения от параллельности, перпендикулярности и соосности осей и поверхностей и др. При этом направление расчетного параметра должно совпадать с направлением заданного при обработке размера.

Определение требуемой точности (погрешности) изготовления приспособления $\Delta_{пр}$ по выбранному параметру производится при условии, что общая погрешность Δ_o обработки детали не должна превышать допуска δ выполняемого размера при обработке, т.е. $\Delta_o < \delta$, а погрешность (точность) изготовления приспособления $\Delta_{пр} = \delta_{пр} \leq \delta - \Delta_o$.

Допуск δ на окончательную обработку детали задается конструктором. Допуски на промежуточных операциях определяют расчетом по известным методикам погрешностей от упругих отжатий и тепловых деформаций системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД), размерного износа инструмента, настройки станка, формы обрабатываемой поверхности, установки заготовки в приспособлении и др. Для приближенных практических расчетов в общем случае

принимают $\Delta_o = K \sqrt{K_1^2 \Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + \Delta_n^2 + K_2^2 \omega^2}$, где K — коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих звеньев от закона нормального распределения; K_1 — коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках; K_2 — коэффициент, учитывающий погрешности обработки, вызываемые факторами, не зависящими от приспособления; Δ_6 — погрешность базирования; Δ_3 — погрешность закрепления; Δ_y — погрешность установки приспособления на станке; Δ_n — погрешность положения изделия из-за изнашивания установочных элементов; Δ_n — погрешность от перекоса инструмента; ω — средняя экономическая точность обработки (берется из справочных таблиц).

$$\text{Тогда } \Delta_{\text{пр}} = \delta - K \sqrt{K_1^2 \Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + \Delta_n^2 + K_2^2 \omega^2}.$$

Экономическая эффективность от применения приспособления возникает в основном от сокращения трудоемкости обработки (контроля, сборки, испытания) изделия. Технико-экономический анализ принятого варианта конструкции выполняют по типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений путем определения годового экономического эффекта и срока окупаемости капитальных вложений.

Годовой экономический эффект от применения (замены) приспособления определяют по формуле $\bar{\mathcal{E}}_r = (C_1 - C_2)N$, где C_1, C_2 — технологическая себестоимость операций соответственно существующего и проектируемого вариантов; N — годовой объем выпуска изделий.

Срок окупаемости дополнительных затрат

$$T_{\text{ок}} = \frac{(S_2 - S_1) \left(\frac{1 + q_{\text{пр}}}{T_c} + q_3 \right)}{(C_1 - C_2)N},$$

где S_1, S_2 — себестоимость изготовления приспособлений соответственно существующего и проектируемого; $q_{\text{пр}}, q_3$ — доля затрат в себестоимости изготовления приспособления на проектирование и эксплуатацию; T_c — срок службы приспособления.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа № 5

Цель занятия – изучить точность обработки

Содержание занятий:

- 1) **Общие сведения о точности обработки**
- 2) **Факторы, определяющие погрешности механической обработки**
- 3) **Погрешности, зависящие от жесткости технологической системы**
- 4) Статистические методы оценки точности обработки

Контрольные вопросы:

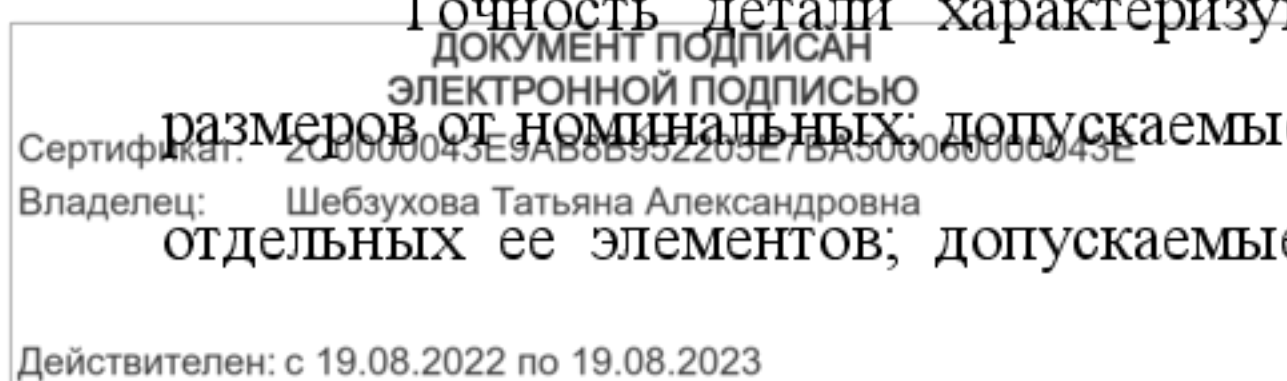
- 1) Что такое точность обработки и какими параметрами она оценивается?
- 2) Охарактеризуйте методы обеспечения заданной точности обработки.
- 3) Охарактеризуйте методы расчета точности механической обработки.
- 4) Каково влияние погрешности установки заготовок на точность обработки?
- 5) Каково влияние погрешности настройки станка на точность обработки?
- 6) Как влияют силовые деформации элементов технологической системы на точность обработки?
- 7) Охарактеризуйте влияние износа инструмента на точность обработки.
- 8) Как влияют погрешности станка и режущего инструмента на точность обработки?
- 9) Охарактеризуйте влияние тепловых деформаций технологической системы и остаточных напряжений в заготовках на точность обработки.
- 10) Какие погрешности зависят от жесткости технологической системы?
- 11) Какова последовательность оценки точности обработки вероятностно-статистическим методом?

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

5.1. Общие сведения о точности обработки

При изготовлении деталей невозможно достичь абсолютно точных номинальных размеров. В связи с этим при составлении рабочих чертежей деталей назначают допустимые отклонения от номинальных размеров, которые отвечают требованиям точности их изготовления.

Точность детали характеризуют допускаемые отклонения ее действительных размеров от номинальных; допускаемые отклонения от геометрической формы детали или отдельных ее элементов; допускаемые отклонения поверхностей и осей детали от их



взаимного расположения или расположения относительно базы. Самостоятельным критерием является оценка точности детали по шероховатости поверхности. При изготовлении деталей также необходимо соблюдать требования к физико-механическим свойствам их материала, а в отдельных случаях и требования к точности массы детали, дисбалансу и др.

Под точностью изготовления детали понимают степень соответствия ее всем требованиям рабочего чертежа, технических условий и стандартов. Чем больше это соответствие, тем выше точность изготовления. Действительные отклонения параметров реальной детали от заданных чертежом их номинальных значений называют **погрешностью изготовления**.

Методы обеспечения заданной точности. Необходимую точность обработки достигают методом пробных рабочих ходов или методом автоматического получения заданного размера.

Метод пробных рабочих ходов заключается в индивидуальной выверке устанавливаемой заготовки, последовательном снятии стружки путем пробных рабочих ходов и измерении получаемых размеров. Установив по результатам измерений новое положение режущего инструмента, производят окончательную обработку.

Метод пробных ходов трудоемкий, так как требует много времени на выверку заготовки и на корректировку положения режущего инструмента. Его применяют в единичном и мелкосерийном производстве.

Метод автоматического получения заданного размера включает в себя обработку партии заготовок на предварительно настроенном станке с установкой их в приспособлении без выверки положения, а режущий инструмент при наладке станка устанавливают на определенный размер, называемый настроечным. Получение требуемого размера достигают за один рабочий ход.

Такой метод более производительный, чем метод пробных рабочих ходов, но требует специальных наладок и стабильных по размерам исходных заготовок. Обработку этим методом применяют в крупносерийном и массовом производстве.

В обоих рассмотренных методах на точность обработки оказывает влияние квалификация рабочего, т. е. субъективный фактор. При первом методе это влияние сказывается на точности установки и выверки заготовки и на точности установки режущего инструмента, а при втором — на точности установки инструмента и приспособления в процессе наладки станка перед обработкой партии заготовок.

Экономическая точность обработки. При выборе метода обработки, обеспечивающего заданную точность, учитывают ее экономичность. При изготовлении

точных деталей трудоемкость и себестоимость возрастают. Это объясняется тем, что для достижения большей точности обработки приходится применять более технологичные методы (например, точение, шлифование, полирование и др.).

Экономическая точность характеризуется отклонениями от номинальных размеров обрабатываемой поверхности, полученных в нормальных условиях при использовании исправного оборудования, стандартного инструмента, при средней квалификации рабочего и при затратах времени и средств, не превышающих такие затраты при других сопоставимых способах обработки. Экономическая точность зависит не только от метода обработки, но и от материала детали и механических свойств ее поверхностного слоя.

Методы расчета точности механической обработки. Для оценки точности обработки используют следующие методы: вероятностно-статистический, расчетно-аналитический и расчетно-статистический.

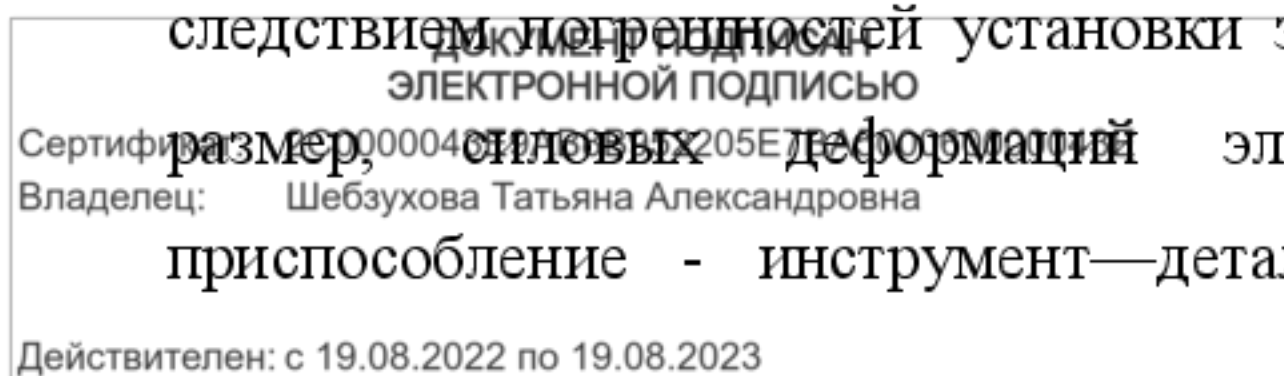
Вероятностно-статистический метод применим при обработке большого числа заготовок как методом пробных рабочих ходов, так и методом автоматического получения размеров. При контроле производят измерения параметров детали шкальным инструментом и на основе методов математической статистики определяют точность обработки. Метод универсален, позволяет оценить точность обработки, сборки и других операций, но требует проведения трудоемких измерительных работ и целесообразен в крупносерийном и массовом производстве.

Расчетно-аналитический метод заключается в оценке точности обработки по аналитическим или эмпирическим формулам для строго определенных условий выполнения технологического процесса. Метод учитывает физические явления в рассматриваемом процессе с выявлением причин возникновения погрешностей.

Расчетно-статистический метод сочетает в себе оба рассмотренных метода и позволяет определить погрешность процесса обработки путем оценки ее отдельных составляющих расчетным или статистическим путем. При недостатке расчетных данных метод носит вероятностно-статистический характер, но вместе с тем отдельные составляющие погрешности могут быть рассчитаны аналитически.

5.2. Факторы, определяющие погрешности механической обработки

При изготовлении деталей неточность механической обработки является следствием погрешностей установки заготовки перед обработкой, настройки станка на размер, силовых деформаций элементов технологической системы станок— приспособление - инструмент—деталь, размерного износа режущего инструмента,



геометрических погрешностей станка и режущего инструмента, тепловых деформаций технологической системы, остаточных напряжений в материале заготовок.

Погрешность установки заготовок. Погрешностью установки называют отклонение при установке фактически достигнутого положения заготовки или изделия от требуемого.

В общем случае погрешность установки Δ_{yc} , зависящую от погрешностей базирования $\Delta_б$, закрепления $\Delta_з$ заготовки и погрешности приспособления $\Delta_{пр}$, определяют

по формуле
$$\Delta_{yc} = \sqrt{(K_б \Delta_б)^2 + (K_з \Delta_з)^2 + (K_{пр} \Delta_{пр})^2},$$
 где K — соответствующие коэффициенты относительного рассеяния.

Погрешность базирования определяется разностью предельных расстояний от измерительной базы заготовки до установленного на размер инструмента.

На рис. 5.1 показан эскиз цилиндрической заготовки, установленной на призме при фрезеровании лыски или при обработке шпоночного паза. Значение погрешности базирования зависит в этом случае от получаемого размера h_1 , h_2 или h_3 .

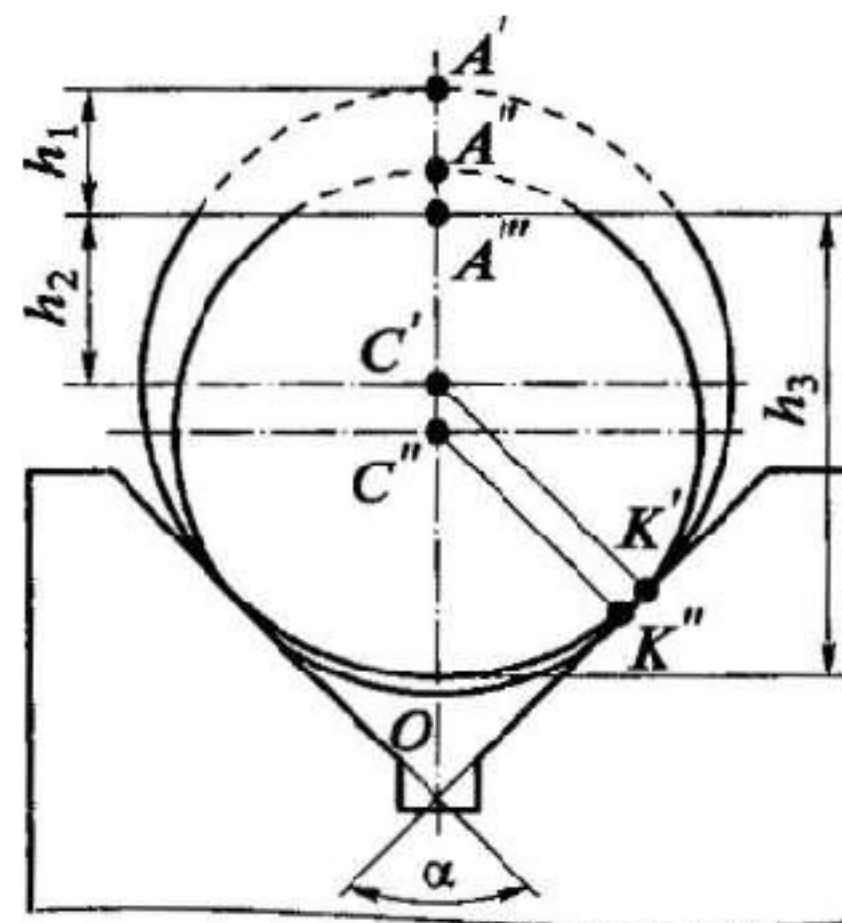


Рис. 5.1. Схема установки цилиндрической детали на призме при определении погрешности базирования

Заготовка представлена окружностями с наибольшим и наименьшим диаметрами и осями соответственно в точках C' и C'' . При получении размера h_1 погрешность базирования равна разности предельных расстояний от измерительной базы (образующих A' и A'') до установленного на размер инструмента (точки A'''):

Если при фрезеровании лыски заготовку базировать в центрах, то погрешность базирования $\Delta_{б(h)} = h - h' = \delta_D/2$, так как измерительная база (наружная поверхность) будет

меняться в связи с рассеянием размера диаметра. При базировании вала в тисках и с опорой его на основание тисков погрешность базирования $\Delta_{\sigma(h)} = 0$, так как измерительная база при обработке положения не меняет.

Для снижения или устранения погрешности базирования нужно совмещать технологические и измерительные базы, повышать точность обработки технологических баз, выбирать правильное положение установочных элементов и их размеры.

$$\Delta_{\sigma(h_1)} = OA' - OA'',$$

но

$$OA' = OC' + C'A' = \frac{C'K'}{\sin \alpha/2} + C'A' = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right).$$

$$\text{По аналогии } OA'' = \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) \text{ и } \Delta_{\sigma(h_1)} = \frac{\delta_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right),$$

где δ_D — допуск на размер диаметра заготовки; α — угол призмы. Аналогично определяются погрешности и для размеров h_2 и h_3 :

$$\Delta_{\sigma(h_2)} = \frac{\delta_D}{2} \frac{1}{\sin \alpha/2}; \quad \Delta_{\sigma(h_3)} = \frac{\delta_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right).$$

Погрешность закрепления определяется колебаниями контактных деформаций элементов цепи, через которые передается усилие закрепления, т.е. деформациями в местах соприкосновения поверхности заготовки с опорами приспособления.

Смещение y из-за контактных деформаций определяют по формуле $y = CQ' \cos \alpha$, где C — коэффициент, характеризующий условия контакта (опора сферическая, плоская), материал и твердость базовой поверхности; Q — сила, действующая на опору; α — угол между направлениями наибольшего смещения и получаемого размера.

Составляющие погрешности закрепления относятся к категории случайных величин и поэтому их расчет производят статистическими методами.

Снижение погрешности закрепления достигают путем стабилизации зажимной силы и ее рационального направления, а также путем повышения однородности материала заготовки и ее поверхностного слоя.

Погрешность приспособления определяется неточностью его изготовления, изношенностью и неточностью установки на станке. Эту погрешность определяют по формуле

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{(K_{\text{изг}}\Delta_{\text{изг}})^2 + (K_{\text{и}}\Delta_{\text{и}})^2 + (K_{\text{ус}}\Delta_{\text{ус}})^2}, \quad \text{где } \Delta_{\text{изг}}, \Delta_{\text{и}} \text{ и } \Delta_{\text{ус}} \text{ — погрешности}$$

соответственно изготовления, износа и установки приспособления на станке; K — соответствующие коэффициенты относительного рассеяния.

Неточность изготовления приспособления регламентирована ТУ. При использовании одного приспособления $\Delta_{\text{изг}}$ представляет собой систематическую постоянную погрешность, которую устраняют соответствующей настройкой станка.

Износ установочных элементов приспособления, а также устройств, предназначенных для направления и установки режущего инструмента определяют в зависимости от точности обрабатываемой детали.

Неточность установки приспособления на станке $\Delta_{\text{ус}}$ при неизменном его закреплении является постоянной величиной и при точной выверке приспособления может быть незначительной. В условиях серийного производства при периодической смене приспособлений неточность установки является случайной величиной.

Погрешности настройки станка на размер. При наладке станка для достижения заданного размера обработки режущий инструмент должен занимать относительно обрабатываемой поверхности определенное положение, называемое **настроечным размером**. При настройке станка невозможно достичь одинакового размера. Поле рассеяния настроечного размера называют **погрешностью настройки**.

Заданного настроечного размера достигают настройкой по результатам обработки пробных заготовок и настройкой по эталону.

При настройке станка *по пробным заготовкам* погрешность настройки связана с неточностью измерения размеров пробных рабочих ходов $\Delta_{\text{изм}}$ и с неточностью регулирования положения инструмента $\Delta_{\text{рег}}$, при условии, что составляющие $\Delta_{\text{изм}}$ и $\Delta_{\text{рег}}$ определяются наличием только случайных погрешностей при односторонней обработке, погрешность настройки можно рассчитать по формуле:

где K — коэффициент, учитывающий отклонение закона распределения

$$\Delta_{\text{н}} = K \sqrt{\Delta_{\text{изм}}^2 + \Delta_{\text{рег}}^2},$$

погрешностей $\Delta_{\text{изм}}$ и $\Delta_{\text{рег}}$ от закона нормального распределения.

При обработке поверхностей вращения составляющая $\Delta_{\text{изм}}$ относится к диаметру,

а составляющая $\Delta_{\text{рег}}$ — к радиусу, поэтому

$$\Delta_n = 2K \sqrt{\left(\frac{\Delta_{изм}}{2}\right)^2 + \Delta_{рег}^2}.$$

Так как определение необходимого смещения инструмента связано с погрешностью расчета $\Delta_{расч}$, то погрешность настройки возрастает, т.е. окончательно при

$$\Delta_{расч} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\Delta_n = 2K \sqrt{\left(\frac{\Delta_{изм}}{2}\right)^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{расч}^2},$$

где σ — среднее квадратичное отклонение, характеризующее точность метода обработки; n — число пробных заготовок.

При **настройке станка по эталону** погрешность настройки зависит от погрешности изготовления эталона $\Delta_{эт}$ и погрешности выверки $\Delta_{в}$ положения инструмента при использовании эталона. При односторонней обработке погрешность настройки по эталону $\Delta_n = K \sqrt{\Delta_{эт}^2 + \Delta_{в}^2}$, а при обработке поверхностей вращения

$$\Delta_n = 2K \sqrt{\left(\frac{\Delta_{эт}}{2}\right)^2 + \Delta_{в}^2}.$$

Силовые деформации элементов технологической системы. Изменение силы резания возникает из-за различных значений припуска и твердости обрабатываемых поверхностей, из-за вибрации неуравновешенных масс технологической системы, а также из-за влияния посторонних вибраций. В этом случае технологическая система рассматривается как упругая замкнутая динамическая система, а сила резания

$P = P_{п.р} + P_d \sin \omega t$, где $P_{п.р}$ — постоянная сила резания; P_d — амплитуда возмущающей (динамической) силы; ω — частота вращения; t — время.

Таким образом, при обработке возникают постоянные и переменные силовые воздействия.

Для снижения влияния деформаций технологической системы на точность обработки рекомендуется увеличить жесткость системы путем установки дополнительных устройств (люнетты и др.); заранее определить деформацию системы от

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННЫМ ПОДПИСАНЫМ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: ООО «Татнефтекомплект»
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

воздействия постоянных сил и учитывать ее при назначении глубины резания; изменить режимы резания (частоту вращения детали, глубину и подачу резания) в случае возникновения резонансных явлений при обработке; располагать технологическое оборудование вдали от источников вибрации; устанавливать станки на фундаменты или пневморезиновые подушки и др.

Размерный износ режущего инструмента.

Влияние износа режущего инструмента на точность обработки $I = I_0 L$, где I_0 — относительный износ, определяемый твердостью и маркой обрабатываемого материала, видом режущей части инструмента, скоростью резания, наличием вибраций, мкм/1 000 м; L — длина резания, м.

Так, например, при токарной обработке от износа режущей кромки резца получается конусообразность, значение погрешности которой $\Delta_p = 2 \cdot 10^{-6} I_0 \pi d l / S$, где d и l — соответственно диаметр и длина обрабатываемой заготовки, мм; S — подача, мм/об.

При обработке плоскости первичная погрешность настройки Δ_n , вызванная размерным износом инструмента, равна значению размерного износа Δ_p , т. е. $\Delta_n = \Delta_p$, а при обработке тел вращения $\Delta_n = 2\Delta_p$.

При обработке заготовок методом пробных рабочих ходов размерный износ влияет только на погрешность формы обрабатываемой поверхности. При обработке заготовок на настроенных станках наблюдается изменение получаемого размера после обработки каждой заготовки. Для уменьшения влияния размерного износа инструмента на точность обработки применяют подналадку станка.

Геометрические погрешности станка и режущего инструмента.

Эти погрешности влияют на точность готовой детали. Показатели точности станков регламентированы стандартами и выявляются при их ненагруженном состоянии.

Из-за неточности станка появляются отклонения размеров, форм и пространственного положения обработанных поверхностей от заданных. Продольная погрешность формы обточенной поверхности появляется в результате непрямолинейности направляющей станины в горизонтальной плоскости. Радиальное биение шпинделя приводит к образованию некруглости поверхности. Например, при

обточке эллипсоидальной заготовки из-за непараллельности оси шпинделя направляющим станины в горизонтальной плоскости получается конусность $\Delta_\phi = cl/L$, где

Δ_Φ — отклонение формы поверхности в продольном сечении, мм; c — допускаемое отклонение от параллельности оси шпинделя направляющим станины на длине $\bar{L}$, мм; l — длина обрабатываемой поверхности, мм. На погрешность обработки оказывает влияние также неточность мерного и фасонного режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток, протяжек, метчиков и др.). В любом случае эти погрешности являются систематическими постоянными.

Тепловые деформации технологической системы.

Станок, режущий инструмент, заготовка и приспособление в процессе обработки нагреваются, вследствие чего происходят их перемещения, которые отражаются на точности обработки. При работе на настроенном станке деформации шпиндельного узла могут вызвать большие погрешности обработки, если не выполнить подналадку станка в первые 2...3 ч его работы, пока не наступит тепловое равновесие. Нагрев инструмента приводит к изменению его размеров. Удлинение режущей кромки резца может достигать 30...50 мкм, а при применении смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) оно уменьшается в 3 — 3,5 раза. Теплота, переходящая в заготовку, вызывает определенные погрешности. Так, при равномерном нагреве возникает погрешность размеров, при местных нагревах отдельных участков — погрешность формы.

Для уменьшения температурных деформаций следует, применять смазывающе-охлаждающие жидкости (СОЖ), уменьшать глубину резания, не выполнять измерения размеров непосредственно после обработки, обработку точных деталей выполнять после достижения станком теплового баланса, поддерживать постоянный тепловой режим в помещении.

Остаточные напряжения в материале заготовок.

Эти напряжения возникают при следующих методах обработки: горячей обработке металлов (литье, ковка, термическая обработка) из-за неравномерного охлаждения заготовки и структурных превращений в материале; холодной обработке металлов пластической деформацией (правка, обкатка роликами, дробеструйная обработка и др.) из-за наклепа; при обработке резанием при снятии неравномерного припуска; сварочных работах из-за неравномерного нагрева и остывания металла и др.

На погрешность обработки остаточные напряжения особенно сильно влияют при изготовлении крупногабаритных деталей (блоков цилиндров, картеров мостов и т. п.), а также при изготовлении тонкостенных и нежестких деталей.

Для снижения погрешностей обработки из-за остаточных внутренних напряжений необходимо при конструировании деталей создавать плавные переходы от одного объема металла к другому (например, для ступенчатых валов предусматривают

галтели). Для деталей, имеющих большую массу и изготавливаемых с высокой точностью следует применять естественное или искусственное старение. Естественное старение заключается в выдержке заготовок в течение одного года на воздухе, а искусственное старение для снятия внутренних остаточных напряжений проводят путем термической обработки: медленный нагрев в печи до 500...600 °С с последующей выдержкой при этой температуре в течение 1 ...6 ч и медленным охлаждением в печи. При проведении термической обработки отдавать предпочтение токам высокой частоты (ТВЧ); объемную закалку выполнять по всей детали с последующим проведением отпуска. При выполнении сварочных работ необходимо обращать внимание на способ наложения швов, режим сварки, подбор сварочных материалов. Следует также увеличивать время между черновой и чистовой обработками, что также приводит к снижению внутренних напряжений.

5.3. Погрешности, зависящие от жесткости технологической системы

Силовые деформации зависят от силы резания и жесткости технологической системы станок—приспособление —инструмент—деталь. В процессе обработки сила резания вызывает смещения элементов технологической системы, которые провоцируют собственные деформации отдельных деталей системы и контактные деформации сопряженных поверхностей.

Сила резания зависит от режима резания, материала заготовки и инструмента, формы режущего инструмента и в общем случае она определяется по формуле

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2},$$

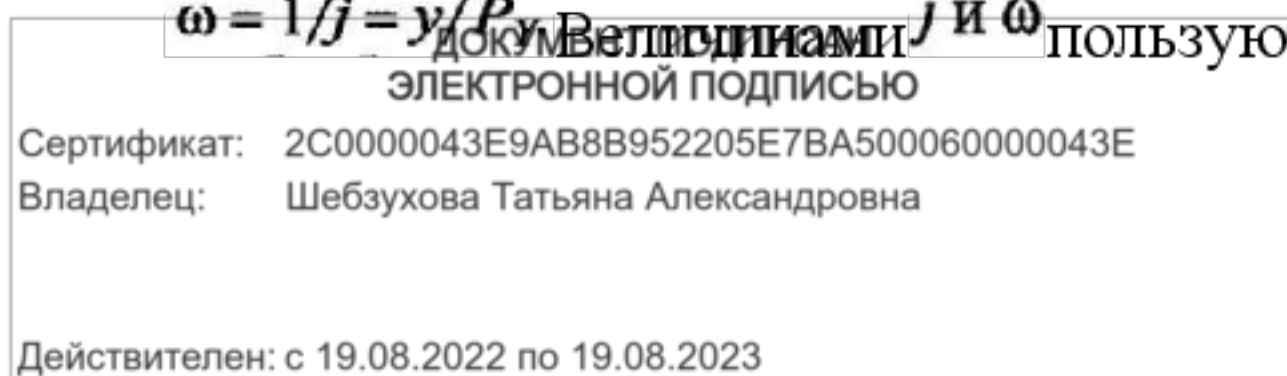
где P_x, P_y и P_z — составляющие силы резания по осям координат. Анализируя влияние смещений элементов системы на точность обработки, следует рассматривать эти смещения в направлении получаемого размера, т.е. в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности.

Способность системы или ее элемента сопротивляться приложенной статической нагрузке характеризует жесткость j элемента данной системы: $j = P_y/y$, где P_y — составляющая силы резания, направленная по нормали к обработанной поверхности, Н; y — деформация элемента или системы в том же направлении, мм.

При расчетах на точность используют также понятие податливость ω системы:

$$\omega = 1/j = y/P_y.$$

Величинами j и ω пользуются при расчетах точности обработки.



Радиальная составляющая силы резания $P_{Py} = C_{Py} t^{X_{Py}} S^{Y_{Py}} HB^n$, где C_{Py} — постоянная для данных условий резания, принимаемая по справочникам, X_{Py}, Y_{Py} и n — показатели степени соответственно глубины резания t , подачи S и твердости HB материала детали.

Уравнение $y = P_y \omega$ позволяет получить расчетные формулы для определения влияния деформаций технологической системы на точность обработки в каждом конкретном случае, например при обработке гладкого вала, установленного в центрах токарного станка (рис. 5.2). Смещение технологической системы $y_{\text{сист}}$ под

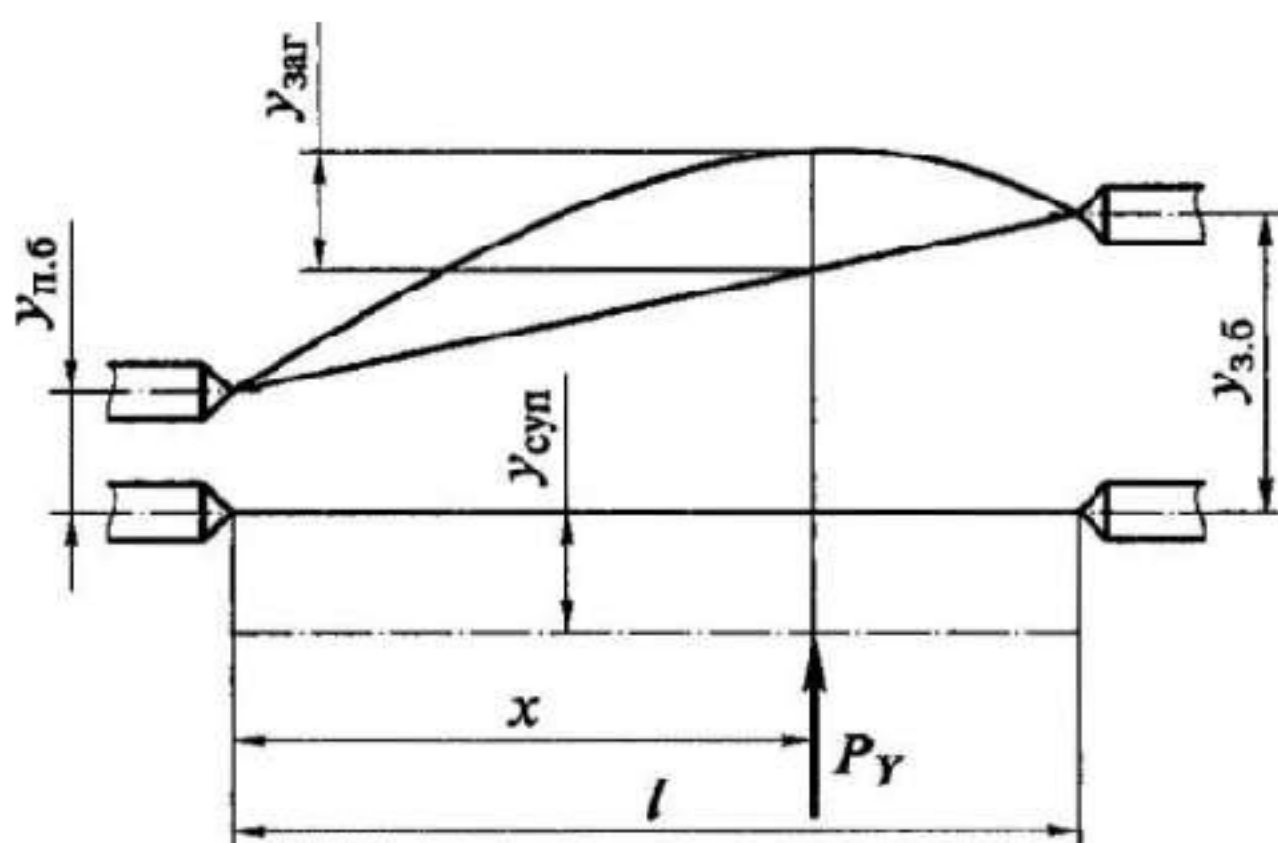


Рис. 5.2. Схема деформаций элементов технологической системы СПИД от силы резания P_y при продольном точении гладкого вала, установленного в центрах токарного станка

действием силы P_y для любого положения резца x по длине детали l будет складаться из смещений $y_{п.б}$ и $y_{з.б}$ заготовки в сечении x в результате податливости соответственно передней и задней бабок станка, деформации заготовки $y_{заг}$ и смещения резца вместе с суппортом $y_{суп}$, т. е. $y_{\text{сист}} = y_{п.б} + y_{з.б} + y_{заг} + y_{суп}$.

Считая, что вал расположен на двух опорах, запишем

$$y_{п.б} + y_{з.б} = P_y \left(\frac{l-x}{l} \right)^2 \omega_{п.б} + P_y \left(\frac{x}{l} \right)^2 \omega_{з.б},$$

где E — модуль упругости; I — момент инерции сечения вала; $\omega_{\text{суп}}$ — податливость суппорта. Окончательно получим

$$y_{\text{сист}} = P_Y \left[\left(\frac{l-x}{l} \right)^2 \omega_{\text{п.б}} + \left(\frac{x}{l} \right)^2 \omega_{\text{з.б}} + \frac{x^2(l-x)^2}{3EI} + \omega_{\text{суп}} \right].$$

Деформации заготовки и суппорта определяются в виде

$$y_{\text{заг}} = P_Y \frac{x^2(l-x)^2}{3EI}; \quad y_{\text{суп}} = P_Y \omega_{\text{суп}},$$

Суммарная деформация в разных точках по длине детали будет разная и, следовательно, будет не только увеличиваться диаметр обрабатываемой поверхности, но и возникать погрешность ее формы. Если вал жесткий, то третье слагаемое будет незначительным и при малой жесткости передней и задней бабок вал примет седлообразную форму. При малой жесткости заготовки и большой жесткости передней и задней бабок обработанная поверхность будет иметь бочкообразную форму, и поэтому такие заготовки обрабатывают с применением люнета.

5.4. Статистические методы оценки точности обработки

Учитывая случайный характер появления погрешностей при механической обработке, точность поверхностей деталей после обработки оценивают, как правило, вероятностно-статистическим методом.

Данный метод основан на математической обработке опытной партии заготовок и выполнении замеров контролируемого размера шкальным инструментом. По результатам этой обработки строят кривую распределения размера.

Установлено, что при механической обработке заготовок способом автоматического получения размеров точность обработки подчиняется, как правило, закону нормального распределения, изображаемому математической кривой Гаусса,

уравнение которой $y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$, где σ — среднее квадратичное отклонение аргумента; e — основание натурального логарифма; $\bar{x}$ — среднее арифметическое значение.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Среднее арифметическое значение $\bar{x}$ и среднее квадратичное отклонение σ

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i;$$
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

определяют по следующим формулам:

Величина σ характеризует форму кривой распределения и является мерой точности метода обработки. При увеличении σ поле рассеяния размеров растёт, а при уменьшении σ — сужается. На рис. 5.3, а показаны кривые распределения размеров при обработке партии цилиндрических деталей последовательно после чернового точения (размер $\bar{x}$, кривая σ), чистового точения (размер $\bar{x}_1$, кривая σ_1) и шлифования (размер $\bar{x}_2$, кривая σ_2). При правильном построении операций технологического процесса необходимо выполнение условия $\sigma > \sigma_1 > \sigma_2$.

При обработке двух партий одноименных заготовок появляется систематическая постоянная погрешность из-за настройки станка на размер или из-за различных отклонений размеров режущего инструмента. При этом кривые распределения погрешностей от обработки первой и второй партий будут смещены одна относительно другой на размер постоянной погрешности настройки Δ_n (рис. 5.3, б).

Анализ кривых распределения погрешностей позволяет выявить число годных и бракованных деталей. При установленном несимметричном допуске δ на обработку заготовок (рис. 5.3, в), образованном отклонениями x_1 и x_2 от центра группирования, заштрихованный участок соответствует числу годных заготовок. Отношение площади этого участка к общей площади, ограниченной кривой, определяет вероятность получения годных заготовок, так как площадь, ограниченная кривой нормального распре-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

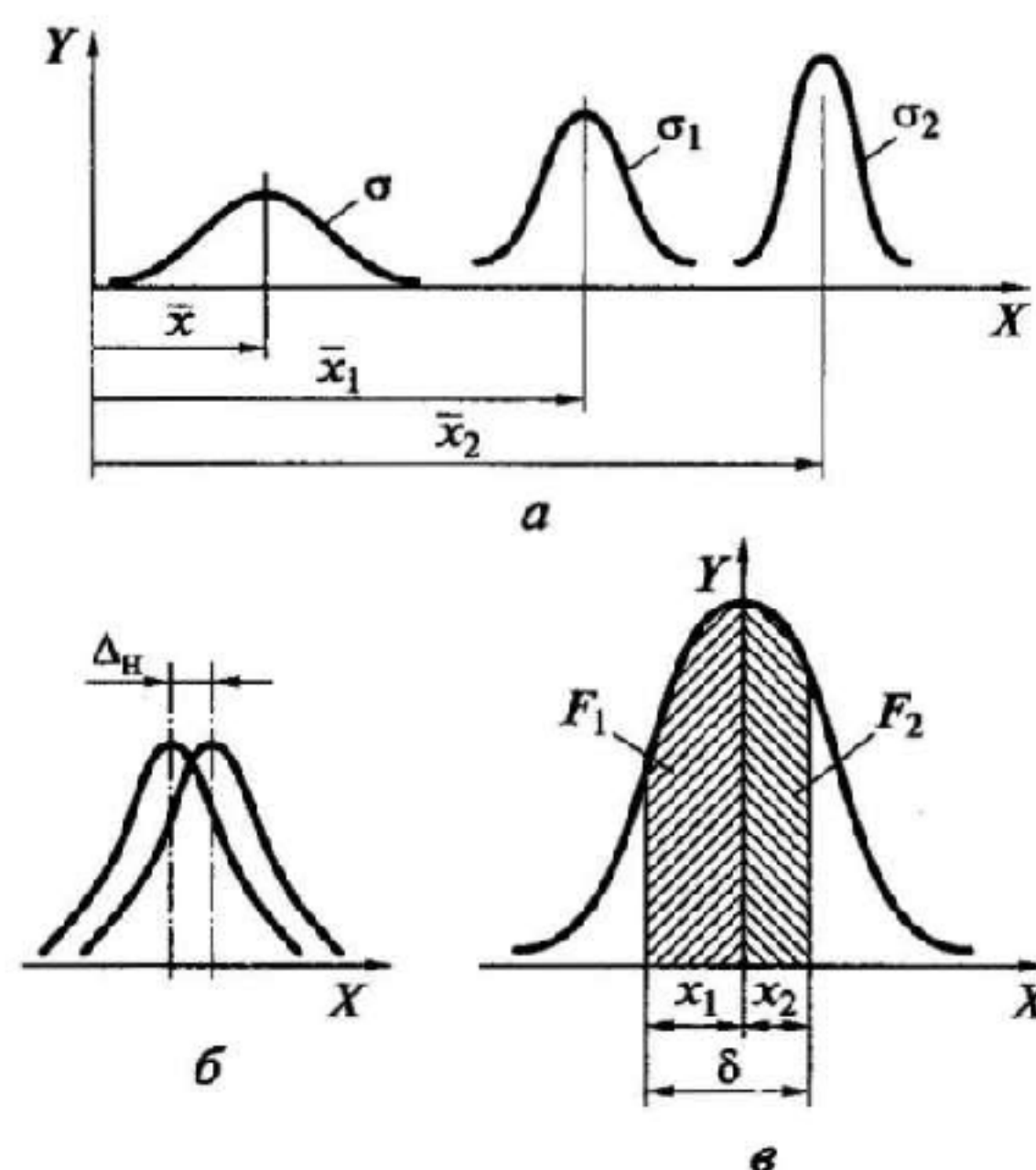


Рис. 5.3. Кривые распределения случайных погрешностей механической обработки:

а — кривые распределения размеров цилиндрических заготовок при черновом (σ) чистовом (σ_1) точении и шлифовании (σ_2); б — смещение кривых распределения размеров заготовки от действия постоянной погрешности Δ_H ; в — кривые распределения погрешностей для расчета количества годных и бракованных деталей в партии

деления, равна единице и соответствует общему числу заготовок в партии.

При изучении точности обработки кроме закона нормального распределения используют и другие законы распределения размеров. Если размер зависит от влияния только одного фактора, графиком измерения которого является прямая, например от постепенного износа режущего инструмента, то размеры распределяются по закону равной вероятности и кривая распределения размеров имеет вид прямоугольника.

Рассеяние значений биения, эксцентриситета, дисбаланса и других подчиняются закону Максвелла, а вид кривой распределения параметров несимметричен.

Метод оценки точности на основе кривых распределения универсален и позволяет объективно оценить точность процессов и операций. Недостаток этого метода — невозможность выявить изменение контролируемого параметра во времени. Кроме

того, переменные и систематические погрешности нельзя отделить от случайных, что затрудняет выявление и устранение причин погрешностей.

Лабораторная работа № 6

Цель занятия – изучить качество поверхности

Содержание занятия:

- 1) Характеристики детали, связанные с качеством ее поверхности
- 2) **Способы определения качества поверхности**
- 3) Формирование качества поверхности методами технологического воздействия
- 4) Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей

Контрольные вопросы:

- 1) **Какими параметрами оценивается качество поверхности?**
- 2) **Какие характеристики приняты для оценки шероховатости?**
- 3) **Чем отличается шероховатость от волнистости поверхности?**
- 4) **Какие приборы используют для контроля шероховатость?**
- 5) **Каков принцип работы оптико-механического профилографа?**

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

3) Чем отличается шероховатость

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: 4) Какие приборы используют для

5) Каков принцип работы оптико

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

- 6) **Каков принцип работы оптического микроскопа?**
- 7) **Каков метод используют для контроля глубины наклепа поверхности?**
- 8) **Какие технологические параметры формируют шероховатость поверхности?**
- 9) **На какие эксплуатационные свойства деталей влияет качество поверхности?**
- 10) **Как влияет шероховатость поверхности на эксплуатационные свойства деталей?**

КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

6.1. Характеристики детали, связанные с качеством ее поверхности

От качества поверхности значительно зависят потребительские свойства детали.

Качество поверхности характеризуется шероховатостью, волнистостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Шероховатостью поверхности (микрогеометрией) называют совокупность неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине, образующей рельеф поверхности детали. Для оценки шероховатости поверхности приняты следующие параметры (рис. 6.1):

- высота неровностей профиля R_z , представляющая собой среднее расстояние между пятью высотами H_i выступов и впадин на кривой неровностей поверхности:

$$R_z = 1/5 \left(\sum_{i=1}^5 H_{i \max} - \sum_{i=1}^5 H_{i \min} \right);$$

- наибольшая высота неровностей $R_{\max}$, т. е. расстояние между линией выступов профиля и линией впадин в пределах базовой длины;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

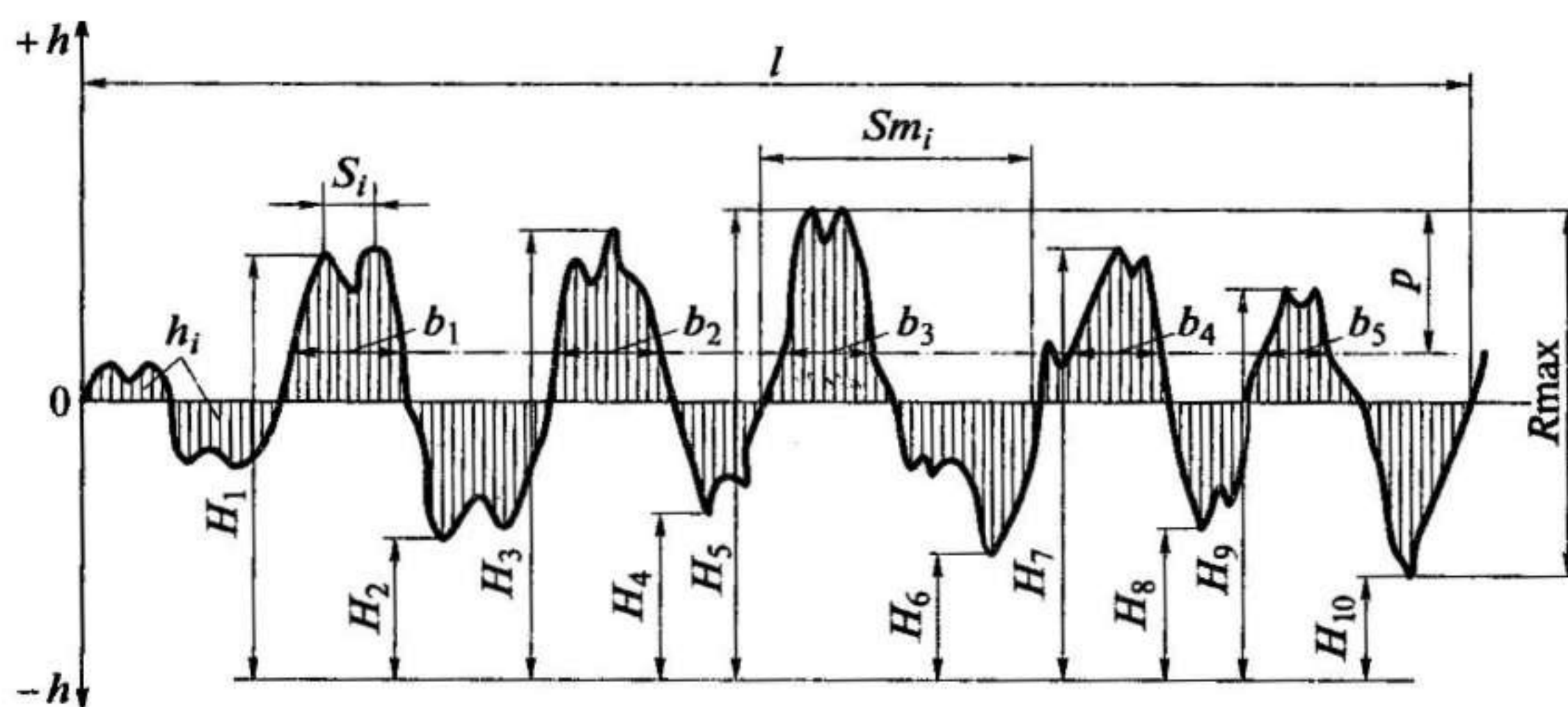


Рис. 6.1. Параметры неровностей поверхности детали

- среднее арифметическое отклонение профиля Ra , определяемое из абсолютных значений отклонений профиля h_i от средней линии:

$$Ra = (h_1 + h_2 + \dots + h_n) / n = 1/n \sum_{i=1}^n h_i;$$

- средний шаг неровностей Sm и средний шаг неровностей по вершинам S :

$$Sm = 1/n \sum_{i=1}^n Sm_i;$$

$$S = 1/n \sum_{i=1}^n S_i;$$

- относительная опорная длина профиля t_p — отношение опорной длины профиля η к базовой длине l , %: $t_p = 100\eta/l$,

где η — опорная длина профиля,

Диапазон колебаний параметров: l — 0,01 ... 25 мм, Rz и R_{max} — 0,25 ... 1 600 мкм, Ra — 0,008 ... 100 мкм, Sm и S — 0,002 ... 12,5 мкм, t_p — 10 ... 90 %.

Величины Sm и t_p характеризуют форму микронеровностей и определяют износостойкость и контактную деформацию сопряженных деталей. Иногда шероховатость регламентируют направлением неровностей, которое влияет на контакт сопряженных поверхностей. Например, для поверхностей скольжения совпадение направления неровностей обработки с направлением движения уменьшает износ.

Шероховатость поверхности чаще всего оценивают параметром Rz или Ra .