

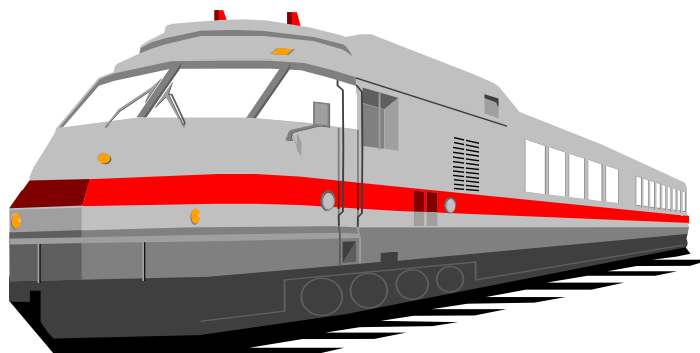
Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
Университет путей сообщения»

Кафедра «Локомотивы»

И.В. Дмитренко, Кузьмичев Е.Н.

ПРОИЗВОДСТВО И РЕМОНТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Курс лекций



Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2013

УДК
ББК
Д

Рецензенты:

Кафедра «Машины и оборудование лесного комплекса»
Тихоокеанского государственного университета
заведующий кафедрой профессор, доктор технических наук,
В.А. Иванов

Ремонтное депо Дальневосточная, заместитель начальника депо по
сертификации и качеству А.В. Чернов

Дмитренко И.В., Кузьмичев Е.Н.

Д 533 Производство и ремонт подвижного состава: конспект лекций /
И.В. Дмитренко, Е.Н. Кузьмичев., Михалевич М.П. – Хабаровск: Изд-во
ДВГУПС, 2013. – с.: ил.

Настоящий курс лекций соответствует федеральному государственному образовательному стандарту специальности 1903000.95 «Подвижной состав железных дорог»

В курсе приведен план лекции, ее содержание и вопросы для контроля знаний.

При изложении материала лекций учитывались достижения в современной технологии очистки, восстановления при производстве и ремонте оборудования подвижного состава.

Предназначен для студентов 4 и 5 курсов специальности 1903000.95 «Подвижной состав железных дорог» всех форм обучения и может быть использован на производстве для повышения квалификации работников предприятий по ремонту подвижного состава.

Введение

Подвижной состав железных дорог России (в частности грузовые тепловозы) в течении последних лет практически не обновлялся.

В связи с этим происходит его износ и старение. Так на начало 2011г. износ тепловозов составляет 75%, а электровозов – 68 %. Если локомотивный парк не обновлять, то к 2015 г. выработают свой срок службы свыше 9 тыс. локомотивов. Для избежания этого на ремонтных заводах производится модернизация подвижного состава, позволяющая продлить срок их службы на 8-10 лет.

В связи с этим для успешной работы железных дорог необходимо выпускать новые типы подвижного состава и в полном объеме выполнять требования планово-предупредительной системы обслуживания и ремонта.

В первой части курса рассматриваются вопросы производства подвижного состава: характеристики производственного и технологического процесса, проектирования технологического процесса, способы изготовления и восстановления деталей, технологии сборочных процессов, основные положения по обслуживанию и ремонту подвижного состава.

Во второй части курса приводится технология ремонта наиболее важных узлов механических и электрических частей подвижного состава. При рассмотрении технологии ремонта приводится перечень дефектов деталей причины их возникновения, современные методы их выявления и устранения. Приводятся методы комплектования и сборки узлов подвижного состава.

В конце курса даются методы испытания узлов подвижного состава. В качестве примера приводится технология испытания тягового электродвигателя тепловоза типа ЭД 118.

В заключении курса рассматриваются вопросы реостатных испытаний локомотива.

Изучив курс студент должен знать:

- вопросы моделирования и проектирования технологических процессов, технологической подготовки производства, прогрессивные приемы и эффективные методы производства и ремонта подвижного состава, основы теории изнашивания и восстановления элементов подвижного состава;
- методы оценки технологичности конструкций подвижного состава;
- материалы, применяемые при изготовлении элементов подвижного состава и методы их выбора;
- технологические процессы и оборудование предприятий по производству и ремонту подвижного состава;
- методы восстановления подвижного состава и его частей;
- методы выбора и расчета оборудования;

- способы организации производства и ремонта подвижного состава;
- защитные покрытия подвижного состава и его деталей;
- методы оценки качества производства и ремонта элементов подвижного состава;.

Изучив курс студент должен уметь:

- разрабатывать технологические процессы производства и ремонта узлов и деталей подвижного состава с использованием информационных технологий;
- выбирать необходимое оборудование и средства технического оснащения, выполнять расчеты технологических режимов с учетом нравственных, правовых аспектов деятельности, требований безопасности и экономики, последствий реализации проектов для окружающей среды;

Изучив курс студент должен владеть:

- методами разработки и организации выполнения технологических процессов производства и ремонта подвижного состава с учетом требований экономики и стратегии развития железнодорожного транспорта; методами приемки подвижного состава после производства и ремонта.

Лекция 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОВ

План лекции:

- 1.1. Виды производственных процессов
- 1.2. Виды технологических процессов
- 1.3. Документация производственного и технологического процессов.

Производственный процесс - это комплекс технологических и трудовых процессов, превращающих предметы труда в готовую продукцию, соответствующую по качеству установленным стандартам или техническим условиям (ГОСТ, ОСТ, ТУ). *Под предметами труда* понимают сырьё, заготовки и комплектующие детали.

В силу целого ряда географических, производственных, экономических и других причин на одном предприятии не существует «полного производственного процесса», включающего в себя все стадии производства от добычи природного сырья до выпуска готовых изделий. Полный производственный процесс разделён на отдельные части, выполнение которых осуществляется на специализированных предприятиях. Имеются, например, предприятия по добыче металлургического сырья; заводы по выплавке чугуна; его переработке в сталь; производству проката и литью заготовок; машиностроительные заводы и др. В связи с этим имеют место производственные процессы конкретных предприятий (заводов) – например, металлургического завода, машиностроительного завода, вагоностроительного завода, вагоноремонтного завода и др. В пределах завода производственный процесс реализуется в различных цехах, которые являются основными производственными единицами.

По своему назначению и той роли, которую процессы выполняют на предприятии, различают производственные процессы:

- основные;
- вспомогательные;
- обслуживающие.

Основными производственными процессами называются процессы результатом выполнения которых является непосредственный выпуск продукции – машин (подвижного состава) и запасных частей (колёсных пар, автосцепок и др.). Если все основные производственные процессы объединить, то получится основное производство, которое осуществляется в основных и заготовительных цехах (вагоноборочном, колёсном, литейном и др.).

К вспомогательным производственным процессам относятся процессы, связанные с изготовлением продукции, которая используется в основном производстве. Сюда относится изготовление нестандартного инструмента, изготовление приспособлений, моделей, ре-

монт оборудования и др. Эти процессы реализуются в вспомогательных цехах – инструментальном, модельном, ремонтно–механическом и др.

Обслуживающими производственными процессами называются процессы, обеспечивающие эффективное функционирование основного и вспомогательного производства. Сюда относятся транспортные и складские работы, научно-техническое обслуживание и др. Эти процессы выполняются, соответственно, в транспортном цехе, складском хозяйстве, лабораториях и других подразделениях.

Из определения производственного процесса следует, что его частью являются технологические процессы.

Технологический процесс - это изменение качественного состояния объекта работ (материала заготовки), взаимного расположения и соединения деталей с целью получения готовой продукции. Изменение качественного состояния объекта работ может проявляться в:

- изменении формы предметов труда путем механической обработки заготовки, получения заготовки литьём, ковкой, штамповкой. В связи с этим существуют технологические процессы механической обработки, литья и др.;

- изменении свойств материала детали по всему её сечению путем применения различных видов термообработки - осуществлением технологических процессов закалки, отпуска, нормализации и др.;

- изменении свойств и химического состава поверхностного слоя материала детали путем осуществления технологических процессов химико-термического упрочнения, таких как цементация, азотирование и др.;

- соединении деталей в сборочные единицы путём применения технологических процессов сборки с созданием подвижных и неподвижных, разъёмных и неразъёмных соединений, заложенных в конструкции изделия;

- изменении внешнего вида изделия (например окраски).

Вторая часть определения производственного процесса включает в себя трудовой процесс.

Трудовой процесс - это воздействие рабочего на предмет труда, при котором он затрачивает:

- физический труд, путём выполнения определённых трудовых действий;

- умственный труд, путём управления оборудованием, наблюдения за его работой, контроля за ходом процесса.

Мерой оценки затрат труда является норма трудоёмкости, которая измеряется в чел. ч.(чел.- мин.).

Продолжительность трудового процесса измеряется в часах (мин.) и называется нормой времени. В том случае, если трудовой процесс выполняется одним рабочим, то норма трудоёмкости численно равна норме времени.

В настоящее время доминирующим способом получения точных размеров деталей машиностроительных конструкций является механическая обработка. Это связано с тем, что заданные формы деталей, с требуемой точностью и качеством их поверхностей, достигаются в основном путём механической обработки, так как другие способы не всегда могут обеспечить выполнение технических требований, установленных конструктором. Процесс механической обработки связан с эксплуатацией металлообрабатывающих станков, с использованием режущего и измерительного инструмента. Механическая обработка повышает качество выпускаемой продукции, но увеличивает её трудоёмкость и себестоимость. Производство подвижного состава это одна из отраслей машиностроения. В связи с этим в дисциплине «Технология производства и ремонт подвижного состава», как и в других специальных дисциплинах машиностроительного цикла, определяющая роль отводится вопросам технологии механической обработки деталей и сборки изделий.

Технологический процесс механической обработки - это последовательное изменение состояния заготовки (геометрических форм, размеров и качества поверхностей) за счёт её обработки режущим инструментом до момента получения готовой продукции. Выполняется технологический процесс на рабочих местах.

Рабочее место (ГОСТ 14.004-83) – это часть производственной площади цеха (участка), на которой располагается:

- основное оборудование (станки, машины, автоматические линии и др.);
- вспомогательное оборудование (сборочные и сварочные стенды, рольганги и др.);
- технологическая оснастка (приспособления, инструмент, технологическая документация);
- организационная оснастка (столы, тумбочки, средства сигнализации, освещения и др.).

Так как технологические процессы разнообразны, то для удобства их разработки они расчленяются на отдельные части. Для технологического процесса механической обработки основной его частью является операция.

Операция – это часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним или группой рабочих. В операциях обработки резанием наименование операции определяется, видом оборудования на котором она выполняется (например токарная, фрезерная и т.д). На слесарных и слесарно-сборочных работах наименование операции отражает характер выполняемых работ (например зачистка, сборка, клепка и др.).

В технологических документах запись содержания операции начинается с ключевого слова, выраженного глаголом в неопределённой форме (например «строгать клин согласно эскиза»; «собрать буксу со-

гласно чертежа» и т.д.). Операция является основой для производственного планирования и нормирования технологического процесса. Она служит основанием для расчётов трудоёмкости изготовления изделий, необходимого оборудования, оснастки, материалов и требуемого количества рабочих по квалификациям. В технологических документах операциям присваивается номер с использованием арабских цифр – 5, 10, 15 и т.д. Допускается в номере операции добавлять слева нули (например 005, 010, 015 и т.д.).

В состав операции входят её элементы: установ, позиция, переход, ход.

Установ – часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки на станке или в приспособлении. Например, обточка вала при его закреплении в центрах с одного конца – первый установ; обточка вала после его поворота и закреплении в центрах с другого конца – второй установ.

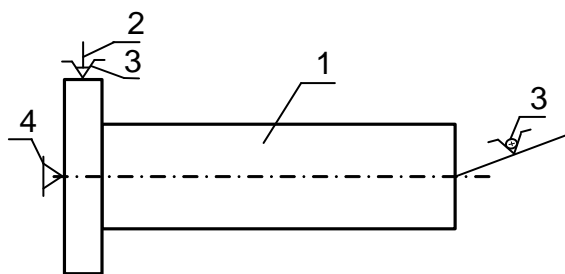


Рис. 1.1. Графическое изображение крепления заготовки в установе:
1 – заготовка; 2 – условное обозначение 3^х кулачкового патрона; 3 – вращающийся центр; 4 – опора

На эскизе заготовки условными обозначениями указываются опоры и зажимы (рис. 1. 1).

Установы в технологических документах обозначаются буквами А, Б и др.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое закреплённой обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определённой части операции.

Например, при изготовлении детали на многопозиционных карусельных станках, заготовка устанавливается в приспособление, расположенное на столе станка. Далее, при неизменном её закреплении на столе, она последовательно подводится, за счёт поворота стола, к позициям, на которых осуществляется обработка с помощью силовых головок.

Переходы разделяются на технологические и вспомогательные.

Технологический переход – часть операции, характеризующаяся обрабатываемой поверхностью, рабочим инструментом и режимом работы станка. В течении перехода эти характеристики неизменны.

Вспомогательный переход – часть операции, состоящая из действий человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров, шероховатости поверхности, но необходимых для выполнения технологического перехода (например установка или снятие инструмента, поворот суппорта, измерение размера и т.д.).

Переходы в операционных картах называются подробно. Например: «подрезать торец с диаметра D до D_1 начерно (начисто)». На эскизе заготовки поверхность обработки выделяется толстой линией, в конце поверхности обработки показывается положение режущего инструмента и стрелкой указывается направление подачи (инструмента или заготовки). В операционных картах переходы обозначаются арабскими цифрами 1,2 и т.д.

Переход включает в себя ходы. Ход разделяется на рабочий и вспомогательный.

Рабочий ход - это часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности. За каждый рабочий ход снимается один слой металла. *Вспомогательный ход* - это часть перехода, состоящая из однократного перемещения режущего инструмента относительно заготовки не сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности. Например, возвращение суппорта токарного станка в исходное положение. В нормировочных картах указывается количество ходов ($i=1$; $i=2$ и т.д.).

Рассмотрим пример разработки плана изготовления валика (рис.1.2) путем механической обработки заготовки из пруткового сортового проката $\phi 50$ мм.

План обработки выполняется в табличной форме (рис. 1.3).

С 1975 года в отечественном машиностроении введена Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), построение которой представлено на рис.1.4.

Одной из функций ЕСТПП является разработка технологических процессов изготовления изделий на основе Единой системы технологической документации (ЕСТД). В системе Министерства путей сообщения разработан руководящий технологический материал (РТМ 32 ЦВ 200-87), в котором приводятся указания по оформлению и комплектации технологической документации на предприятиях грузового и пассажирского вагонного хозяйства.

Система ЕСТД устанавливает на всех предприятиях единые правила оформления и ведения технологической документации, обеспечивает стандартизацию обозначений и унификацию документации на

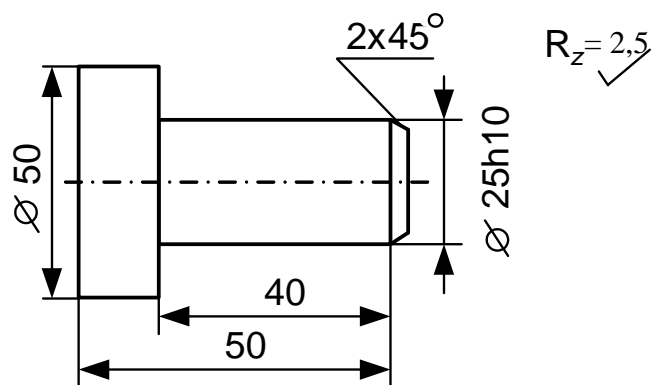


Рис. 1.2. Чертёж детали

Технические требования: 1. Неуказанные продольные отклонения $-h14$

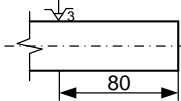
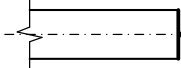
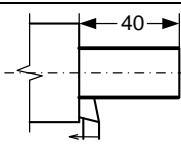
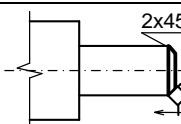
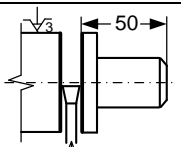
№ операции	Наименование операции	Установы	Переходы	Эскиз установов и переходов	Ходы
05	Токарная	А			
			1. Подрезать торец на 3 мм.		i=2
			2. Проточить на длину 40 мм с $\phi 50$ на $\phi 25$.		l=3
			3. Снять фаску $2 \times 45^\circ$		1
			4. Отрезать на длину 50 мм.		1

Рис. 1.3. План обработки валика

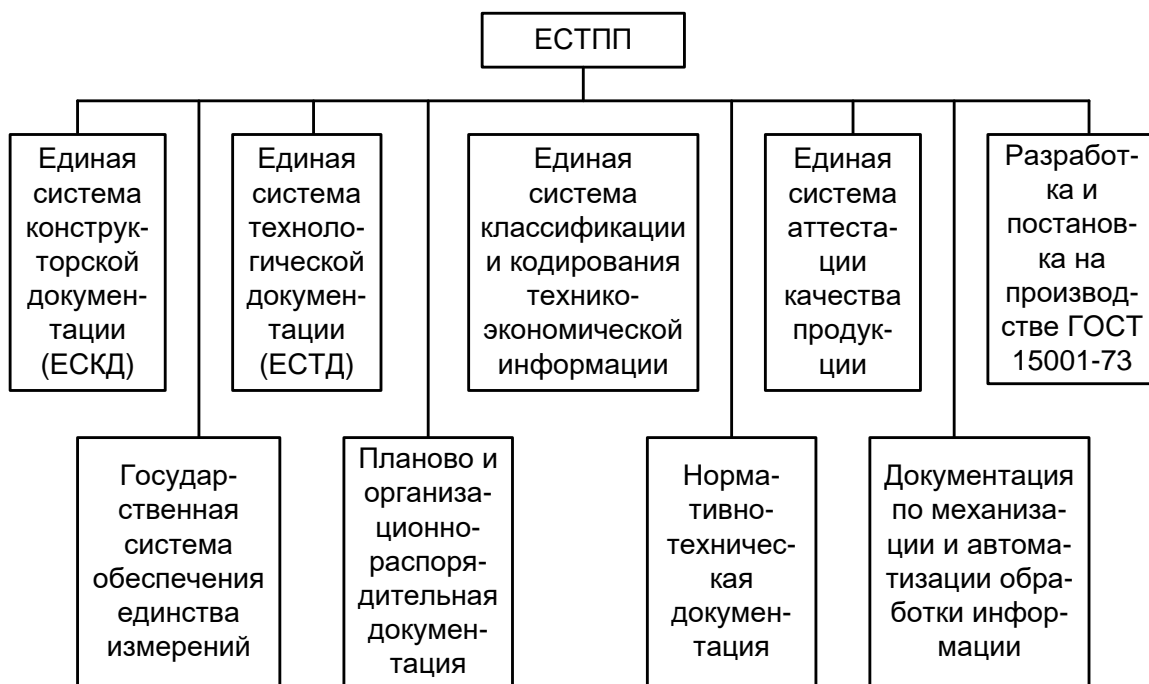


Рис.1.4. Структурная схема ЕСТПП

различные виды работ. Технологические документы подразделяются на документы общего и специального назначения.

Документами общего назначения являются: маршрутная карта; карта эскизов (КЭ) и технологическая инструкция (ТИ).

Маршрутная карта содержит перечень всех технологических операций, включая контроль и перемещение деталей, в порядке технологической последовательности с указанием данных по оборудованию, оснастке, материальным нормативам и трудозатратам.

Карта эскизов является графическим документом, содержащим эскизы, поясняющие выполнение технологического процесса по операциям и переходам.

Технологическая инструкция содержит описание техпроцесса, методов и приёмов выполнения работ, правил эксплуатации средств технического оснащения.

Документами специального назначения являются:

карта технологического процесса (КТП);

карта типового (группового) технологического процесса (КТТП);
операционная карта (ОП).

Карта технологического процесса содержит перечень операций техпроцесса одного вида формообразования (обработки, сборки и др.) и сведения по оборудованию, оснастке, материальным и трудовым затратам.

Карта типового (группового) технологического процесса разрабатывается для группового техпроцесса и содержит сведения аналогичные (КТП).

Операционная карта разрабатывается на каждую операцию с указанием:

последовательности выполнения работ по переходам;
данных о техническом оснащении; режимах обработки;
нормы времени.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое производственный процесс, его виды?
2. Что такое технологический процесс, его виды?
3. Назовите структуру технологического процесса механической обработки?
4. Назовите виды технологической документации?

Лекция 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

План лекции:

2.1. Технологический процесс механической обработки.

2.2. Типизация технологических процессов.

2.3. Групповые технологические процессы.

Различают три вида технологических процессов: единичный, типовой и групповой. Разрабатываются технологические процессы при подготовке производства к выпуску новых изделий, их модернизации и ремонту. Рекомендуется нижеследующий порядок разработки единичных технологических процессов:

1. Установление типа производства и организационных форм выполнения технологических процессов.

2. Выбор вида заготовки и её размеров.

2. Установление плана и методов обработки поверхностей и последовательности выполнения технологических операций (технологического маршрута).

3. Выбор оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента.

4. Определение режимов обработки и норм времени.

5. Определение классификации работ (профессий и разрядов рабочих).

6. Оценка технико-экономической эффективности.

7. Оформление технологической документации.

Установлению типа производства, по изготовлению (ремонту) конкретной детали, предшествует изучение её конструкции и технических условий на изготовление (ремонт), эксплуатацию, а также определение программы выпуска и производственных условий цеха (состав оборудования), где будет обрабатываться деталь.

Для установления типа производства необходимо рассчитать такт выпуска деталей

$$\tau = \frac{60\Phi_d}{N}, \quad (1.1)$$

где Φ_d – действительный фонд времени в планируемом периоде, N – программа выпуска за этот период.

Если $\tau \approx t_{on}$, где t_{on} – оперативное время обработки детали (оценивается ориентировочно), а планируемый период исчисляется годами, то производство считается массовым и для обработки детали организуются поточные или автоматические линии, а технологический процесс должен быть построен по принципу дифференциации или концентрации операций. Если период выпуска исчисляется месяцами,

то производство считается серийным, оборудование располагается по ходу технологического процесса или организуются переменноточные линии обработки, а технологический процесс дифференцирован.

Если $\tau \gg t_{on}$, то производство считается единичным, оборудование располагается по групповому признаку, а технологический процесс выполняется по принципу концентрации операций.

Выбор исходной заготовки (прокат, литьё, поковка и др.) оценивается её себестоимостью, качеством и минимальными затратами на обработку.

План обработки детали – это последовательность обработки различных поверхностей детали с установлением метода обработки (точение, фрезерование и т.д.). При установлении последовательности выполнения операций (переходов), то есть технологического маршрута, следует исходить из следующих положений:

- реализовать принцип среднеэкономической точности;
- в первую очередь надо обрабатывать поверхности, которые будут являться базами для дальнейшей обработки, применяя принципы постоянства и совмещения баз;
- затем следует обрабатывать поверхности с наибольшими припусками, что позволяет обнаружить внутренние дефекты в материале заготовки;
- операции, где возможен брак из-за сложности механической обработки, должны выполняться в начале процесса;
- дальнейшая последовательность операций устанавливается в зависимости от требуемой точности обработки, то есть более точные операции сдвигаются на конец технологического процесса.

В зависимости от вида заготовки, используя справочные данные, распределяют общий припуск на межоперационные припуски.

При выборе типа-размера станков исходят из операций обработки, габаритов заготовки, обеспечения необходимой точности и шероховатости. Если это требование можно выполнить на различных станках, то необходимо учитывать:

- а) возможно более полное использование станка по мощности;
- б) наименьшую цену станка;
- в) наименьшие затраты времени на обработку;
- г) наименьшую стоимость обработки.

Одновременно с выбором станка *устанавливается, какое приспособление* необходимо для выполнения намеченной операции. Если приспособление является принадлежностью станка, то указывается его наименование (патрон, тиски и др.). Если возникает потребность в изготовлении специального приспособления то, прежде чем приступить к разработке конструкции, выявляется его экономическая целесообразность.

Выбор режущего инструмента зависит от типа станка, материала заготовки, её размеров, конфигурации, требуемой точности и шероховатости.

Особое внимание уделяется выбору материала режущей части инструмента (инструментальные стали, твердые сплавы, металлокерамические сплавы и др.).

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида измеряемой поверхности, габаритов детали, требуемой точности (линейки, штангенциркули, микрометры, нутромеры и тд.).

Установление режимов резания основывается на:

- данных об изготавливаемой детали (чертёж и технические условия) и заготовке;
- роде материала заготовки, его характеристике;
- форме, размерах заготовки и допусках на обработку;
- точности и качестве обработки детали;
- паспортах станков.

Рассчитанные элементы режимов резания (частота вращения заготовки или шпинделя станка – n 1/ мин; подача – S мм/об; глубина резания – t мм) должны обеспечивать наибольшую производительность и загрузку станка по мощности и наименьшую себестоимость.

Профессия и разряд рабочего устанавливается по тарифно-квалификационным справочникам.

Технико-экономическая оценка разработанных технологических процессов производится по следующим показателям:

Норма времени:

а) при массовом производстве

$$T_{um} = \sum t_{umi} , \quad (1.2)$$

б) при серийном производстве

$$T_{um.k} = T_{um} + \frac{t_{nz}}{n} , \quad (1.3)$$

в) при единичном производстве

$$T_{um.k} = T_{um} + t_{nz} , \quad (1.4)$$

где T_{um} – штучная норма времени, это время затрачиваемое на выполнение всех операций технологического процесса, мин; t_{umi} – штучное время на выполнение одной операции, мин; $T_{um.k}$ – штучно-калькуляционная норма времени, мин; t_{nz} – подготовительно- заключительное время (получение и сдача работы, материала, инструмента, приспособлений и др), мин; n – количество деталей в партии.

$$t_{umi} = t_o + t_g + t_{o.e} + t_{об}, \quad (1.5)$$

где t_o – основное время, время непосредственного выполнения работы (процесса резания), мин; t_g – вспомогательное время, это время затрачиваемое на подготовку к выполнению основной работы (установка заготовки, инструмента, режимов резания и др), мин; $t_o + t_g = t_{он}$ – оперативное время, мин; t_{oe} – время на отдых и естественные надобности, мин; $t_{об}$ – время на обслуживание рабочего места (подготовка и уборка станка), мин.

Время на $t_{o.e.}$, $t_{об}$, $t_{нз}$ – нормируется в процентах от $t_{он}$.

Цеховая себестоимость обработки

$$C = R + M + Z, \quad (1.6)$$

где R – стоимость основной рабочей силы, руб; M – стоимость материалов (заготовки), руб; Z – стоимость накладных расходов, руб.

Стоимость основной рабочей силы определяется исходя из нормы времени, количества рабочих, их тарифного разряда, доплат за стаж работы и территориальный пояс. Стоимость накладных расходов

$$Z = \% N \cdot R, \quad (1.7)$$

где $\% N$ – процент цеховых накладных расходов.

$$\% N = \frac{\sum K}{\sum R} \cdot 100, \quad (1.8)$$

где $\sum K$ – сумма косвенных годовых расходов цеха (расходы на отопление, электроэнергию, воду, амортизацию зданий и оборудования, оплату труда инженерно – технических работников и др), руб; $\sum R$ – годовой фонд заработной платы основных рабочих цеха, руб.

Коэффициент загрузки оборудования

$$\eta = \frac{\eta_p}{\eta_{np}}, \quad (1.9)$$

где η_p – потребное (расчётное) количество оборудования; η_{np} – принятое количество оборудования.

Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{G}{G_{заг}}, \quad (1.10)$$

где G – масса готовой детали; $G_{заг}$ – масса заготовки.

2.1. Типизация технологических процессов

Для обработки одной и той же детали можно разработать, различные варианты технологических процессов, применив различные методы обработки. Даже при одинаковых производственных условиях и программе выпуска разработка техпроцессов зависит от опыта технического персонала и опыта, накопленного на предприятии. Все эти обстоятельства создают сложности при разработке технологических процессов и требуют больших затрат времени для установления лучшего варианта.

Упростить и ускорить разработку технологических процессов помогает *типизация технологических процессов*, то есть создание типовых процессов для обработки определённого типа деталей, имеющих близкое конструктивное исполнение и размеры. Идея типизации принадлежит проф. А.П. Соколовскому. Типизация базируется на классификации деталей, то есть их разделении на классы.

Например:

класс – Валы (В). Сюда входят валы, валики, оси, штоки, пальцы, цапфы и др.;

класс – Втулки (А). К нему относятся втулки, вкладыши, гильзы и др.;

и другие классы.

Детали каждого класса разбиваются на группы, группы на подгруппы, подгруппы на типы. В результате чего получается совокупность деталей всё более схожих по технологическим признакам.

В один тип объединяются детали, при обработке которых применяется одинаковый маршрут выполнения операций, одинаковое оборудование и технологическая оснастка. На представителя деталей данного типа разрабатывается технологический процесс, который будет являться типовым технологическим процессом и по нему будут обрабатываться все детали данного типа.

Если технологи какого-либо предприятия имеют типовые технологические процессы, то они могут:

- после определения, к какому классификационному типу относится данная деталь, применить для неё соответствующий типовой технологический процесс, если позволяет оборудование данного предприятия;

- использовать типовой технологический процесс (заимствовать режимы резания, инструмент, приспособления) для разработки нужно-

го, чем достигается экономия времени и повышается качество разработки.

2.2. Групповые технологические процессы

На заводах серийного производства применяются *групповые технологические процессы* (ГТП). ГТП - это технологический процесс изготовления группы деталей с различными конструктивными, но общими технологическими признаками. В этом случае технологический процесс разрабатывается на комплексную деталь (рис 1.5).

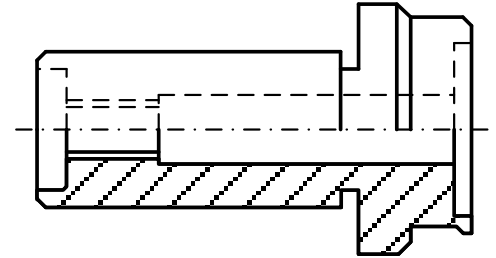


Рис. 1.5. Комплексная деталь

Комплексная деталь объединяет мелкие партии деталей, каждую из которых нерационально обрабатывать на поточных линиях. Но после их объединения в комплексную деталь возможна организация переменного – поточных линий, позволяющих обрабатывать детали мелкими партиями, применяя режимы обработки для поверхностей фактической детали, соответствующим аналогичным поверхностям комплексной детали.

Вопросы для самопроверки

1. Как установить тип производства?
2. Характеристика единичного производства?
3. Характеристика серийного производства?
4. Характеристика массового производства?

Лекция 3. СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

План лекции:

- 3.1. Причины возникновения неисправностей в деталях машин
- 3.2. Восстановление деталей пластической деформацией.
- 3.3. Восстановление деталей обработкой под ремонтный размер.
- 3.4. Восстановление путем постановки добавочной детали.
- 3.5. Восстановление деталей металлизацией.
- 3.6. Восстановление деталей гальваническими покрытиями.
- 3.7. Восстановление деталей электроконтактным напеканием порошков.
- 3.8. Восстановление деталей полимерными материалами.
- 3.9. Выбор рационального способа восстановления деталей.

3.1. Причины возникновения неисправностей в деталях машин

Возникновение неисправностей в деталях машин обусловлено конструктивными, технологическими и эксплуатационными факторами.

К конструктивным факторам относятся:

не соответствие расчётных и фактических нагрузок; повышенные скорости относительного перемещения деталей в соединениях; не соответствие свойств материалов и их структуры условиям эксплуатации; неудачное конструктивное исполнение деталей и сборочных единиц; неправильное назначение величин зазоров или натягов в сопряжениях; наличие микрогеометрии, шероховатости с параметрами, не обеспечивающими нормальную работу деталей; не обеспечение условий смазывания и охлаждения и др.

К технологическим факторам относятся: выбор способов получения заготовок, а также видов применяемых технологий при изготовлении деталей, не обеспечивающих выполнение технических условий, назначенных конструктором, или приводящих в последствии к возникновению дефектов; нарушение правильности сборки.

К эксплуатационным факторам относятся повышенная интенсивность и нарушение условий эксплуатации, несвоевременность и плохое качество периодических ремонтов и технического обслуживания.

Кроме этого в сборочных единицах, составляющих основу конструкции изделия, и рассчитанных на длительный срок службы, имеются детали, замена или восстановление которых заложена конструктором при проведении плановых видов ремонта.

Накопленный многолетний опыт восстановления деталей позволил установить взаимосвязь между конструктивными элементами деталей (типовыми поверхностями), видами износов (повреждений) и технологическими способами восстановления деталей (устранения повреждений). Иллюстрация этой взаимосвязи приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Взаимосвязь между типовыми поверхностям, видами дефектов
и способами их устранения

Типовые поверхности	Виды повреждений	Технологические способы устранения повреждений.
1. Цилиндрические наружные поверхности (материал – сталь)	Износ по диаметру, риски, задиры и др.	Обработка на произвольный размер. Обработка на градиционный размер. Различные виды наплавки.
2. Цилиндрические внутренние поверхности (материал – сталь)	Износ по диаметру, риски задиры.	Постановка насадок. Различные виды наплавки.
3. Наружные резьбовые поверхности (материал – сталь)	Износ резьбы срывы, забоины.	Обработка на меньший размер (диаметр). Различные виды

		наплавки
4. Деформация детали (материал – сталь)	Изгиб	Правка в нагретом и холодном состояниях.
5. Плоские рабочие поверхности (материал – сталь)	Износы	Различные виды наплавки.

Обработка на произвольный размер характеризуется тем, что деталь проходит механическую обработку на глубину равную или несколько большую глубине дефекта. Например, обработка поверхностей катания колёс колёсной пары. При этом накладываются дополнительные требования – допустимая разница в диаметрах колёс и минимально допустимая толщина ободьев колёс.

Обработка на градационный (ремонтный) размер, заключается в обработке повреждённой поверхности на глубину дефекта с обеспечением определённого, заранее обусловленного размера. Например, этот способ применялся при ремонте шеек осей РУ на втулочной посадке подшипников, когда полномерная шейка диаметром 135,0 мм, при наличии повреждений, перетачивалось на ближайшую градацию 134,5; 134,0; 133,5; 133,0 мм. Уменьшение диаметра шейки компенсировалось увеличением толщины закрепительной втулки.

Восстановление насадками обеспечивает доведение изношенной поверхности до размера новой детали. Насадки это втулки различного размера, выполненные из материала с высокой износостойкостью. Например, широко используются втулки, устанавливаемые в детали рычажной передачи при постройке подвижного состава, которые при износе заменяются на новые.

Наибольшее применение для устранения неисправностей, таких как трещины, изломы, износы, у деталей и сборочных единиц различных конструкций, получили различные способы автоматической, полуавтоматической и ручной наплавки и сварки.

3.2. Восстановление детали пластической деформацией (давлением).

При этом способе используются пластические свойства металла. Существуют три метода обработки деталей давлением: осадка, раздача и обжатие (рис.1.6.).

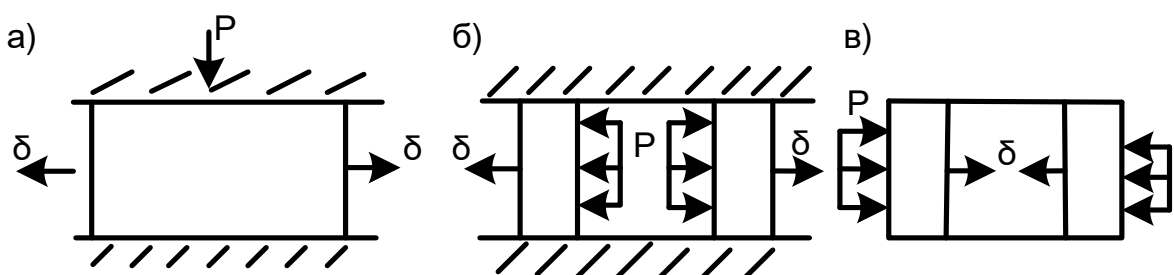


Рис.1.6. Схемы восстановления деталей давлением: а) осадка; б) раздача; в) обжатие

При раздаче и обжатии совпадает направление силы и деформации. При осадке не совпадает направление силы и деформации. При обработке давлением необходимо выдержать температурный режим. Обработка давлением, протекающая при температуре меньше температуры рекристаллизации и вызывающая упрочнение (наклеп) называется холодной обработкой. Рекристаллизация – изменение структуры металла в результате его нагрева. Обработка, протекающая при температуре более температуры рекристаллизации, при которой металл имеет структуру без следов упрочнения, называется горячей обработкой. Минимальная температура рекристаллизации определяется как

$$t = 0,4 t_{пл} \quad (1.11)$$

где $t_{пл}$ – температура плавления металла.

При горячей обработке механические свойства металла детали зависят от температуры начала и конца обработки, т.е. от температурного интервала. Начальная температура не должна вызывать пережога или перегрева, конечная – не должна вызывать наклепа.

Например, для углеродистой стали с содержанием углерода до 0,3 %
 $t_n = 1200 - 1150^{\circ}\text{C}$, $t_k = 800 - 850^{\circ}\text{C}$.

Для пламенных печей время нагрева определяется как

$$T = KД \sqrt{Д}, \quad (1.12)$$

где K – коэффициент, для углеродистых сталей $K=12,5$, для легированных - $K= 25$; $Д$ – диаметр детали

Для уменьшения количества углерода и образования окалина, особенно цементированных поверхностей, нагрев желательно вести в среде, обогащенной углеродом, например, в ящиках с карбюризатором. После обработки, для снятия внутренних напряжений и улучшения пластических свойств детали, необходимо выполнить термообработку: отжиг или нормализацию.

Примеры восстановления деталей давлением: пальца шатуна – раздачей, втулки верхней головки шатуна – обжатием.

Преимущества данного способа: восстановление не требует дополнительного металла, он прост и позволяет экономить цветные металлы и высококачественные стали. Применение способа ограничивается наличием в детали необходимого запаса металла.

3.3. Восстановление деталей обработкой под ремонтный размер.

Сущность способа – обработка поврежденных поверхностей деталей системы «вал-отверстие» с целью устранения овальности и конусности, не изменяя при этом положения геометрической оси детали.

Ремонтные размеры делятся на два вида: категорийные (градационные) и пригоночные. **Категорийным** называется размер, установленный для определенной категории ремонта. **Пригоночным** называется размер с учетом припуска на пригонку детали «по месту». Для вала ремонтный размер всегда меньше номинального, а для отверстия – больше номинального.

Рассмотрим схему установления категорийных размеров (рис.1.7.)

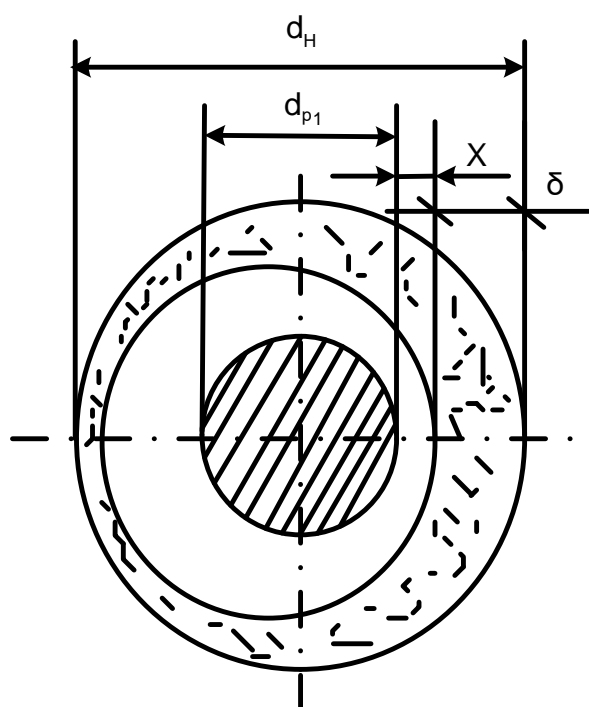


Рис. 1.7. Схема установления категорийного размера для вала

Первый категорийный размер определяется по формуле

$$d_{P1} = d_H - 2 (\delta_{\text{МАК}} + X_{\text{МИН}}), \quad (1.13)$$

где d_H – номинальный размер; $\delta_{\text{МАК}}$ – максимальный односторонний износ; $X_{\text{МИН}}$ – минимальный припуск на обработку.

Ремонтный интервал определяется по формуле

$$Y_P = 2 (\delta_{\text{МАК}} + X_{\text{МИН}}), \quad (1.14)$$

Количество ремонтных градаций (категорий) определяется по формуле

$$n = (d_H - d_{\text{мин}}) / Y_P \quad (1.15)$$

где $d_{\text{мин}}$ – минимально допустимый размер вала по условиям прочности.

Обработкой под категорийный размер устраняется износ шеек коленчатых валов. Для коленчатого вала дизеля 10Д100 установлено 7 категорий, с градационным интервалом 0,5 мм, для коленчатого вала дизеля Д49 1-го и 2-го исполнения установлено 4 категории, с градационным интервалом 0,1 мм.

Рассмотрим схему установления пригоночных размеров. Для примера используем расчет пригоночных размеров для моторно-осевого подшипника колесо-моторного блока (рис. 1.7).

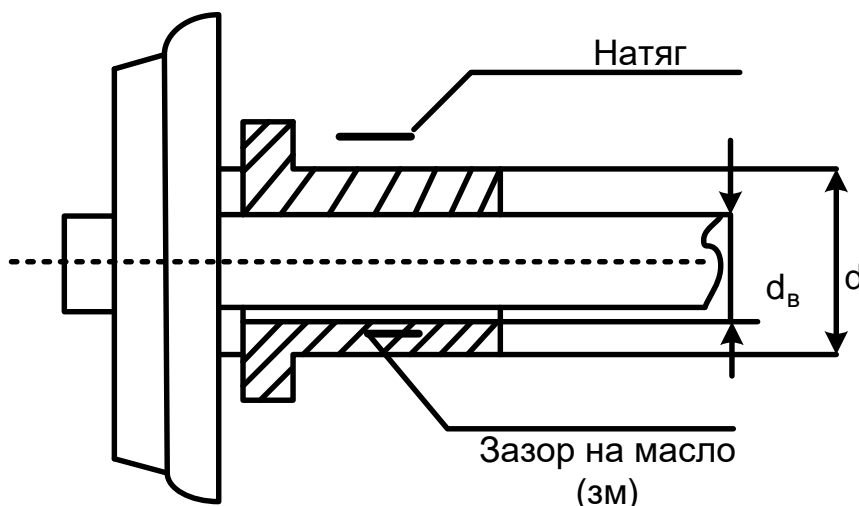


Рис. 1.7. Схема установления пригоночного размера в моторно-осевом подшипнике

Моторно-осевые подшипники поступают в депо в виде отливки и поэтому перед монтажом их необходимо обработать по внутреннему и наружному диаметру. Внутренний диаметр определяется как

$$d_B = d_{\text{ш}} + 3M, \quad (1.16)$$

Наружный диаметр определяется как

$$d_H = d_{\text{п}} + H, \quad (1.17)$$

где $d_{ш}$ – диаметр шейки оси колесной пары, $ЗМ$ – минимальный зазор «на масло», $d_{п}$ – диаметр постели остова ТЭД, H – максимальный натяг подшипника в остова ТЭД.

Преимущества способа: простота и дешевизна, не требуется дополнительного металла. Недостаток: необходимость ремонта или замены сопряженных деталей, что увеличивает время на ремонт и ухудшает взаимозаменяемость деталей.

3.4. Восстановление путем постановки добавочной детали

Сущность способа – вместо изношенной поверхности (вала или отверстия) ставится дополнительная (добавочная) деталь, компенсирующая износ. Этот способ применяется для восстановления деталей как под ремонтный, так и под номинальный размер. Порядок восстановления:

- производят обточку изношенного слоя с учетом толщины добавочной детали; чистота поверхности 8-9 класс;
- изготавливают добавочную деталь в виде втулки, материал ее должен соответствовать материалу восстанавливаемой детали. Допускается в отверстие чугунных деталей и деталей, изготовленных из легких сплавов, добавочные детали из стали 20. Посадочная поверхность добавочной детали должна иметь натяг относительно восстанавливаемой поверхности 0,05-0,07 мм;
- монтаж добавочной детали на восстанавливаемую можно производить двумя способами: с использованием давления или тепла.

В первом случае необходимое усилие запрессовки рассчитывается как

$$P = \pi \cdot f \cdot \rho \cdot d \cdot l \quad (1.18)$$

где P – усилие запрессовки, кгс; f – коэффициент трения; ρ – удельное давление на контактную поверхность, кгс/мм²; d – диаметр сопряженной поверхности, мм; l – длина контактной поверхности, мм

Для предупреждения образования задиров на сопряженных поверхностях деталей их покрывают машинным маслом или графитом.

В тех случаях, когда детали работают с большими нагрузками или изготовлены из материалов, имеющих различные коэффициенты линейного расширения, или сопряжения работают в условиях высоких температур, или посадка должна быть с большим натягом, монтаж добавочной детали производят нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой. Температура нагрева или охлаждения $^{\circ}\text{C}$ определяется из выражения

$$t = [(\delta + S) / \alpha \cdot d] \pm t_{\Pi} \quad (1.19)$$

где δ - максимальная величина натяга, мм; S – минимальный сборочный зазор, мм, для цилиндрических деталей $S = 0.001 \sqrt{d}$, для конусных деталей $S = 0.05 \sqrt{d}$; α - коэффициент линейного расширения; d – номинальный диаметр сопряжения, мм; t_{Π} - температура в помещении, °С; «+» берется при нагревании, «-» - при охлаждении.

Прочность посадки с нагревом в 3 раза больше, чем прочность посадки в холодном состоянии. Нагрев деталей производят в масляных ваннах при температуре 60-80°С или индукционным нагревателем при температуре 100-120°С, время нагрева 1-2 мин. Охлаждения производят в твердой углекислоте, в жидком воздухе, кислороде или азоте. Наиболее благоприятным телом для охлаждения являются сухой лед, имеющий температуру (– 78°С) и азот (-196°С).

При восстановлении износа отверстий добавочную деталь крепят винтами или штифтами, количество которых зависит от диаметра: при Ø 30 мм ставится один, при Ø 30 – 50 мм ставится два через 180°, при Ø более 50 мм ставится три через 120°.

Данным способом восстанавливают валы якорей вспомогательных электрических машин, гнездо роликового подшипника в корпусе вертикальной передачи дизеля 10Д100, резьбовые отверстия.

Преимущества способа: надежность и доступность, способ позволяет восстановить деталь под номинальный размер. Недостатки: требуются дополнительные затраты, связанные с обработкой поверхности изношенной детали и изготовления добавочной детали.

Восстановление деталей сваркой и наплавкой излагаться в лекциях не будет, т.к. эти способы изучались в курсе «Технология конструкционных материалов». При разработке технологических процессов восстановления деталей сваркой и наплавкой следует учитывать требования «Инструкции по сварочным и наплавочным работам. ЦТ-336, 1996г».

3.5. Восстановление деталей металлизацией

Сущность способа – металл расплавленный различными способами распыляется воздухом или газом на восстанавливаемую поверхность.

Металлизация может быть: электродуговая, плазменная, высокочастотная, газопламенная. Металлизация осуществляется специальным аппаратом – металлизатором (рис. 1.8.)

Воздух движется под давлением 0,6 МПа, а расплавленные частицы размером 1,5 – 10 МКм со скоростью 120 – 300 м/с. Частицы ударяются о поверхность, заполняют микронеровности и поры и обуслав-

ливают сцепление их между собой. Толщина слоя от несколько микрон до 10 мм.

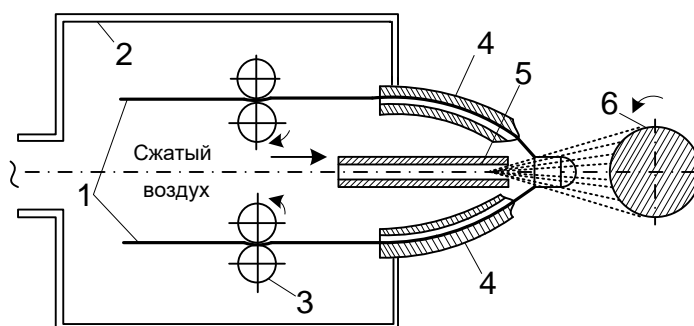


Рис. 1.8. Эскиз электродугового металлизатора: 1 – электродная проволока; 2 – провода от трансформатора; 3 – ролики; 4 - направляющие; 5 – сопло; 6 – деталь

Подготовка детали к металлизации: очистка поверхности от загрязнений, пленок, окислов; механическая обработка для придания правильной геометрической формы; придание поверхности шероховатости, необходимой для прочного удержания нанесенного слоя металла. Шероховатость обеспечивается обработкой дробью, накаткой, обдувкой песком, нанесением резьбы; защита поверхности не подлежащей металлизации.

При газопламенной и плазменной металлизации для восстановления деталей, работающих при знакопеременных и ударных нагрузках, с местным износом до 3 – 5 мм напыление металла производится с одновременным оплавлением в три этапа: нагрев детали до температуры 200 – 250° С, нанесение подслоя, нанесение основного слоя.

При ремонте локомотивов этим способом восстанавливают клапаны газораспределительного механизма дизеля, втулки цилиндров, шейки коленчатых валов и др.

Преимущества высокая пористость наносимого металла, что придает ему хорошую износостойкость; низкая температура нагрева основного металла детали. Недостатки: при нарушении технологии подготовки детали возможно отслоение наносимого металла от изношенной поверхности.

3.6. Восстановление деталей гальваническими покрытиями

Предельный износ многих деталей локомотивов (втулки цилиндры дизеля, поршни дизеля, плунжерные пары, посадочные поверхности валов и т.п.) составляют десятые и сотые доли миллиметра. Большую эффективность при восстановлении подобных деталей дают гальванические покрытия, которые позволяют не только восстановить первоначальные размеры, но и значительно улучшить качество по-

верхности, увеличив ее износостойкость. Структура основного металла при этом не испытывает никаких изменений, не возникают внутренние напряжения и деформации деталей. Суть гальванических покрытий – нанесение металла в электролите. Для его осуществления необходимо иметь ванну, заполненную электролитом; анод, копирующий форму детали и изготовленный из аналогичного металла; катод – восстанавливаемая деталь. При прохождении постоянного тока через электролит на катоде разряжаются положительно заряженные ионы и, следовательно, выделяются металл и водород. На аноде при этом происходит разряд отрицательно заряженных ионов и выделение кислорода. Металл анода растворяется и переходит в раствор в виде ионов металла взамен выделившихся на катоде. В соответствии с законом Фарадея масса вещества, выделившегося при электролизе на катоде, может быть определена как

$$G_T = C \cdot I \cdot T \quad (1.20)$$

где C – электрохимический эквивалент, г/А•ч; I – ток, А; T – продолжительность электролиза, ч

Ввиду того, что при электролизе ток расходуется не только на отложение металла, но и на выделение других веществ (водорода), а также на нагрев электролита, фактическое количество металла, выделившегося на катоде, будет меньше и равно

$$G_\phi = c \cdot I \cdot T \cdot f \quad (1.21)$$

где f – коэффициент выхода металла по току

Гальванические покрытия в ремонтном производстве делятся на следующие группы: износостойкие и ремонтные покрытия (хромирование гильз, оставливание посадочных мест валов); покрытия, улучшающие приработку деталей (лужение поршней дизеля); защитные покрытия (цинкование и кадмирование крепежных деталей) и декоративные покрытия (хромирование и никелирование различных деталей).

При восстановлении деталей наибольшее применение получила первая группа покрытий.

Хромирование. Хром – твердый, хрупкий металл, серебристо-стального цвета, с температурой плавления 1890°C . Процесс хромирования отличается от других гальванических покрытий некоторыми особенностями.

В качестве анода применяется не хром, а свинец. Причинами этого являются легкость растворения хромового анода, хрупкость хрома, высокая стоимость хрома. Отношение площади анода к площади ка-

тода 1/1 или 2/1. В качестве электролита используют раствор хромового ангидрида CrO_3 и для улучшения протекания процесса добавляют 0,4% серной кислоты H_2SO_4 . Во время электролиза содержание хрома в электролите постоянно уменьшается, что требует его добавления. Источником питания могут служить низковольтные генераторы постоянного тока или селеновые выпрямители. Напряжение на зажимах должно быть в пределах 6-8 В, а ток колеблется от 250 до 10000 А. На рис. 1.9 представлен эскиз ванны.

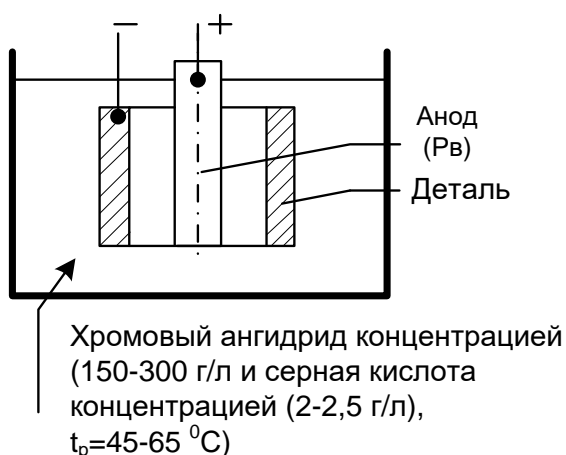


Рис. 1.9. Эскиз ванны для хромирования детали (втулки)

Все операции (переходы) гальванического процесса делятся на три этапа: подготовка, хромирование и обработка детали после хромирования. Рассмотрим подробно состав этих операций. Подготовка детали к хромированию заключается в следующем:

- механическая обработка для восстановления геометрической поверхности детали;
- очистка детали от ржавчины и гряземасляных отложений;
- изоляция мест не подлежащих восстановлению;
- химическое обезжиривание детали (промывка в 5-10% растворе каустической соды при температуре 95°C);
- анодная обработка в ванне с 30% раствором H_2SO_4 с добавлением 25 г/л закисного сернокислого железа, (анод-деталь, катод-свинцовые пластины, $t = 20^\circ\text{C}$, $T = 2 \div 4$ мин, плотность тока $D = 10 \div 60 \text{ A/дм}^2$);
- декапирование (травление). Применяется для удаления окисных пленок с поверхности детали, производится в тех же ваннах, где и основной процесс (анод-деталь, катод-пластины, $T = 0,5 \div 1,0$ мин, плотность тока $D = 30 \div 35 \text{ A/дм}^2$, $t = 50^\circ\text{C}$);
- электрохимическое обезжиривание детали (промывка в ванне со щелочным раствором при пропускании электрического тока. Катод-деталь, анод - мягкая сталь).

- после подготовки проводится сам процесс хромирования детали. Продолжительность гальванического процесса определяется по формуле, час

$$T = \delta \cdot \gamma \cdot 1000 / D \cdot C \cdot f \quad (1.22)$$

где δ – толщина слоя наращиваемого металла, мм; γ - удельный вес металла, г/см³; D – плотность тока на катоде, А/ дм²; C - электрохимический эквивалент наращиваемого металла, г/ А ч; f – выход по току, % (отношение практически выделенной величины металла и теоретически возможной, т.е. КПД)..

Обработка детали после хромирования заключается в следующем:

- промывка в холодной проточной воде;
- промывка в нейтрализующем 3÷5% растворе углекислого натрия при $t = 18 \div 25^{\circ}\text{C}$ в течение 1 мин;
- промывка в холодной проточной воде;
- промывка в горячей проточной воде;
- сушка в печи при $t = 120 \div 130^{\circ}\text{C}$;
- термическая обработка для удаления водорода при $t = 200 \div 250^{\circ}\text{C}$, $T = 2 \div 3\text{ч}$.

После хромирования деталь подвергается механической обработке.

Изменяя температуру раствора, плотность тока, толщину наращиваемого металла, можно получить различные механические свойства электролитического хрома (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Характеристики процесса хромирования

Температура $t, ^{\circ}\text{C}$	Плотность тока, А/дм ²	Цвет осадка	Толщина покрытия, мм	Прочность покрытия на разрыв, МПа
65	20	Молочный	0,1	505
			0,2	276
			0,3	163
55	35	Блестящий	0,1	625
			0,3	398
			0,5	308

Для лучшего удержания смазки на поверхности детали применяют пористое хромирование, так как плотный беспористый хром плохо смачивается маслом. Применение пористых покрытий улучшает смачиваемость самой детали в 3÷5 раза, в сопряженной детали – в 1,5÷2 раза. Пористость достигается анодной обработкой в том же растворе.

Скорость травления зависит от плотности тока, она должна составлять $40 \div 60 \text{ А/дм}^2$, с увеличением температуры пористость уменьшается, время выдержки $5 \div 12$ мин.

Преимущества хромирования: высокая твердость, жаропрочность, низкий коэффициент трения и устойчивость к воздействию влажной атмосферы, большинства кислот и щелочей. Недостатки хромирования: плохая смачиваемость маслом, длительность процесса и сложность подготовительных операций, невозможность восстановления деталей с большим износом (при слое более $0,2 \div 0,3$ мм хром отслаивается), малая производительность ($0,015 \div 0,03$ мм/час).

Разновидности хромирования. *Хромирование с реверсированием* позволяет получить покрытия толщиной 300 мкм и более с малыми внутренними напряжениями. Хромирование проводят при следующих режимах: $t = 50 \div 60^\circ \text{С}$, $D = 60 \div 20 \text{ А/дм}^2$, длительность катодного периода $1 \div 5$ мин, анодного периода $5 \div 25$ с. Электролит: CrO_3 концентрацией $200 \div 250$ г/л, H_2SO_4 - $2 \div 2,5$ г/л. Реверсивность позволяет ускорить процесс в $1,5 \div 2$ раза по сравнению с обычным режимом.

Хромирование в проточном электролите позволяет получить осадки высокого качества и значительной толщины, при этом процесс нанесения покрытия ускоряется в $6 \div 10$ раз. При ведении процесса в условиях $D = 45 \text{ А/дм}^2$, $t = 45^\circ \text{С}$ и скорости протекания электролита до 200 см/с микротвердость повышается до $7000 \div 10000$ МПа.

Хромированием восстанавливают детали трущихся пар, подвергающиеся небольшому износу: втулки цилиндров, плунжерные пары топливного насоса, компрессионные кольца поршней дизеля, посадочные поверхности валов и т.п.

Осталивание. Процесс осталивания был разработан советским ученым М.П. Милковым. Сущность его заключается в электролитическом осаждении железа на поверхность детали. По твердости и износостойкости электролитическое железо, полученное при определенных режимах, может соответствовать закаленной стали, в связи с чем процесс и назван осталиванием.

При осталивании применяются как растворимые (из малоуглеродистой стали), так и нерастворимые (из графита) аноды. Наиболее распространенным электролитом является раствор хлористого железа FeCl_2 (рис. 1.10).

Применяя различные электролиты и изменяя режим электролиза, можно получить как мягкие (НВ $150 \div 180$), так и твердые (НВ $200 \div 700$) покрытия.

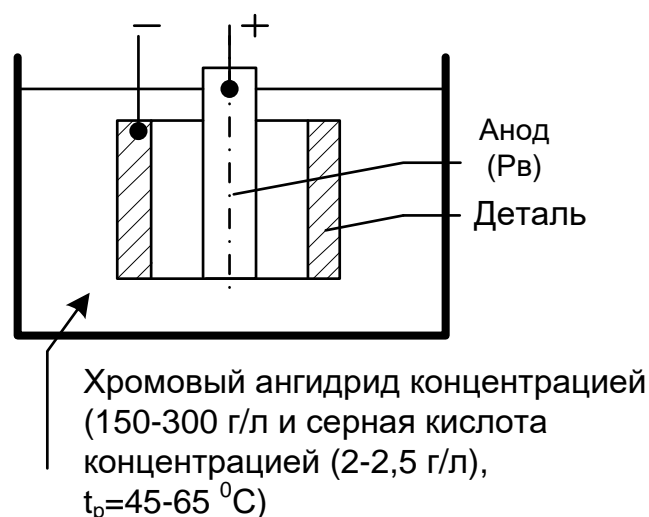


Рис. 1.10. Эскиз ванны для осталивания детали (втулки)

В электролитах с низкой плотностью ($200\div 220$ г/л) получают покрытия небольшой толщины (до $0,3\div 0,4$ мм), но с высокой твердостью, а электролитах с высокой плотностью ($650\div 700$ г/л) — покрытия толщиной $0,8\div 1,0$ мм, но с меньшей твердостью. Скорость покрытия составляет $0,3\div 0,5$ мм/ч. Обычный процесс осталивания протекает при следующих режимах: $f = 80\div 95\%$, $C = 1$ г/А.ч, $D = 20\div 50$ А/дм².

Разновидности осталивания. Осталивание в холодных электролитах уменьшает химическую агрессивность, что упрощает защиту ванн и улучшает условия труда. Процесс протекает при $t = 20\div 50^{\circ}\text{C}$, при малой плотности тока, скорость осаждения не превышает $100\div 130$ мкм/ч. Температура электролита оказывает влияние на твердость осажденного металла. При ее значении 75°C твердость повышается до НВ 300. Однако снижение температуры приводит к увеличению хрупкости электролитического железа и большому содержанию водорода. Нагрев уменьшает хрупкость детали и количество водорода.

Осталивание в сернокислых ваннах проводится в электролитах, содержащих сернокислого железа 300 г/л, хлористого натрия 150 г/л, соляной кислоты $0,4\div 0,7$ г/л, при $t = 95\div 98^{\circ}\text{C}$, $D = 10\div 15$ А/дм², $f = 90\%$. Преимуществом этих электролитов состоит в том, что они дают возможность получить пластические осадки при нормальной температуре электролита и низких плотностях тока ($0,1\div 0,2$ А/дм²).

Преимущества осталивания перед хромированием:

- применение более дешевых электролитов;
- применение растворимых анодов, что исключает проводить коррективку электролита;
- более высокая скорость покрытия ($0,3\div 0,5$ мм/ч);
- возможность наращивания слоев большой толщины.

Недостатки осталивания:

- по своей сложности осталивание не уступает хромированию;

- электролиты агрессивно воздействуют на металл ванны, что требует изоляции ее внутренней поверхности химически стойкими материалами (графитовыми плитами, эмалью, резиной, керамикой);
- необходимо строго поддерживать температуру электролита в заданных пределах $\pm 2^{\circ}\text{C}$, так как в противном случае возникающие колебания напряжения в наращиваемом слое вызовут растрескивание и отслаивание покрытия.

Осталиванием восстанавливают неподвижные посадки валов вертикальной передачи, водяного и масляного насосов, валов редуктора и т.п.

Электролитическое натирание деталей. Сущность метода – восстанавливаемая деталь вращается в центрах станка, а на изношенную поверхность подводится электролит. Деталь вращается со скоростью $10\div 20$ об/мин (рис.1.11).

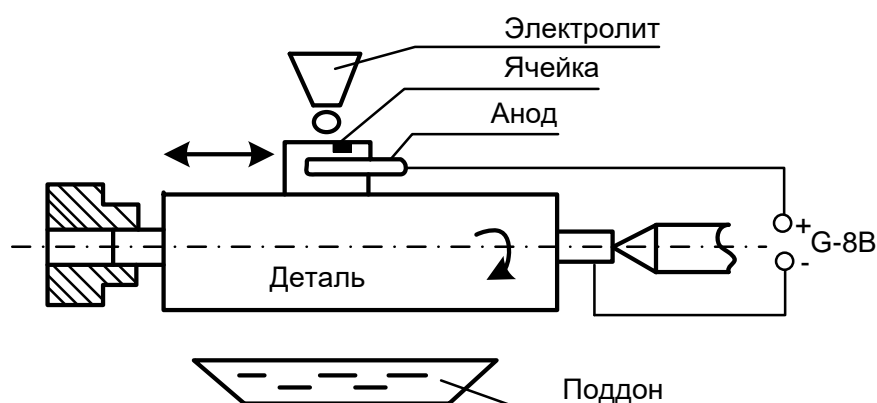


Рис. 1.11. Схема установки для электролитического натирания детали

При натирании используется следующий режим: электролит - хлористое железо 600 г/л, $D = 200 \text{ А/дм}^2$, твердость покрытия $5800\div 6000 \text{ МПа}$, скорость нанесения металла $8\div 10 \text{ мкм/мин}$, производительность такого покрытия по сравнению с ванным увеличивается в $10\div 15$ раз за счет более высокой плотности тока.

3.7. Восстановление деталей электроконтактным напеканием порошков.

Сущность метода: металлический порошок непрерывно подается к месту контакта ролика с деталью и прокатывается между ними под действием избыточного давления и высоких температур (рис.1.12).

Режим напекания: $P = 0,75\div 1,2 \text{ кН}$ на 1 см длины ролика; ток $I = 2500\div 3500 \text{ А}$ на 1 см ширины ролика; $t = 1000\div 1300^{\circ}\text{C}$; ширина слоя до $30\div 35 \text{ мм}$; толщина слоя $0,3\div 1,5 \text{ мм}$; скорость напекания

0,17÷0,25 м/мин. Напеченный слой имеет невысокую твердость, но может подвергаться закалке.

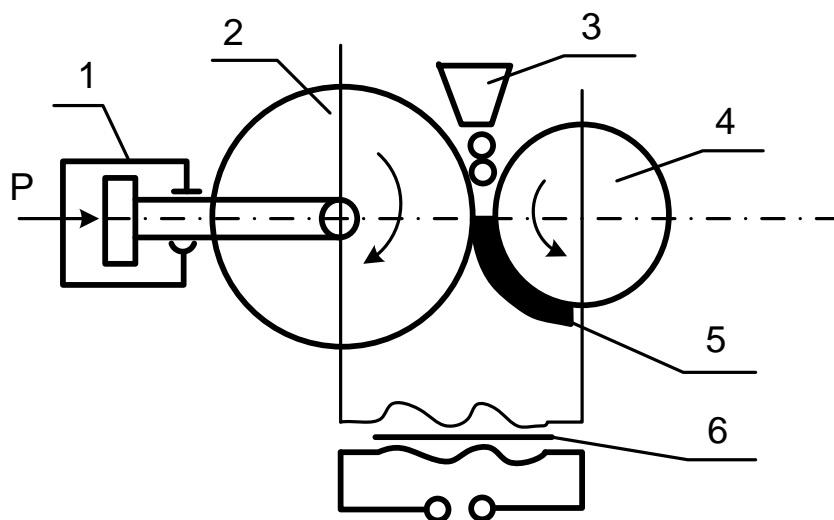


Рис. 1.12. Схема электроконтактного напекания порошков: 1- пневмоцилиндр; 2- прижимной ролик; 3 – порошок (ПЖ-3,ПЖ-5); 4 – деталь; 5 – напеченный слой; 6 – трансформатор

Однако, даже незакаленный слой обладает высокой износостойкостью, вследствие его большой микропористости (до 30%) и, следовательно, высокой маслоспитывающей способностью.

Преимущества напекания порошков: высокая производительность, малый нагрев детали и высокая износостойкость напеченного слоя. Недостатки: ограниченная толщина слоя, сложность механизации и дозирования подачи металлического порошка.

Напекание порошков (порошковая металлургия) широко используется при изготовлении и ремонте локомотивов. На каждом тепловозе Луганского завода более 1300 деталей изготовлено из порошков, а на каждом электровозе таких деталей более 500. Каждая тонна деталей из порошков сберегает 1,5 тыс. тонн черных и цветных металлов.

3.8. Восстановление деталей полимерными материалами.

Применение клея ГЭН- 150 В. Клей ГЭН-150В (эластомер) представляет собой продукт сочетания натурального каучука СКН-40 со смолой ВДУ в виде вальцованных листов толщиной 2÷4 мм. Раствор клея приготавливают следующим образом: мелко нарезанные кусочки сухого клея помещают в стеклянную посуду с притертой пробкой, заливают смесью ацетона с бензолом (1:5) или одним ацетоном и выдерживают в течение 8÷10 ч. После этого сосуд периодически взбалтывают в течение 2÷3 ч, а затем раствор отстаивают 30 мин и профильтровывают через металлическую сетку.

Порядок нанесения клея на поверхность детали:

- сначала проводится подготовка детали (очистка наждачной шкуркой, абразивами или напильником, обезжиривание бензином, а затем ацетоном). Поверхность считается подготовленной, если капля воды расплывается по поверхности;
- клей можно наносить кистью, центробежным способом, распыливанием, толщина его должна быть в пределах $0,005 \div 0,15$ мм. Клей наносят слоями, количество которых зависит от толщины слоя и вязкости клея. Обычно вязкость клея составляет $20 \div 60$ с;
- после нанесения каждого слоя клея проводится выдержка на воздухе в течение 20 мин для испарения растворителя, а затем – сушка шкафу при температуре $100 \div 120^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч.

Клей используют для склеивания металлов и восстановления натягов различных соединений: подшипников качения, шестерен, подшипников скольжения и т.п. При монтаже съемных деталей, восстановленных клеем, их поверхность необходимо смазать коллоидальным графитом для предохранения поверхности от склеивания.

Предупреждение: клей недопустим в контакте с резиновыми уплотнениями, т.к. он нарушает их эластичность, что приводит к нарушению их уплотняющих свойств.

- Применение эпоксидной смолы.** Порядок приготовления смолы:
- смолу нагревают до температуры $120 \div 160^{\circ}\text{C}$ и выдерживают некоторое время чтобы удалить влагу;
 - вводят пластификатор и массу тщательно перемешивают;
 - вводят наполнители. Наполнители могут придавать смоле различные свойства: механическую прочность, температуростойкость, износостойкость и электрическую прочность. В качестве наполнителей используют стальной или чугунный порошок, коллоидальный графит или алюминиевую пудру. После ввода наполнителя в течение $10 \div 15$ мин поддерживают температуру $80 \div 100^{\circ}\text{C}$ и только после этого массу охлаждают до температуры 20°C ;
 - непосредственно перед применением вводят отвердитель (не более чем за 30 мин до затвердевания);

Порядок нанесения смолы:

- подготовка детали осуществляется также как и при нанесении клея;
- смолу следует наносить быстро, уплотняя и тщательно втирая в поры поверхности. Смолу наносят с избытком, т.к. после высыхания она дает усадку;
- производят сушку: сначала выдержка при комнатной температуре в течение 24 ч, а затем – в шкафу при температуре $80 \div 100^{\circ}\text{C}$ в течение $2 \div 4$ ч.

Эпоксидной смолой восстанавливают трещины в блоке ДВС, выработку корпусов водяного и масляного насосов, герметичность радиаторов и теплообменников и т. п.

Применение холодной молекулярной сварки. Данная технология основана на использовании полимерных композиционных матери-

алов (ПМК), состоящих из основы и отвердителя. ПМК должны обладать следующими свойствами: твердостью, соответствующей металлам; высоким температурным диапазоном; способностью к отверждению при комнатной температуре; хорошей адгезией (сцеплением) с основным металлом и возможностью обработки на токарном станке.

В настоящее время в России находят применение следующие ПМК: Belzona (Англия), Реком и Анатерм (Россия). Их характеристики приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Характеристики полимерных композиционных материалов

Характеристики материала	Belzona	Реком	Анатерм
1. Твердость по Бринеллю, НВ	> 100	100	100÷150
2. Предел прочности при сжатии, МПа	105	100÷135	90÷100
3. Предел прочности при отрыве, МПа	19,7	20÷25	30÷35
4. Температурный диапазон, °С	До 200	До 150	До 150
5. Время полимеризации при t=20°С, ч	2	4	5÷6
6. Время полного отверждения, ч	24	48	48
7. Стоимость 1 кг, руб	3600	1550	560

Порядок нанесения ПМК:

- вначале производят механическую обработку, с целью создания за-
паса для нанесения оптимальной толщины слоя;
- производят шероховатость на восстанавливаемой поверхности в
пределах 60÷90 мкм;
- производят обезжиривание;
- наносят грунтовый слой толщиной 0,1÷0,3 мм с последующей сушкой
при температуре 40÷50°С;
- наносят основной слой толщиной 0,5÷1,0 мм;
- производят термообработку при температуре 70÷80°С в течение
4÷6 ч;
- нанесенный слой подвергают механической обработке под сопряга-
емую поверхность.

Изложенной технологией восстанавливают: посадочные поверх-
ности валов и корпусов, шлицевые и шпоночные соединения, трещи-
ны в корпусах и в теплообменных аппаратах.

Преимущества восстановления деталей холодной молекулярной
сваркой: не требуется сложного оборудования (для восстановления
износа тел вращения можно использовать обычный токарный станок);
деталь не подвергается термическим деформациям; детали со слож-
ной конфигурацией (шлицевые и шпоночные соединения) можно вос-
станавливать без последующей механической обработки.

Применение уплотняющих прокладок. Вместо паронитовых прокладок в соединениях водяной, масляной и топливной систем находит применение жидкая уплотняющая прокладка типа ГИПК-224 – вязкая однородная масса коричневого цвета. Эта прокладка коррозионностойкая, инертна к конструкционным, полимерным материалам. Она стойка к вибрациям и ударам, выдерживает давление 15 МПа при температуре 20° С и 8÷10 МПа при температуре 80÷150° С. Температурный интервал применения прокладки от – 60 до + 150° С. Особенность жидкой прокладки – она свободно меняет форму, заполняя сложные зазоры и микронеровности.

Порядок нанесения прокладки: уплотняющую прокладку нагревают до температуры 25÷30°С; поверхность трубопровода очищают и обезжиривают; заполняют зазор уплотняющей прокладкой: при зазоре 0,1÷0,2 мм наносят только прокладку, при зазоре более 0,2 мм устанавливают комбинацию: жидкая прокладка плюс паронитовая прокладка.

3.9. Выбор рационального способа восстановления деталей

Для обоснования наиболее рационального способа рекомендуется методика, основанная на использовании технологического и экономического или технико-экономического критериев.

С использованием технологического критерия. С помощью этого критерия можно выбрать способ восстановления, исходя из ее конструктивно-технологических особенностей, условий работы и величины износа. Технологический критерий позволяет классифицировать детали по способам восстановления и установить перечень деталей, восстановление которых возможно разными способами (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Классификация деталей по способам их восстановления

Способ восстановления детали при износе, мм		
До 0,1 мм	0,1÷0,3 мм	Более 0,3 мм
Клеем ГЭН-150В Хромированием Давлением	Хромированием Давлением Добавочной деталью Наплавкой Осталиванием Обработкой под ремонтный размер Металлизацией Холодной молекулярной сваркой	Добавочной деталью Наплавкой Осталиванием Заменой изношенной части Обработкой под ремонтный размер Металлизацией Напеканием порошков Холодной молекуляр-

		ной сваркой
--	--	-------------

Технологический критерий не может быть выражен числом и является, по существу, предварительным, поскольку при помощи его нельзя решить вопрос выбора рационального способа восстановления детали, если этих способов несколько. В таких случаях необходимо применять другие критерии.

С использованием критерия долговечности. Долговечность деталей, восстановленных теми или иными способами, зависит от их эксплуатационных свойств. Наиболее рациональными способами оказываются те из них, которые обеспечивают наибольшую долговечность восстановленной детали. Критерий долговечности в отличие от технологического, выражается числом, через коэффициент долговечности для каждого из способов восстановления и каждой конкретной детали:

$$K_d = S_B / S_H \quad (1.23)$$

где S_B – срок службы восстановленной детали; S_H – срок службы новой детали.

Наибольшим K_d обладает хромирование – 1,72, а наименьшим – электродуговая сварка – 0,42 и осталивание – 0,58. Хотя критерий долговечности можно рассчитать, но он не учитывает затраты на восстановление. Эту задачу можно решить используя технико-экономический критерий.

С использованием технико-экономического критерия. В ремонтной практике приходится решать следующие задачи:

- эффективно ли восстановление детали данным способом;
- какой из двух и более способов восстановления наиболее эффективный.

Рациональность применения того или иного способа восстановления деталей целесообразно выразить при помощи технико-экономического критерия, учитывающего себестоимость восстановления и коэффициент долговечности для каждого способа.

При решении первой задачи эффективность восстановления определяется по коэффициенту экономической целесообразности:

$$K_{\text{Э}} = (C_H \cdot K_d) / C_B \geq 1 \quad (1.24)$$

При решении второй задачи рациональный способ определяется из соотношения

$$C_{B1} / K_{d1} <> C_{B2} / K_{d2} \quad (1.25)$$

где C_H – стоимость новой детали, р; C_B – стоимость восстановления детали данным способом, р; K_d – коэффициент долговечности детали данным способом.

В первом случае восстановление считается экономически целесообразным, если $K_э \geq 1$. Во втором случае тот способ из двух и более является эффективным, у которого соотношение меньше.

В свою очередь

$$C_B = Z_O + M_O \quad (1.26)$$

где Z_O – основная заработная плата производственных рабочих, р; M_O – стоимость материалов, затраченных при восстановлении детали, р.

Основная заработная плата определяется по формуле

$$Z_O = Z_{\Pi} + Z_d + H_{CC} \quad (1.27)$$

где Z_{Π} – прямая заработная плата, р; Z_d – дополнительная заработная плата, р, составляет 8 ÷ 10% от Z_{Π} ; H_{CC} – начисления на заработную плату, составляет 26,2% от $(Z_{\Pi} + Z_d)$.

Прямая заработная плата определяется из выражения

$$Z_{\Pi} = T_{шк} \cdot C_{ч} \quad (1.28)$$

где $T_{шк}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение данной операции, ч; $C_{ч}$ – часовая тарифная ставка, р.

$$T_{шк} = t_O + t_B + t_D \quad (1.29)$$

где t_O – основное время на выполнение данной операции или перехода, рассчитывается с помощью приемов технического нормирования труда, ч; t_B – вспомогательное время, затраченное на установку детали на станок, перестановку инструмента, промеры детали, устанавливается нормированием, ч; t_D – дополнительное время, затрачиваемое на организационно-техническое обслуживание рабочих мест, на отдых и личные надобности (очистка, смазка, регулировка оборудования, заточка, правка инструмента и т. п.), принимается в % от $t_O + t_B$, ч.

Материалы определяются по формуле

$$M_O = S + Э + Г \quad (1.30)$$

где S – стоимость наносимого материала, р; \mathcal{E} – стоимость электроэнергии, р; Γ – стоимость газа, р.

Вопросы для самопроверки

1. Какие имеются методы восстановления износа давлением?
2. На какие виды делятся ремонтные размеры?
3. Как рассчитывается категорийный размер?
4. Как рассчитываются диаметры детали под пригоночный размер?
5. От каких факторов зависит давление напрессовки добавочной детали?
6. В чем особенность восстановления деталей хромированием?
7. В чем преимущество хромирования перед осталиванием?
8. В чем суть восстановления деталей осталиванием?
9. В чем преимущества осталивания перед хромированием?
10. В чем суть восстановления деталей электролитическим натиранием?
11. В чем суть восстановления деталей электроконтактным напеканием порошков?
12. В чем суть восстановления деталей металлизацией (напылением)?
13. Какова технология восстановления деталей полимерными композиционными материалами?
 11. Что подразумевается под технологическим критерием?
 12. Как рассчитывается критерий долговечности?
 13. Как определяется коэффициент экономической целесообразности?

Рекомендуемая литература [1, 5, 8, 9, 13, 15, 16]

Лекция 4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВОВ

План лекции:

- 4.1. Планово-предупредительная система обслуживания и ремонта локомотивов.
 - 4.2. Объемы работ, выполняемых при техническом обслуживании, текущем и капитальном ремонтах.
 - 4.3. Определение дифференцированных периодов межремонтной работы локомотивов.
 - 4.4. Основная техническая документация.
-
- 4.1. Планово-предупредительная система обслуживания и ремонта локомотивов

Системой технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) называется совокупность взаимосвязанных средств, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления работоспособности локомотивов.

Под ТО понимают комплекс работ профилактического характера (по осмотру, очистке, смазке, креплению, регулировке и т.д.), цель которых постоянно поддерживать локомотив в работоспособном состоянии.

Под ремонтом понимают комплекс работ, направленных на восстановление работоспособного состояния локомотивов, путем устранения неисправностей в деталях и узлах. Ремонты подразделяются на плановые и неплановые. Плановый ремонт – это ремонт, предусмотренный требованиями нормативно-технической документации. Неплановый ремонт – это ремонт, постановка на который осуществляется без предварительного назначения. Плановый ремонт делится на текущий, средний и капитальный. Текущий и средний ремонт (СР) – это ремонт, выполняемый для частичного восстановления ресурса локомотива и состоящий в замене и восстановлении отдельных деталей и узлов. Они выполняются в локомотивных депо или на заводах. Капитальный ремонт (КР) – это ремонт, выполняемый для устранения неисправностей и восстановления полного или близкого к полному ресурса локомотива, с заменой или восстановлением любых его частей, включая и базовые. Капитальный ремонт выполняется на ремонтных заводах.

Планово-предупредительная система обслуживания и ремонта состоит из ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4, ТО-5, ТР-1, ТР-2, ТР-3, СР и КР.

В настоящее время периодичность ТО и ремонтов тепловозов регламентирована Распоряжением ОАО «РЖД» № 3р от 17. 01.05 г. (см. табл.1.5)

Таблица 1.5

Средние для ОАО «РЖД» нормы периодичности технического обслуживания и ремонта тепловозов

Серия	ТО		Текущий ремонт, тыс. км.			СР, тыс. км.	КР, тыс. км.
	ТО-2 не бо- лее, ч	ТО-3, тыс. км	ТР-1	ТР-2	ТР-3		
ТЭ10 (10Д100)	72	10	50	150	300	600	1200
ТЭ10 (Д49)	72	15	50	200	400	800	1600
ТЭП70	48	15	50	200	400	-	1200
ТГ16	72	10	55	120	240	480	960
ТЭМ2	120	40	9	18	36	6	12

(ПДГ1М)		сут	мес.	мес.	мес.	лет	лет
ТЭМ2 (1-ПДГ4Д)	120	40 сут	12 мес.	24 мес.	48 мес.	8 лет	16 лет

Согласно данного распоряжения нормы продолжительности простоя и трудоемкости ТО и ремонтов устанавливаются по каждому локомотивному депо начальником железной дороги. Для локомотивов с истекшим сроком службы устанавливается коэффициент увеличения норм трудоемкости 1,10. В табл. 1.6 приведены нормы простоя тепловозов на ДВ жд.

Таблица 1.6

Нормы простоя тепловозов на техническом обслуживании и ремонте

Серия тепловозов	ТО-2, Час.	ТО-3, Час.	Текущий ремонт			СР, сут.
			ТР-1	ТР-2	ТР-3	
Пассажирские	Не более 2	14	40 час.	8 сут.	12 сут.	12 сут
Грузовые 2-х сек.	Не более 1,2					
Грузовые 3-х сек.	Не более 1,5					
ТЭМ2	Не более 1.0	12	24 час.	3 сут.	6 сут.	6 сут.
ТЭМ7	Не более 1,0	12	36 час.	4 сут.	6 сут.	6 сут.

4.2. Объемы работ, выполняемых при техническом обслуживании и ремонте

На ТО-1, ТО-2 , ТО-3 и ТР-1 производят осмотр, проверку цельности и надежности крепления элементов оборудования локомотива, особенно влияющих на безопасность движения; смазку трущихся деталей; проверку и регулировку отдельных узлов оборудования (форсунок дизеля); очистку фильтров и электрических аппаратов; мойку локомотива.

На ТО-4 выполняется обточка колесных пар без выкатки из под локомотива.

ТО-5 делится на четыре вида: на ТО-5а – выполняется подготовка локомотива к постановке в запас или резерв дороги; ТО-5б – выполняется подготовка локомотива к отправке в недействующем состоянии; ТО-5в – выполняется подготовка локомотива к эксплуатации, прибывшего в недействующем состоянии после постройки, ремонта вне локомотивного депо или после передислокации; ТО-5г – выполня-

ется подготовка локомотива к эксплуатации после содержания в запасе.

На ТР-2, кроме работ, выполняемых на ТР-1, снимают для ревизии и ремонта часть узлов дизеля, механического и электрического оборудования, аккумуляторную батарею, производят ревизию буксовых и моторно-осевых подшипников, реостатные испытания.

На ТР-3 и СР, кроме работ, выполняемых на ТР-2, ремонтируют вне тепловоза дизель, вспомогательное оборудование, электрические машины и экипажную часть (тележки) с выкаткой из-под тепловоза.

На КР производят восстановление или замену всех изношенных узлов локомотива, полную разборку дизеля, обточку коленчатого вала, наплавку и обточку блока дизеля, ремонт рамы локомотива, полную разборку электрических машин и замену проводов.

4.3. Определение дифференцированных периодов межремонтной работы тепловозов

В 1961 г. ктн, доцентом кафедры «Локомотивы» МИИТа Рахматулиным М.Д. была предложена методика расчета сроков межремонтной работы тепловозов в зависимости от выполненной ими работы, которую предлагается оценивать по показателю использования мощности. За этот показатель был принят расход топлива на 1 км пробега – φ .

Показатель использования мощности для поездных тепловозов, кг/км, определяется из выражения

$$\varphi = Q_{yc} \cdot 10^{-4}, \quad (1.31)$$

где Q_{yc} – средняя условная масса состава, т брутто,

$$Q_{yc} = A / (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5), \quad (1.32)$$

где A – выполненная перевозочная работа тепловозами данной серии за определяемый период, ткм; (L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 – соответственно пробег тепловозов во главе поезда, в двойной тяге, в одиночном следовании, в подталкивании и условный пробег), км; e – расход дизельного топлива тепловозами данной серии за определяемый период на измеритель, кг/10⁴ ткм брутто.

Показатель использования мощности для внепоездных тепловозов, кг/час, определяется по формуле

$$\varphi^1 = E / t_{\Sigma}, \quad (1.33)$$

где E – общий расход дизельного топлива тепловозами данной серии за определяемый период, кг; $t_{\text{э}}$ – общее время эксплуатации тепловозов данной серии за определяемый период, ч.

Определение дифференцированных периодов ремонта тепловозов выполняется по следующим формулам:

Для поездных тепловозов, км,

$$L_p = G_o / \varphi, \quad (1.34)$$

Для внепоездных тепловозов, соответственно, мес., сут.,

$$t_p = G_o^1 / 705 \varphi^1, \quad (1.35)$$

$$t_p = G_o^1 / 23,5 \varphi^1, \quad (1.36)$$

где G_o и G_o^1 – соответственно норма расхода дизельного топлива между отдельными видами ТО и ремонта для поездных и внепоездных тепловозов данной серии; 705 и 23,5 соответственно продолжительность работы внепоездных тепловозов за месяц и за сутки в часах.

Таким образом, зная нормы расхода топлива между отдельными видами ТО и ремонтов, используя вышеприведенные формулы (4,5,6) можно определить сроки межремонтной работы тепловозов. В свою очередь, нормы устанавливаются исходя из соотношения между износом важнейших узлов и расходом топлива. Например, G_o для ТР-3 можно установить, если определить расход топлива, при котором износ коллекторных пластин тяговых электродвигателей (ТЭД) достигнет допустимой величины; для КР – если определить расход топлива при котором овальность шеек коленчатого вала достигнет допустимой величины и т.д.

Пример. Рассчитать срок ремонта ТР-3, если известно $G_o = 1500$ т, $\varphi = 5$ кг/км, тогда $L_p = (1500 \cdot 10^3) / 5 = 300$ тыс.км.

В рассматриваемой методике доц. Рахматулин М.Д. предлагает оценивать интенсивность работы тепловозного дизеля с помощью коэффициента загрузки по следующим формулам :
для поездных тепловозов

$$u = V_{\text{ТЕХ}} \varphi / G_{\text{ч}} \quad (1.37)$$

для внепоездных тепловозов

$$u^1 = \varphi^1 / G_{\text{ч}} \quad (1.38)$$

где $V_{\text{ТЕХ}}$ – техническая скорость грузовых или пассажирских поездов, обслуживаемые тепловозами данной серии за определяемый период, км/час; $G_{\text{ч}}$ – часовой расход топлива тепловозами данной серии на номинальной мощности, кг/час.

4.4. Основная техническая документация по ремонту локомотивов

Осмотр и ремонт локомотивов выполняются в соответствии с Правилами деповского и заводского ремонтов, где регламентирован объем работ для отдельных видов ТО и ТР, нормы допускаемых размеров и зазоров в сопряжениях, с которыми разрешается выпуск локомотивов из ремонтов. Кроме того, в них приводятся технические требования и режимы испытания некоторых узлов и локомотива в целом. В 2004 г вместо Правил вышли Руководства по ТО и ТР тепловозов серии ТЭ10, 2 ТЭ116 и ТЭМ2.

Руководящими документами также являются и инструкции по эксплуатации локомотивов; техническому обслуживанию, ремонту и испытанию тормозного оборудования локомотивов; освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар; сварочным и наплавочным работам при ремонте тепловозов, электровозов и дизель-поездов и др.

Порядок работ при ремонте локомотивов устанавливается нормами и графиками технологического процесса в виде сетевых графиков и таблиц определителей работ. Ремонт деталей и узлов осуществляется по картам технологического процесса, выполняемых согласно требованиям ЕСТД.

Кроме названной документации, при ремонте заполняются: книга записи ремонта локомотивов (ТУ-28), технические паспорта на дизель, тяговый генератор (ТГ), тяговый электродвигатель (ТЭД), колесную пару, компрессор, насосы, главные резервуары. В них записывают даты ремонта, пробеги до ремонта и сменяемые детали.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое планово-предупредительная система локомотивов?
2. Каково назначение ТО и ремонтов?
3. В чем заключается крупно-агрегатный метод ремонта тепловоза?
4. В чем особенность первого этапа развития ППСР тепловозов?
5. В каких пределах устанавливается межремонтный период между ТО-3 тепловозов?
6. В каких пределах устанавливается межремонтный период между ТР-3 тепловозов?
7. Какие виды ТО и ТР входят в систему ППСР?

8. Каково назначение ТО-4 и ТО-5?
9. В чем отличие текущего ремонта ТР-3 от ТР-2?
10. Чем измеряется показатель использования мощности тепловозов?
14. Какими документами регламентируются работы на ТО и ТР?
15. Как рассчитывается показатель использования мощности поездных тепловозов?
16. Как рассчитывается коэффициент загрузки дизеля?

Рекомендуемая литература [1, 11]

Лекция 5. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

План лекции:

- 5.1. Основные понятия и определения, принятые в ремонтной практике.
- 5.2. Технологический процесс ремонта объекта ремонта.
- 5.3. Технология разборки объекта ремонта.
- 5.4. Разработка схемы разборки объекта ремонта.

5.1. Основные понятия и определения, принятые в ремонтной практике

Технологическим процессом называется процесс изменения форм, размеров, состояния поверхности, механических, физических или иных свойств заготовок или деталей, а также получения сборочных соединений. Составным элементом технологического процесса является технологическая операция.

Технологической операцией называется часть технологического процесса, выполняемая над определенным объектом (заготовкой, деталью, узлом) или над несколькими одновременно обрабатываемыми объектами **на одном рабочем месте** (станке, молоте, конвейере) одним рабочим, группой рабочих либо, в условиях автоматического производства, без участия рабочего или только под его наблюдением.

При механической обработке деталей используются следующие понятия. **Установ** – часть операции, выполняемая при одном закреплении обрабатываемой детали и одной настройке оборудования. **Переход** – часть операции, при которой обрабатывается один или несколько участков детали одним и тем же инструментом (или группой инструментов) при неизменном или закономерно изменяющемся режиме работы оборудования. Применительно к сборке переход характеризуется неизменностью сопрягаемых поверхностей и используемого при этом инструмента (приспособления). **Проход** – часть перехода,

связанная со снятием слоя металла при однократном движении инструмента или группой инструментов относительно обрабатываемой поверхности детали.

Объект ремонта (ОР) – локомотив, либо его сборочная единица или деталь, подвергающаяся ТО или ремонту. **Сборочная единица (СЕ)** - изделие, составные части которого соединены между собой сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, напрессовкой): с разъемными подшипниками скольжения и качения; неразъемными подшипниками скольжения; с цилиндрическими деталями, движущимися возвратно-поступательно; с резиново-металлическими деталями и сальниковыми уплотнениями. Соединения разделяются на резьбовые, прессовые, конусные неподвижные, конусные подвижные, шлицевые, шпоночные, паяные, сварные, зубчатые, и т.п.

Деталь – изделие, изготовленное из одного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

5.2. Технологический процесс ремонта сборочной единицы

Технологический процесс ремонта СЕ можно представить в виде следующей схемы (рис 1.13).

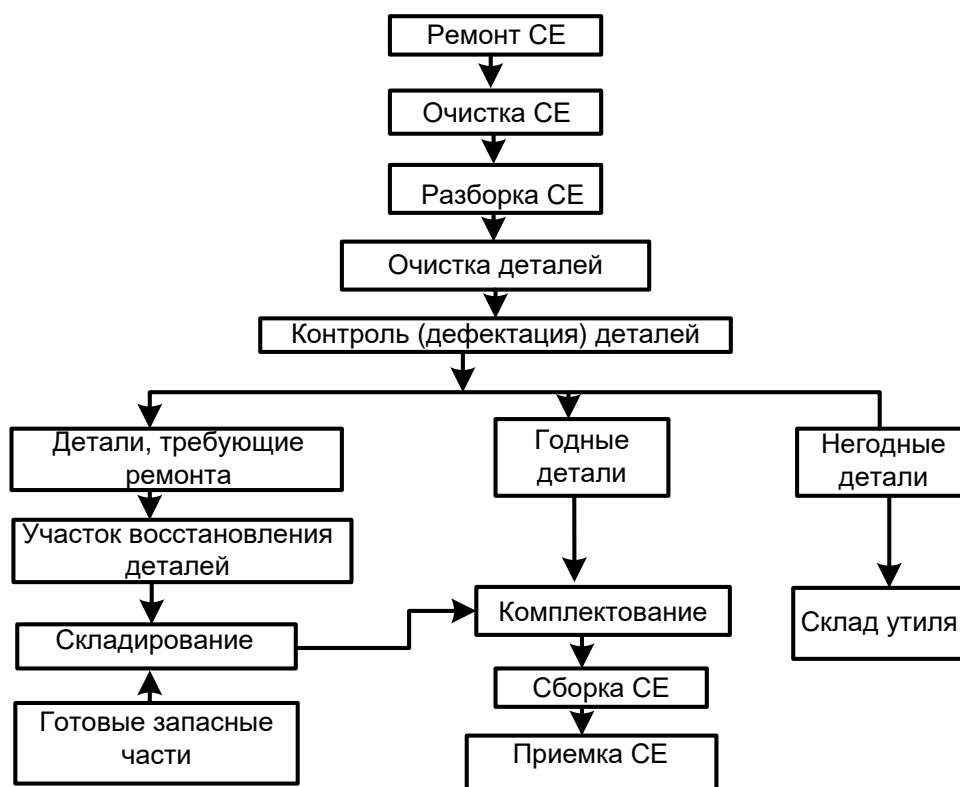


Рис.1.13. Схема ремонта сборочной единицы

5.3. Технология разборки сборочной единицы

При деповском ремонте СЕ осматривают без разборки или с разборкой. Для удобства проведения всех операций локомотив условно разбивается на СЕ, группы, соединения и детали. Деталям и СЕ присваиваются свои индексы и номера, соответствующие чертежу. Например: 1) обозначение Д100-12-001 расшифровывается как Д100 – дизель типа Д100, 12 – группа масляного насоса, 001 – деталь - корпус; 2) на вкладыше коренного подшипника коленчатого вала дизеля дается отметка ВА8Г – ВА - дизель, 8-ая опора, Г – гора (верхний); на поршне V – образного дизеля отметка УР7п – дизель УР, 7 – номер цилиндра, П – правый.

Все операции при разборке СЕ делятся на основные и вспомогательные. Основные – операции, которые изменяют состояние СЕ. Вспомогательные – операции по перемещению, установке и креплению СЕ на стендах, кантователях и других приспособлениях.

При разборке СЕ необходимо соблюдать следующие правила:

1. Определяют перед разборкой положение деталей в СЕ путем измерения предельных размеров и зазоров. Это, в свою очередь, позволяет определить необходимость их последующей замены или восстановления. Например: зазор «на масло» в подшипниках коленчатого вала, боковой зазор между зубьями шестерен и т.п.

2. Проверяют на деталях наличие клейм и меток.

3. Сохраняют по месту все регулировочные и уплотнительные прокладки и контрольные штифты.

4. После снятия СЕ открывшиеся полости закрывают крышками или пробками, чтобы исключить попадание в них посторонних предметов.

5. После разборки все крепежные детали (болты, гайки), особенно базисные, устанавливают вручную вновь на свои места (шатунные болты, шпильки коренных подшипников и т.п.). Базисные детали - детали которые не разукрупняются.

При разборке необходимо максимально механизировать труд за счет применения съемников, стенов, гайковертов и т.п.

5.4. Разработка схемы разборки объекта ремонта

Схема разборки позволяет в пространстве показать последовательность работ с выполнением приемов по измерению размеров и применению специального инструмента или приспособлений (рис.1.14).

Схему разборки можно представить в виде «дерева» из последовательно выполненных приемов, на основном стволе которого располагаются снятые детали, а на ветвях – под сборки, требующие дальнейшей разборки. На рис 1.14а изображен эскиз объекта ремонта (редуктор), а на рис 1.14б – схема его разборки.

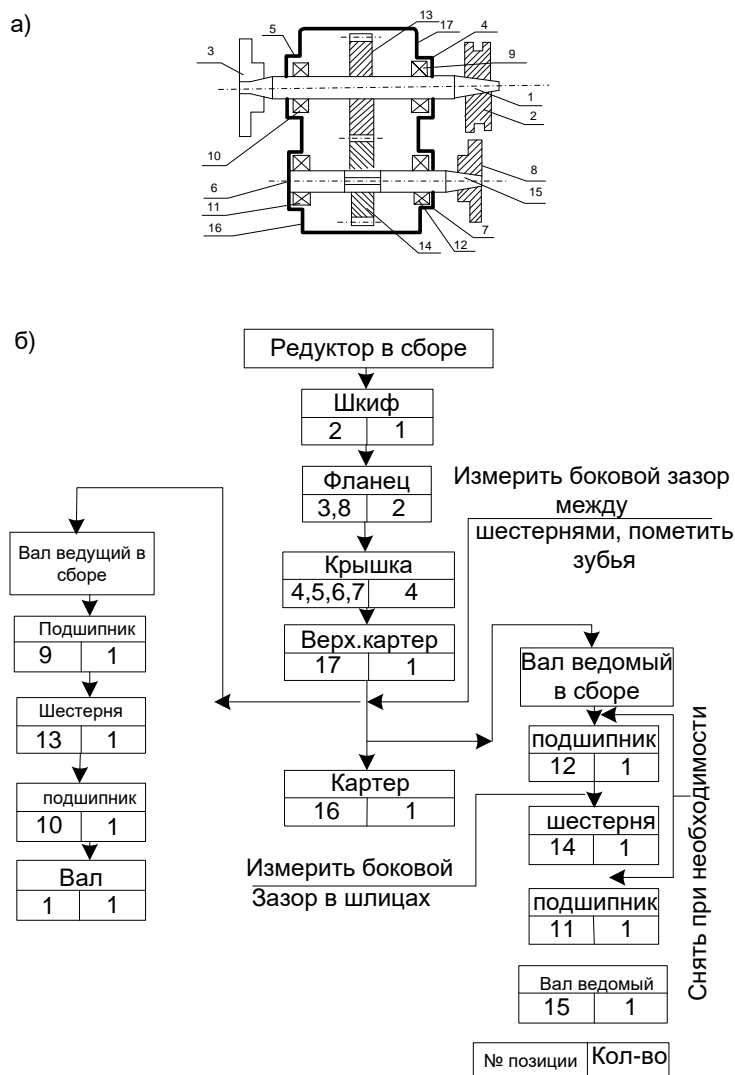


Рис.1.14. Схема разборки сборочной единицы

Вопросы для самопроверки

1. Что называется операцией?
2. Что называется переходом?
3. Из каких этапов состоит процесс ремонта?
4. Какие правила следует соблюдать при разборке СЕ?
5. Что из себя представляет схема разборки СЕ?

Рекомендуемая литература [1, 12]

Лекция 6. ОЧИСТКА ОБЪЕКТА РЕМОНТА

План лекции:

3.1. Механические способы очистки.

3.2. Растворы, применяемые при физико-химических способах очистки.

3.3. Очистка струйным способом.

3.4. Очистка погружением

3.5. Термическая очистка.

6.1. Механические способы очистки

На долю очистных работ при ремонте приходится более 5-8% трудоемкости ремонтных работ локомотива.

Влияние очистных работ на качество и ресурс отремонтированных ОР и деталей велико. Проведенные исследования показывают, что только за счет улучшения качества мойки и очистки можно повысить ресурс ОР на 25-30% и на 15-20% производительность труда. Поэтому цель очистки – повысить культуру производства, улучшить состояние ОР и повысить производительность работ.

Процесс очистки делится на несколько стадий: очистка ОР до разборки, очистка подборок и деталей. Основными загрязнениями являются: маслянисто-грязевые, асфальто-смолистые вещества, накипь и коррозия. Очистку ОР можно выполнять механическими, физико-химическими и термическими способами.

Сдувание пыли сжатым воздухом. Этот способ применяют лишь в том случае, если очищаемые поверхности покрыты сухой пылью, т.е. когда загрязнение плохо сцеплено с поверхностью детали. Давление струи воздуха должно быть в пределах 0,25-0,35 МПа. Очистку производят в специальных помещениях, оборудованных вентиляцией. Перед постановкой локомотива на ТО-3 и ТР производят обдувку его оборудования как внутри, так и снаружи.

Очистка механическим инструментом. Этим способом удаляют нагар, коррозию, окислы, старую краску, используя щетки, скребки, шаберы, наждачную или стеклянную бумагу. Механизировать этот способ можно путем применения вибростенда.

Очистка абразивами. При этом способе загрязненную поверхность обрабатывают мягкими или твердыми абразивами, направленными струей воды или воздуха. Частицы абразивов, ударяясь о поверхность детали, разрушают загрязненный слой и уносят с собой частицы грязи. К мягким абразивам относятся: измельченные кукурузные зерна, кукурузные початки, порошок окиси алюминия, косточковая крошка (орех, абрикос, персик), стеклосфера. Мягкие абразивы используют для очистки деталей из мягких металлов и электрической изоляции. К твердым абразивам относятся: кварцевый песок, металлический порошок (частицы отбеленного чугуна размером 0,3-0,8 мм, твердостью HRC 56-68). Твердые абразивы используют для удаления нагара, коррозии, окислов с поверхностей из черных и цветных металлов.

В условиях депо для очистки деталей мягкими абразивами (косточковой крошкой, стеклосферой) применяется установка А231 (продолжительность очистки 1-3 мин, $P=0,4-0,5$ МПа, расход крошки 0,2-0,3 кг).

Кроме воздуха, в качестве носителя абразива может использоваться вода. В этом случае очистка называется гидроабразивной. Она может выполняться с отдельной подачей песка и воды или с предварительным смешиванием этих компонентов. Для снижения коррозии в воду добавляют антикоррозийные присадки: нитрит натрия или ингибиторы. Давление воздуха должно быть $P=0,4-0,5$ МПа, время очистки 4-5 мин.

Сотрудники ВНИИЖТА предложили использовать данный метод для очистки турбокомпрессора от нагара при работающем дизеле. Для этого используют установку, состоящую из инжектора и двух емкостей: с песком и водой (рис. 1.15).

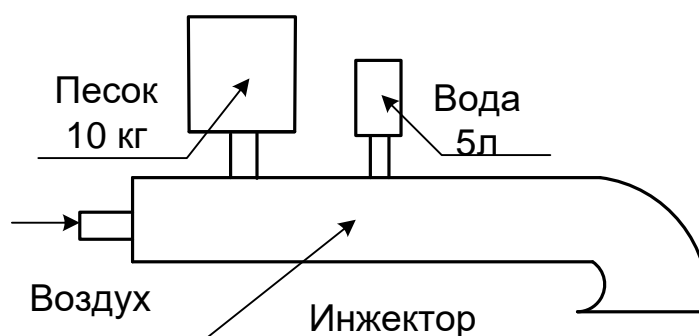


Рис. 1.15. Схема установки для очистки турбокомпрессора

Порядок очистки: инжектор монтируют в выпускной коллектор дизеля со стороны турбокомпрессора; запускают дизель и устанавливают 15-ую позицию контроллера машиниста; включают воздух; пускают воду с интенсивностью 2 кг/мин; пускают песок с интенсивностью 3 кг/мин (песок должен быть размером 0,5 мм). Общее время очистки составляет 5-6 мин.

При абразивной очистке необходимо учитывать, что чем больше масса частиц, их скорость и содержание в струе воздуха, тем интенсивней очистка. Например, при использовании абразивов из кукурузного зерна $P=0,3-0,4$ МПа, диаметр сопла 16-25 мм. При очистки стальных деталей песком $P=0,2-0,4$ МПа, а из алюминия – $P=0,1-0,15$ МПа. При очистки электрической изоляции $P=0,6$ МПа, диаметр сопла 6 мм.

Недостатки абразивной очистки: очистке подвергаются лишь те поверхности, которые попадают в зону действия струи; при неправильном выборе режимов очистки может произойти повреждение поверхности (нельзя очищать косточковой крошкой поршни дизеля, покрытые полудой или антифрикционным полимерным покрытием); сложность

оборудования; большие затраты труда на установках с ручным управлением сопла; необходимость обмывки деталей после сухой очистки.

6.2. Растворы, применяемые при физико-химических способах очистки

До недавнего времени основным средством очистки были водные растворы каустической и кальцинированной соды (щелочные), а также соляной, серной и фосфорной кислот (кислотные). Первые применяются для удаления маслянисто-грязевых и асфальто-смолистых отложений. Вторые – для удаления накипи, ржавчины и окислов.

Очистка деталей каустической и кальцинированной содой имеет ряд недостатков: невысокая моющая способность, быстрое истощение растворов, плохое удержание отмытых загрязнений, которые повторно оседают на очищенной поверхности. Раствор каустика из-за высокой концентрации разрушает цветные металлы, вызывает ожог и раздражение дыхательных путей у обслуживающего персонала. После промывки этими растворами требуется дополнительный расход воды на ополаскивание деталей.

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике очистки деталей все шире используют технические моющие средства (ТМС) на основе полученных из нефти синтетических поверхностно-активных веществ. Их применяют в виде 0,5-2,0% водных растворов, которые не токсичны, не горючи, не агрессивны по отношению к цветным металлам, не вызывают ожогов и имеют длительный срок службы (табл. 1.7).

Технические моющие средства, проявляя ингибирующий эффект, снижают стационарные значения скоростей коррозии стали по сравнению с жесткой водой при температуре 20⁰С почти в 20 раз, а при температуре 70⁰С – в 15 раз, чугуна – соответственно, в 10 и 8 раз, алюминия – в 10 раз. Применение препарата Темп-100А позволяет совмещать операции очистки и пассивации деталей. Защита деталей от коррозии обеспечивается в течение 30 суток. ТМС эффективны для удаления масляных, жировых и асфальто - смолистых загрязнений. Опыт их применения показал, что они повышают энергоемкость процессов очистки, уменьшают расход моющих средств, упрощают технологию очистки.

Таблица 1.7

Технологическая инструкция по применению ТМС в локомотивных депо (ТИ – 690 ЦТ МПС)

ТМС	Концентрация, кг/м ³	Температура, °С	Давление, МПа	Продолжительность, мин	Примечание
Струйная очистка					

Темп-100А Темп 2- 100Д ХС-2М МС-6 Лабомид- 101	10 – 20	70 – 85	0,3 – 0,5	15 - 30	После про- мывки не опо- ласки- вать
Очистка погружением					
МС-15 Лабомид- 203	25 – 35	80 – 90	-----	15 - 30	----//---- -
Обмывка кузова					
ХС-2М Этнас	10 – 20	50 – 60	0,2 – 0,3	10 – 20	
Для очистки электрических машин					
Элва МЛ-80 Концентрат «Термос»	1- 2 10 – 20	60 – 80 55 - 60	0,2 – 0,4 0,2 – 0,4	10- 30 10 - 30	После обмыв- ки - сушка

Однако, при использовании ТМС обнаруживаются некоторые недостатки. К ним можно отнести необходимость обеспечения высокотемпературного режима обработки, что влечет за собой значительное тепло - и энергопотребление и выделение вредных испарений. Кроме этого, не все водомасляные эмульсии можно сбрасывать в канализацию без их очистки.

Для удаления асфальто – смолистых отложений и нагаров эффективней использовать растворяющее – эмульгирующие средства (РЭС): трихлорэтилен, тетрахлор, этилен и др. Их эффективность в 5 – 15 раз выше, чем ТМС при температуре 50 – 60⁰С, они пожаробезопасны, но токсичны.

6.3. Очистка струйным способом

Эта очистка осуществляется в одно-, двух- и многокамерных машинах тупикового и проходного типа (ММД-6, ММД12, ММД13), где загрязнения удаляются за счет энергии струи, направляемой на поверхность под большим давлением. Они имеют до 290 сопел диаметром 2-8 мм, через которые подается раствор давлением 0,1-3,5 МПа. Машины оборудованы баками емкостью 6 м³ и передвижными тележками, имеющими ход 3,9 м и скорость передвижения 0,78 м/мин. Для малогабаритных деталей и узлов целесообразно использовать машину А-328 с круглым столом диаметром 900 мм.

Для повышения эффективности и качества очистки деталей от нагара и коррозии рекомендуется новая ресурсосберегающая, эколо-

гически чистая технология с использованием моечных агрегатов высокого давления и пожаробезопасных моечных средств. Моечные агрегаты высокого давления обеспечивают :

- механизацию процесса очистки деталей при минимальных удельных затрат энергии и воды;
- бесступенчатое регулирование давления;
- возможность применения холодной, горячей воды и пароводяной смеси;
- соблюдение экологических требований;
- простоту в обслуживании и эксплуатации.

Для очистки используются моечные агрегаты, выпускаемые фирмами «Клиннет», «Керхер» или Подольским заводом «Луч», технические характеристики которых приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8

Характеристики моечных агрегатов

Показатели	Единица измерения	Без подогрева воды	С подогревом воды
Рабочее давление воды	Бар	150 – 250	120 - 180
Расход воды	л/мин	8 – 20	8 - 20
Температура воды	°С	0 – 60	60 - 155
Напряжение питания	В	3 х 380	3 х 380
Мощность	кВт	3 – 8	3 - 6
Масса	кг	50 – 100	160 - 200

Технологический процесс очистки деталей турбокомпрессора состоит из следующих операций:

- нанесение 10% моющего раствора (пены) на поверхность детали с помощью моечного агрегата или распылителя;
- выдержка деталей в течение 5 - 10 мин;
- обработка детали струей воды под давлением с использованием специальных насадок.

Концентрация моющего раствора выбирается в зависимости от степени и характера загрязнений и может колебаться в пределах от 3 – 5 % до 20%. Использование горячей воды (40 – 60° С) значительно увеличивает эффективность очистки и позволяет снизить концентрацию раствора. Для очистки плотно скоксовавшегося нагара рекомендуется использовать водопескоструйную насадку. Для чего следует применять просеянный, сухой песок размером не более 1 мм.

Недостатки струйной очистки – большая затрата электроэнергии для создания давления и перекачки раствора, недостаточное поступление раствора в труднодоступные части, большой расход тепла.

6.4. Очистка погружением

Этим способом очищают громоздкие детали, с внутренними полостями, покрытыми накипью или коррозией. Очистку производят в ваннах с подогревом, имеющих два отделения: для выварки и ополаскивания. Очистку от нагара производят растворами Лабомид-203 или АМ-15, последний целесообразно применять для очистки фильтров.

Очистку от накипи выполняют в растворе соляной кислоты (8-10%) с добавлением уротропина (0,04%) при температуре 40-50⁰С в течение 10-20 мин. После очистки деталь необходимо промыть водой с хромпиком или известковым молоком.

Очистку от коррозии производят в растворе серной кислоты (20%) с добавлением экстракта ингибитора (5%). Для очистки топливной аппаратуры содержание кислоты снижают до 10%, а содержание экстракта ингибитора увеличивают до 10%. Перед очисткой деталь необходимо промыть щелочным раствором температурой 15-25⁰С. Очистка раствором производится при температуре 60-70⁰С в течение 15-30 мин. После очистки деталь промывают горячей водой.

Очистку погружением можно усилить с помощью ультразвука. При распространении ультразвука в жидкости возникает переменное звуковое давление, амплитуда которого достигает несколько МПа. Под действием этого давления жидкость попеременно испытывает сжатие и растяжение. Растягивающие усилия в области разрежения волны приводят к образованию в жидкости разрывов, т.е. мельчайших пузырьков, заполненных газом и паром. Эти пузырьки называют кавитационными, а само явление - ультразвуковой кавитацией. Следующая за разрежением фаза сжатия приводит к захлопыванию большей их части. При этом возникает ударная волна, развивающая большое давление. Если на ее пути возникает препятствие, то она стремится его разрушить. Поскольку кавитационных пузырьков много и захлопывание их происходит десятки тысяч раз в секунду, кавитация может сделать значительные разрушения. Комплексное использование ультразвуковой очистки и современных ТМС позволяет хорошо очищать детали при относительно низких температурах (45 – 65⁰ С), при многократном использовании водного раствора. Ультразвуковая очистка позволяет очистить детали, имеющие микроскопические полости и каналы, промывать которые традиционной технологией практически невозможно. К таким узлам можно отнести форсунки и топливные насосы дизеля, сетчатые и щелевые фильтры, коленчатые и распределительные валы и т.д. Этот способ является самым эффективным при подготовке к дефектоскопии. Он удаляет окисную пленку, нагар, коррозию, жировые отложения, металлическую и неметаллическую пыль. Ультразвук следует применять в тех случаях, когда нужно обнаружить очень мелкие дефекты длиной 2 – 3 мм и менее при ширине раскрытия до 1 мм.

В Центре внедрения новой техники и технологии «Транспорт» освоен выпуск ультразвукового модуля типа «УМ», технические характеристики которого приведены в табл. 1.9. Конструктивно он выполнен в виде двух блоков: генераторов и излучателей. Блок излучателей изготовлен из нержавеющей стали. Он представляет собой основание, к которому прикреплены пьезоэлектрические ультразвуковые преобразователи.

Таблица 1.9

Технические характеристики модуля «УМ»

Технические характеристики	Параметры
Выходная мощность одного излучателя, Вт	90
Рабочая частота, кГц	18 – 60
Мощность одного канала, Вт	150
Рабочая жидкость	ТМС
Охлаждение излучателя	воздушное
Напряжение питания, В	220
Частота тока, Гц	50
Уровень шума, dBA	75

Основание предназначено для обеспечения акустического контакта излучателя с рабочей жидкостью и служит дном или другой частью емкости. Блок помещен в стальной корпус с крышкой и снабжен электромеханической блокировкой.

Преимуществами очистки погружением являются хорошее качество очистки внутренних полостей и непродолжительное время очистки. К недостатку можно отнести – быстрое загрязнение раствора.

6.5. Термическая очистка

Очистка основана на нагреве деталей до температуры, при которой загрязнение либо сгорает, либо теряет механическую прочность и отделяется от поверхности детали. В ремонтной практике термическую очистку проводят открытым огнем, либо в расплаве солей. В последнем случае используют установку, состоящую из 4-х ванн: в первой находится расплав солей и щелочей, во второй – вода для промывки, в третьей проводится нейтрализация раствора, в четвертой - промывка раствором соды или водой. Этим способом целесообразно очищать детали от нагара и коррозии: поршни от нагара, внутренние поверхности корпуса турбокомпрессора, крышки цилиндров и т.п. Недостатками способа являются: быстрое загрязнение расплава, возможна термическая деформация детали сложной конструкции, процесс очистки сложен и мало производителен.

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях применяется механическая очистка?
2. Какие разновидности имеет абразивная очистка?
3. Что относится к мягким абразивам?
4. Что относится к твердым абразивам?
5. В чем недостатки растворов на основе каустической и кальцинированной соды?
6. В чем преимущества применения ТМС?
7. Какие загрязнения устраняются способом погружения?
8. Какие преимущества дает применение ультразвука при очистке погружением?
9. Какие машины используются для струйной очистки?
10. Какие загрязнения устраняются моечными агрегатами высокого давления?

Рекомендуемая литература [1, 5, 14]

Лекция 7. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ

План лекции:

- 4.1. Ремонтные размеры.
- 4.2. Виды трения по условиям смазки.
- 4.3. Виды износа
- 4.4. Интенсивность нарастания износа.
- 4.5. Пути снижения износа деталей.

7.1. Ремонтные размеры

После очистки детали локомотива подвергаются дефектации с целью сравнения их фактического состояния с требованиями действующей технической документации. В результате контроля устанавливается пригодность их к дальнейшей работе, возможность их восстановления или браковки. Существуют три разновидности размеров и других технических характеристик деталей: нормальные, допустимые и предельные. *Нормальными* считаются размеры, соответствующие рабочим чертежам. *Допустимыми* называются размеры, при которых деталь может быть вновь использована на локомотиве и будет удовлетворительно работать в течение предстоящего межремонтного периода. *Предельными* называются размеры при которых деталь бракуется или восстанавливается. На эскизах ремонтные размеры обозначаются в трех графах:

Н	Д	П
---	---	---

Все повреждения деталей можно разделить на три группы: износые, механического характера (трещины, изломы) и химико-теплового воздействия (коробление, оплавление, прогар и др.).

7.2. Виды трения по условиям смазки

Как показали исследования основными видами отказов локомотивов являются преждевременные износы, вызываемые трением сопряженных поверхностей. По условиям смазки трение делится на сухое, граничное и жидкостное.

При **сухом трении** смазка полностью отсутствует. Трение сопровождается повышенными температурами, вследствие чего может происходить пластическая деформация поверхностных слоев металла, облегчающая их износ. При сухом трении работают сопряжения с неподвижными посадками, муфты сцепления, фрикционные гасители колебаний и т.д. Коэффициент трения при сухом трении составляет 0,1-0,8.

Граничное трение возникает в присутствии весьма тонкого масляного слоя, толщина которого составляет 0,1 мкм. При граничном трении весьма важно удержание тончайшей масляной пленки на поверхности трения, что достигается ее вязкостью и маслянистостью. Граничное трение является неустойчивым и легко может переходить в сухое трение. Коэффициент трения составляет 0,01-0,05.

При **жидкостном трении** (гидродинамическом) поверхности деталей полностью разделены слоем смазки (рис. 1.16.), вследствие чего износ оказывается ничтожным, т.к. коэффициент трения составляет 0,001-0,008.

По гидродинамической теории смазки наименьшая толщина слоя h определяется по формуле

$$h = d^2 n \gamma / 18,36 P C S \quad (1.39)$$

где d – диаметр вала, м; n – число оборотов, об/мин; γ – вязкость масла, кгс/м²; P – удельная нагрузка, кгс/м²; C – коэффициент определяющий соотношение между диаметром и длиной подшипника, $C = (d + l) / l$; S – зазор между шейкой и подшипником, м. Минимальная толщина масляного слоя должна соответствовать отношению $S/4$. Величины n , γ и P являются переменными. Нетрудно заметить, что наиболее неблагоприятные условия для жидкостного трения создаются при уменьшении соотношения n / P , т. е. при снижении частоты вращения и увеличении нагрузки.

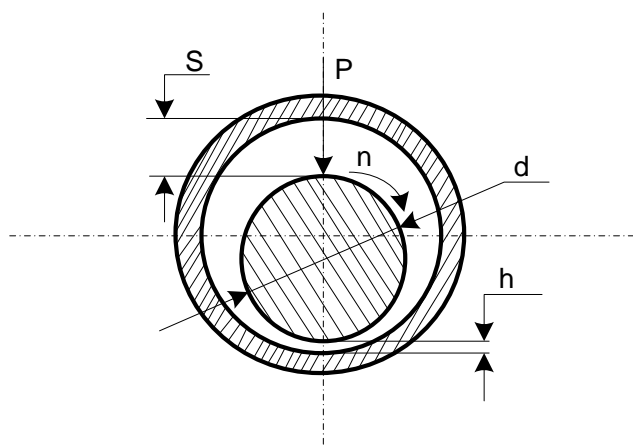


Рис. 1.16. Схема создания жидкостного трения

Приведенная формула имеет большое практическое значение. Она позволяет рассчитывать, при прочих равных условиях, обороты вала, диаметр вала, вязкость масла и допустимую нагрузку на вал, при которых может быть осуществлено жидкостное трение.

Износ сопряжений, рассчитанных на жидкостное трение, происходит, главным образом, в момент пуска машины, при перегрузках и при применении масла несоответствующего сорта.

7.3. Виды износа

По классификации профессора Костецкого В.И. ведущими износами являются: схватыванием, окислительный, тепловой, абразивный, осповидный и коррозионный.

Износ **схватыванием** возникает при отсутствии смазки и защитной пленки окислов, при трении с малыми скоростями (до 1,0 м/с для стали) и удельными давлениями, превышающими предел текучести металла. Износ сопровождается высоким коэффициентом трения и образованием металлических связей. Этот вид износа самый разрушительный из всех видов. Он возникает во втулках и поршнях ДВС, шейках колесных пар, моторно-осевых подшипниках и на поверхностях других деталей локомотива.

Окислительный износ вызывается микропластическими деформациями в тонких слоях металла с последующей диффузией кислорода. Образующиеся окислы железа FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 обладают повышенной хрупкостью, что приводит при дальнейшей работе к выкрашиванию металла. Этот вид износа проявляется на шейках коленчатых валов, цилиндрических втулках и пальцах поршней ДВС.

Тепловой износ вызывается действием теплоты, возникающей в результате трения деталей при больших скоростях и удельных давлений. Получаемое тепло не успевает отводиться в глубь металла, нагревает его и приводит, в одних случаях, к своеобразной термической обработке, в других – к размягчению поверхности и смятию. Дан-

ный вид износа проявляется на кулачках распределительных валов, тарелках толкателей, на рабочих поверхностях цилиндрических втулок ДВС.

Абразивный износ возникает в результате царапающего и режущего действия твердых абразивных частиц, которые попадают в зону трения с жидкостью и воздухом. Такому износу подвержены цилиндрические втулки, подшипники коленчатого вала, шейки колесных пар, плунжерные пары и другие соединения.

Осповидный износ возникает при трении качения в шарико – и роликоподшипниках и в зубьях шестерен. Причина износа - сосредоточение большой нагрузки на очень малых площадях, приводящая к предельным контактным напряжениям. Эти условия вызывают пластические деформации в тонких слоях металла с последующим насыщением их кислородом, т.е. образованием окислов металлов.

Коррозийный износ делится на два вида: химический и электрохимический. Химическая коррозия происходит под влиянием сухих газов или диэлектриков (смолы, керосина, топлива). В результате образуются соединения металла, обладающие низкой механической прочностью. Данному износу подвержены: выпускные клапаны газораспределительного механизма ДВС, поршни, крышки цилиндрических втулок, выпускные коллекторы ДВС и другие соединения.

Электрохимическая коррозия возникает при соединении металла с электролитами (растворы кислот, солей и щелочей). Образующиеся микрогальванические соединения, в которых роль анода выполняют зерна чистого металла, приводят к разрушению поверхностей. Такому износу подвержены: блоки ДВС, подшипники скольжения, система охлаждения ДВС.

7.4. Интенсивность нарастания износа

Несмотря на огромное разнообразие деталей, машин и условий их работы, существует общая закономерность износа (рис. 1.17).

Проекция кривой АС на ось абсцисс делится на три участка: 1 - период приработки трущихся поверхностей; 2 – период нормальной работы; 3 – период разрушения. Из этого следует, что сроком службы соединения является сумма первых двух периодов.

Особую роль в этом играет первый период или обкатка узла. Если правила обкатки не соблюдаются, то при повышенной нагрузки микро-неровности не сглаживаются, а вырываются. Возникает схватывание трущихся поверхностей, износ прогрессирует и сроки службы деталей резко сокращаются.

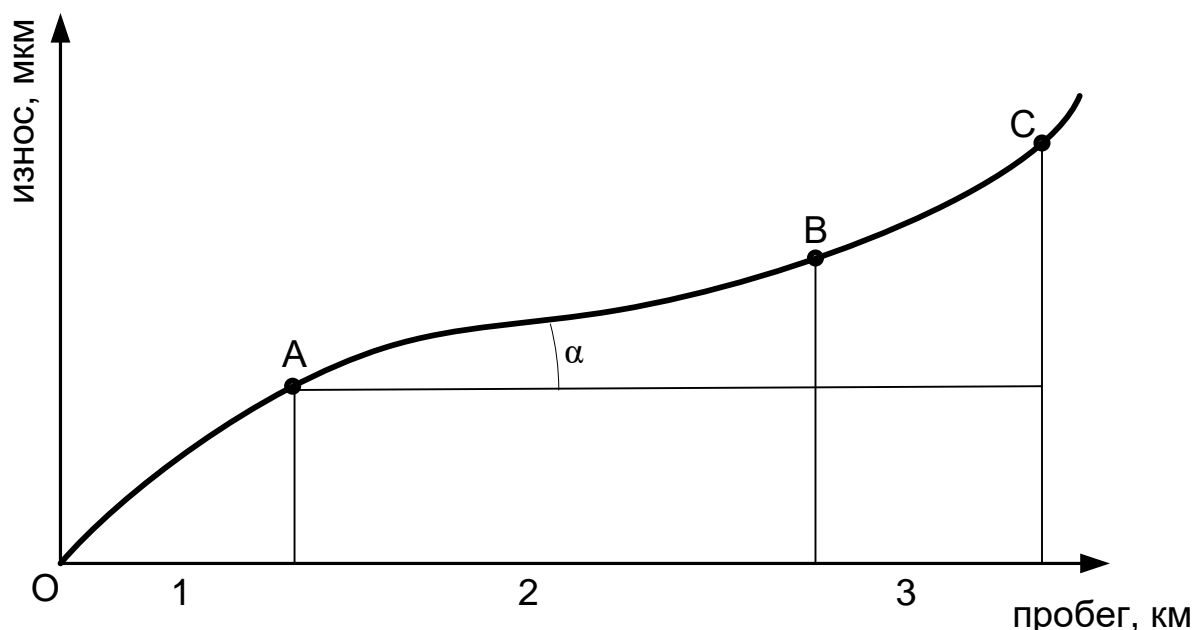


Рис. 1.17. Закономерность изменения износа: OA – износ в начальный период работы машины за счет истирания микронеровностей; AB - износ при нормальных условиях работы машины; т.С – предельный износ в эксплуатации, при котором возникают ударные нагрузки, вызывающие интенсивное изнашивание. Если в это время не прекратить эксплуатацию машины, то произойдут повреждения и изломы трущихся деталей

Анализ кривой позволяет сделать следующие выводы:

- период обкатки во многом определяет срок службы машины;
- эксплуатацию машины нужно прекращать своевременно, не допуская предельных износов. Нарушение этого правила приводит к отказам узла. Для сокращения сроков приработки и повышения ее качества применяют присадки в масла ДВС. Например, используя обкаточное масло типа ОМД-14, износ снижается в 4 –ре раза, а с присадками АЛП – в 5-ть раз.

7.5. Пути снижения износа деталей

Для снижения износа трущихся поверхностей необходимо: не допускать длительную работу ДВС на минимальных оборотах коленчатого вала; своевременно и качественно очищать масло, топливо и воздух от продуктов износа и абразивных частиц; вводить в масло антиокислители; проводить после ремонта качественную обкатку узла; повышать твердость трущихся поверхностей; вводить в масло модификаторы трения.

Ниже рассмотрим технологии по снижению износа трущихся частей с использованием модификаторов трения.

В шестидесятых годах прошлого столетия советскими учеными профессорами Гаркуновым Д.Н. и Крагельским И.В. было открыто явление безызносности, позволяющее организовать работу трущихся пар без износа сопрягаемых поверхностей за счет сервовитной пленки толщиной 1 – 2 мкм. Данная пленка создается путем переноса в зону контакта меди или другого металла и существует в процессе трения. Медь при этом обладает удивительными свойствами: она полужидкостная при комнатной температуре и имеет электрический заряд, что удерживает ее в зоне трения. В промышленности это явление используется путем применения металлоплакирующих смазок в машинах и механизмах, что еще в восьмидесятых годах прошлого столетия позволило получить экономический эффект около восьми миллиардов рублей.

Широкого использования металлоплакирующих смазок не произошло из-за их большой стоимости. Смазка на основе молибдена в 1989 году стоила 22 тыс. руб. за тонну (стоимость автомашины типа «Жигули» составляла 6 тыс. руб), а на основе меди – 2 тыс руб. за тонну. Это послужило толчком к новым разработкам в области металлоплакирующих смазок. К ним относятся модификаторы трения, т.е. смазки, содержащие измельченный в порошок горной породы, содержащей кварцита. Такого рода смазки по своей эффективности не хуже, чем металлоплакирующие, они не разжижают смазку, а наоборот – сгущают. Процесс работы машины становится значительно чище, поскольку смазка не вытекает из трущихся узлов. Стоимость смазок на основе модификаторов трения значительно меньше, чем металлоплакирующих и они широко используются в двигателях внутреннего сгорания.

Научными работниками кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» МГУПС (МИИТа) были проведены исследования по использованию триботехнического состава «Форсан» в ДВС маневровых тепловозов, приписанных депо Лихоборы Московской ж.д. Оценку влияния препарата на экономичность и надежность ДВС проводили с помощью измерения основных параметров его работы до и после обработки. После триботехнической обработки дизеля произошло повышение средней удельной эксплуатационной экономичности на 17,5%. Одновременно с этим наблюдается улучшение узлов трения дизеля. Так, зазоры в подшипниках коленчатого вала при почти полной эксплуатационной загрузке не увеличились, что позволяет говорить о полном прекращении износа шеек коленчатого вала после обработки масла дизеля. Ресурс узлов увеличился на 60%, что снизило стоимость ремонта дизеля в два раза.

На Белорусской ж.д. для повышения износостойкости широко используется эпиламирование деталей. Эпилам – раствор фторосодержащего поверхностно-активного вещества марки 6МФК-180 в хладоне-113. Он имеет плотность 1580 кг/м³ и температуру кипения 47⁰С. Эпиламирование осуществляют окунанием в бак с раствором и выдержи-

кой 10-15 мин. После чего деталь сушат и оценивают качество обработки. Как показали исследования наилучшие результаты дает эпиламирование одной трущейся поверхности, обладающей наибольшей твердостью. Например: шейки коленчатого вала, втулки цилиндра и т.п. После эпиламирования износостойкость повышается в 3-3,5 раза. Если эпиламирование интенсифицировать ультразвуком, то износ деталей можно снизить в 7 раз, а коэффициент трения в 1,7 раза.

Вопросы для самопроверки

1. Какие разновидности ремонтных размеров используются при ремонте локомотивов?
2. Какие разновидности трения существуют по условиям смазки?
3. Какими условиями обеспечивается жидкостное трение?
4. Чем вызывается износ схватыванием?
5. На каких деталях возникает осповидный износ?
6. Какова причина возникновения электрохимической коррозии?
7. Какие детали подвергаются химической коррозии?
8. В чем причина увеличения износа в начальный период работы машины?
9. Почему модификаторы трения снижают износ?

Рекомендуемая литература [1, 5]

Лекция 8. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ

Непосредственные способы

Косвенные способы

8.1. Непосредственные способы

Износ деталей определяют непосредственным или косвенным измерением. При непосредственном измерении размер или отклонение его от допустимой величины находят по показаниям прибора контактирующего с измеряемой деталью. При косвенном измерении размер определяют по величине, связанной с искомой определенной зависимостью.

К непосредственным методам относится метод микрометража, который основан на использовании различного измерительного инструмента:

- универсально-измерительного (штангенциркуль, штангензубомер, штангенглубиномер, микрометр и т.д.);
- рычажно-механического (индикатор часового типа, индикаторный нутромер, рычажный микрометр, индикаторная скоба и т.д.);
- одномерного инструмента (щуп, угольник, калибр и т.д.).

Выбор класса инструмента производят с помощью номограмм (рис. 1.18), где по горизонтали указан определяемый размер детали, а по вертикали – допуски на изготовление и точность инструмента. Отсутствие постоянной базы измерения, погрешности, возникающие от непостоянства температуры детали и прибора, являются недостатками контактного способа.

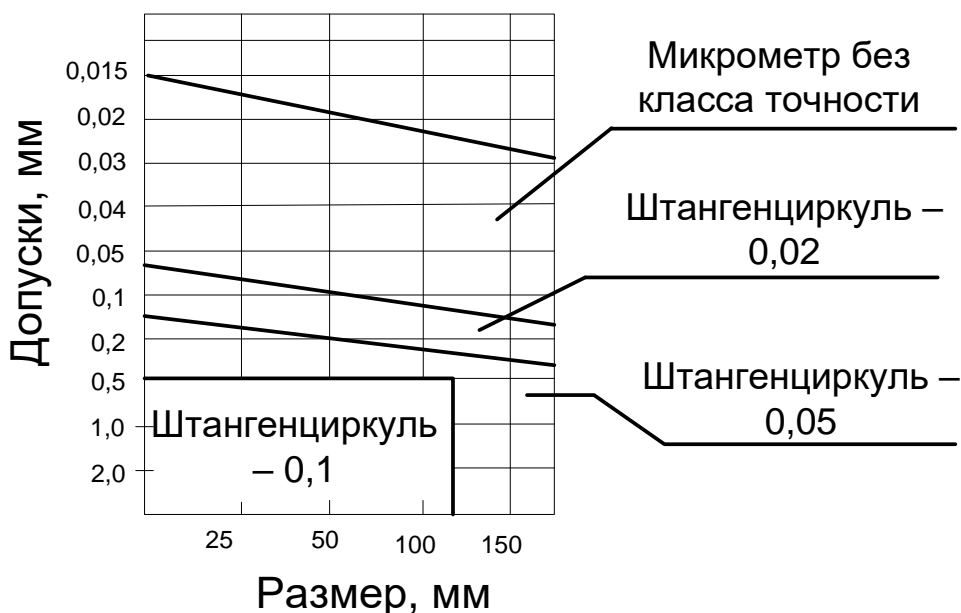


Рис. 1.18. Номограмма выбора класса инструмента для валов

8.2. Косвенные способы

Косвенное измерение износа деталей осуществляется следующими способами: взвешиванием детали, нанесением лунок на изнашиваемую поверхности, проведением спектрального анализа масла, интегральным, по уровню шума и вибрации. Рассмотрим некоторые из них.

Способ взвешиванием – основан на взвешивании детали до и после износа, при этом может быть достигнута высокая точность измерения. Данный способ успешно применяется при определении средних величин износа поршневых колец, поршневых пальцев и других деталей сложной конфигурации.

Способ лунок (ГОСТ 7534 74) – используется для измерения износа деталей в лабораторных условиях с целью сокращения длительности испытаний. Порядок измерения:

- на поверхности, подлежащей износу, с помощью алмазного резца вырезается лунка глубиной 0,15 мм и длиной 3 мм. Продольная ось лунки должна располагаться перпендикулярно направлению перемещения трущейся поверхности;
- измеряют длину лунки;
- деталь подвергают износу и снова измеряют длину лунки;
- по результатам измерений определяют величину износа.

Для цилиндрической поверхности глубина лунки рассчитывается

$$h = 0,125 l^2 (1/r \pm 1/R), \quad (1.40)$$

где l – длина лунки; r – радиус резца; «+» - для выпуклой поверхности; «-» - для вогнутой поверхности; R – радиус цилиндрической поверхности.

Для плоской поверхности

$$h = 0,125 l^2 (1/r) \quad (1.41)$$

Тогда износ поверхности можно определить по следующим формулам:

Для цилиндрической поверхности

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 0,125 (l_1^2 - l_2^2) (1/r - 1/R); \quad (1.42)$$

Для плоской поверхности

$$\Delta h = 0,125 (l_1^2 - l_2^2) 1/r \quad (1.43)$$

Точность измерения износа способом лунок очень высокая $\pm 0,001$ мм.

Спектральный анализ масла – основан на сжигании порции масла на квантometре, в результате чего по виду спектра определяется качественный и количественный состав продуктов износа. По наличию элементов судят об износе того или иного узла: по Fe – втулки цилиндров, Si – компрессионных колец, Pb – подшипников коленчатого вала, Na – загрязнение фильтров очистки воздуха, H₂O – присутствие воды в масле и т.д. Критические нормы продуктов износа устанавливаются для каждого депо, путем определения соотношения между геометрическими размерами узла и концентрацией продуктов износа в масле. Спектральный анализ позволяет, путем сравнения полученной концентрации продуктов износа в масле, установить градацию состояния узла и, как следствие, установить необходимый перечень объемов работ на ближайшем ТО-3 или ТР-1. Кроме этого, он позволяет прогнозировать остаточный ресурс узла и, таким образом, рассчитывать сроки проведения текущих ремонтов. Технология применения спектрального анализа масла подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу.

Интегральный (объемный) способ - основан на сравнительной оценке изменения «служебных свойств» детали или трущейся пары. Чаще всего под «служебным свойством» понимают характер изменения давления или расход рабочего тела (воздуха, топлива, масла). Например, об износе шатунно-поршневой группы дизеля судят по

уменьшению компрессии в цилиндре при опрессовке сжатым воздухом; об износе плунжерной пары – по увеличению утечки топлива между деталями; об износе отверстий распылителя форсунки – по расходу воздуха или топлива и т.д.

Дефекты механического характера (трещины) определяются методами неразрушающего контроля, которые подробно изложены в курсе «Материаловедение».

Вопросы для самопроверки

1. Что подразумевается под непосредственным способом измерения износа?
2. Что подразумевается под косвенным способом измерения износа?
3. В чем заключается измерение износа с помощью лунок?
4. Как определяется износ по спектральному анализу масла?
5. В чем особенность измерения износа интегральным способом?

Рекомендуемая литература [1]

Лекция 9. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

План лекции:

9.1. Технология ремонта типовых сборочных единиц с разборными подшипниками скольжения.

9.2. Технология ремонта типовых сборочных единиц, движущихся возвратно-поступательно.

9.3. Технология ремонта подвижных конусных соединений.

9.4. Технология ремонта паяных соединений.

9.5. Технология ремонта неподвижных соединений.

9.6. Технология ремонта шлицевых и шпоночных соединений.

9.7. Технология ремонта зубчатых передач.

9.1. Технология ремонта типовых сборочных единиц с разборными подшипниками скольжения.

Ремонт коленчатых валов. При изложении данного и последующих разделов будут использована технология ремонта дизелей типа Д49 и ПД1, узлов тепловозов серии ТЭ10, ТЭП70 и ТЭМ2 при выполнении ремонтов в объеме ТР-3 и КР.

Дизель Д49. Коленчатый вал изготовлен из легированной стали 38ХНЗМА, шейки азотированы, а галтели накатаны, что обеспечивает повышение износостойкости и усталостной прочности вала. Для умень-

нышения внутренних моментов от сил инерции и разгрузки коренных подшипников на всех щеках установлены противовесы. У девятой коренной шейки имеются бурты, ограничивающие осевое перемещение вала.

Неисправности: Риски и забоины. Риски появляются вследствие эксплуатации дизеля на загрязненном масле. Выявляются при помощи профилографа-профилометра типа 201 завода «Калибр». При ремонте ТР-3 разрешается оставлять на шейках круговые риски глубиной до 0,2 мм в количестве до 10 шт. Для снижения износа подшипников рекомендуется шейки полировать пастой ГОИ.

Забоины появляются на шейках в результате разрушения деталей шатунно-поршневой группы или небрежного обращения с коленчатым валом в процессе ремонта. Выявляются визуально, с помощью штангенциркуля. Разрешается иметь на шейки до 2-х забоин, глубиной до 0,2 мм, общей площадью не более 50 мм², площадь одной забоины не должна превышать 25 мм².

Износ шеек. Анализ износа шеек показывает, что коренные шейки изнашиваются больше, чем шатунные. Их износ объясняется концентрированным действием сил кривошипно-шатунного механизма соседних шеек. Чем меньше угол между кривошипами φ , тем больше износ (рис. 1.19).

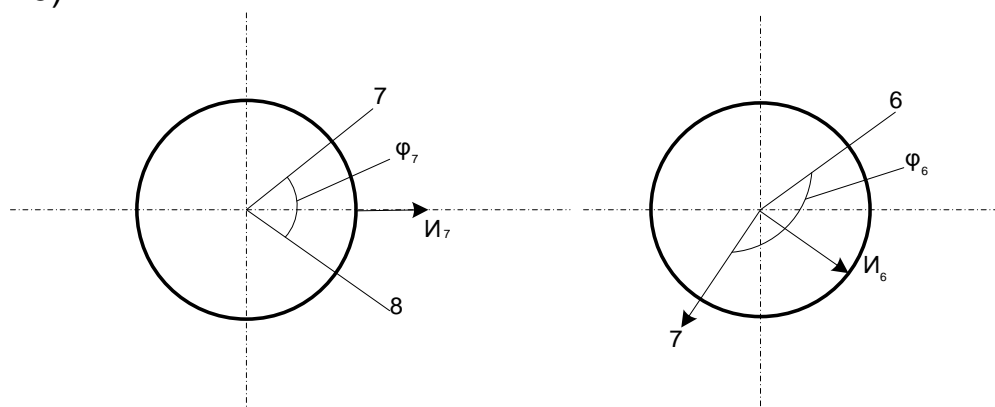


Рис. 1.19. Схема определения максимального износа шеек вала

Так как $\varphi_7 < \varphi_6$, то $I_7 > I_6$ (I_7 , I_6 – износ 7 и 6 шеек). Зона максимального износа располагается по биссектрисе данного угла. Износ шатунных шеек также односторонний, максимальный наблюдается между щеками. Износ выявляется микрометром, с последующим определением овальности и конусности. Под **овальностью** понимается разность диаметров, измеренных в одном поясе и во взаимно-перпендикулярных плоскостях. Под **конусностью** понимается разность диаметров, измеренных в одной плоскости, но в разных поясах (технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу). Овальность шеек при ремонте ТР3 допускается не более 0,04 мм.

Износ шеек может привести к искажению оси, что вызывает их бие-
ние. **Биение** определяется с помощью индикатора, ножка которого
устанавливается на поверхность шейки. Проворачивая вал на 360° ,
через каждые 45° делают отметку показания индикатора. За действи-
тельную величину биения берется максимальная **алгебраическая**
разность показаний в диаметрально противоположных точках (рис.
1.20).

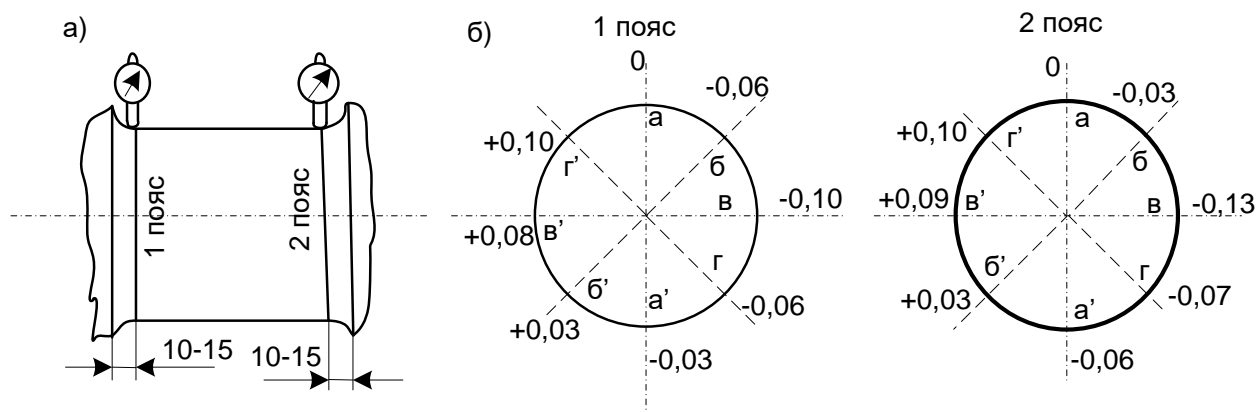


Рис.. 1.20. Схема измерения биения коренной шейки

Разность берется с учетом знака, т.к. если стрелка индикатора не
дошла до нуля, ее показание берется со знаком минус, а если пере-
шла – со знаком плюс. Для примера определим действительную вели-
чину биения шейки для 1-го пояса. Рассчитаем биение в 4-х плоско-
стях и за действительную величину примем максимальную: для плос-
кости, проходящей через отметки 0° и 180° биение будет равно $[0 - (-0.03) = 0.03]$; для плоскости, проходящей через отметки 45° и 225° биение будет равно $[-0.06 - (+0.03) = -0.09]$; для плоскости, проходящей
через отметки 90° и 270° биение будет равно $[-0.10 - (+0.08) = -0.18]$; для плоскости, проходящей через отметки 135° и 315° биение
будет равно $[-0.06 - (+0.10) = -0.16]$. Таким образом, действительная
величина биения будет 0,18 мм. Для коленчатых валов дизеля Д49
при ремонте ТР-3 биение допускается не более 0,10 мм.

Риски, забоины и искажение геометрии шеек коленчатых валов ди-
зелей типа Д49 первого и второго исполнения устраняются обточкой
под следующую ремонтную градацию (всего четыре градации, с гра-
дационным интервалом 0,1 мм). Обточка выполняется при капита-
льном ремонте тепловозов. Шейки коленчатых валов третьего исполне-
ния восстанавливают осталиванием, плазменным или лазерным
напылением с последующей доводкой до номинального размера

Трещины шеек. Трещины носят усталостный характер. Они возни-
кают из-за различной величины износа коренных вкладышей и шеек
вала и образующейся ступенчатости между опорами вала. Кроме это-

го, трещины появляются из-за неудовлетворительного состояния антивибратора (износ пальцев и втулок) и неуравновешенности шатунно-поршневой группы. Трещины выявляются магнитно-порошковым методом. При их наличии коленчатый вал бракуется.

Кратко отметим допускаемые дефекты коленчатого вала **дизеля ПД1** при производстве ТР-3: забоины $\sum S = 120\text{мм}^2$, при этом площадь одной забоины не должна превышать 70мм^2 , а глубина не более 2 мм. Забоины устраняются механической обработкой, с последующей полировкой краев; линейные не металлические включения (волосовины) не более 7-ми, длиной не более 8 мм; овальность и конусность шеек не более 0,02 мм; биение не более 0,05 мм; непараллельность шеек не более 0,03 мм. Износ шеек устраняются обточкой под следующую ремонтную градацию (всего десять градаций, с градационным интервалом 0,5 мм).

Ремонт постелей коленчатого вала. Дизель Д49. Блок – сварно-литой, состоит из вертикальных стоек, боковых стенок, плит для опор крышек цилиндров. Для разгрузки горизонтального разъема от боковых смещений предусмотрены два горизонтальных болта на каждой опоре (рис.1.21).

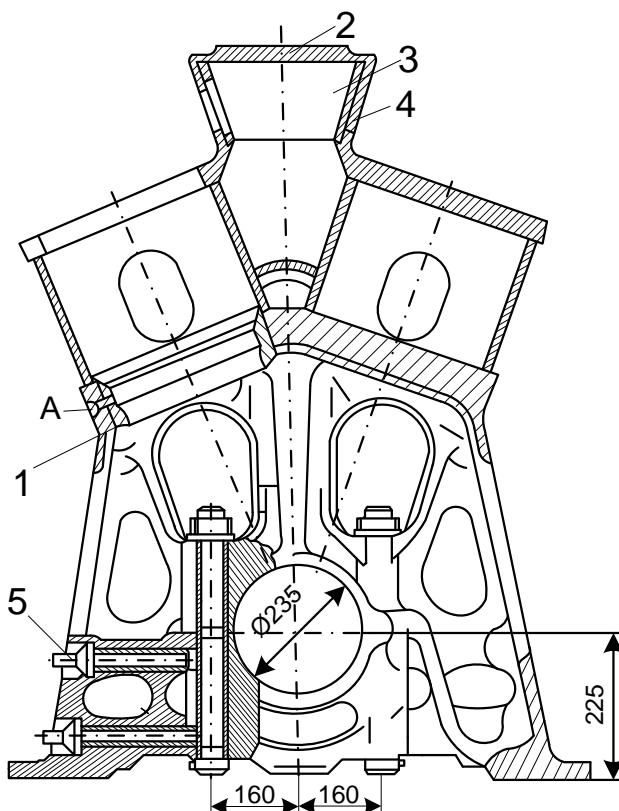


Рис. 1.21. Блок дизеля Д49: 1 – кольцо опорного пояса; 2 - горизонтальная плита; 3 – ребро; 4 – боковой лист; 5 – горизонтальный болт

Неисправности: трещины. Трещины чаще всего возникают в зонах максимальных нагрузок и концентрации напряжения в бугелях (опорах) и крышках (подвесках) коренных подшипников в результате действия сил инерции и газов, ненормальной работы коленчатого вала, нарушения технологического процесса изготовления и ремонта. Трещины выявляются в крышках магнитной дефектоскопией, в бугелях – цветной дефектоскопией. Трещины в крышках не допускаются, в бугелях – разрешается устранять электросваркой, с соблюдением требований инструкции ЦТ-336.

Наклеп. Вызывается ослаблением крепления крышки к опоре. Выявляется визуально. Устраняется обработкой пневмомашинной и шлифовальным кругом

Износ постелей. Износ постелей объясняется теми же причинами, что и износ шеек коленчатого вала. В свою очередь, износ постелей сопровождается образованием овальности и конусности. Неравномерный износ постелей приводит к их ступенчатости (несоосности). Несоосность проверяют фальшвалом в следующей последовательности:

- блок устанавливают постелями вверх;
- устанавливают и закрепляют 10 -ую подвеску;
- фальшвал покрывают тонким слоем краски (лазури), укладывают в постели и проворачивают несколько раз;
- щупом толщиной 0,03 мм проверяют зазор между фальшвалом и постелями;
- фальшвал вынимают и проверяют отпечаток краски, который должен быть равномерно распределен на дуге 50 мм и составлять не менее 30%.

Измеряют диаметр постелей индикаторным нутромером в трех плоскостях: вертикально и под углом 30^0 от стыка с 2-х сторон каждой постели. Определяют диаметр, овальность и конусность.

При отклонении от соосности (ступенчатости), овальности и конусности до 0,1 мм блок подвергают шабровке, а более 0,1 мм – заводскому ремонту.

Проверяют состояние упорных колец, ограничивающих осевой разбег коленчатого вала. При разбеге более 0,55 мм кольца подлежат замене.

Отметим допускаемые дефекты блока **дизеля ПД1**. При ремонте дизеля в объеме ТР-3 разрешается:

- заделка эпоксидными смолами раковин на блоке общей площадью не более 300 мм^2 , кроме мест соединения с другими деталями.;
- оставлять на посадочном гнезде блока для цилиндровой втулки дефекты некоррозийного характера при сохранении ширины посадочного пояса не менее 4 мм;

- проточка посадочного бурта блока на глубину до 0,5 мм от размера по чертежу при выведении вмятин, не устранимых взаимной притиркой;

- овальность отверстий блока под посадку цилиндрических втулок более 0,1 мм устраняют обработкой. При этом диаметры посадочных отверстий не должны превышать в верхней части 362,15 мм, в нижней – 358,18 мм. Зазор между втулкой и блоком восстанавливают в пределах допуска нанесением эластомера ГЭН-150В или эпоксидной смолы на блок.

Ремонт подшипников скольжения коленчатого вала. Дизель Д49. Подшипник состоит из двух вкладышей. Каждый имеет стальную основу, залитую слоем свинцовистой бронзы, на которую нанесено гальваническое трехкомпонентное покрытие, состоящее из: олова 8÷13%, меди 2÷3,3% и свинца (остальное), толщиной 21÷30 мкм. Окончательно рабочую поверхность обрабатывают гальваническим никелем толщиной 1÷2 мкм. Верхний и нижний вкладыши не взаимозаменяемые. Верхний вкладыш имеет канавку и отверстия через которые поступает масло из канала в стойке блока в подшипник. Натяг вкладыша указан на боковой поверхности. Номинальная толщина вкладыша 7,4 мм. При ТР-3 рабочие вкладыши заменяются вне зависимости от их состояния.

Неисправности: износ фрикционного слоя. Причиной износа является отсутствие масляного клина между вкладышем и шейкой коленчатого вала. Устойчивый клин обеспечивается зазором «на масло» (технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу) и соотношением радиусов подшипника и шейки ($R_{\text{п}} > R_{\text{ш}}$), т.е. чем больше овальность шейки, тем хуже условия для смазки. Кроме этого, на износ влияет недостаточное прилегание шейки к вкладышу и работа на некачественном масле (особенно, если в масло попала вода). Неравномерный износ вкладышей по опорам у многоопорных валов вызывает ступенчатость, которая может привести к изгибу вала и, как следствие, к его трещинам и изломам. Износ вкладыша измеряют микрометром или косвенным путем – по спектральному анализу масла или по «зазору на масло». Ступенчатость вкладышей определяют по разности толщин рабочих вкладышей. Нерабочие вкладыши заменяют если произошел износ прирабочного покрытия произвольной формы (площади), без появления бронзы. Толщина вкладыша должна быть не менее 7,32 мм. Размер по стыку в свободном состоянии должен быть в пределах 235,2÷235,75 мм.

Потеря натяга. Натяг есть величина выступания торца вкладыша над постелью (рис. 1.22).

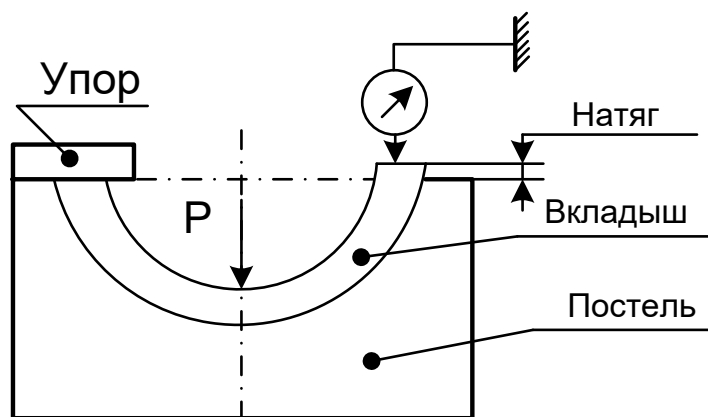


Рис. 1.22. Схема определения натяга

Потеря натяга происходит из-за усадки металла при его неоднократной разборке и сборке. Натяг проверяют визуально (по наклепу на торцах вкладыша), в приспособлении с индикатором, в блоке дизеля с помощью фольги. При проверке в приспособлении выступание торца вкладыша дизеля Д49 при нагрузке 4900 ± 98 кгс должно быть не менее 0,13 мм. При проверке в блоке вкладыши устанавливают в постель, по линии разъема постели с каждой стороны вставляют фольгу толщиной равной натягу вкладыша. После этого, штатным порядком затягивают гайки крепления. Вкладыши считаются годными, если у коренных вкладышей щуп толщиной 0,03 мм заходит между крышкой и вкладышем на глубину не более 15 мм. У шатунных вкладышей дополнительно к этому, проверяется еще и отсутствие продольного перемещения вкладыша остукиванием его молотком весом 2 кг. Одновременно с проверкой натяга с помощью краски проверяется качество прилегания его тыльной части к постели. Площадь прилегания должна быть не менее 70%. При необходимости качество прилегания восстанавливается шабрением. При снижении натяга вкладыш заменяется.

Кратко отметим допускаемые дефекты подшипников коленчатого вала **дизеля ПД1**. При производстве ТР-3 допускается износ вкладыша не более 0,25 мм, выкрашивание баббитовой заливки не более 20%, коррозию не более 30%, риски шириной не более 3 мм и ступенчатость не более 0,04 мм. Ступенчатость вкладышей определяется как разность толщин рабочих вкладышей, измеряемых микрометром в средней части.

Наклеп. Вызывается ослаблением крепления крышки к опоре. Выявляется визуально. Устраняется обработкой пневмомашинной и шлифовальным кругом.

9.2 Технология ремонта типовых сборочных единиц, движущихся возвратно-поступательно

Ремонт втулки цилиндров дизеля. Дизель Д49.

Цилиндровые втулки подвешного типа, что в отличие втулок опирающихся на блок, позволяет получить ряд преимуществ: силы давления газа не отрывают крышку от втулки; повышается приспособляемость поршня к втулке в процессе совместной работы и деформации; сборка втулки производится вне дизеля, что обеспечивает ее высокое качество. Цилиндровая втулка имеет рубашку из стали, что позволяет производить опрессовку крышки вместе с втулкой вне блока. Втулка изготавливается из хромомолибденового чугуна, обладающего высокой износостойкостью и необходимыми антифрикционными свойствами. Резиновые уплотнения не соприкасаются с поверхностями втулки, что не вызывает их повышенного нагрева. К крышке втулка крепится шпильками. Стык между ними уплотнен стальной прокладкой, покрытой гальваническим путем слоем меди толщиной $0,03 \pm 0,04$ мм, которая при затяжке врежется в выступы на сопрягаемых поверхностях. В дизеле применен газовый стык замкнутого типа, что позволило увеличить сопротивление сдвигу в радиальном направлении в 3 раза по сравнению со старой конструкцией. С внешней стороны втулки покрыты теплоизолирующим слоем, а их бурты уплотнены снизу паронитовыми прокладками, а сверху – резиновыми кольцами.

Неисправности: износ зеркала втулки. Зеркала втулки по высоте и окружности изнашиваются неравномерно. По высоте наибольшему износу подвержена зона камеры сгорания. Причинами этого являются плохие условия работы первого компрессионного кольца, при которых увеличивается давление на стенку газов, попадающих между кольцом и ручьем поршня. Согласно проведенным исследованиям на первое кольцо действует 75% давления газов, на второе – 17% и на третье – 8%. Преждевременный износ зеркала втулки происходит из-за неудовлетворительной фильтрации воздуха, плохого качества масла, смывания масла несгоревшим топливом, быстрого нагружения непрогретого дизеля.

Неравномерный износ по окружности происходит по причине действия нормальной силы от поршня на стенку втулки. В связи с этим наибольший износ происходит в плоскости перпендикулярной оси коленчатого вала. Неравномерный износ втулки по длине и окружности вызывает конусность и овальность ее зеркала. Выявление искажений геометрических размеров производится индикаторным нутромером (технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу). При ремонте ТР-3 овальность рабочей поверхности допускается не более 0,08 мм. Износ можно восстановить хромированием, осталиванием или напылением.

Группой специалистов СКБД «Техплазма» была разработана технология **плазменного напыления** (металлизации) с одновременным упрочнением рабочей поверхности втулок. Плазменную струю получают нагревом плазмообразующего газа в электрической дуге, горячей в закрытом пространстве. Эти устройства называются плазмат-

ронами или плазменными горелками. Плазматрон (рис.1.23) состоит из охлаждаемой водой катода 1 и анода 4 (сопла). Катод изготавливают обычно из лантинированного вольфрама, а анод – из меди. Катод и анод изолированы один от другого прокладкой из изоляционного материала. Для получения плазменной струи между катодом и анодом возбуждают электрическую дугу от источника постоянного тока напряжением 80 – 100 В. Электрическая дуга нагревает подаваемый в плазматрон газ до температуры образования плазмы, т.е. до такого состояния, когда газ становится электропроводным. В поток газа вводится материал, который расплавляется и выносится на поверхность детали. Температура плазменной струи в зависимости от величины тока дуги и расхода газа достигает $10000 - 30000^{\circ}\text{C}$, а скорость истечения 1000 - 1500 м/с. В качестве газов используют аргон и азот.

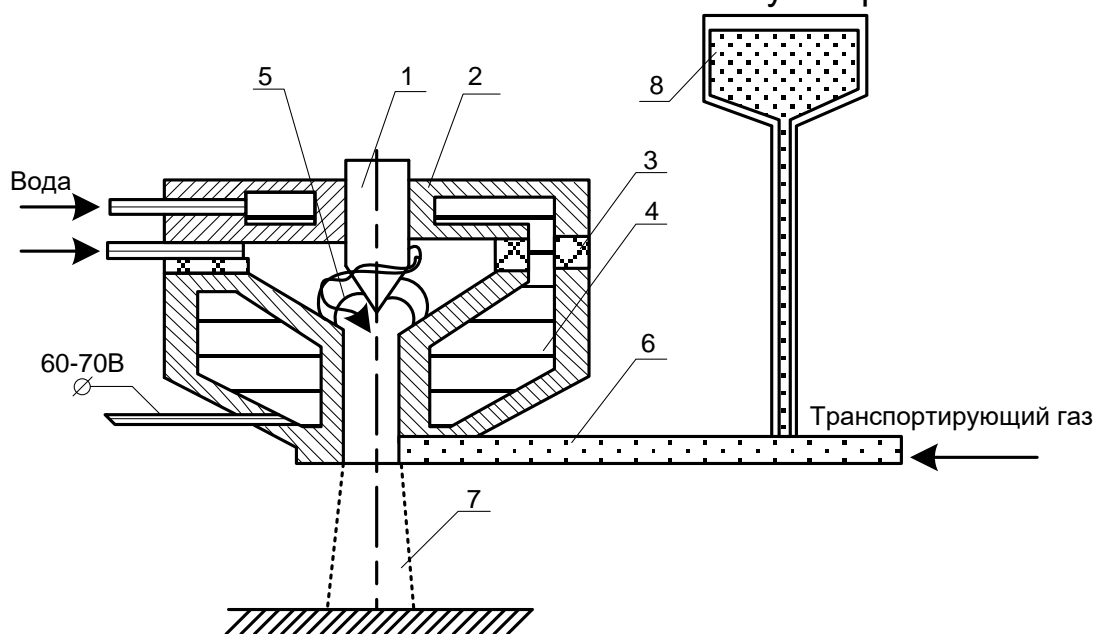


Рис. 1.23. Схема плазматрона: 1- катод; 2 – рубашка для охлаждения катода; 3 – изоляционная прокладка; 4 – сопло плазматрона (анод); 5 – электрическая дуга; 6 - трубка для подачи порошка; 7 - плазменная струя; 8 – порошковый питатель

Аргонная плазма имеет более высокую температуру, чем азотная, но последняя имеет более высокое теплосодержание и меньшую стоимость. Исходный материал подается в плазматрон в виде порошка, проволоки, прутка или гибкого шнура. Наиболее приемлемым является порошок с размерами частиц от 20 до 150 мкм. Порошковый питатель определяет расход порошка и, следовательно, производительность процесса напыления. Расход порошка регулируется в пределах от 5 до 12 кг/час. Попадая в плазменную струю, порошок расплавляется и приобретает скорость 150 – 200 м/с. Наибольшей скорости он достигает на расстоянии 50 – 80 мм от среза сопла плазматрона и зависит от размера частиц, величины тока дуги и расхода газа. Процесс

плазменной металлизации имеет высокую производительность и может быть автоматизирован.

В настоящее время промышленностью выпускаются серийно установки типа УПУ-ЗД и УПУ-8, в комплект которых входят плазмотрон, порошковый питатель, шкаф и пульт управления.

Подготовка поверхности заключается в следующем: очистка поверхности, удаление слоя поврежденного металла точением или грубой шлифовкой; создание шероховатости путем обработки поверхности кварцевым песком, корундом, карбидом кремния или металлической крошкой марки ДЧК№1,0 или №1,5. Сжатый воздух, используемый для обработки должен быть очищен от влаги и масла. Перерыв между обработкой и напылением не должен превышать 2 ч. При нанесении покрытий толщиной свыше 1,0 мм возможно использовать нарезание «рваной» резьбы с параметрами: шаг – 0,2 - 0,3 мм, глубина – 0,20 – 0,35 мм. Поверхность, не подлежащая напылению, должна быть защищена специальным экраном из медного листа или защитной пастой.

Перед нанесением металла поверхность следует обезжирить растворителем. Напыляемую поверхность подогревают до температуры 150 – 180° С плазменной струей без подачи порошка для удаления адсорбированной влаги. Включают подачу порошка и напыляют подлой толщиной 0,1 - 0,15 мм и затем – основной слой. В качестве металла используют порошки обладающие износостойкостью, коррозионной стойкостью и жаропрочностью. К ним относятся ПН85Ю15, ПН70Ю30, ПР – Н80Х13С2Р и другие.

После напыления производят механическую обработку шлифованием карборундовым или алмазным инструментом зернистостью 46 – 60 при обильном охлаждении. Последней операцией при восстановлении втулок должна быть хонингование тонкими брусками для придания минимальной шероховатости. Для снижения износа поршневых колец целесообразно применять твердую смазку, которая наносится на поверхность втулки.

Преимуществом плазменного восстановления является высокая маслосъемность нанесенного слоя вследствие его пористости, локальность обработки, незначительные температурные деформации детали и большая производительность.

Проведенные испытания восстановленных втулок показали их высокую износостойкость, позволяющую повысить ресурс до 1млн. км.

Задиры зеркала втулки. Причины задира: отсутствие или недостаток смазки на стенках поршня и втулки; выгорание смазки из-за низкого ее качества или высокой температуры стенки; прорыва газов через кольца; попадание топлива на стенку втулки; нарушение температурного режима работы дизеля (при температуре воды выше 95°С), которое приводит к быстрому нагреву поршня и как следствие – к уменьшению зазора между поршнем и втулкой, повышению удельного дав-

ления и схватыванию металла; деформация стенок втулки и поршня, что приводит к увеличению удельных нагрузок и к схватыванию металла. Задиры выявляются визуально, при появлении рисок шириной более 1,5 мм и глубиной более 0,5 мм втулка бракуется.

Трещины. Трещины носят коррозионно - усталостный характер. Коррозия и эрозия обуславливаются циркуляцией охлаждающей воды. Поверхностное коррозионное разрушение металла рубашки приводит к снижению ее усталостной прочности. Поэтому рационально применение современных эффективных методов упрочнения рубашек, как, например, обкатывание роликом или дробеструйная обработка в сочетании с защитой металла от коррозии специальными защитными покрытиями. Трещины выявляются опрессовкой водой температурой $75 \div 85^{\circ}\text{C}$ давлением 0,3 МПа. При наличии трещин, коррозии более 6 мм на наружной поверхности втулки и рубашка бракуются.

Потеря герметичности рубашки. Причиной этой неисправности являются: увеличение температуры воды более 95°C ; частые запуски и остановки дизеля, т.к. в момент остановки температура частей втулки разная, а через шесть минут становится одинаковой; резкий сброс нагрузки с 15-й позиции на нулевую, что приводит к быстрому уменьшению температуры стенки (за 35÷40 с она падает на 90°). При медленном наборе и сбросе позиций скорость изменения температуры падает в 3 раза. Герметичность проверяется опрессовкой втулки водой, при ее нарушении производят перепрессовку рубашки с заменой резиновых уплотнений.

Кратко отметим допускаемые дефекты втулки цилиндров **дизеля ПД1** при производстве ремонта ТР-3. Втулки подлежат замене если имеют следующие неисправности: износ рабочей поверхности более допустимого размера (диаметр более 318,10 мм, овальность более 0,20 мм), коррозию стенок более 50%, глубокие риски и подплавление металла на рабочей поверхности (допускаются риски и мелкие задиры глубиной не более 0,5 мм и общей площадью не более 50 мм²). Нарботок верхней части втулки от работы поршневого кольца более 0,15 мм следует зачистить до плавного перехода. Осматривается бурт втулки и качество его прилегания к блоку дизеля. Притирочный пояс должен быть непрерывным и шириной не менее 2 мм. При необходимости бурт пришабривается по гнезду блока.

Ремонт шатунно-поршневой группы дизеля. Дизель Д49.

Поршень дизеля состоит из стальной головки и алюминиевого тронка, скрепленных четырьмя шпильками. Составная конструкция поршня позволяет применять для головки поршня жаропрочную сталь, а для тронка – антифрикционный алюминиевый сплав и этим самым снизить массу поршня. Головка поршня охлаждается маслом. Из верхней головки шатуна масло поступает в плотно прижатый к ней пружинной стакан и далее по отверстиям - в полость охлаждения. Из полости охлаждения масло стекает в картер дизеля. На номинальной мощно-

сти температура головки над верхним компрессионным кольцом не превышает 170°C . Умеренная температура обеспечивает хорошую износостойкость ручьев компрессионных колец. Снижение давления масла ниже номинального (0,4 МПа) приводит к увеличению уровня температурных напряжений во всех точках головки поршня. В зоне первого компрессионного кольца при уменьшении давления масла с 0,4 до 0,2 МПа температурные напряжения возрастают в 1,65 раза, а на поверхностях, охлаждаемых маслом в 1,5 раза. Рабочая поверхность тронка покрыта слоем дисульфида молибдена (антифрикционное приработочное покрытие типа ВАП-2 или АСП). Наилучшими характеристиками обладает покрытие АСП (антифрикционное смазывающее покрытие). Оно выдерживает температурный диапазон в пределах от -100 до $+350^{\circ}\text{C}$, с удельной нагрузкой до 2,5 МПа, при коэффициенте трения $0,03 \div 0,04$. Толщина покрытия составляет $10 \div 23$ мкм и наносится на поверхность распыливанием. По сравнению с ВАП-2 АСП обладает в 3-и раза меньшим коэффициентом трения и большей износостойкостью.

Неисправности: трещины. Трещины в днище могут возникать в связи с газовой коррозией, которая образуется в результате выделения кислот из газов при температуре днища ниже точки росы. Точка росы продуктов сгорания вблизи внутренней мертвой точки поршня равна 170°C . При содержании серы в топливе более 0,3% может происходить выделение кислот и попадание их на поверхность днища. Другая причина возникновения трещин – температурные деформации поршня, вызванные недостаточным охлаждением головки поршня. В свою очередь, недостаточное охлаждение является следствием отложения нагара в каналах днища (рис.1.24) и эксплуатации дизеля при давлении масла в системе меньше 0,15 МПа.

Температурные деформации также вызываются сгоранием топлива на днище поршня из-за плохого распыла топлива форсункой. Трещины выявляются визуально, цветной или ультразвуковой дефектоскопией. При наличии трещин, разгарной сетки любого размера и расположения поршень бракуется.

Износ направляющей части (тронка). Износ и задиры появляется в результате нарушения режимов обкатки, нарушения температурного режима и дефекта колец. Выявляются визуально. Износ антифрикционного покрытия при ремонте ТР-3 допускается не более 50%. При большем размере покрытие следует восстановить.

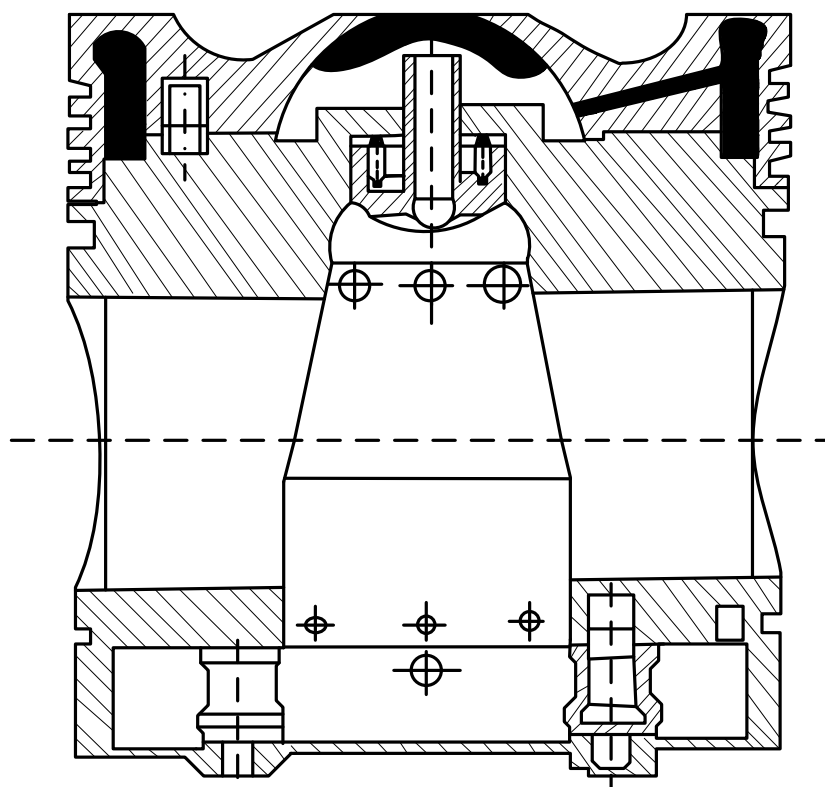


Рис. 1.24. Отложение нагара в головке поршня

Износ ручьев. Причина износа – взаимодействие поршня с кольцами, а также пригорание и закоксованность колец. Износ ручьев приводит к увеличению расхода масла «на угар». Износ выявляется по зазору между ручьем и новым кольцом, выявляемым при помощи щупа. Для компрессионного кольца с односторонней трапецией зазор не должен превышать 0,2 мм, для остальных – 0,4 мм. Если зазор превышает допуски поршень бракуется.

Дефекты колец. Кольца осматривают и дефектируют. Они подлежат замене при наличии: сколов, задиров на рабочей поверхности, следов прорыва газов из-за неприлегания колец к зеркалу втулки, зазора в замке более нормы, скола хрома. Толщина хрома у компрессионных колец должна быть не менее 0,07 мм. Зазор в замке в свободном состоянии измеряется по хорде штангенциркулем. Зазор в замке в рабочем состоянии измеряется в калиброванной втулке диаметром $\varnothing 260 \pm 0,01$ мм. Зазоры при ремонте ТР-3 должны быть не более: в компрессионном кольце – $0,9 \div 1,2$ мм, в компрессионном «минутном» $0,8 \div 1,1$ мм, в маслосъемных – $0,9 \div 1,2$ мм. Если зазоры превышают допустимые, кольцо бракуется.

Кратко отметим допускаемые дефекты поршней **дизеля ПД1** при ремонте ТР-3. Определяются путем измерения зазоры: между поршнем и цилиндровой втулкой, поршневым пальцем и втулкой верхней головки шатуна и отверстия в бобышке поршня. Если зазоры более допустимых, детали заменяются или ремонтируются. Разработанные ручки поршня протачиваются под ремонтный размер колец. Допуска-

ется устанавливать на дизель поршни, имеющие риски на направляющей части глубиной до 1 мм, общей площадью не более 50 мм².

Ремонт прецизионных пар топливной аппаратуры дизеля.

Неисправности: износ. Наибольшему износу в плунжерной паре подвергается золотниковая часть в зоне малых и средних подач топлива и внутренняя поверхность гильзы возле отсечного кольца. Причина износа – ухудшение условий смазки, вызванное высокими температурами и повышенными зазорами, а также попаданием абразивных частиц. Износ определяется измерением диаметра плунжера и гильзы на стойке с оптико-механической головкой или косвенным путем по плотности плунжерной пары. В условиях депо применяется второй метод. Падение плотности существенно ухудшает параметры процесса впрыскивания топлива, что, в свою очередь, вызывает увеличение расхода топлива, повышение температуры отработанных газов и понижение мощности дизеля. Под плотностью понимается время, в течение которого определенное количество топлива под определенным давлением просочится по зазору между деталями. Плотность контролируется на стенде типа А-53. Для ремонта ТР-3 плотность плунжерной пары дизеля Д49 не должна быть менее 5 с.

Износ иглы и корпуса распылителя форсунки также определяется по плотности на стенде А-106 путем определения времени падения давления с 25 до 20 МПа, которое для ремонта ТР-3 должно быть не менее 5 с. Плотность прецизионных пар можно восстановить несколькими способами: перекомплектовкой, заменой негодной детали новой, хромированием или осталиванием.

Способ перекомплектовки деталей наиболее прост, не требует особого оборудования и поэтому его чаще всего применяют в условиях депо. Этим способом можно восстановить 20÷30% всего ремонтного фонда. Способ перекомплектовки заключается в том, что изношенные детали подвергаются вначале доводке, т.е. восстановлению у них цилиндрической формы, а затем – спариванию, т.е. притирке деталей друг к другу. Такая перекомплектовка возможна, так как допуск на диаметр деталей при их изготовлении колеблется в пределах 50÷20 мкм. Доводку производят кольцевым притиром на специальных станках с использованием соответствующих паст. Доводочные операции заканчиваются, когда овальность и конусность не превышает 2÷3 мкм. Перед спариванием детали подбирают таким образом, чтобы плунжер входил во втулку на 1/3 длины. После этого внутреннюю деталь зажимают в патроне и с применением пасты добиваются того, чтобы плунжер полностью вошел во втулку. Спаривание деталей считается законченным, когда плунжер, вынутый на 1/3 длины, будет свободно опускаться под тяжестью собственного веса. Перед проверкой детали тщательно промывают в керосине и слегка смазывают маслом.

В качестве притирочных паст используют следующие:

1. корундовые и из карбида бора:

- средние М-28, М-30, М-14 (коричневую) – для предварительной доводки плунжера и распылителей;
- тонкие М-10, М-7 (светло-коричневую) – для окончательной доводки;

2. из окиси алюминия:

- среднюю М-5 (светло-серую) – для спаривания плунжерных пар и распылителей;
- тонкую М-3 (лиловую) – для окончательной их притирки.

9.3. Технология ремонта подвижных конусных соединений.

Все конусные подвижные соединения в зависимости от ширины притирочной фаски делятся на две группы:

- более 0,5 мм (например, клапан-крышка газораспределительного механизма дизеля);
- менее 0,5 мм (например, игла-корпус распылителя форсунки, клапан-седло электропневматического вентиля).

Основной неисправностью этих соединений является износ контактной поверхности и, как следствие, потеря герметичности. Причиной износа являются большие динамические нагрузки, действующие на детали подвижных конусных соединений в момент контакта. Кроме этого, на износ оказывают влияние высокие температуры (например, температура отработанных газов составляет $900 \div 1200^{\circ}\text{C}$ при скорости 600 м/с, которые вызывают износ выпускных клапанов), агрессивные жидкости (например, топливо – на износ деталей форсунки), абразивные частицы (на износ деталей электропневматического вентиля).

Ремонт соединения клапан - крышка газораспределительного механизма (крышка цилиндра) дизеля. Дизель Д49.

Крышка цилиндра литая изготовлена из высокопрочного чугуна ВПЧ-НМ-П. В крышке установлено два впускных и два выпускных клапана. Выпускные клапаны имеют наплавку фасок кобальтовым спелитом ВЗК, что повышает их жаропрочность. Штоки клапанов хромируют, что придает большую износостойкость паре клапан – направляющая втулка. В местах посадки выпускных клапанов в крышке установлены плавающие стальные седла, закрепленные пружинными кольцами. Седла и кольца изготовлены из жаропрочной стали. Каждая пара клапанов открывается одним рычагом через гидротолкатели. Гидротолкатели ликвидируют при работе зазор между рычагом и клапаном и тем самым снижают шум при работе дизеля.

Неисправности крышки: потеря герметичности. Потеря герметичности вызывается нарушением качества притирки клапана к седлу. В свою очередь, качество притирки проверяют с помощью карандаша: на фаску гнезда крышки наносят мягким карандашом $6 \div 8$ поперечных рисок. Вставляют в седло клапан и поворачивают на $20 \div 30^{\circ}$, при хо-

рошей притирки риски должны стереться. Допускается проверять качество притирки наливом керосина. Клапан должен прижиматься к крышке за счет своего веса. Пропуск керосина по истечении 10 мин через клапан не допускается. Герметичность восстанавливают совместной притиркой на станке или вручную, применяя пасту ГОИ-36 или корундовый порошок зернистостью 200, размешанных с дизельным маслом. Притирочный пояс на рабочих фасках клапана и крышки должен быть непрерывным по окружности шириной $1,0 \div 1,5$ мм независимо от того, где он располагается: в средней, нижней или верхней частях притирочных поверхностей.

Местные выгорания, трещины, раковины, забоины, поперечные риски на притирочной фаске тарелки клапана устраняют проточкой на станке с последующей притиркой. Допускается оставлять на притирочных поверхностях крышки и клапана круговые риски, расположенные на 60° длины окружности, неглубокие раковины или поперечные риски, расположенные не на притирочном пояске.

Износ тарелки клапана. Тарелка клапана в результате износа уменьшается по толщине, которую измеряют от середины притирочного пояса до тыльной части (размер С на рис. 1.25). При выпуске из ТР-3 толщина тарелки выпускного клапана должна быть не менее 2,5 мм, а впускного – 2,8 мм. У новых клапанов толщина колеблется у выпускного в пределах $3,2 \div 3,5$ мм, а у впускного – $4,84 \div 5,0$ мм.

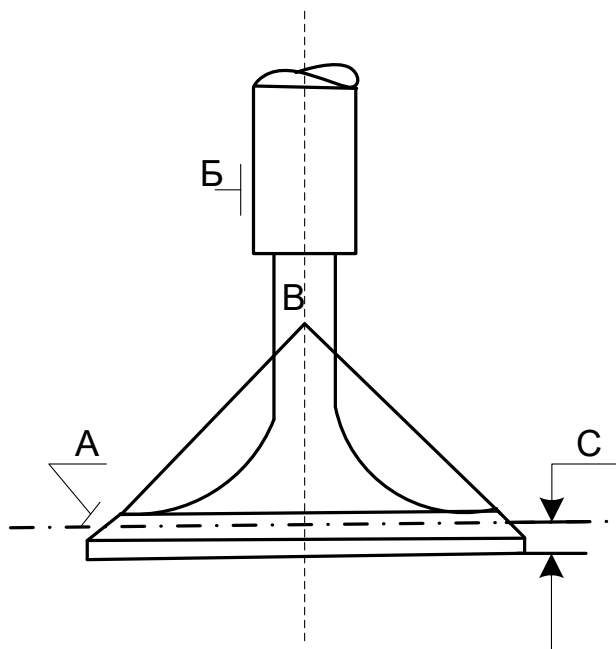


Рис. 1.25. Проверка тарелки клапана

Износ тарелки клапана разрешается восстанавливать наплавкой или напылением. Технология наплавки состоит из следующих операций: механическая обточка для удаления наклепа и неровностей;

нагрев клапана в печи до температуры $300 - 350^{\circ}\text{C}$; наплавка на установке УДАР-300 в среде инертных газов током $120 \div 140\text{ A}$ (в качестве присадочного материала используется кобальтовый стеллит $\varnothing 4 \div 5\text{ мм}$ марки ВЭК); остывание в печи с начальной температурой $300 \div 350^{\circ}\text{C}$; механическая обработка на токарном станке резцами марки Т-15К6. После механической обработки необходимо проверить: радиальное биение рабочей поверхности А относительно направляющей Б, которое должно быть не более $0,05\text{ мм}$; вершина конуса должна совпасть с осью клапана или отверстия (точка В на рис. 1.27).

Износ крышки в местах посадки клапана. Данная неисправность определяется по глубине утопания нового клапана. Под утопанием понимается зазор между тарелкой клапана и дном крышки (размер У на рис 1.26).

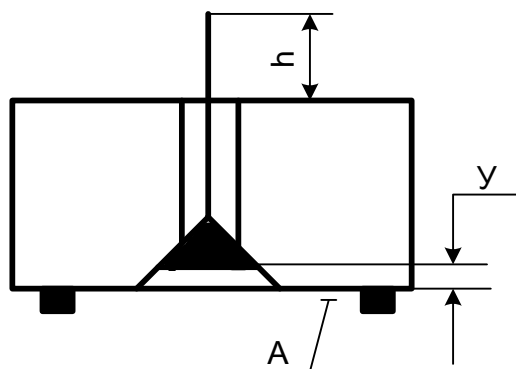


Рис. 1.26. Проверка износа крышки

При ремонте ТР-3 утопание нового выпускного клапана не должно превышать $2,2\text{ мм}$, а впускного – $4,0\text{ мм}$. Если утопание превышает допустимую величину это значительно снижает степень сжатия, что ухудшает процесс сгорания топлива во втулке. Утопание измеряют глубиномером, а устраняют для выпускного клапана заменой седла, а для впускного клапана – заменой крышки.

Кратко отметим допускаемые дефекты крышки цилиндра **дизеля ПД1** при ремонте ТР-3. Мелкие раковины, выгорания, забоины, поперечные риски на притирочной фаске тарелок клапанов устраняют обточкой на станке, тарелки клапанов притирают. Притирочный пояс должен быть непрерывным шириной не менее 2 мм . Толщина тарелки клапанов должна быть в пределах $8,0 \div 5,8\text{ мм}$. Утопание клапана должна быть в пределах $2,8 \div 5,2\text{ мм}$. Дополнительно износ посадочной поверхности крышки определяют по высоте выступания клапана относительно крышки. Для выпускного клапана выступание должно быть в пределах $223,9 \div 230,2\text{ мм}$, для впускного клапана – $122,9 \div 129,2\text{ мм}$.

Ремонт соединения игла-корпус распылителя форсунки. Износ этого соединения приводит к потере герметичности. Этот дефект вызывает загорание отверстий распылителя, и как следствие, поте-

рю мощности дизеля. Герметичность проверяют на стенде А-106 следующим образом. Изменяя затяжку пружины форсунки устанавливают давление на $1,0 \div 1,5$ МПа ниже давления впрыска (для дизеля Д49 - 31 МПа, а для ПД1 – 26 МПа). Это давление поддерживают в течение 10 с не производя впрыск топлива. Наличие подтекания топлива свидетельствует о потере герметичности. Герметичность восстанавливают совместной притиркой по следующей технологии:

- закрепляют иглу в патроне станка, устанавливают частоту оборотов $120 \div 240$ об/мин, протирают иглу безворсовой салфеткой и покрывают конус тонким слоем смеси порошка М-20 (экстра 500) с авиамаслом, а цилиндрическую поверхность – маслом;
- промыв корпус распылителя осветительным керосином, устанавливают его на иглу и притирают конические поверхности с легким нажатием (без подстукивания) до получения на конусе ровной и чистой поверхности без глубоких рисок;
- сняв пасту с конической поверхности иглы и корпуса, при вращающейся игле, производят дальнейшую притирку с пристукиванием корпуса к игле до образования непрерывного пояса блестящего цвета шириной 0,5 мм, расположенного ближе к основанию конуса.

9.4 Технология ремонта паяных соединений.

Ремонт радиаторов холодильника. Основными неисправностями радиатора (рис. 1.27.) являются: загрязнения наружной и внутренней поверхностей трубок, обрыв трубок, нарушение пайки трубок к трубной коробке.

Неисправность - загрязнения трубок. Определяют на стенде А598 по времени истечения воды. При температуре воды $+20^{\circ}\text{C}$ время истечения через водяные радиаторы серийной длины – не более 65 с, через короткие – не более 45 с.

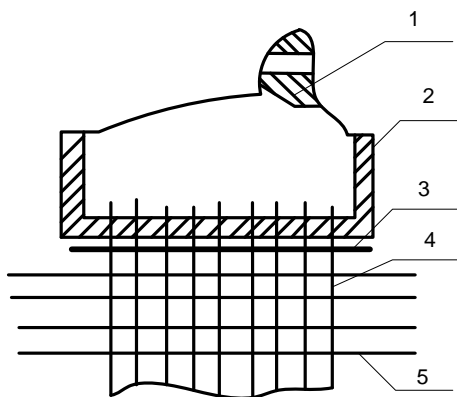


Рис. 1.27. Схема радиатора: 1 – коллектор; 2 – трубная коробка; 3 – усилительная доска; 4 – трубка; 5 – пластина

Технология очистки радиаторов:

1. Очистка радиаторов на стенде с непрерывной циркуляцией раствора. Одновременно очищаются 6–7 радиаторов как внутри, так и снаружи. Внутри радиаторы очищают растворами МЛ51, Лабомид 101 или МС8 с температурой 80–85⁰С в течение 45–50 мин. Снаружи радиаторы очищают горячей водой под давлением 0,1 МПа из 1320 сопел.

2. Очистка радиаторов без съёмки с тепловоза гидроударом. Для этого снимают короткий радиатор, вместо которого подсоединяют патрубки: к нижнему подводят воду для заполнения 2/3 высоты коротких радиаторов, через верхний выбрасываются загрязнения. Перекрывают кран к расширительному баку и через нижний патрубок подают сжатый воздух от магистрали с импульсом по 10 с.

3. Очистка комплексонами. Как показали исследования, отложения в водяной системе состоят из железоокисных соединений, а также продуктов коррозии цветных металлов и солей кальция и магния. Наиболее эффективным методом удаления этих отложений является химическая очистка растворами минеральных, органических кислот и композициями на основе комплексонов. Требования к химической очистке:

- эффективное растворение отложений с одновременной защитой металла от разрушения с обязательным использованием ингибитора;
- полное удаление из системы промывочного раствора и нерастворившихся частиц отложений;
- нейтрализация остатков кислоты;
- промывка водой;
- очистка отработавших растворов перед сбросом в канализацию.

В качестве комплексонов могут быть использованы:

- трилон Б (5 ÷ 10 г/л) с органической кислотой (лимонная, щавельная), используется для очистки систем охлаждения;
- ОЭДФ с ингибитором ПББ, с ОП7 или ОП10 – для очистки систем охлаждения;
- лигносульфоная кислота с ингибитором КИ1 – для очистки радиаторов.

Очистку радиаторов можно производить и без снятия их с тепловоза путем прокачки раствора через водяную систему при работающем дизеле. Производят приготовление раствора: комплексон типа ОЭДФ – 2%, для снижения скорости коррозии металла в раствор вводятся ингибиторы: каптакс – 0,02%, ОП-7 (ОП-10) или каптин – 0,1%. Раствор подогревают до температуры 70 – 80⁰С в течение 2 – 3 ч. После очистки проводят промывку циркулирующей горячей водой в течение 15 – 20 мин.

Работниками кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» МГУПС (МИИТ), ООО «РЭМИТ» и НИИ ОСЧМ разработано техническое моющее средство (ТМС), представляющее собой полифункциональное соединение, сочетающее в одной молекуле кислотные и комплексообразующие хелатные свойства. В соответствии с гигиениче-

ским сертификатом № 69 ТЦ 04.233.0.0964.С.98 от 07.08. 98 г. растворы обладают высокой степенью очистки и являются гигиенически безопасными. ТМС используется взамен агрессивных кислот, оно не загрязняет промышленные и бытовые стоки. Очистка радиаторов производится следующим образом. Приготавливают раствор ТМС с концентрацией 5% и заливают в бак для установки с непрерывной циркуляцией раствора. Радиаторы промывались в течение 12 мин, после этого их проверили на истечение, время уменьшилось в 5 – 6 раз. Для очистки водяной системы приготавливался 6%-ный раствор ТМС и им заправлялся тепловоз. После запуска дизеля температура раствора доводилась до 60 – 65 °С, а время очистки составляла 2 ч 25 мин. После очистки проводился осмотр внутренних полостей дизеля, трубопроводов и радиаторов. Осмотр показал, что все узлы имеют чистый тускло – белый цвет при отсутствии каких – либо отложений.

При очистке комплексонами необходимо соблюдать меры предосторожности: ЛСК – токсичен, ОЭДФ – вызывает раздражение дыхательных путей, трилон Б – не токсичен. Рабочее место должно быть оборудовано вентиляцией и на нем не допускается применение открытого огня.

Неисправность – трещины трубок. Трещины наружных трубок выявляют опрессовкой радиатора водой с температурой 60 ÷ 70 °С под давлением 0,8 МПа – короткие и 0,5 МПа – серийные.

Трещины внутренних трубок выявляют опрессовкой воздухом (рис. 1.28). Для чего снимают коллектор, срезав сварной шов на станке или газовой горелкой, устанавливают кожух и на оставшийся коллектор – заглушку. Со стороны снятого коллектора заливают воду как внутрь трубок, так и снаружи. Если появляются пузырьки воздуха внутри трубок, то существуют трещины в трубке, если снаружи – плохая пайка трубки к трубной коробке.

Трещины наружных трубок устраняют пайкой припоем ПОС-40 (30) без отъема коллектора. Нарушение пайки трубок к трубной коробке восстанавливают припоем ПОС-40 или ПМФ, предварительно сняв коллектор.

Трещины внутренних трубок восстанавливают заглушкой их припоем ПОС-40 с обоих концов. Разрешается «глушить» не более четырех трубок. Если необходимо «глушить» более 4 –х трубок, тогда радиаторы восстанавливают путем замены трубной коробки в следующем порядке:

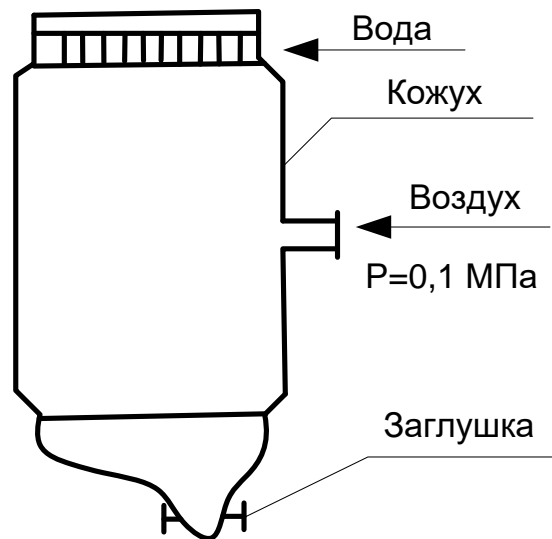


Рис. 1.28. Схема опрессовки радиатора

- отрезают трубную коробку на расстоянии $4 \div 5$ мм от усилительной доски. При этом оставшаяся длина радиатора должна быть не менее 1145 мм (рис. 1.29);
- снимают $5 \div 6$ медных пластин;
- одевают новую трубную коробку и соединяют ее с усилительной доской (высота новой трубной коробки больше серийной на 25 мм). Трубки при этом должны выступать на $1,5 \div 3,5$ мм;

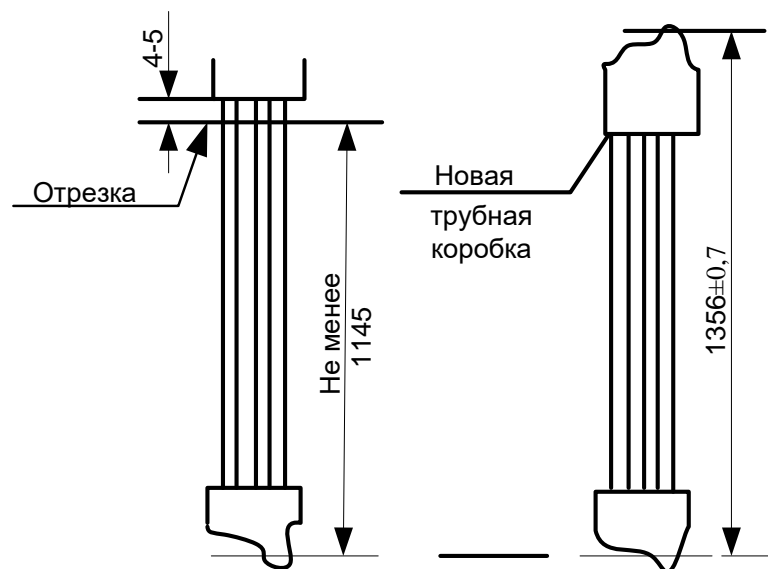


Рис.1.29. Схема замены трубной коробки

- приваривают трубки к трубной коробке припоем ПМФ в строгой последовательности (рис. 1.30) или окунанием в припой ПОС-30;

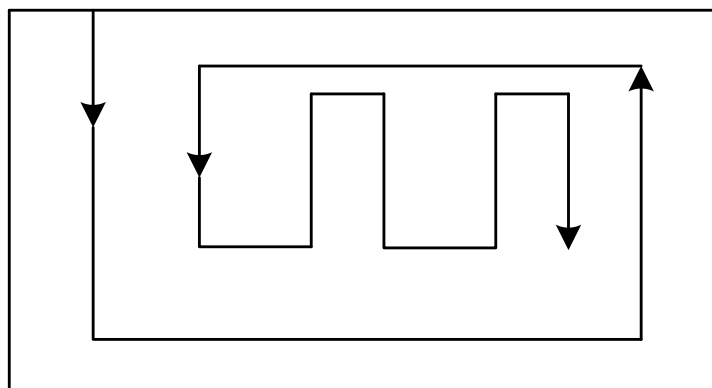


Рис. 1.30 Порядок пайки трубок

- производят раздачу концов трубок на глубину 30 мм;
- производят опрессовку воздухом;
- соединяют трубную коробку с коллектором газовой сваркой припоем ПМЦ-54 или латунью Л-62. При этом необходимо выдержать длину радиатора в следующих пределах: для серийных – $1356 \pm 0,7$ мм, для коротких – $686 \pm 0,7$ мм;
- производят проверку радиатора на время истечения.

Ремонт водомасляных теплообменников. Теплообменник очищается на стенде прокачкой моющего раствора через внутренние полости с изменением направления потока жидкости не менее 4-х раз (в каждой полости). Герметичность проверяется опрессовкой водяной полости давлением 0,6 МПа в течение 15 мин и масляной – давлением 1,5 МПа в течение 15 мин. Течь трубок в зоне трубных решеток устраняется пайкой припоем ПОСТ-30. При наличии течи более чем 20-ти трубок охлаждающий элемент заменяется, при течи менее 20-ти трубок их глушат с обеих сторон.

10.5. Технология ремонта неподвижных соединений

Основной неисправностью этих соединений является ослабление посадки деталей. Причинами ее являются нарушение требований монтажа (плохая притирка конусного соединения, недостаточный натяг), ослабление крепления, приложение критических нагрузок. Ослабление посадки деталей определяется визуально (по сдвигу деталей, по натертости, по наличию ржавчины); обстукиванием (на ослабление посадки свидетельствует глухой, дребезжащий звук); по усилию распесковки (при ослаблении посадки деталь свободно или от небольшого усилия освобождается от сопряжения); с помощью микрометража. Ослабление посадки разрешается устранять одним из следующих способов:

- электроискровым, когда износ не превышает 0,1 мм;

- хромированием или меднением, когда износ не превышает 0,15 мм;
- нанесением пленки клея ГЭН-150В, когда износ не более 0,1 мм;
- цинкованием или металлизацией, когда износ не более 0,3 мм;
- давлением, когда износ не более 0,3 мм;
- осталиванием, наплавкой, постановкой добавочной детали, когда износ превышает 0,3 мм. Наплавка валов, работающих при знакопеременной нагрузки, разрешается **только вибродуговым методом**.

Другими неисправностями этих соединений могут быть изломы, трещины и задиры рабочей поверхности. Трещины вызываются чрезмерным натягом, а задиры – проворотом деталей и некачественной разборкой. Выявляются визуально и с использованием методов неразрушающего контроля. При наличии изломов и трещин детали подлежат замене.

Процесс сборки неподвижных соединений состоит из нескольких этапов:

- подбор деталей по натягу. Натяг цилиндрических поверхностей определяется микрометражом. Натяг конусных поверхностей определяется по осевому перемещению охватывающей детали (по величине ее просадки)

$$h = \delta / 2 \operatorname{tg} \alpha \quad (1.44)$$

где h - осевой натяг, мм; δ - диаметральный натяг, мм; α - угол конуса

- притирка сопряженных деталей, имеющих конусную поверхность. Детали притирают при вертикальном положении вала с применением паст. Качество прилегания проверяют по краске. Площадь прилегания должна составлять не менее 70%;
- нагрев охватывающей или охлаждение охватываемой детали. Процесс нагрева и охлаждения подробно изложен в лекции № 9.

9.6. Технология ремонта шлицевых и шпоночных соединений

Основной неисправностью данных соединений является износ поверхности сопряженных деталей. Причинами износа являются неправильная пригонка, небрежная разборка и сборка, допускаемые в эксплуатации перегрузки.

Состояние шпоночного соединения проверяют визуально, по наличию натяга между шпонкой и шпоночным пазом или микрометражом, используя листовые пробки и шаблоны.

Состояние шлицевого соединения можно проверить двумя способами, т.е. когда оно собрано и когда разобрано. В первом случае вилку одевают на вал и устанавливают в центра станка или приспособления. Подводят ножку индикатора к вилке и, поворачивая ее в одну и в другую сторону, по отклонению стрелки определяют боковой зазор

(рис. 1.31). Если ножка индикатора установлена в зоне делительной окружности, то показание индикатора определяет истинную величину бокового зазора. Если ножка индикатора смещена, то истинную величину бокового зазора C_B определяют как

$$C_B = R \cdot a / L \quad (1.45)$$

где R – радиус делительной окружности; L – расстояние от оси до точки касания ножки индикатора; a – показание индикатора

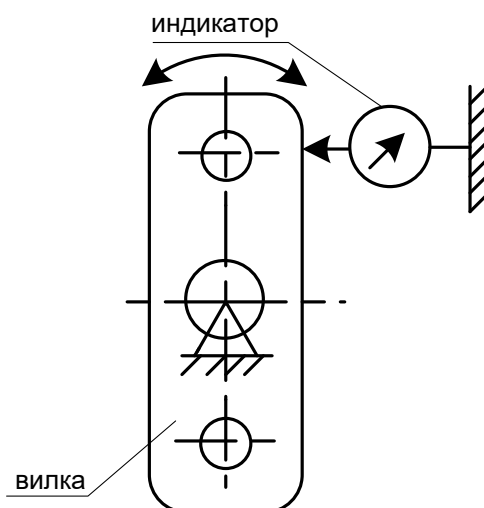


Рис. 1.31. Схема определения бокового зазора в шлицевом соединении

Детали шпоночного соединения, имеющие смятие и износ пазов, ослабление посадки или деформацию шпонки, взаимное перемещение сочлененных в узле деталей, можно восстановить одним из следующих способов:

- обработкой пазов спариваемых деталей (ручным или механическим способом) до ремонтных размеров с постановкой шпонки ремонтного размера;
- обработкой паза одной из деталей под ремонтный размер с постановкой ступенчатой шпонки;
- электродуговой наплавкой пазов с последующей обработкой под номинальный размер с постановкой шпонки чертежного размера;
- нанесением полимерных композиционных материалов;
- нарезанием нового паза у охватываемой детали (ступицы) с постановкой ступенчатой шпонки или шпонки номинального размера;
- заменой части детали – постановкой втулки в отверстие охватываемой детали, заменой шпоночной части конца вала и изготовлением шпонки номинального размера, при этом металл новых частей должен быть той же марки, что и ремонтируемой детали. Наплавлять шпоночный паз можно только **вибродуговым методом**.

Детали шлицевого соединения перед разборкой необходимо отметить метками, чтобы сохранить взаимную ориентацию шлицев в рабочем положении. Детали, имеющие отколы или трещины шлицев, заменяют, а имеющие износ – восстанавливают одним из следующих способов:

- наплавкой шлицевой части вибродуговым методом под слоем флюса износостойкой проволокой с последующей обработкой шлицев под номинальный размер. Наплавку ведут вдоль шлица в разбивку в диаметрально противоположном порядке. Например: для вала с шестью шлицами: 1,4,2,5,3,6, а для вала с десятью шлицами: 1,6,9,4,8,3,5,2,7. Перед наплавкой вал следует нагреть до температуры $250 \div 300^{\circ} \text{C}$. Если шлицевое соединение ранее подвергалось закалке, то перед наплавкой производят отжиг, а после наплавки – термообработку. При ширине шлица до 6 мм наплавляется весь паз, а при ширине более 6 мм – только изношенная часть шлица. Обработку шлицев ведут на шлицешлифовальных станках моделей 3451, 5П-451 и др., а шлицев в отверстиях – дорнованием, электрохимическим калиброванным шлифованием и протягиванием;
- заменой части вала – шлицевого конца или постановкой ремонтной втулки внутрь охватывающей детали (шлицевой муфты), при этом новые детали изготавливаются из материала той же марки, что и ремонтируемая деталь;
- нанесением полимерных композиционных материалов типа Belzona. В этом случае можно избежать последующей механической обработки.

9.7. Технология ремонта зубчатых передач

Основными неисправностями зубчатых передач являются изломы, трещины, заедание зубьев, их износ, повреждение и выкрашивание поверхности зубьев, контактная коррозия.

Трещины в зубьях появляются чаще всего от неточности монтажа и некачественного изготовления шестерен. Поломка вызывается усталостными трещинами у основания зуба в месте концентрации напряжения изгиба. В свою очередь усталостные трещины появляются при многократном повторении нагрузки в шестернях, от которой в теле зубьев возникают напряжения, превышающие предел выносливости металла зубьев.

Заедание зубьев происходит в результате истирания рабочих поверхностей при попадании между зубьев вместе с маслом пыли, грязи и других компонентов. Максимальный износ наблюдается на ножках и головках зубьев, где происходит скольжение и трение одного зуба по другому. При значительном износе искажается профиль и увеличиваются зазоры в зубьях, что приводит к появлению шума и стука при работе передачи.

Отслаивание металла происходит по причине некачественной термообработки зубьев.

Контактная коррозия (питтинги) на рабочей поверхности зубьев в виде мелкой ряби происходит при попадании в смазку воды или топлива.

Трещины в зубьях шестерен определяют методами неразрушающего контроля, при наличии трещины или излома хотя бы одного зуба шестерня подлежит замене. **Устранять трещины или износ зубьев-наплавкой или сваркой запрещается.**

Износ зубьев косвенно определяют до разборки по боковому зазору с помощью индикаторного приспособления, щупом или свинцовой выжимкой. Измерение бокового зазора производят так же как и измерение зазора в шлицевом соединении. При измерении бокового зазора щупом подсчитывают набор пластин в зоне делительной окружности с обеих сторон зуба. При измерении бокового зазора выжимкой ее пропускают между зубьями с последующим замером полученной толщины штангенциркулем или микрометром. Боковой зазор в зубьях конической передачи измеряют при двух крайних положениях застопоренного вала: при сдвинутом вале в сторону парных шестерен и при раздвинутом вале в сторону от парных шестерен. После разборки износ цилиндрических шестерен определяют измерением толщины зуба штангензубомером или длины общей нормали - зубомерной скобой. Износ зубьев конических передач – косвенно по характеру работы передачи. (Технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу).

Разрешается при ремонте ТР-3 оставлять в работе зубчатые колеса (шестерни):

- если вмятины, мелкие раковины в виде сыпи и другие дефекты имеют глубину не более 0,5 мм, а отдельные – до 1 мм и их общая площадь не превышает 25% рабочей поверхности одного зуба;
- с отколом части зуба, если отколовшаяся часть, начиная от торца зуба, не превышает 10% его длины, острые кромки места откола зуба скругляются.

Вопросы для самопроверки

1. Как определяется овальность и конусность шеек?
1. Каким образом устраняются дефекты шеек коленчатого вала?
3. Как определить биение шеек коленчатого вала?
4. Как проверяют несоосность постелей дизеля Д49?
5. Назовите причины износа антифрикционного слоя вкладыша?
6. Как определить ступенчатость вкладышей коренных подшипников?
7. Что подразумевается под натягом вкладыша?
8. Как можно оценить величину натяга вкладыша?

9. Какие причины вызывают овальность рабочей поверхности втулки?
10. Какие причины вызывают конусность рабочей поверхности втулки?
11. Каковы причины трещин в днище поршня?
12. К чему приводит износ ручья поршня?
13. Как определяется износ прецизионных пар?
14. Какая основная неисправность подвижного конусного соединения?
15. Как проверить герметичность соединения клапан - седло цилиндровой крышки?
16. Как определить износ посадочной поверхности под клапан цилиндровой крышки?
17. Как проверяется загрязненность трубок радиаторов?
18. Как оценивается герметичность трубок радиаторов?
19. Что такое комплексоны и для чего они используются?
20. Какими методами можно определить ослабление посадки неподвижных соединений?
21. Как восстанавливается потеря натяга неподвижных соединений?
22. Как рассчитывается натяг конусного неподвижного соединения?
23. Каким способом монтируется неподвижное соединение?
24. Как определяется износ шлицевого соединения?
25. Как восстанавливается износ шлицевого соединения?

Рекомендуемая литература [1 – 6, 10,14].

Лекция 10. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

План лекции:

- 10.1. Контроль состояния электрических цепей.
- 10.2. Восстановление изоляции путем очистки.
- 10.3. Восстановление изоляции путем пропитки.
- 10.4. Восстановление изоляции путем сушки.
- 10.5. Ремонт разъемных скользящих контактных соединений.
- 10.6. Ремонт аккумуляторных батарей.

10.1. Контроль состояния электрических частей

Основными повреждения электрических частей являются снижение сопротивления изоляции, повреждение (пробой) изоляции, обрыв, надрыв, неудовлетворительный контакт, межвитковое замыкание. Причины неисправностей:

- понижение сопротивления изоляции происходит в результате увлажнения и загрязнение поверхности изоляции или ее старение при воздействии больших токов и температуры;

- пробой изоляции вызывается механическим разрушением в результате ослабления крепления и действия динамических нагрузок;
- обрыв, надрыв, нарушение контакта вызываются большими динамическими нагрузками, перегревом и окислением контактов, нарушением технологии пайки и сборки электрических цепей.

Контроль состояния изоляции. О состоянии изоляции судят по величине ее сопротивления относительно корпуса или между отдельными обмотками и по электрической прочности.

Проверка сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции измеряют мегаомметрами, которые отличаются величиной подаваемого напряжения (500, 1000, 2500 В). (Технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу).

Минимальное сопротивление изоляции, МОм, новых электрических машин относительно корпуса при рабочей температуре обмоток определяют по формуле

$$R = U^2 / (1000 \cdot P + P / 100) \quad (1.46)$$

где U – номинальное напряжение машины, В; P – номинальная мощность машины, кВт.

Допустимое сопротивление изоляции тяговых электродвигателей (ТЭД) при $t = + 20^\circ \text{C}$ должно быть не менее 20 МОм. Степень увлажнения изоляции определяют по коэффициенту абсорбции

$$K = R_{60} / R_{15} \geq 2 \quad (1.47)$$

где R_{60} , R_{15} – сопротивление изоляции, измеренное в течение 60 и 15 секунд.

Изоляция считается сухой, если отношение равно или больше 2-х.

Дополнительно степень увлажнения можно оценить с помощью прибора контроля влажности (ПКВ-5). (Технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу).

Проверка прочности изоляции. Прочность изоляции электрических машин проверяется на стенде А-540 переменным током высокого напряжения частотой 50 Гц. Величину испытываемого напряжения в В для электрических машин определяют по формулам

При капитальном ремонте

$$U_{\text{исп}} = 2 U + 1000 \quad (1.48)$$

где U – номинальное напряжение машины, в.
при дефовском ремонте

$$U_{\text{исп}} = 0,75 (2 U + 1000) \quad (1.49)$$

Например, для якорей ТЭД типа ЭД118 $U_{\text{исп}} = 2200\text{В}$.

Порядок испытания:

- поднимают напряжение до $1/3 U_{\text{исп}}$, затем медленно, в течение $10 \div 12$ с до $U_{\text{исп}}$;
- выдерживают $U_{\text{исп}}$ в течение 1 мин;
- плавно снижают напряжение до $1/3 U_{\text{исп}}$, а затем до нуля.

Изоляцию испытывают на прочность если ее сопротивление находится в допустимых пределах.

Важно при оценки изоляции знать не только ее состояние на момент измерения, но и прогноз на будущее. Таким требованиям обладает прибор «Тангенс 2000», основанный на измерении тангенса угла диэлектрических потерь.

Основные технические характеристики измерителя «Тангенс 2000» приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10

Основные технические характеристики измерителя
«Тангенс 2000»

Диапазон измерения $\text{tg } \delta$	$1 \times 10^{-5} - 1,000 (0,001 - 100\%)$
Погрешность измерения $\text{tg } \delta$	$\pm(2 \times 10^{-4} + 0,01 \times \text{tg } \delta_x)$
Диапазон измерения емкости, пФ	$10 - 340 \times 10^3$
Погрешность измерения емкости	$\pm(0,5 \text{ пФ} + 0,005 \times C_x)$
Диапазон испытательного напряжения, В	1000 - 10000
Погрешность измерения напряжения	$\pm(1 \text{ В} + 0,01 \times U_{\text{исп}})$
Габаритные размеры, масса, кг: - блок преобразователя - блок управления	440x270x160 мм, 7 520x310x260 мм, 17
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 10 до 40
Время непрерывной работы блока преобразователя от встроенного аккумулятора, час	не менее 8 (не менее 150 измерений)
Длина штатного измерительного кабеля, м	15

Проведённые исследования учеными ВНИИЖТа чётко обозначили зависимости тангенса угла β при различных приложенных напряжениях к испытуемому образцу с различными дефектами изоляции. В аппроксимированном виде это представлено на рисунке 1.32. Из графика видно, что чем выше значение $\text{tg } \delta$ тем влажнее изоляция электрической машины. ВНИИЖТ на базе Московского локомотиворемонтного завода провёл испытания на возможность применения системы «Тангенс-2000» для оценки технического состояния тяговых электродвигателей локомотивов, где и получил подтверждающие данные об адекватности к железнодорожному транспорту данной экспериментальной модели.

Основные преимущества применения автоматизированной системы контроля технического состояния изоляции «Тангенс-2000» - это возможность определения развивающегося дефекта. Дополнение вычислительного блока программой прогнозирования развивающегося дефекта, вполне возможно ввиду отличной корреляции данных полученных в процессе диагностирования.

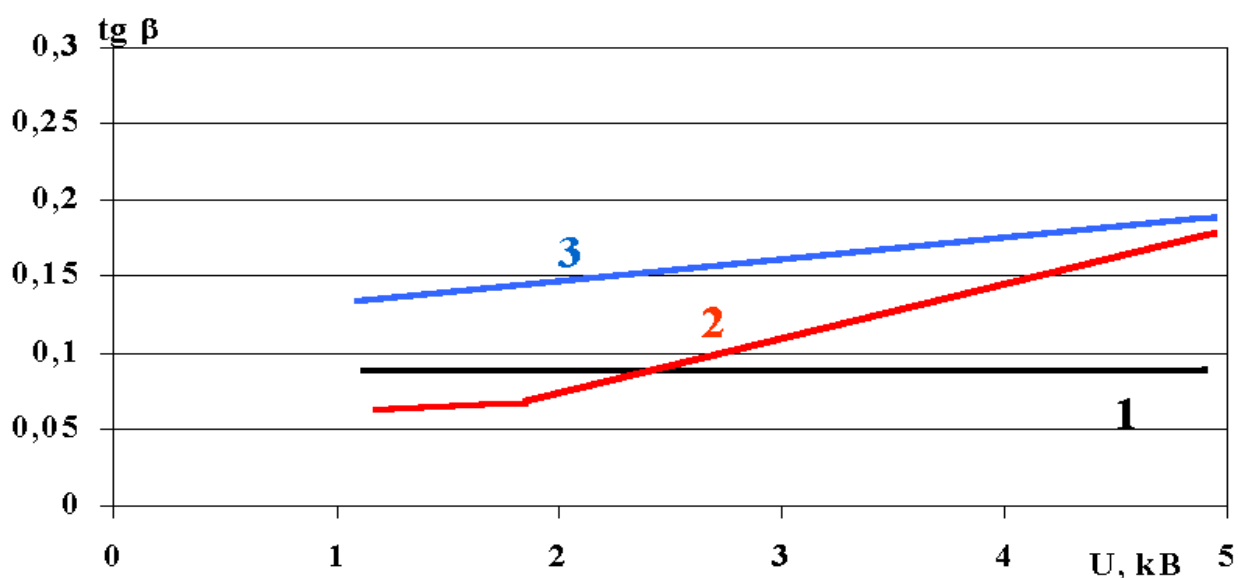


Рис.1.32. Определение качества изоляции с использованием метода угла диэлектрических потерь: 1 -сухая, нормальная изоляция; 2 - изоляция, находящаяся длительное время в эксплуатации; 3 - увлажненная изоляция

Контроль состояния проводников. Состояние проводников можно проверить измерением омического сопротивления, методом падения напряжения, импульсной установкой или индукционным методом. Оценка состояния проводников путем измерения омического сопротивления приведена в лабораторных работах по данному курсу.

Метод падения напряжения. Им оценивается состояние проводников обмоток якоря электрических машин постоянного тока. Уголь-

ные щетки кондуктора устанавливаются на коллекторе на расстоянии шага обмотки по коллектору (рис.1.33).

Порядок контроля обмотки якоря:

- измеряют милливольтметром падение напряжения между соседними коллекторными пластинами;
- определяют среднее значение падения напряжения $\Delta U_{\text{ср}}$;
 - сравнивают ΔU_{1-2} , ΔU_{2-3} и т.д. с $\Delta U_{\text{ср}}$. Отклонение допускается $\pm 20\%$. Если $\Delta U_i > \Delta U_{\text{ср}}$, то существуют неисправности – надрыв или плохая пайка петушков, если $\Delta U_i < \Delta U_{\text{ср}}$ – межвитковое замыкание. Преимущество данного метода – возможность определения точного места неисправности в обмотке. Недостаток - необходимость проведения математических расчетов. В лабораторной работе № 17 приводится методика использования метода падения напряжения устройством типа КПЭМ.

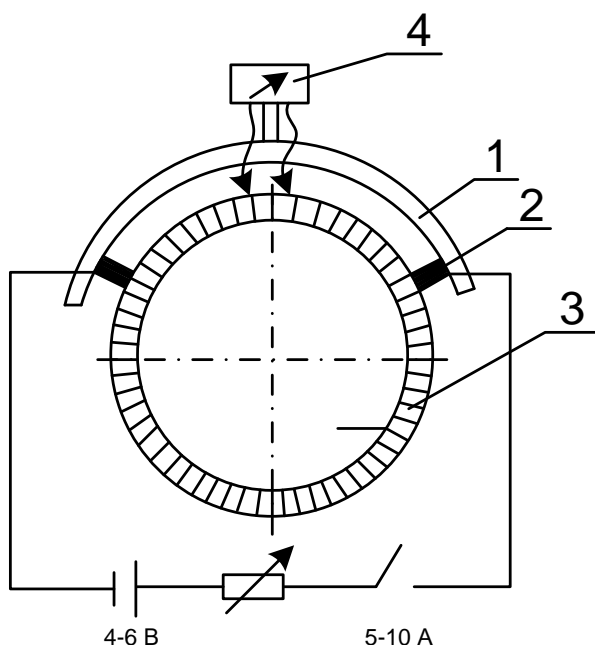


Рис. 1.33. Схема установки для проверки якоря методом падения напряжения: 1 – кондуктор; 2 – щетки; 3 – коллектор; 4 - милливольтметр (15÷45 мВ)

В соответствии с требованиями нормативной документации на испытание коллекторных двигателей постоянного тока, а также специфики работы и организации технологического процесса на предприятиях локомотивного хозяйства центром «Транспорт» г Омск была разработана мобильная система контроля и диагностики Доктор-30zm, позволяющая оценивать качество изоляции, степень увлажнения и неоднородности её структуры, а также производить поиск и локализацию МВЗ в обмотках якоря, остова, основных и добавочных полюсов. Прибор содержит в своём составе одноплатный компьютер, алфавитно-цифровой дисплей для отображения информации и комплект измерительных модулей (цифровой мегаомметр на 2500В для измерения сопротивления изоляции, ко-

эффициента абсорбции, возвратного напряжения и измеритель комплексного сопротивления – z-метр для измерения индуктивности, добротности, тангенса угла диэлектрических потерь).

Контроль якоря импульсной установкой. Импульсная установка позволяет определить дефекты проводников обмотки и проверить межвитковую прочность изоляции. Для этой проверки используют установки типа ИУ-80 или ИВ-3. Главными частями импульсной установки являются генератор импульсов, блок развертки и усилитель. Генератор импульсов – конденсатор большой емкости, который заряжается от выпрямленного напряжения и через прибор разряжается на испытываемую обмотку. Прибор работает по схеме моста (рис. 1.34), плечами которого являются участки проверяемой обмотки. При подаче импульса волны высокого напряжения распространяются по обеим параллельным ветвям одинаково и одновременно достигают боковых электродов, о чем будет свидетельствовать прямая линия на экране. Если же сопротивление ветвей различно, то равновесие плеч моста нарушается, возникает разность потенциалов в диагонали моста и на экране вместо прямой появляется кривая линия. Искусственно замыкая коллекторные пластины, можно определить место дефекта. Если при замыкании кривая изменит положение – дефекта нет, а если не изменит – дефект есть.

Преимущества импульсной установки: простая технология и малое время для оценки состояния обмотки якоря. Недостатки: невозможно определить какой именно дефект имеет обмотка и установка требует повышенных мер безопасности при ее обслуживании, т.к. к ней подводится большое напряжение.

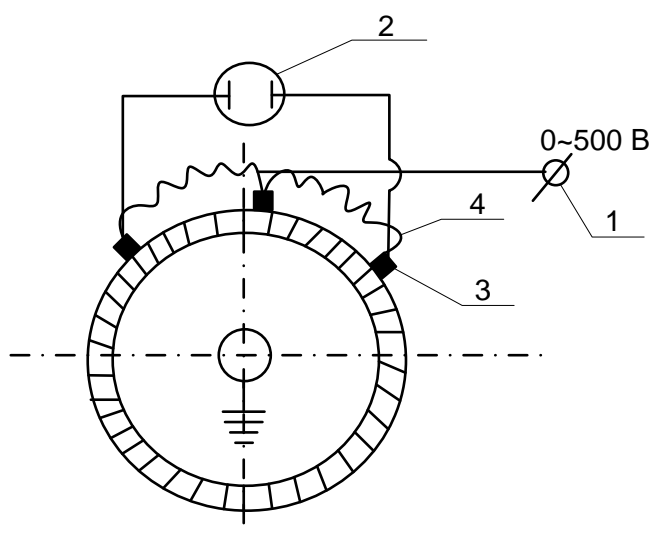


Рис. 1.34. Схема импульсной установки.: 1 – импульсный генератор; 2 – электронно-лучевая трубка; 3 – щетка; 4 – обмотка якоря

Контроль обмоток индукционным методом. Этот метод основан на создании переменного магнитного поля в обмотке электрической машины (рис. 1.35). Предварительно оценить состояние обмотки мож-

но металлической пластиной. Если она притягивается к железу якоря, обмотка имеет межвитковое замыкание. Точное место дефекта определяется с помощью щупа, которым замыкается две соседних пластины.

При наличии неисправности в витке, стрелка амперметра отклоняется на два и более делений. При отклонении в меньшую сторону – межвитковое замыкание, при отклонении в большую – надрыв, нарушение пайки.

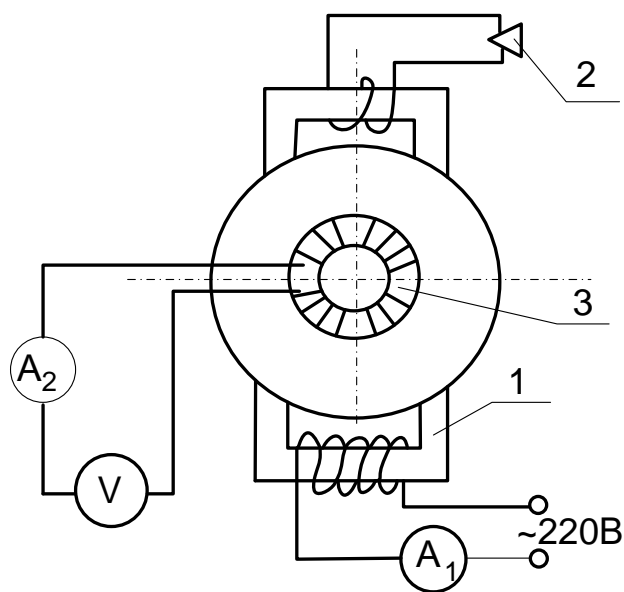


Рис. 1.35. Схема индукционной установки: 1 – электромагнит; 2 – наушник; 3 – коллектор

Обмотку возбуждения электрической машины на наличие межвиткового замыкания можно проверить методом трансформатора (рис. 1.36). На один сердечник устанавливают штатную катушку с амперметром А, а на другой одевают испытываемую. Если при подаче напряжения на катушку 1 ток остается прежним, что и без катушки, то дефекта нет. Если же ток увеличивается, то в катушке 2 – межвитковое замыкание. Метод обладает простотой и высокой точностью.

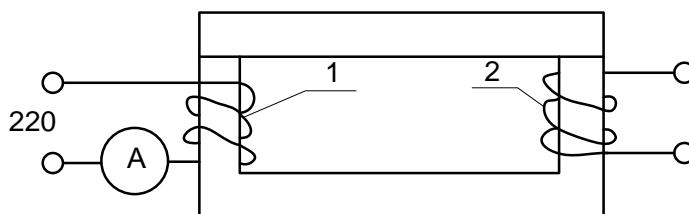


Рис. 1.36. Схема проверки обмотки методом трансформатора: 1 – штатная катушка; 2 – испытываемая катушка

11.2. Восстановление изоляции путем очистки

Сухая пыль, легко сдуваемая с глянцевой поверхности, попав в трещины и другие углубления и пропитавшись влагой и маслом, трудно удаляется с токоведущих частей. В отдельных депо вместо полного удаления загрязнения ограничиваются обтиркой изолированных поверхностей и только в доступных местах с последующей пропиткой. Такой «метод» восстановления поверхностного слоя изоляции – самое худшее из того, что можно сделать, так как слой токоведущей грязи, т.е. путь утечки тока, остается нетронутым. Ток по нему будет уходить так же, как и до очистки, с той лишь разницей, что этот путь будет сверху прикрыт новой лаковой пленкой. Только тщательная очистка грязевых отложений и последующая за этим пропитка могут восстановить поверхностному слою изоляции защитное свойство от проникновения влаги и масла.

Очистка изоляции струйным способом. Электрические машины и их части обмывают в 2-х камерных установках. В первой камере производится очистка, а во второй – сушка. Типовыми растворами являются: Лабомид -101, ОП – 10 (концентрация 30 г на 1 литр), с температурой $80\div 90^{\circ}\text{C}$, время очистки 15 мин. Однако эти растворы значительно снижают сопротивление изоляции, поэтому струйную очистку применяют в основном при капитальном ремонте машин.

В свое время ЦТ МПС рекомендовало для очистки электрических машин новые растворы: Термос, МЛ-8, МЛ-7, Элва (см. табл. 3). Эти растворы ни только не снижают сопротивление изоляции, но наоборот повышают ее. Раствор Термос содержит биологически неразлагаемое вещество, которое запрещено к сбросу в канализацию без предварительного обезвреживания. Остальные средства имеют ряд преимуществ:

- небольшой расход (в $2\div 5$ раз меньше расхода раствора Термос: при 0,1% - ной концентрации – 80 г на ТЭД и 20 г на якорь);
- средства бесщелочные, они не дают токопроводящих отложений на поверхности изоляции, что позволяет отказаться от герметизации при обмывке. Кроме этого, они не вызывают коррозию подшипниковых узлов;
- малопенящиеся, биологически мягкие моющие средства. Их регенерация производится путем отстоя при температуре 60°C в течение $3\div 4$ часов;
- промышленность производит их в большом количестве.

В табл. 1.11. приводятся результаты измерения сопротивления изоляции $R_{из}$ после обмывки якорей ТЭД тепловозов в депо Муром струйным способом этими растворами.

Таблица 1.11

Результаты измерения $R_{из}$ после обмывки

Узел ТЭД	$R_{из}$ до обмывки, МОм	$R_{из}$ после обмывки и сушки при $t = 100^{\circ}\text{C}$, МОм	$R_{из}$ после пропитки и сушки, МОм
Якорь №1	1,0	50	1000
Якорь №2	3.0	100	100
Якорь №3	0	3	50
Якорь № 4	0	100	100

Дополнительно к вышеперечисленным моющим средствам на Горьковской ж.д. стали применять отходы Синтамида 5, которые обладают теми же свойствами, что и рекомендованы ЦТ МПС, но значительно дешевле. Его получают в качестве побочного продукта производства препарата «Синтамида 5», который состоит из механической смеси фосфорнокислых и углекислых солей с 20 – 50% «Синтамида 5». Для очистки якорей используется 0,5% водный раствор при температуре 70 – 80 $^{\circ}\text{C}$ и давлении 0,2 – 0,3 МПа. Сопротивление изоляции всех промытых якорей с нулевым значением восстанавливалось до 30 – 50 МПа.

Очистка парами растворителя. Сущность этого способа состоит в следующем. В паровое облако растворителя помещают в подвешенном состоянии якорь электрической машины (рис. 1.37), который быстро покрывается конденсатом растворителя. Последний разъедает загрязнения и вместе с ними стекает в поддон. Процесс продолжается до тех пор, пока якорь не нагреется до температуры паров. В качестве растворителя используются трихлорэтилен ($t_k = 87^{\circ}\text{C}$) и перхлорэтилен ($t_k = 121^{\circ}\text{C}$). Желательно применять растворители с $t_k > 100^{\circ}\text{C}$, тогда отпадает необходимость сушки изоляции после очистки. Преимущества данного способа: быстрая и качественная очистка как наружных, так и внутренних полостей якоря; нет необходимости в сушке.

Недостатки: необходимо строго контролировать температуру раствора (при чрезмерном нагревании может произойти разложение растворителя и образование опасных химических соединений); время выдержки якоря в камере должно быть не больше времени растворения загрязнения (в противном случае изоляция, изготовленная из кремнийорганических соединений, начнет разлагаться).

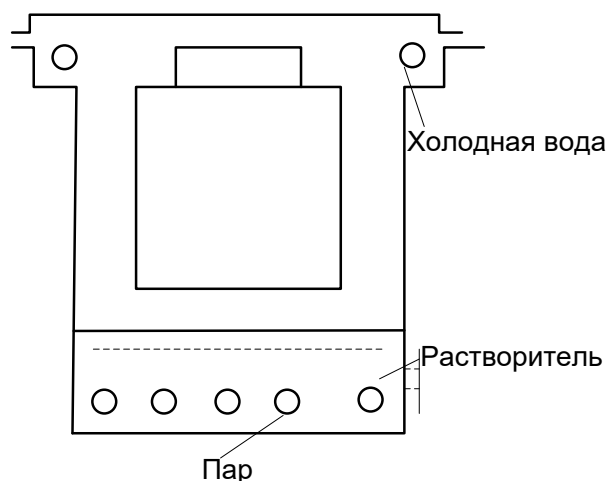


Рис. 1.37. Схема установки для очистки якоря парами растворителя

11.3. Восстановление изоляции путем ее пропитки

Пропитка изоляции необходима для повышения влагостойкости и получения глянцевой защитной поверхности, от которой хорошо отделяются различные загрязнения. При пропитке изоляции достигается монолитность в соединениях между корпусом и обмоткой, а также несколько улучшается теплопроводность токоведущих частей.

Пропитку изоляции якорей электрических машин производят на ТР-3, СР и КР, если пробег от предыдущей пропитки больше 360 тыс. км. Пропитку осуществляют в лаках:

- ФЛ-98 (синтетический, термореактивный, для изоляции класса Е, В). Он хорошо заполняет пустоты, полностью высыхает в толстом слое, маслостоек;
- ПЭ-933 (полиэфирно-эпоксидный, для изоляции класса F).

Пропитка может осуществляться следующими способами: окунанием, вакуумно – нагнетательным и с применением ультразвука.

Пропитка окунанием. Якорь в ванну помещают вертикально, при этом уровень лака не должен доходить до петушков коллектора на $15 \div 20$ мм, температура лака $20 \div 50^{\circ}\text{C}$. Пропитка в лаке длится до тех пор пока не прекратиться выход пузырьков из лака, но не менее 15 мин. После этого осуществляется выдержка над баком в течение 20 мин, затем – в наклонном положении в кантователе в течение 45 мин. После этого якорь очищают от наплывов, протирают и подвергают сушке. При пропитке в лаке ФЛ-98: температура $130 \div 140^{\circ}\text{C}$ в течение 8 час; при пропитке в лаке ПЭ- 933: температура $120 \div 130^{\circ}\text{C}$ в течение 3 ч.

Недостатком пропитки является плохое заполнение пустот из-за наличия в изоляции воздуха и низкого избыточного давления.

Данный метод применяется после вакуумно-нагнетательной пропитке, с постоянными бандажами на якоре электрической машины.

Вакуумно-нагнетательная пропитка. Эта пропитка обеспечивает более эффективное уплотнение секций обмотки якоря, так как перед пропиткой производится отсос воздуха и пропитка проводится под избыточным давлением. Порядок пропитки:

- якорь помещают в автоклав (рис. 1.38), где выдерживают в вакууме 0,08 МПа в течение 15÷30 мин. В этом случае воздух, содержащийся в изоляции, расширяется и удаляется из автоклава насосом;
- подается лак в автоклав и создается давление 0,15÷0,18 МПа в течение 1,5 ч;
- производится сушка в автоклаве при $t = 70 \div 80^{\circ} \text{C}$ в вакууме 650÷750 мм.рт.ст в течение 2 ч, затем при атмосферном давлении при $t = 150^{\circ} \text{C}$ в течение 3 ч;
- якорь вынимают из автоклава и сушат в печи при $t = 100^{\circ} \text{C}$ в течение 24 ч; после сушки подтягивают коллекторные болты, проверяют сопротивление изоляции и электрическую прочность.

Пропиточные лаки быстро окисляются кислородом и они становятся непригодными к дальнейшему использованию. Чтобы избежать этого, давление на лак передают не сжатым воздухом, а сжатым азотом или углекислым газом.

После пропитки электрическая прочность изоляции увеличивается на 1,5÷4,0 кВ.

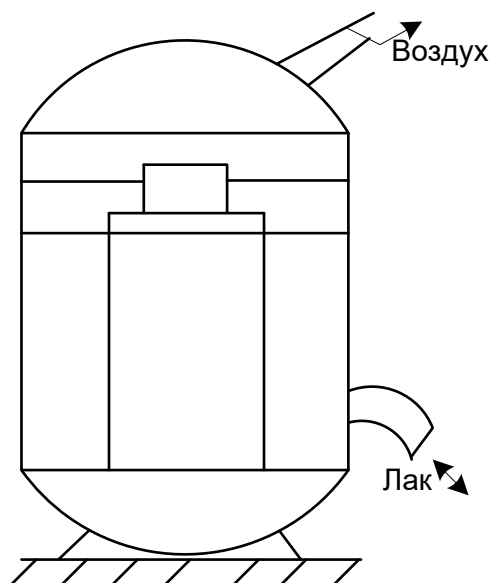


Рис. 1.38. Схема автоклава

В последнее время появились новые пропиточные материалы и способы пропитки.

Пропитка компаундами. Их преимущество: отсутствие большого содержания растворителей, что позволяет улучшить технологический процесс, т.к. компаунды не токсичны, пожаробезопасны и не загрязняют окружающую среду. В тоже время якорь является ремонтнопригодным, т.к. при нагревании до $t = 180 \div 220^{\circ} \text{C}$ снижается его цементи-

рующая способность, что позволяет легко произвести демонтаж обмотки без ущерба для сердечника. Несмотря на то, что лак дешевле компаундов, расход лака в процессе пропитки в 2-3 раза выше расхода компаунда. Все это в конечном итоге снижает затраты на ремонт электрических машин.

Уссурийский локомотиворемонтный завод (УсЛРЗ) в 2002 г выполнил пропитку 150 якорей ТЭД ЭД118 компаундом КП-98ИД. Претензий на состояние электродвигателей не поступало.

Ультразвуковая пропитка. На УсЛРЗ внедрена ультразвуковая пропитка якорей ТЭД. Она выполняется на базе стандартного автоклава и комплекса ультразвукового оборудования типа УМ16ПР. В него входит комплект из 16-ти пьезокерамических излучателей, блок генератора низких частот и пульт управления. Преимуществом ультразвуковой пропитки является способность лака под воздействием ультразвука проникать в поры за счет усиления капиллярного эффекта и возможность производить одноразовую пропитку с постоянными бандажами. Внедрение установки позволило сократить время пропитки и трудоемкость на 30÷40%. Ультразвуковая пропитка позволяет увеличить адгезийную прочность лака на 50÷60%, что существенно повышает срок службы изоляции электрической машины.

В 1985-90 гг. на некоторых предприятиях МПС СССР, была внедрена **резонансная ультразвуковая технология пропитки (РУЗП)**, которая по своим технико-экономическим показателям значительно превосходит вакуумно – нагнетательную пропитку. Новая технология РУЗП существенно удешевляет технологический процесс, позволяет пропитку проводить в один цикл и при этом повышает качество изоляции. В основе РУЗП - принципиально новой технологии пропитки обмоток якорей, используются два явления.

Жидкость в равновесном состоянии или в покое обладает структурой и соответствующей этому состоянию определённой вязкостью. При создании возмущения в жидкости разрушается структура, что ведет к значительному, в сотни раз уменьшению вязкости жидкости, и, следовательно, к увеличению скорости пропитки, глубины проникновения.

В технологии РУЗП инструментом, разрушающим структуру лака, является ультразвук с частотой, равной собственной частоте пропиточного состава, определение которой представляет отдельную задачу,

Вторым фактором, влияющим на скорость и глубину пропитки пористых материалов является облитерация капилляров, которая заключается в уменьшении скорости течения жидкостей, движущихся по капиллярам, до их полной остановки. Облитерацию капилляров можно также снять с помощью ультразвука, В данном случае явление не носит острорезонансный характер как в случае со структурой жидкости.

Таким образом, использование резонансного ультразвукового поля при пропитке обмоток якорей приводит к многократному снижению вязкости пропиточного состава и снимается его облитерация, что обеспечивает быстрое и глубокое заполнение пор и щелей обмоток якорей. Технология РУЗП обмоток электрических машин отработана, прошла лабораторные и эксплуатационные испытания, доказано, что по технико-экономическим показателям она превышает ВМП, и была принята к тиражированию в МПС СССР.

После пропитки якоря электрических машин покрывают эмалью. Для этого их нагревают до $t = 70 \div 80^{\circ} \text{C}$ и наносят два слоя эмали пульверизатором в электростатическом поле. Затем якорь сушат при $t = 150 \div 160^{\circ} \text{C}$ в течение 7 ч. Сушка продолжается до прекращения отлипа. Сопротивление изоляции перед покрытием эмалью должно быть не менее 2 МОм.

Для покрытия используют эмали:

- ЭП-91 (эпоксидно-полиэфирная, зеленого цвета, применяется если якорь пропитан лаками ФЛ-98 и ПЭ-933). В настоящее время выпускается новая теплостойкая кремнеорганическая эмаль печной сушки КО-918, красновато-коричневого цвета, которая предназначена для изоляции класса Н;
- ГФ-92 (серая, предназначена для поверхностной покраски остова; красная – для покраски ленточных бандажей миканитового конуса якоря).

Одним из мероприятий по повышению надежности изоляции обмоток является их герметизация кремнеорганическими эластомерами. Этим материалам присуща высокая стойкость к нагреву и действию электрического поля. Распространение получили силиконовые эластомеры, выпускаемые в закрытой таре (тубах). Вулканизация их происходит за счет взаимодействия с влагой воздуха после выдавливания из тубы. Промышленностью разработаны и выпускаются герметики Эластосил 11-01 и 11-06. Исследования показали, что сопротивление изоляции и напряжение якоря, при котором происходит пробой, не снижались после интенсивного увлажнения в течение $70 \div 120$ ч. По данным ВНИИЖТа внедрение герметизации обмоток позволит снизить повреждаемость ТЭД во влажные периоды года в 2÷3 раза. С внедрением герметизации исключается пропитка изоляции при среднем ремонте.

11.4. Восстановление изоляции путем ее сушки

Причины увлажнения изоляции. Потеря влагостойкости вызывается возникновением трещин в поверхностном слое изоляции из-за различного теплового расширения меди обмотки и стали сердечника якоря. Опыты показали, что при пропуске через обмотку якоря тока

равного 70% от номинального, медные проводники обмотки удлиняются на 0,35 мм больше, чем сердечник якоря. Защитная лаковая пленка толщиной $0,1 \div 0,2$ мм, нанесенная на поверхность якоря, не может растянуться на величину, достаточную для компенсации осевого перемещения меди обмотки и стали сердечника, и поэтому трескается. Вначале трещины носят поверхностный характер, а при определенных условиях, достигают верхних проводников обмотки. Впоследствии в эти трещины проникают вода и масло, загрязненные токопроводящими частицами, через которые происходит утечка тока, которая в дальнейшем приводит к пробое изоляции.

Увлажнение изоляции, особенно у ТЭД, происходит большей частью зимой, вследствие их отпотевания при постановке в стойло в холодном состоянии. Практика показала, что при разности температуры наружного воздуха и воздуха на ремонтном стойле 30°C , на якоре образуется 2 кг влаги.

Требования на сушку изоляции:

- нагрев узла производить постепенно, со скоростью 10°C в час. В противном случае интенсивное выделение влаги приведет к разрушению изоляции;
- во время сушки необходимо измерять температуру $t_{\text{с}}$ и сопротивление изоляции $R_{\text{из}}$ обмотки через каждые 30 мин и строить кривые сушки (рис. 1.39);

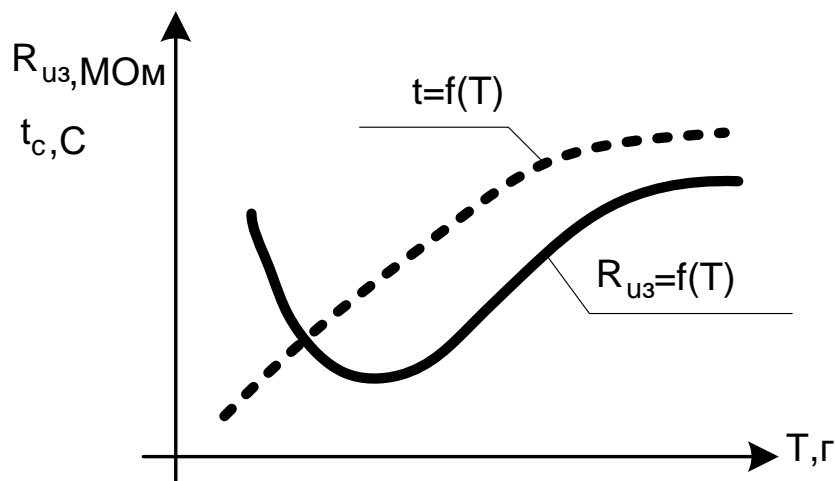


Рис. 1.39. Кривые сушки изоляции

- нельзя прекращать сушку при снижении $R_{\text{из}}$. Снижение сопротивления изоляции в начальный момент сушки вызывается интенсивным выделением влаги;
- сушка считается законченной, если $t_{\text{с}}$ и $R_{\text{из}}$ стремятся к постоянной величине в течение 2-х последних часов;
- сушку электрическим током можно проводить если $R_{\text{из}} \geq 0,05 \text{ МОм}$;
- нельзя превышать допустимую $t_{\text{с}}$ т.к. с повышением ее на 10°C скорость старения изоляции увеличивается вдвое.

Сушка изоляции в печах. В сушильных печах производится сушка изоляции машин после их разборки, до и после пропитки. Все печи делятся по методу повышения температуры в них на: калориферные, аэродинамические, вакуумные, высокочастотные, индукционные. Печи должны быть оборудованы приборами для дистанционного контроля температуры изоляции и ее сопротивления.

Для получения максимально качественных показателей параметров изоляции ЦВНТиТ «Транспорт» г.Омск разработана специализированная сушильная камера «Сухолей» с системой управления температурой нагрева и непрерывного контроля параметров изоляции обмоток в процессе сушки. Процесс сушки автоматически заканчивается именно в тот момент, когда параметры изоляции максимально высоки, т. е. закончился процесс полимеризации лака, но еще не начался процесс его искусственного старения. Система сушки «Сухолей» контролирует все основные показатели, характеризующие качество пропитки: сопротивление изоляции обмоток; коэффициент абсорбции; возвратное напряжение. Контроль за технологическими операциями осуществляет контроллер, а параметры пишутся в электронную базу, данные из которой используются при формировании электронного паспорта.

Сушка изоляции ТЭД на ремонтном стойле. В этом случае к горловинам забора воздуха для охлаждения ТЭД локомотива подключаются патрубки, соединенные с источником горячего воздуха (температура воздуха 90°C , расход воздуха $10\div 15\text{ м}^3/\text{мин}$). Через 1,5 ч калорифер отключают и обдувают ТЭД холодным воздухом. Такой «рванный» режим сокращают время сушки ТЭД (рис.1.40).

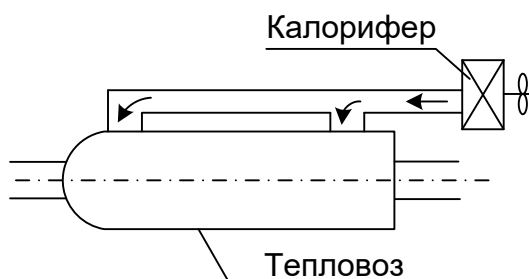


Рис. 1.40 Сушка ТЭД на ремонтном стойле (план)

Сушка электрическим током. Сушка током электрических машин может осуществляться от постороннего источника или в режиме короткого замыкания. Сушку током от постороннего источника применяют тогда, когда не представляется возможность вращать якорь машины и имеется источник постоянного тока низкого напряжения. При этом на время сушки снимают крышки коллекторных камер и открывают вентиляционные отверстия электрических машин для свободного удаления влаги из машины и обмоток, а также проворачивают

якорь. Сушку током короткого замыкания применяют в случаях, когда возможна работа машины в качестве генератора.

Сушка тягового генератора (ТГ). Сушку ТГ осуществляют от постороннего источника (рис. 1.41), для этого в цепь якоря и добавочных полюсов подключают источник постоянного тока $U = 45 \div 50$ В. Устанавливают ток генератора $I_{ТГ} = 2000 \div 2500$ А (при этом токе температура нагрева обмоток составит 70°C).

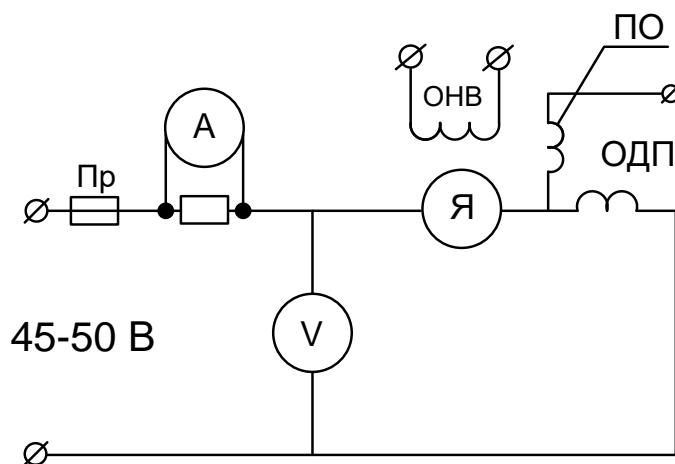


Рис. 1.41. Схема подключения тягового генератора для сушки изоляции от постороннего источника: ОНВ – обмотка независимого возбуждения; ОДП – обмотка добавочных полюсов; ПО – пусковая обмотка

При сушке изоляции током короткого замыкания цепь якоря и обмоток добавочных полюсов через выключатель замыкают накоротко (рис. 1.42). Запитывают независимую обмотку возбуждения через реостат большого сопротивления от независимого источника. Включают возбуждение при пониженной частоте вращения якоря ТГ, постепенно повышая ее и увеличивая возбуждение. Сушат изоляцию при частоте вращения близкой к номинальной. При этом ток короткого замыкания не должен превышать 2800 А и генератор не должен искрить.

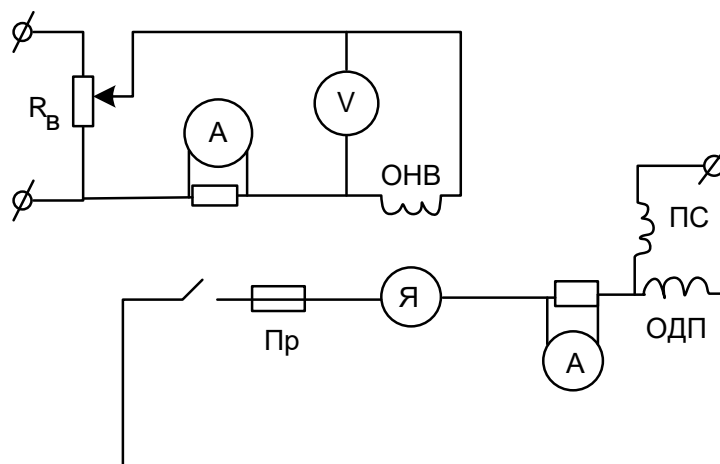


Рис. 1.42. Схема подключения тягового генератора для сушки током короткого замыкания: ОНВ – обмотка независимого возбуждения; ОДП – обмотка добавочных полюсов; ПО – пусковая обмотка

Сушка тяговых электродвигателей. При сушке изоляции от постороннего источника цепь якоря с обмоткой главных и добавочных полюсов питается напряжением равным $0,1 U_{\text{НОМ}}$ ($40 \div 50 \text{ В}$), а ток, необходимый для нагрева изоляции до температуры 70° С , устанавливают в пределах $360 \div 400 \text{ А}$. Разрешается в качестве источника тока использовать ТГ, при этом тепловоз затормаживают и периодически (не реже 2 раза в час) перекачивают.

Перед постановкой тепловоза в депо в холодное время года, для подогрева ТЭД производят его передвижение с соблюдением следующего режима: $P_{\text{ТЦ}} = 0,15 \text{ МПа}$, $V = 3 \text{ км/час}$, $I_{\text{ТГ}} = 2000 \div 2400 \text{ А}$. При температуре в помещении $+10^{\circ} \text{ С}$, а температуре атмосферного воздуха -20° С , время прогрева составит 50 мин.

11.5. Ремонт разъемных скользящих контактных соединений

Все контактные соединения электрических частей локомотивов классифицируются согласно схеме (рис.1.43).

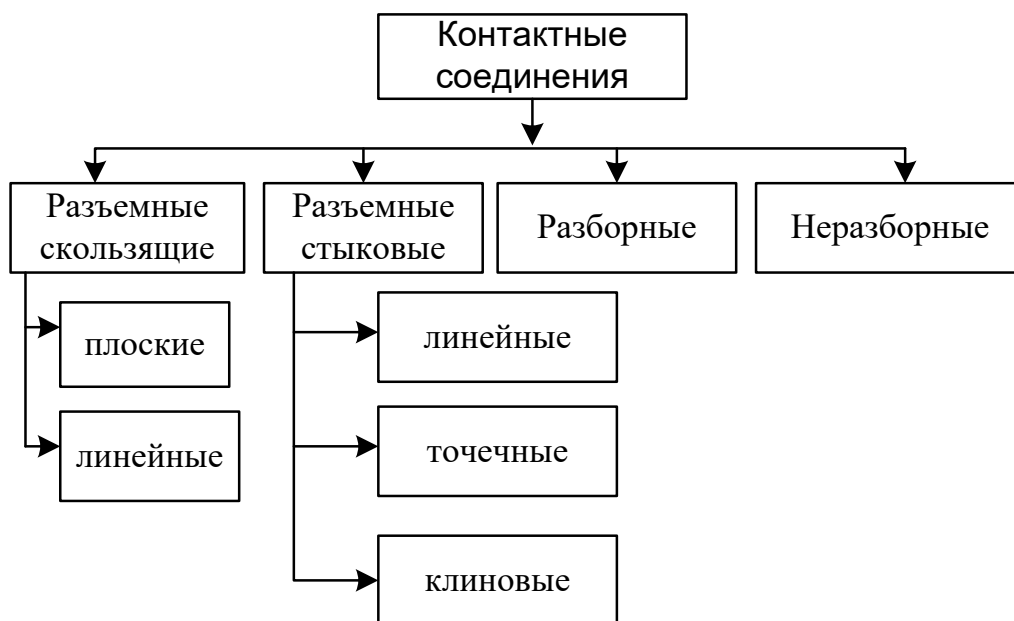


Рис. 1.43. Классификация контактных соединений

Рассмотрим ремонт плоских скользящих контактных соединений на примере коллектора электрической машины (ЭМ) постоянного тока.

Неисправности: подгар коллекторных пластин, перегрев, износ пластин, заедание и выступание пластин, прожоги пластин, заволакивание межламельного пространства, задиры и риски.

Подгар коллекторных пластин может быть двух видов: подгарают каждая третья пластина и особенно та, которая подсоединена к крайним виткам секций обмотки якоря, по причине нарушения коммутации; подгорают каждая пластина, подсоединенная к уравнивательной обмотке, по причине неисправности в цепи главных полюсов (обрыв, межвитковое замыкание). Подгар выявляют визуально.

Перегрев вызывается перегрузкой ЭМ, недостаточным ее охлаждением (для тепловоза серии ТЭ10 давление воздуха в коллекторной камере ТЭД должно быть равным 160 мм рт. ст. при 850 об/мин коленчатого вала); применением щеток с повышенным коэффициентом трения, а также некачественной пайкой концов обмотки с коллектором. При перегреве коллектор приобретает фиолетовый оттенок с цветами побежалости, происходит частичная или полная распайка петушков. При эксплуатации ЭМ температура коллектора не должна превышать 95° С. Перегрев коллектора выявляется визуально.

Износ подразделяется на механический и электрический (эрозийный). Механический износ вызывается применением щеток с повышенным коэффициентом трения, некачественной очисткой охлаждающего воздуха, чрезмерным нажатием щеток. Неравномерному износу во многих случаях сопутствуют перегрев отдельных пластин и биение коллектора, вследствие его эксцентричности относительно оси вращения. Износ определяют микрометром, для ТР-3 он не должен превышать 0,15 мм. Электрический износ (переброс дуги) вызывается неудовлетворительной коммутацией, т.е. чрезмерным искрением щеток. Искрение нередко переходит в круговой огонь по коллектору, приводящий к прожогу и оплавлению пластин, распайке концов обмотки в петушках коллектора и другим повреждениям. Электрический износ вызывается также загрязнением коллектора и износом пластин, выявляется визуально.

Западание и выступание коллекторных пластин вызываются неудовлетворительной формовкой коллектора при постройке или заводском ремонте; температурными деформациями, возникающими при периодическом нагревании и охлаждении; чрезмерным перегревом и подгаром отдельных групп пластин. Эти неисправности выявляются путем определения биения коллектора, которое допускается при ТР-3 не более 0,07 мм.

Заволакивание межламельного пространства вызывается перегревом коллектора, определяется визуально.

Задиры и риски вызываются падением на коллектор крепежных деталей от щеточного аппарата, выявляется визуально.

Устранение неисправностей коллектора. На ТО и ТР коллектор обдувают воздухом до постановки на ремонтное стойло, а затем очищают от угольной пыли щеткой с пылесосом. Заусенцы, зазубрины и небольшое заволакивание межламельного пространства устраняют капроновой щеткой с последующей шлифовкой брезентом. После чего

коллектор протирают салфеткой, смоченной в бензине. Брызги металла от перебросов или кругового огня на коллекторе зачищают без нарушения его формы с последующей продорожкой ламелей.

Все остальные неисправности коллектора устраняют путем его обточки. Порядок обточки:

- якорь перед обточкой нагревают до температуры $70\div 80^{\circ}\text{C}$ с последующей подтяжкой коллекторных болтов для формовки коллектора;
- коллектор обтачивают алмазным резцом с минимальным снятием металла до получения чистой и гладкой поверхности, при этом необходимо выдержать допустимый диаметр коллектора (для ТЭД типа ЭД118 он не должен быть менее 380 мм);
- производят продорожку и снятие фасок (рис.1.44);

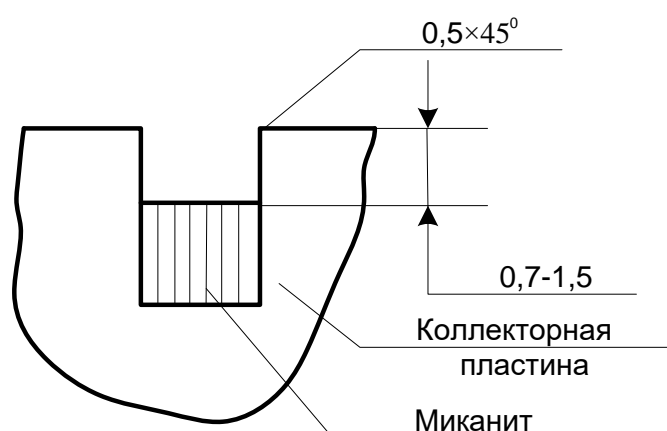


Рис. 1.44. Продорожка коллектора

- коллектор шлифуют абразивным бруском БКВ 40x40x75. Режим шлифования: частота вращения якоря 300÷500 об/мин, продольная подача 0,2 мм/об. При отсутствии брусков разрешается шлифовать коллектор бумагой 1М 720x100 П215А 8-Н МА, укрепленной на деревянной колодке;
- проверяют сопротивление изоляции, прочность изоляции и наличие межвиткового замыкания.

Обработку коллектора производят на полуавтоматическом станке марки А-432-02.

Запрещается обрабатывать коллектор если его рабочая поверхность имеет нормальный вид (гладкая, полированная с фиолетово-красноватым или каштановым оттенком), износ и биение его не превышают допустимые величины, прожоги коллекторных пластин более 0,5 мм. Это связано с тем что при длительной работе поверхность медного коллектора покрывается тонкой оксидной пленкой повышенной твердости – политуры, улучшающей коммутацию машины.

Прожоги коллекторных пластин глубиной до 0,5 мм устраняют обточкой, а более 0,5 мм – запайкой дефектного места припоем ПОС-61 или ПСр-2,5.

Выгоревшие участки миканитовых пластин восстанавливают заделкой электроизоляционной пастой. Для этого прогоревшее место углубляют фрезой или сверлом, удаляя поврежденный слой. Затем обезжиривают и заполняют пастой (БФ2 с добавлением 20÷30% от объема чешуйчатой слюды) и хорошо уплотняют. Затем якорь сушат при температуре 70÷80° С в течение 10÷15 ч. После сушки поврежденное место продораживают.

11.6. Ремонт аккумуляторных батарей

Кислотные аккумуляторные батареи (32-ТН-450). Элемент кислотной аккумуляторной батареи (АБ) состоит из пластин разъединенных сепаратором: положительные пластины - из чистого свинца (Pb), а отрицательные – окиси свинца (PbO₂) Для изоляции их устанавливают на деревянные опоры (рис. 1.45).

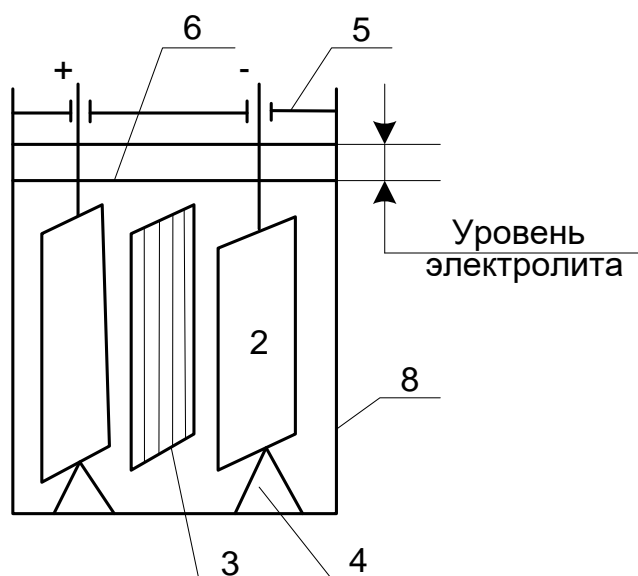


Рис. 1.45. Элемент кислотной аккумуляторной батареи

1

В качестве электролита используется водный раствор серной кислоты.

Неисправности: сульфатация пластин, короткое замыкание и саморазряда. **Сульфатация пластин** есть отложение на пластинах плотного слоя крупнозернистого сульфата свинца (PbSO₄), который закупоривает поры активной массы пластин, мешает проникновению в них электролита и нарушает течение химических процессов внутри банки. Сульфатация резко повышает внутреннее сопротивление пластин, что вызывает их разбухание и коробление. **Причины сульфатации:** систематические недозаряды АБ, глубокие разряды, длитель-

ное пребывание батареи в разряженном состоянии, загрязнение электролита вредными примесями. **Признаки** сульфатации: резкие колебания напряжения банки при зарядке АБ, батарея не принимает заряда (при низкой плотности электролита зарядный ток мал); быстрая потеря емкости и снижение напряжения при пуске дизеля. При сульфатации отрицательные пластины покрываются белым кристаллическим налетом, а положительные – принимают ярко-коричневую окраску.

Короткое замыкание пластин. Причины: разрушение сепараторов или образование шлама между пластинами из-за выпадения активной массы пластин. **Признаки** короткого замыкания: значительное понижение плотности электролита (до $1,15 \div 1,05$), резкое падение напряжения при проверке нагрузочной вилкой, в конце зарядки элемент слабо «кипит» или совсем не «кипит». После зарядки напряжение резко падает.

Саморазрядка – это медленная разрядка банки при разомкнутых зажимах. **Причины:** утечка электролита через трещины банки, загрязнение поверхности банки. **Признаки** саморазрядки: бурное «кипение» электролита во время разрядки или бездействия АБ.

Требования по уходу за аккумуляторной батареей. Контроль плотности электролита. У нормально заряженной батареи плотность электролита должна быть не менее $1,24 \div 1,25 \text{ г/см}^3$, зимой – $1,26 \div 1,27 \text{ г/см}^3$ при температуре электролита $+30^\circ \text{C}$. Плотность электролита измеряют ареометром. По величине плотности судят о степени разряженности АБ. Недопустима как высокая, так и низкая плотность. В первом случае происходит более интенсивная сульфатация пластин, во втором – понижение емкости батареи, а в зимнее время возможно замерзание электролита. Разница плотности между отдельными элементами не должна превышать $0,005 \div 0,01 \text{ г/см}^3$. Ее корректируют добавлением дистиллированной воды или электролита плотностью $1,30 \div 1,32 \text{ г/см}^3$. Эту операцию необходимо проводить при зарядке АБ.

Контроль температуры электролита. Температура электролита измеряется термометром и должна быть в пределах $+15$ до $+45^\circ \text{C}$. При температуре менее $+15^\circ \text{C}$ затрудняется проникновение электролита в поры активной массы, что вызывает недозарядку и, как следствие, сульфатацию. При температуре более $+45^\circ \text{C}$ повышается напряжение конца зарядки, что ведет к перезарядке батареи и к разрушению пластин. Разница температур между отдельными банками не должна превышать 5°C .

Контроль уровень электролита. Нормальный уровень электролита должен быть на 15 мм выше сетки. Измеряется уровень стеклянной трубкой. Если уровень выше нормы, происходит выплескивание электролита, что приводит к саморазряду батареи. При пониженном уровне происходит оголение пластин, их окисление и, как результат, - сульфатация.

Измерение напряжения батареи. Работоспособность АБ или отдельного элемента характеризуется способностью поддерживать постоянное напряжение на зажимах при значительных нагрузках во внешней цепи. Поэтому напряжение АБ на тепловозе измеряют при нагрузке: включенных прожекторе и маслопрокачивающем насосе. Если при этом напряжение будет в пределах 62÷64 В, то АБ считается работоспособной. Напряжение элемента измеряют нагрузочной вилкой. Элемент считается исправным если его напряжение будет в пределах 1,8÷2,4 В. Резкое падение напряжения в первые секунды измерения свидетельствует о повышенном внутреннем сопротивлении батареи, вызванном глубокой сульфатацией или коротким замыканием пластин. Нельзя длительное время держать вилку во включенном положении, так как произойдет глубокая разрядка элемента из-за протекания через сопротивление вилки тока большой величины. Разница в напряжении отдельных элементов АБ допускается не более 0,1 В.

Измерение сопротивления изоляции. Батарея должна быть достаточно хорошо изолирована от корпуса тепловоза, чтобы не происходило утечки тока. Сопротивление изоляции измеряют мегаомметром $U = 500$ В или с помощью вольтметра (рис. 1.46).

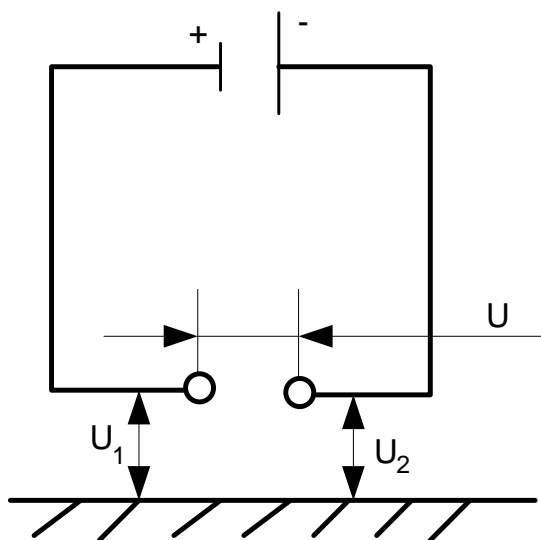


Рис. 1.46. Схема подключения вольтметра к АБ

Второй метод значительно точнее и производится следующим образом: при полностью отключенной нагрузке измеряют напряжение на зажимах АБ, между положительным зажимом и землей и между отрицательным зажимом и землей. Полученные значения подставляют в формулу, Ом

$$R_{AB} = R_V \{ (U / (U_1 + U_2) - 1) \} \quad (1.50)$$

где R_V – внутреннее сопротивление вольтметра; Ом, U – напряжение между зажимами, В; U_1 и U_2 – напряжение между плюсом и землей и между минусом и землей

Минимальное сопротивление изоляции АБ при выпуске из ТР-3 должно быть не менее 25 кОм.

Режим зарядки и разрядки АБ. Наиболее интенсивно батарея разряжается в момент пуска дизеля: при прокачке масла рабочей температуры ток разрядки равен $I_p = 500 \div 800$ А, при прокачке холодного масла $I_p = 1000$ А, при пуске дизеля $I_p = 1700 \div 2100$ А. Пуск холодного дизеля или повторные пуски через короткие интервалы (менее 2 мин) приводят к резким разрядам и губителен для АБ. В этом случае происходит интенсивная сульфатация, коробление и выпадение активной массы и, как следствие, короткое замыкание пластин. Объясняется это тем, что при быстрой разрядке химические процессы протекают только на поверхности пластин и более глубокие слои активной массы в работе не участвуют. Не менее опасна и систематическая недозарядка батареи. Она происходит при нарушении регулировки БРН и когда между пусками дизеля не выдерживают необходимый интервал (15÷20 мин) для зарядки. Так же опасно длительное нахождение АБ в бездействующем состоянии (более 2-х суток).

Восстановительная подзарядка. Практикой установлено, что для ликвидации неглубоких слоев сульфатации необходимо проводить на ТР-1, при простое более 2-х суток восстановительную подзарядку от стационарного источника. Порядок подзарядки:

- зарядка током $I_3 = 45$ А до напряжения в элементах 2,3÷2,4 В;
- выдержка в течение 1÷2 ч в бездействующем состоянии;
- зарядка током $I_3 = 20$ А в течение 1-го часа;
- выдержка в течение 1÷2 ч в бездействующем состоянии;
- зарядка током 20 А и выдержка в бездействующем состоянии повторяются до тех пор, пока после включения не будет наблюдаться бурное «кипение» электролита (т.е. до конца зарядки).

Лечебная перезарядка. Для устранения сульфатации в глубоких слоях пластин через 5÷6 месяцев эксплуатации на ТР-2, ТР-3 выполняют лечебную перезарядку АБ, предварительно установив ее в аккумуляторное отделение депо. Порядок перезарядки:

- зарядка током $I_3 = 35$ А до конца зарядки (когда U_B и плотность электролита постоянны в течение 1 ч);
- разрядка током $I_p = 45$ А до напряжения 1,8 В в 1÷2 элементах. При этом определяют емкость АБ: $E = I_p \cdot T_p$. Емкость при ТР-2 и ТР-3 должна быть не менее 70%;
- зарядка током $I_3 = 65$ А до напряжения 2,3 В в 80% элементах.;
- зарядка током $I_3 = 35$ А до конца зарядки.

Щелочные аккумуляторные батареи (46 ТПЖН-450 или 46 ТПКН-450). Щелочные АБ могут быть железо-никелевые или кадмиево-

никелевые. Положительные пластины изготовлены из окисла никеля, а отрицательные – из губчатого железа или губчатого кадмия. Электролит – раствор едкого кали в дистиллированной воде. Особенностью щелочных АБ является то, что концентрация раствора едкого кали при разрядке постоянна. Поэтому напряжение почти не зависит от плотности электролита и определяется степенью окисления активной массы. При зарядке на положительных пластинах образуются окислы никеля, на отрицательных – восстанавливается губчатое железо (кадмий), а при разряде окислы никеля переходят в гидрат окиси железа. Полностью заряженный элемент имеет напряжение 1,45 В. Преимущества щелочных АБ перед кислотными АБ:

- не применяется дефицитный свинец;
- меньшая скорость саморазрядки;
- большая механическая прочность;
- меньшая чувствительность к перезарядке и недозарядке;
- большой срок службы (10 лет, вместо 2÷3 лет).

Недостатки щелочных АБ:

- низкий КПД по энергии - 55÷60 %;
- большой вес.

Неисправности щелочной АБ. Основной неисправностью щелочной АБ является потеря емкости. Причинами этого являются накопление углекислых солей в электролите в процессе эксплуатации или хранения; длительная работа при пониженном уровне электролита; систематический недозаряд; зарядка при высокой температуре; загрязнение электролита вредными примесями; повышенный саморазряд и короткое замыкание внутри элемента.

Требования по уходу за аккумуляторной батареей. Уровень электролита должен быть 40÷60 мм выше сетки. Нормальная плотность электролита 1,19 – 1,21 г/см³. Нормальное напряжение на клеммах элемента 1,65 ÷ 1,70 В, минимальное 1,2 В. В зимнее время АБ уплотняют, так как КПД заряда при пониженных температурах ниже, чем при нормальных. В зимнее время ежемесячно, а летом – один раз в три месяца электролит берется на анализ на содержание карбонатов.

Порядок замены электролита. Восстановление емкости АБ почти во всех случаях требует смены электролита, вызываемой в основном загрязнениями его карбонатами или сменой времен года. Если количество карбонатов не превышает 17 г /л, допускается частичная замена электролита, если превышает – полная замена.

Технология замены электролита:

- разрядить АБ током 110 А до напряжения 1,0 В в 4-х элементах;
- слить электролит;
- залить теплую дистиллированную воду и отстоять 1÷2 ч (операцию повторить дважды);
- залить электролит плотностью 1,21÷1,23 г/см³ и дать выдержку в течение 6÷12 ч;

- провести лечебно-тренировочный цикл: $I_3 = 150 \text{ А}$, $T = 12 \text{ ч}$; $I_p = 110 \text{ А}$, до $U_3 = 1,0 \text{ В}$ в 4-х элементах; $I_3 = 150 \text{ А}$, $T = 6 \text{ ч}$ (для снятия контрольной емкости); $I_p = 110 \text{ А}$ до $U_3 = 1,0 \text{ В}$; $I_3 = 150 \text{ А}$, $T = 12 \text{ ч}$;
- провести корректировку плотности и уровня электролита.

На ТО-3 и ТР-1 проводится восстановительная подзарядка АБ током $I_3 = 150 \text{ А}$, $T = 2 \div 5 \text{ ч}$.

Вопросы для самопроверки

1. Как оценивается сопротивление изоляции?
2. Каким способом оценивается влажность изоляции?
3. Как измеряется прочность изоляции?
4. В чем заключается проверка обмотки якоря методом падения напряжения?
6. В чем заключается проверка обмотки якоря импульсной установкой?
7. Какие моющие средства не снижают сопротивление изоляции?
8. Какова цель пропитки изоляции?
9. В чем преимущества ультразвуковой пропитки?
10. Чем можно повысить надежность изоляции во влажные периоды года?
11. Перечислите требования на сушку изоляции?
12. Как устраняются износ и биение коллектора?
13. Чему подвергают коллектор перед обточкой?
14. Назовите основные причины сульфатации пластин АБ.
15. Как определяется плотность электролита АБ?
16. Как измеряется сопротивление изоляции АБ методом вольтметра?
17. При каких режимах производится сушка ТЭД на ремонтном стойле?
18. Назовите режимы сушки ТГ от постороннего источника?
19. Какие неисправности возникают на поверхности коллектора?
20. Какова технология подзарядки АБ?
21. Какова технология лечебной перезарядки АБ?

Рекомендуемая литература [1, 5, 6, 714]

Лекция 11. КОМПЛЕКТОВАНИЕ ОБЪЕКТА РЕМОНТА

План лекции:

- 11.1 Комплектование подшипников коленчатого вала.
- 11.2 Комплектование шатунно-поршневой групп дизеля.
- 11.3 Комплектование узлов колесо-моторного блока.
- 11.4 Комплектование узлов тележки.

11.1. Комплектование подшипников коленчатого вала

Комплектование объекта ремонта. Комплектованием называется комплекс работ по подготовке, подбору и пригонке деталей сборочной единицы в соответствии с размерами в сопряжениях. К комплектованию также относятся работы по подбору деталей по массе и балансировке для устранения неуравновешенности вращающихся частей. При комплектовании сборочных единиц, особенно при текущих ремонтах, ранее работавшие вместе детали, имеющие допустимые размеры, не обезличивают и устанавливают на прежние места.

Комплектование подшипников коленчатого вала дизеля производится как при единичной, так и при полной замене вкладышей. Полная замена (так называемая переукладка) производится, если при замене более 50% рабочих вкладышей новые требуют уменьшения их толщины (шабрения). Переукладку ведут при отсоединенном вале тягового генератора. При комплектовании вкладышей следует обеспечить следующее:

- минимальную ступенчатость рабочих вкладышей для того, чтобы коренные шейки коленчатого вала опирались на все опоры по длине вала;
- минимальные зазоры «на масло» с минимальной разницей этих замеров по подшипникам одного вала для создания лучших условий смазки трущихся пар и предотвращения чрезмерной утечки масла через подшипники;
- номинальный натяг вкладышей;
- минимальный осевой разбег коленчатого вала в опорно-упорном подшипнике;
- номинальное прилегание вкладышей к постелям блока дизеля.

Ступенчатостью называется разность между толщинами рабочих вкладышей. Рабочими вкладышами являются вкладыши, установленные на дне подшипника. Ступенчатость определяют не менее чем по трем рабочим вкладышам рядом расположенных опор. В случае, когда вкладыши относятся к различным ремонтным градациям, перед расчетом ступенчатости их условно приводят к одной градации, преимущественной для вкладышей данного вала. Пример (табл. 1.12.).

Таблица 1.12

Толщина рабочих вкладышей

Номер подшипника	1	2	3	4	5	6	7
Толщина вкладыша	19,53	19,57	19,60	19,58	19,55	19,75	19,78

Номер градации	2	2	2	2	2	3	3
----------------	---	---	---	---	---	---	---

Порядок решения:

- приводим условно вкладыши 6-й и 7-й опор ко 2-й градации:
№6 $19,75 - \gamma = 19,75 - 0,25 = 19,50$ мм, где $\gamma = 0,25$ мм – градационный интервал; №7 $19,78 - 0,25 = 19,53$ мм;
- выявляем вкладыши, имеющие максимальную и минимальную толщину: №3 – 19,69, №6 – 19,50 мм;
- определяем действительную ступенчатость $C = 19,60 - 19,50 = 0,10$ мм;

Требования на комплектование подшипников коленчатого вала дизеля Д49: требования по ступенчатости рабочих вкладышей отсутствуют; минимальный зазор на масло должен быть 0,19 мм; номинальный натяг вкладыша в приспособлении диаметром 235Н6+0,029 мм при приложенной нагрузке 4900 ± 98 кгс должен быть 0,13 мм; осевой разбег вала (он определяется по зазору в упорном подшипнике между полукольцами и буртом) - $0,10 \div 0,60$ мм; номинальное прилегание вкладыша по краске к подвескам блока должно быть равномерным, не менее 60% на дуге 120° в вертикальной плоскости.

Требования на комплектование подшипников коленчатого вала дизеля ПД1: минимальная ступенчатость рабочих вкладышей не более 0,04 мм; минимальный зазор «на масло» должен быть 0,12 мм, а разность их для всех опор не более 0,10 мм; номинальный натяг вкладыша 0,11 мм; осевой разбег вала $0,24 \div 0,38$ мм; прилегание вкладыша к крышке должно быть равномерным и не менее 70% поверхности.

11.2 Комплектование шатунно-поршневой группы дизеля

Детали шатунно-поршневой группы (ШПГ) комплектуют таким образом, чтобы обеспечить минимальную разницу по массе для достижения уравновешенности вращающихся частей дизеля. В качестве примера приведем порядок комплектования ШПГ дизеля 10Д100. Для дизелей этого типа разница в массе деталей отдельно для нижних и отдельно для верхних коленчатых валов не должна быть более: для поршней в сборе – 250 г; для шатунов в сборе (шатун с крышкой и с шатунными болтами) для нижнего вала – 300 г, верхнего – 270 г, для всего комплекта – 500 г; при замене какой – либо одной детали (поршня или вставки) вновь устанавливаемая деталь не должна отличаться по массе более чем на 50 г. Регулируется масса деталей снятием металла в местах, указанных на чертеже, или постановкой утяжелителя в полость пальца.

При комплектовании ШПГ дизеля 10Д100 дополнительно к этому требованию необходимо обеспечить: номинальное расстояние от оси

отверстий для форсунки во втулке цилиндров до головки нижнего поршня при положении последнего во внутренней мертвой точке (размер $3,4^{+0,2}$), которое необходимо для создания наилучших условий смесеобразования и сгорания топлива, и номинальную линейную величину камеры сжатия (размер $7,4^{+0,4}$), которая необходима для достижения установленных величин давления и температуры сжатого воздуха во втулке (рис. 1.47).

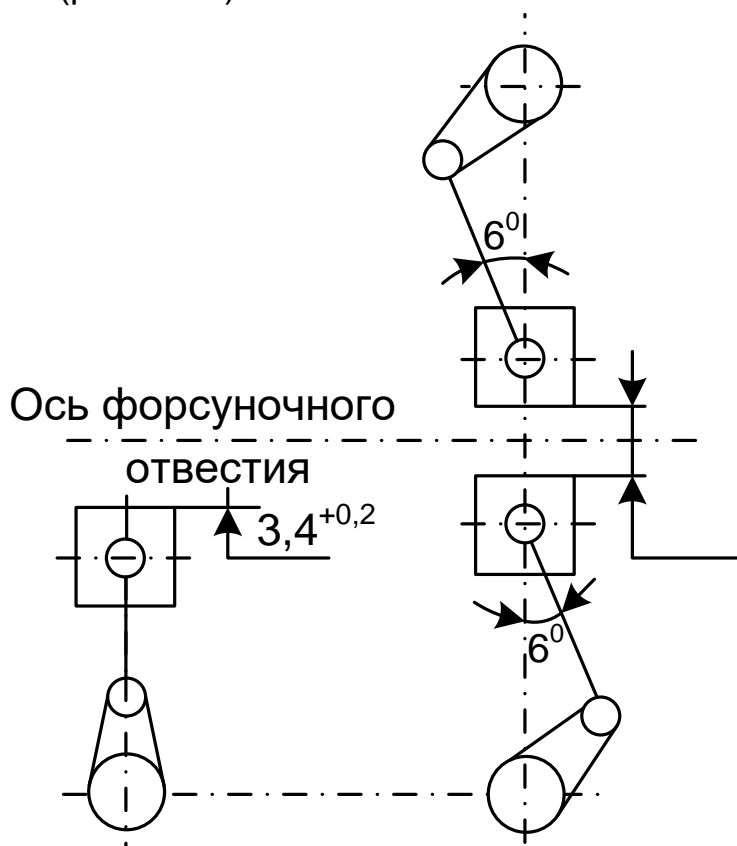


Рис. 1.47. Схема измерения размеров $3,4^{+0,2}$ и $7,4^{+0,4}$

Обеспечение этих величин осуществляют регулировкой длины соответственно нижнего и верхнего поршня с шатуном. Необходимую величину в мм определяют с помощью комплекта приспособлений, устанавливаемых во втулку цилиндров, по следующим формулам для нижнего комплекта

$$A_H = (750 \pm X) - 0,10 \quad (1.51)$$

для верхнего комплекта

$$A_B = (650 \pm X) - 0,10 \quad (1.52)$$

где X – отклонение стрелки индикатора приспособления от нуля шкалы; 0,10 мм – величина, учитывающая зазор между поршневым пальцем и втулкой верхней головки шатуна, мм; «+» - когда стрелка не до-

ходит до нуля шкалы; «-» - когда стрелка переходит ноль шкалы индикатора

После этого определяют фактическую длину поршня с шатуном, предназначенного для монтажа в данную втулку, и, сравнивая ее с A_H или с A_B , определяют необходимую толщину прокладок между вставкой и верхней плитой поршня. Данная технология комплектования позволяет точно установить размеры $3,4^{+0,2}$ и $7,4^{+0,4}$ без повторного демонтажа ШПГ.

Требований на комплектование ШПГ дизеля Д49: разновес шатунов по массе не более 300 г, разновес поршней по массе не более 200 г, разновес комплекта по массе не более 500 г.

Требования по комплектованию ШПГ дизеля ПД-1: Разновес поршней по массе у одного дизеля должен быть не более 200 г. Подгонку массы разрешается осуществлять путем торцовки нижней поверхности поршня до размера 448 мм. Разновес шатунов по массе в сборе с поршнями и поршневыми кольцами на одном дизеле - не более 400 г. Снятие металла с тела шатуна разрешается с мест, указанных на чертеже.

12.3 Комплектование узлов колесо-моторного блока

Работы по комплектованию узлов колесо-моторного блока (КМБ) включают: подбор и подгонку вкладышей моторно-осевых подшипников (МОП) для обеспечения нормальных зазоров «на масло», натяга, прилегания вкладышей к остову ТЭД и осевого разбег ТЭД на оси колесной пары; подбор деталей тягового редуктора для достижения нормального зацепления зубчатой передачи.

Подбор вкладышей моторно-осевых подшипников. Запасные вкладыши поставляются в полуобработанном виде (отливкой) для возможности их пригонки по шейке оси колесной пары и постелям остова ТЭД. Наружную и внутреннюю поверхности парных вкладышей обрабатывают с одной установки и таким образом, чтобы был получен минимально допустимый зазор «на масло» в МОП, максимально допустимый натяг в буксе МОП и минимально допустимый разбег ТЭД на оси колесной пары. Для достижения этого необходимо определить внутренний и наружный диаметры подшипника в мм

$$D_B = D_{ш} + 3M \quad (1.53)$$

$$D_H = D_{п} + H \quad (1.54)$$

где $D_{ш}$ – диаметр шейки оси колесной пары; $3M$ – зазор «на масло»; $D_{п}$ – диаметр буксы (постели); H – натяг подшипника (рис. 1.48).

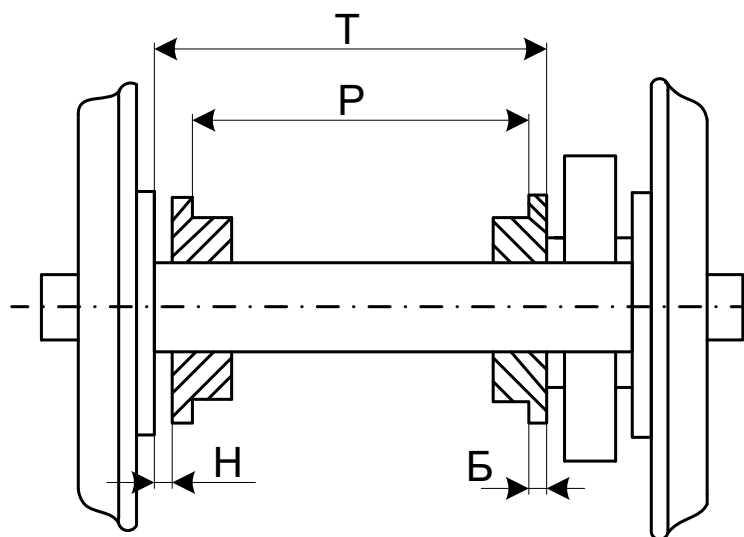


Рис. 1.48. Схема определения размеров моторно-осевых подшипников

Толщина буртов МОП определяется, мм

$$B_{\text{п}}, B_{\text{л}} = (T - P - H) / 2 \quad (1.55)$$

где T – расстояние между ступицами колеса и шестерни колесной пары; P – длина остова ТЭД под внутренние кромки буртов вкладышей; H – минимально допустимый осевой разбег ТЭД на оси колесной пары; $B_{\text{п}}, B_{\text{л}}$ – толщина бурта правого и левого вкладышей.

Подбор шестерен тягового редуктора. Ранее работавшие в паре шестерни сохраняют в узле, т.е. ТЭД соединяют с той колесной парой, с которой он работал до разборки. При неисправности шестерен или колесной пары подборку старогодных зубчатых колес и шестерен производят с наиболее близкими по величине износами зубьев. Комплектование новых зубчатых колес производят только с новыми или старогодными шестернями, имеющими износ зубьев не более 0,5 мм.

12.2. Комплектование узлов тележки

При комплектовании колесными парами разница диаметров бандажей по кругу катания у комплекта колесных пар не должна превышать 10 мм. Между секциями тепловоза разность диаметров колесных пар не регламентируется.

Челюстная тележка тепловоза ТЭМ2. При комплектовании узлов необходимо выдерживать следующие требования:

- пружины в свободном состоянии должны иметь высоту не менее 225 мм, а под нагрузкой должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.13. На одну тележку подбирают пружины с разницей по высоте под статической нагрузкой не более 6 мм;

Таблица 1.13.

Требования для испытания пружин под нагрузкой

Наименование показателей	Величины
Статическая нагрузка, Н (кГс)	44,1 x 10 ³ (4500)
Высота под статической нагрузкой, мм	180 - 192
Нагрузка при испытании на остаточную деформацию, Н (кГс)	68,3 x 10 ³ (6965)
Остаточная деформация при испытании на осадку	Не допускается

- листовые рессоры должны быть одной группы жесткости;
- парные балансиры должны быть подобраны согласно маркировке.

Бесчелюстная тележка тепловоза ТЭ10М. Для получения равномерной развески по осям колесных пар тепловоза комплектованию подвергаются пружинные комплекты тележки в следующей последовательности:

- испытывают пружины под прессом для установления номера группы (табл. 1.14). После чего на каждую пружину вешают соответствующую бирку.

Таблица 1.14.

Характеристики пружин

Группа пружины	Форма Бирки	Высота пружины, мм, под действием нагрузки, кГс		
		Внутренней, Р = 565	Средней, Р = 1100	Наружной, Р = 3090
1		214 - 220	234 – 240	262 - 268
2	Δ	220 – 226	240 – 246	268 - 274
3		226 – 232	246 – 252	274 - 280
4	О	208 – 214	228 – 234	256 - 262

Годными считаются пружины высота которых под статической нагрузкой не ниже минимальной для 4-ой группы, при этом стрела прогиба должна быть не менее 114 мм;

- формируют комплекты так, чтобы наружные пружины были одной группы, внутренние могут отличаться от наружной не более чем на одну смежную по высоте группу (см. табл. 16).;
- подбирают комплекты по высоте. Номинальный уровень высоты тележки конструктивно выбран для пружины 3-й группы, т.е. с наибольшей высотой. Для поддержания такого уровня высоты при применении наружных пружин другой группы, устанавливают прокладки согласно требованиям табл. 1.15;

Группы пружин и толщина прокладок

Номер группы наружных пружин	Группа внутренней пружины	Толщина всех прокладок, мм/кол-во прокладок, шт.
1	4 или 1,2	12/4
2	1 или 2,3	6/2
3	2 или 3	Без пластин
4	4 или 1	18 / 6

- испытывают комплекты пружин с прокладками под нагрузкой 4755 кГс, при этом высота комплекта пружин должна быть не менее 298 мм. Разница комплектов по высоте допускается не более 3 мм.

Дополнительно к подбору пружин комплектуют резинометаллические элементы опорно-возвращающих устройств: комплект элементов проверяют на прессе под нагрузкой 11000 ± 50 кГс, при этом высота его должна быть в пределах $261 + 7$ мм. На одну тележку устанавливают комплекты с разностью по размеру К не более 1 мм. Разрешается высоту регулировать шайбами, толщина которых не должна превышать 7 мм.

Вопросы для самопроверки

1. Какова цель комплектования деталей сборочной единицы?
2. Как определяется ступенчатость рабочих вкладышей?
3. Что называется ступенчатостью вкладышей коленчатого вала?
4. Как определяют ступенчатость вкладышей, имеющих разные градации?
5. Как регулируется масса ШПГ дизеля?
6. Как регулируется длина комплекта ШПГ дизеля 10Д100?
7. Как определяется внутренний диаметр подшипника МОП?
8. Как определяется наружный диаметр подшипника МОП?
9. Какая разница диаметров колесных пар допускается на секции тепловоза?
10. Как подбирают комплект пружин для бесчелюстной тележки?

Рекомендуемая литература [1,5, 10]

Лекция 12. СБОРКА ОБЪЕКТА РЕМОНТА

План лекции:

- 12.1. Укладка коленчатого вала дизеля Д49.
- 12.2. Сборка комплекта крышка+втулка+ шпг дизеля Д49.
- 12.3. Сборка тягового электродвигателя.

12.4. Сборка колесо-моторного блока.

12.5. Сборка тележек.

12.1. Укладка коленчатого вала дизеля Д49

Укладка коленчатого вала дизеля Д49 производится в следующей последовательности:

- блок устанавливают постелями коренных подшипников вверх;
- устанавливают в постели верхние вкладыши согласно клейму и тех мест, с которых они были сняты при разборке и смазывают их дизельным маслом;
- опускают на вкладыши коленчатый вал;
- устанавливают в подвесках нижние вкладыши и болты, предварительно смазав их дизельным маслом;
- устанавливают собранные подвески по местам в блок;
- заворачивают гайки болтов подвески моментом или усилием одного человека до отказа в следующей последовательности: гайку первого болта – моментом $37 \div 38$ кГс•м или ключом на плече 450 мм усилием одного человека до отказа; гайку второго болта моментом $74 \div 76$ кГс•м или ключом на плече 850 мм усилием одного человека до отказа; гайку первого болта затягивают моментом $74 \div 76$ кГс•м или ключом на плече 850 мм усилием одного человека до отказа. Это положение считается отправной точкой затяжки;
- проверяют щупом прилегание болтов к подвескам и шайб к стойкам. Прохождение щупа толщиной 0,03 мм не допускается;
- производят окончательную затяжку гайки на 18 шлиц в 3÷4 приема, чередуя между двумя гайками одной опоры. Гайки выносного подшипника затягивают на 9 шлиц. Допускается затяжка гаек до совпадения отверстия под шплинт в болте с пазом гайки;
- проверяют укладку коленчатого вала: измеряют зазор «на масло» ($0,14 \div 0,34$ мм) и прилегание («провисание») шеек коленчатого вала к рабочим вкладышам. При отсоединенном тяговом генераторе «провисание» шейки допускается не более 0,05 мм на глубину не более 10 мм у несмежных опор. Проверяют разбег коленчатого вала ($0,10 \div 0,60$ мм).

13.2. Сборка комплекта крышка + втулка + шпг дизеля Д49

- Сборка комплекта производится в следующей последовательности:
- собирают крышку со втулкой, для чего: устанавливают втулку в вертикальное положение вверх шпильками; устанавливают новую прокладку на бурт крышки и крышку на втулку (крышку устанавливать так, чтобы **впускные клапаны** располагались со стороны скоса «Е» на нижнем бурте втулки, рис. 1.49.); производят затяжку гаек в три прие-

ма динамометрическим ключом в определенной последовательности: моментом 15 ± 2 кГс•м в порядке 1-4-2-5-6-3, моментом 30 ± 2 кГс•м в порядке 6-3-5-2-4-1, моментом 40 ± 2 кГс•м в порядке 2-5-3-6-1-4; измеряют овальность рабочей поверхности втулки на расстоянии 360 мм от нижнего торца, которая не должна превышать 0,08 мм; опрессовывают водой втулку с крышкой давлением 1,2 МПа в течение 5 мин;

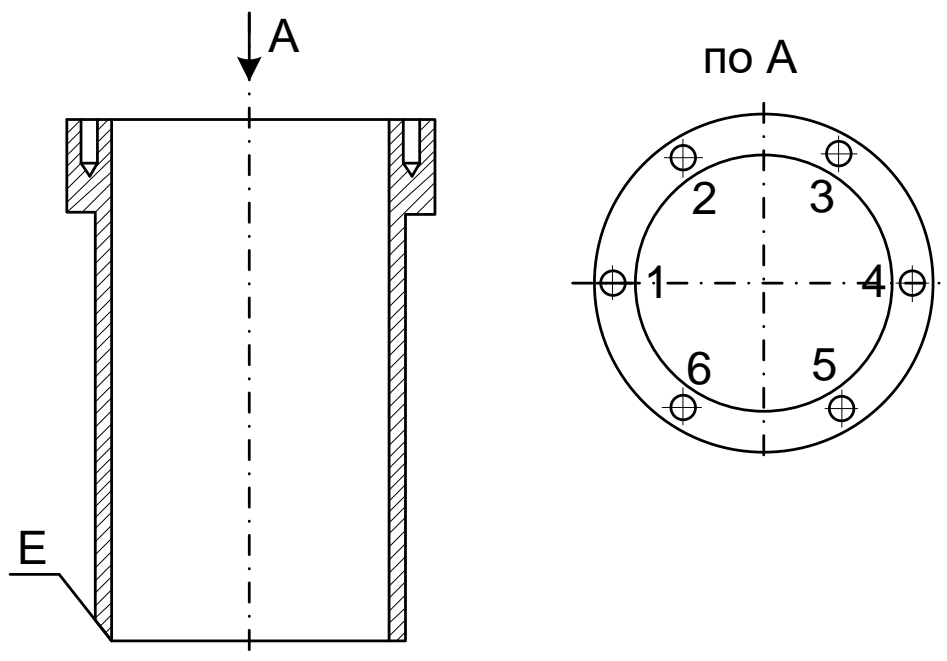


Рис. 1.49. Эскиз втулки цилиндров дизеля Д49

- собирают комплект с шатунно-поршневой группой: устанавливают комплект втулкой вверх; смазывают рабочую поверхность втулки, поршня и колец дизельным маслом; обжав приспособлением кольца, опускают поршень во втулку; установив во втулку приспособление, удерживающее поршень во втулке, опускают комплект в блок дизеля и соединяют с шатунными шейками коленчатого вала дизеля.

12.3. Сборка тягового электродвигателя

Рассмотрим порядок сборки ТЭД в процессе ремонта ТР-3, при котором магнитная система (главные и добавочные полюса) не разбираются.

В гнезде подшипниковых щитов монтируют наружные кольца вместе с роликами, обеспечивая радиальный зазор для малого подшипника $0,05 \div 0,17$ мм, а для большого – $0,09 \div 0,22$ мм. Затем монтируют подшипниковый щит по меткам спаренности, перед установкой остова нагревают индукционным нагревателем до температуры $120 \div 140^{\circ}$ С. При горизонтальной сборке ТЭД монтируют большой подшипниковый

щит на вал якоря, на который ранее установили лабиринтовые уплотнения и внутреннюю обойму подшипника. Нагревают остов и монтируют якорь вместе с подшипниковым щитом по меткам спаренности. Крепят в определенной последовательности болтовые соединения и производят контроль качества сборки: измеряют радиальный зазор в подшипниках, осевой разбег якоря, плотность посадки подшипниковых щитов в остове, зазор между крышкой подшипника и щитом, проверяют состояние коллекторно-щеточного узла и зазоры между полюсами и якорем (технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу).

12.4. Сборка колесо-моторного блока

Порядок подбора и монтажа ведущей шестерни на вал якоря следующий: проверяют по краске плотность прилегания сопрягаемых поверхностей вала и шестерни. Общая площадь прилегания должна быть не менее 75 % площади каждой из сопрягаемых поверхностей. При недостаточном прилегании шестерню притирают по конусу вала, при этом последний должен находиться в вертикальном положении. Проверяют расстояние от внутренней кромки в выточке шестерни до торца вала, которое при плотной посадке холодной шестерни должно быть не менее 1,5 мм (рис. 1.50).

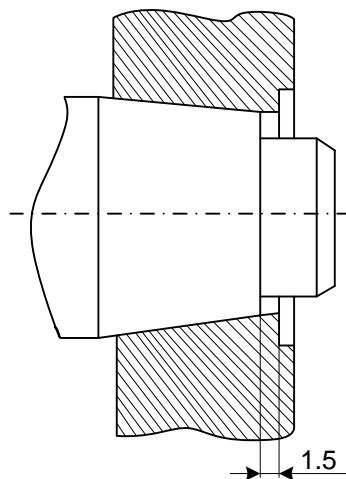


Рис. 1.50. Посадка шестерни на вал якоря ТЭД

Перед посадкой шестерню нагревают до температуры $120 \div 160^{\circ} \text{C}$. После насадки шестерни проверяют глубину ее посадки от наружного торца до крышки якорного подшипника, которая должна быть $150 \div 155$ мм. При этом необходимо выдержать осевой натяг шестерни в пределах $1,3 \div 1,5$ мм.

ТЭД устанавливают так, чтобы постели МОП были расположены сверху. Вытирают салфеткой шейки колесной пары, устанавливают вкладыши, шпонки, смазывают вкладыши осевой смазкой. Колесную

пару опускают на вкладыши и устанавливают в среднее положение (на одинаковом расстоянии от торца вкладышей). Проверяют боковой зазор и прилегание зубьев. Прилегание должно быть не менее 70% по длине и 40% по высоте зуба. Смазывают верхние вкладыши и устанавливают их по меткам спаренности до упора в шпонки горловины остова. Ставят пылевоздушный кожух. Монтируют крышки МОП. Измеряют зазор «на масло» в МОП и осевой разбег ТЭД на оси колесной пары (технология замеров подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу). Монтируют polyesterное устройство, предварительно пропитав его в осевом масле в течение 2÷3 ч при температуре 50÷60⁰С. Монтируют кожух зубчатой передачи при этом обеспечивают зазор между кожухом и шестерней не менее 6 мм при крайнем положении колесной пары.

12.5. Сборка тележек

Чтобы опустить раму тележки на колесо-моторные блоки (КМБ), последние устанавливают на подъемнике А494 так, чтобы носики винтов подъемника вошли во впадины приливов каждого ТЭД. Колесную пару с обеих сторон заклинивают. Затем винтами подъемника поворачивают ТЭД вокруг осей колесных пар так, чтобы нижняя поверхность остова расположилась под углом 17÷20⁰ к горизонту. После этого раму тележки с навешенным рессорным подвешиванием и тормозным оборудованием опускают на КМБ до тех пор, пока пружинные подвески, установленные на раме, не сядут на носики приливов остова ТЭД. После этого опускают раму и ТЭД подъемниками до тех пор, пока рама полностью не сядет на буксы. Затем ставят воздушные и песочные трубы, соединяют концы выводных кабелей ТЭД. У челюстных тележек устанавливают согласно меткам подбуксовые струнки. Патрубки песочных труб устанавливают так, чтобы они были направлены вдоль рельсов, отстояли от их головок на 50÷60 мм и не касались бандажей.

При сборке бесчелюстной тележки на буксы устанавливают комплекты пружин. После опускания рамы заводят верхние поводки в зевы буксы и устанавливают болты. Затем выворачивают технологические болты из пружинных подвесок и устанавливают нижние поводки. Болты крепят моментом 150 кГс•м. После сборки проверяют зазор между хвостовиком поводка и дном паза, который должен быть в пределах 5±2 мм.

Для нормального вписывания тепловоза в кривые, обеспечения равномерного износа гребней бандажей необходима колесные пары располагать в тележке так, чтобы середины осей совпадали с продольной осью рамы тележки, свободный разбег в буксах крайних колесных пар составлял 3+1 мм, а для средних – 28+1 мм, оси колесных пар были перпендикулярны оси рамы тележки. Порядок регулирования осевого разбега колесных пар челюстной тележки:

- регулируют симметричность расположения колесных пар относительно оси тележки, путем определения толщины меченных прокладок K_M (прокладки имеют два отверстия $\varnothing 10$ мм). Для этого сдвигают буксы колесных пар до упора в торец оси. С каждой стороны колесной пары определяют размер A (рис. 1.51), т.е. расстояние от узкого наличника буксы до внутренней грани бандажа, затем рассчитывают меченные прокладки, мм

$$K_M = A_{MAX} - A_{MIN} \quad (1.56)$$

Меченные прокладки устанавливают с той стороны, у которой A_{MAX} ;
 - регулируют свободный разбег колесных пар, путем определения толщины регулировочных прокладок P_C и P_K , помещенных между крышкой и осевым упором, мм

$$\text{для средних колесных пар } P_C = 28^{+1} - (a + b + c + d) \quad (1.57)$$

$$\text{для крайних колесных пар } P_K = 3^{+1} - (a + b + c + d) \quad (1.58)$$

где a, b – зазоры между рабочими поверхностями узких наличников буксы и буксового выреза рамы тележки соответственно с правой и левой стороны; c, d – зазоры между осевым упором буксы и торцом оси колесной пары соответственно с правой и левой стороны рамы;
 - окончательно определяют толщину регулировочных прокладок у правой и левой букс одной колесной пары за вычетом толщины меченных прокладок

$$P_P, P_L = (P_{C(K)} - K_M) / 2 \quad (1.59)$$

Допускаемая разность толщины прокладок не более 0,5 мм. Меченные прокладки ставят только на ту буксу, где они были установлены до регулировки свободного поперечного разбега колесных пар.

Осевые разбеги колесных пар бесчелюстных тележек обеспечиваются конструктивно и специально не регулируются. Для крайних колесных пар разбег должен быть в пределах $3 \div 4$ мм, а для средних – 28 мм. Для отличия букс на их крышках наносится маркировка КР и СР высотой букв 10 мм.

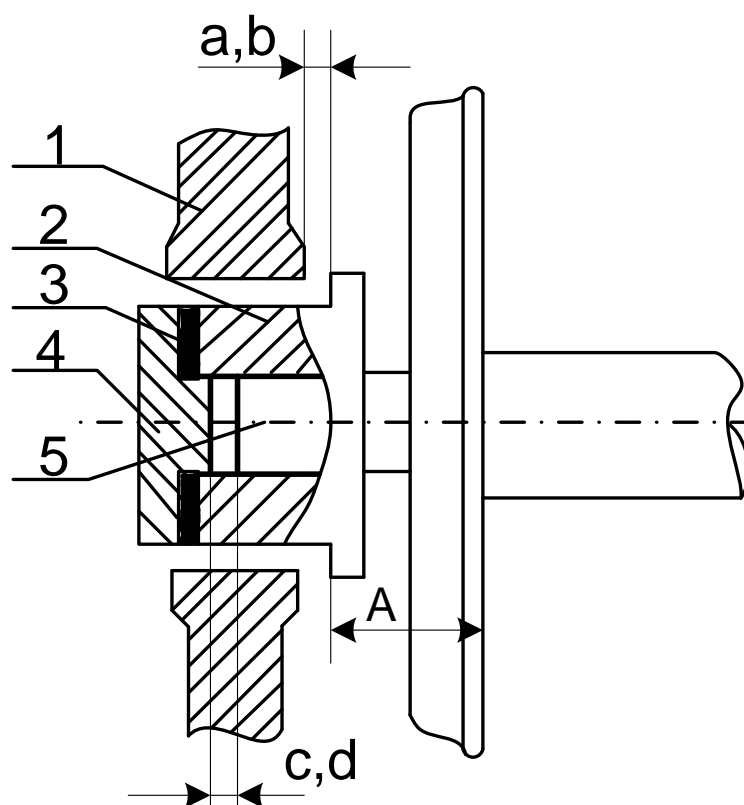


Рис. 1.51. Регулировка свободного разбега колесных пар: 1 – рама тележки; 2 – корпус буксы; 3 – прокладки; 4- упор; 5 – шейка оси

Проверка качества сборки челюстной тележки. Качество сборки рессорного подвешивания контролируют на ровном и прямом участке рельсового пути после предварительной прокатки тепловоза (рис. 1.52). Для этого измеряют расстояние «в» между верхом концевой подвески и рамой тележки. У полностью экипированном тепловоза оно должно быть не менее 35 мм. Проверяют размер «С» между аркой буксы и рамой тележки, который должен быть не менее 40 мм.

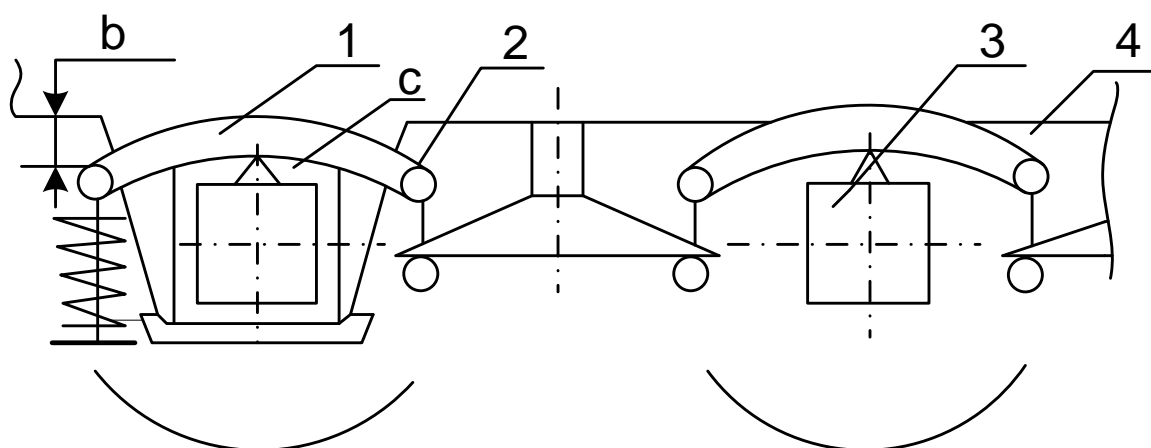


Рис. 1.52. Проверка качества сборки рессорного подвешивания у челюстной тележки: 1 – балансир; 2 – рессорная подвеска; 3 – букса; 4 – рама тележки

Контролируют непараллельность балансиров относительно рамы тележки, которая допускается не более 5 мм, а минимальное Расстояние между ними – не менее 4 мм. Непараллельность листовых рессор допускается не более 7 мм.

Регулировку рессорного подвешивания осуществляют за счет:

- изменения высоты опорных точек балансиров путем постановки сменных опор под балансиры в буксах с различной высотой головок в пределах от 20 до 28 мм;
- постановки прокладок (толщиной не более 4 мм) между опорами листовых рессор и коренными листами;
- постановки круглой прокладки толщиной не более 10 мм и не менее 4 мм между пружинами и опорными поверхностями.
- **регулировка рессорного подвешивания путем изменения плеч балансиров запрещается.**

Проверка качества сборки бесчелюстной тележки. У полностью экипированного тепловоза на прямом горизонтальном пути проверяют зазор «а» (рис. 1.53) между головкой верхнего буксового поводка со стороны буксы и рамой тележки, который должен быть не менее 40 мм. Зазор «в» между стержнем буксового поводка и крылом буксы, который должен быть на расстоянии 240 мм не менее 30 мм. Проверяют зазор между хвостовиком поводка и дном паза ($3 \div 7$ мм).

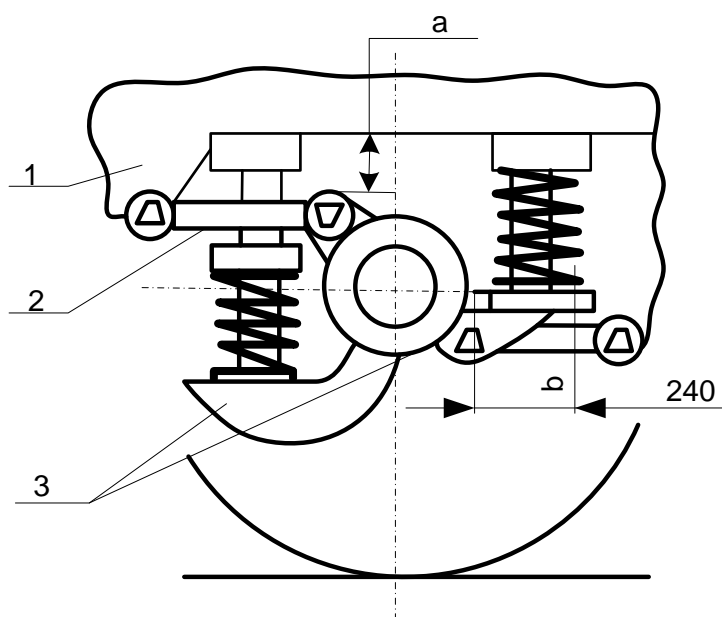


Рис. 1.53. Проверка качества сборки бесчелюстной тележки: 1 – рама тележки; 2 – поводок; 3 – крыло буксы

Вопросы для самоподготовки

1. Как проверяют качество укладки коленчатого вала?
2. Как монтируется якорь ТЭД при горизонтальной сборке?
3. Как проверяют качество сборки подшипникового узла ТЭД?
4. Как проверяют качество притирки шестерни на вал якоря?
5. Как проверяют качество сборки КМБ?
6. В каком порядке монтируется бесчелюстная тележка на КМБ?
7. Для чего проводится регулировка осевого разбега колесных пар?
8. Чем регулируют симметричность расположения колесных пар?
9. Как регулируют свободный разбег колесных пар?
10. Что нужно измерить, чтобы проверить качество сборки рессорного подвешивания челюстной тележки?
11. Что нужно измерить, чтобы проверить качество сборки рессорного подвешивания бесчелюстной тележки?

Рекомендуемая литература [1, 7]

Лекция 13. ИСПЫТАНИЕ ОБЪЕКТА РЕМОНТА

План лекции:

- 13.1. Цель и: задачи испытания.
- 13.2 Испытания тягового электродвигателя.
- 13.3. Испытания колесо-моторного блока.
- 13.4. Реостатные испытания тепловозов

13.1. Цель и:задачи испытания

После ремонта основные агрегаты и тепловоз обкатывают, проверяют и испытывают для того, чтобы приработать трущиеся поверхности деталей; проверить качество ремонта и сборки, а также проверить параметры агрегатов; отрегулировать узлы и агрегаты; проверить герметичность соединений трубопроводов воды, топлива, масла и воздуха; проверить пусковые качества дизеля. Различают стендовые, реостатные и обкаточные испытания, которые выполняют после текущих и капитальных ремонтов. Стендовым испытаниям подвергают узлы до монтажа их на дизель или тепловоз: форсунки, ТНВД, водяные и масляные насосы, турбокомпрессоры, редукторы, вентиляторы, электрические машины и т.д.

После реостатных испытаний, тепловоз подвергается обкаточным испытаниям на тракционных путях локомотивного депо, с целью

проверки: качества сборки экипажной части, правильности подключения ТЭД при движении тепловоза по каждой группе с проверкой узла боксования; работы песочниц, системы управления и скоростемера.

Окончательно тепловоз подвергают обкатки на магистральных путях ОАО РЖД на расстоянии не менее 40 км. Обкатка производится с участием приемщика локомотивов, при этом проверяется: мощность ТГ, срабатывание реле переходов, ослабление возбуждения ТЭД, работа тормозных приборов. Непосредственно после обкатки измеряется сопротивление изоляции силовых (не менее 1 МОм) и вспомогательных цепей (не менее 0,5 МОм). Ниже рассмотрим стендовые испытания ТЭД.

13.2. Испытания ТЭД после ремонта

Испытания на холостом ходу. Перед испытанием ТЭД проверяют состояние рабочей поверхности коллектора, щеточного аппарата, правильность маркировки и расположения выводных кабелей и проводов. Проворачиванием якоря вручную убеждаются в свободном его вращении, нет ли касания обмоток о подшипниковый щит и ступов в подшипниках при крайнем положении якоря.

Испытания проводят на стенде А 851. ТЭД устанавливают на резиновый коврик, кабели Я1 и К1 подключают к стенду, а Я2 и К2 соединяют между собой. Охлаждение осуществляется за счет естественной подачи воздуха при открытых смотровых люках. В качестве примера рассмотрим испытания ТЭД типа ЭД118:

- проводят приработку щеток при частоте вращения 585 об/мин, в течение 30 мин;
- проверяют уровень вибрации на подшипниковых щитах со стороны коллектора и шестерни в плоскости перпендикулярной оси вращения. Уровень вибрации не должен превышать 4 мм /с;
- проверяют работу подшипников на слух с помощью стетоскопов или электронных приборов;
- проводят испытание на нагрев от трения щеток и работы подшипников при максимальной частоте вращения в течение 1 ч без подачи охлаждающего воздуха. При этом температура коллектора и подшипников не должна превышать 95° С;
- после испытаний проверяют качество притирки щеток. У хорошо притертой щетки контактная поверхность (не менее 75% площади) должна иметь блестящий вид с почти незаметными рисками.

Испытания ТЭД под нагрузкой. Испытывать электрические машины под нагрузкой можно методами взаимной или непосредственной нагрузки. При первом методе испытанию подвергаются две однотипные машины (при этом потребляется малое количество энергии) и осуществляется простое регулирование нагрузки и режима работы

машины. Этот метод, как правило, используют при испытании ТЭД мощностью более 100 кВт. При нем две механически соединенные машины нагружают друг друга, причем одна из них работает в режиме двигателя, а другая – в режиме генератора. Электрическую энергию, вырабатываемую генератором, потребляет испытуемый двигатель, а потери в машинах покрывают за счет внешних источников (работа стенда подробно изложена в лабораторных работах по данному курсу).

Метод непосредственной нагрузки применяют для испытания машин мощностью менее 100 кВт. Его преимуществом являются простота конструкции стенда, наличие одного питающего генератора, высокая устойчивость работы схемы. В тоже время он требует значительного расхода электроэнергии, использования питающего генератора большой мощности и нагрузочного устройства, рассчитанного на полную мощность испытуемой машины.

Приемосдаточные испытания электрических машин проводят по следующей программе:

- измеряют сопротивления обмоток при постоянном токе в холодном состоянии;
- проводят испытание на нагревание;
- проверяют частоту вращения и реверсирования;
- проводят испытание на повышенную частоту вращения;
- проводят пятиминутное испытание электрической прочности межвитковой изоляции;
- проверяют биения коллектора (на нагретой машине);
- проверяют коммутацию;
- измеряют сопротивления изоляции обмоток в горячем состоянии;
- определяют омическое сопротивление обмоток в горячем состоянии;
- проводят испытание электрической прочности изоляции обмоток.

Ниже рассмотрим технологию выполнения основных операций на примере ТЭД типа ЭД118.

Измерение сопротивления обмоток в холодном состоянии. К измерению сопротивления обмоток в холодном состоянии приступают тогда, когда температура всех ее частей не будет отличаться от температуры окружающего воздуха более чем на 3° . Омическое сопротивление измеряют миллиомметром или методом амперметра-вольтметра. Если температура во время замеров отличается от $+20^{\circ}\text{C}$, то найденное сопротивление пересчитывают к заданной температуре по формуле, Ом

$$R_{20} = R_x [1 + \alpha (20 - t_x)] \quad (1.60)$$

где R_x – найденное сопротивление обмотки; t_x – температура обмотки при замере

При выпуске из капитального ремонта сопротивление R_{20} не должно отличаться от номинального более чем на 10% в большую или меньшую сторону.

Испытание на нагревание. ТЭД испытывают на нагревание в течение 1 ч без вентиляции на следующих режимах: $U = 470$ В, $I = 575$ А (по 30 мин в обоих направлениях), при этом не допускается превышение температуры обмоток более 140° С для якоря, 155° С для главных полюсов, 155° С для добавочных полюсов, 95° С для коллектора и 100° С для подшипников. Для определения температуры обмоток из всех известных способов наибольшее распространение получил метод сопротивления, который является наиболее простым и позволяет с достаточной точностью установить среднюю температуру обмотки. Превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды рассчитывается по формуле

$$\Delta = [(R_H - R_X) / R_X] (235 + t_X) \quad (1.61)$$

где R_H , R_X – сопротивление обмотки соответственно в нагретом и холодном состояниях; t_X – температура обмотки в холодном состоянии

Необходимо учесть, что при измерении сопротивления обмотки якоря щупы прибора необходимо подсоединять к тем же коллекторными пластинам, на которых измерялось их сопротивление в холодном состоянии.

Проверка скоростных характеристик. Производят в обоих направлениях вращения якоря, путем измерения его частоты вращения дистанционным тахометром при номинальной мощности. Для ТЭД ЭД118 частота вращения должна быть в пределах 585 об/мин, отклонение не должно превышать $\pm 4\%$. Разность между частотам вращения в одну и другую сторону должна быть не более 4%.

Испытание на повышенную частоту вращения. Цель испытания – проверка механической прочности частей якоря. Испытание проводят на холостом ходу нагретой машины в течение 2 мин, при оборотах, превышающих максимальные на 25 % (для постоянно соединенных последовательно ТЭД – на 35%). После испытаний не должно быть повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации: размотки бандажа, ослабления коллекторных пластин и др.

Испытание электрической прочности межвитковой изоляции. Данное испытание проводят на установках типа ИУ-57, ИУ-80, об этом подробно рассказывалось в разделе, посвященном контролю состояния проводников.

Проверка биения коллектора. Эта операция выполняется с помощью индикатора часового типа и она подробно изложена в лабора-

торной работе № 11. Для всех ТЭД биение коллектора при рабочей температуре не должна превышать 0.06 мм.

Проверка коммутации. Проверку коммутации для ТЭД производят на трех режимах при полном поле и при ослабленном (на 36%), в течение 30 с в каждую сторону вращения. При изменении вращения допускается работа ТЭД на холостом ходу в течение 5÷15 мин для притирки щеток. Оценку качества коммутации производят по степени искрения под сбегаящим краем щетки с помощью индикатора искрения типа ИИ-1 или визуально. Согласно ГОСТ 2582-81 установлено пять степеней искрения:

1 – искрение отсутствует (темная коммутация);

$1\frac{1}{4}$ - слабое точечное искрение под небольшой частью щетки у 1/4 щеток;

$1\frac{2}{2}$ - слабое искрение под большей частью щетки у 1/2 щеток;

2 – искрение под всем краем щетки у всех щеток;

3 – значительное искрение под всем краем щетки с наличием крупных и вылетающих искр.

При испытаниях не должно возникать кругового огня или механических повреждений коллектора и щеткодержателей. Коллектор должен быть пригоден для дальнейшей работы без очистки или какого-либо ремонта. Коммутация машины считается удовлетворительной если степень искрения не превышает $1\frac{1}{2}$. Обычно при коммутации степени

2 на коллекторе появляются следы почернения, неустранимые протиранием поверхности коллектора бензином, а при степени 3 почернение коллектора становится значительным и наблюдается подгар и разрушение щеток. Основные причины, нарушающие коммутацию, подробно изложены в лабораторной работе №19. Поэтому остановимся на той, которая не рассматривалась при выполнении работы - определение зоны безыскровой работы.

Зона безыскровой работы проводится методом подпитки и отпитки добавочных полюсов. При правильно подобранных добавочных полюсах границы безыскровой коммутации должны располагаться симметрично относительно горизонтальной оси нагрузки электрической машины. Порядок определения зоны безыскровой работы следующий. Собирают последовательно электрическую цепь из обмотки якоря и обмоток добавочных полюсов испытываемой машины, амперметра постоянного тока с нулем в середине шкалы и выключателя (рис.1.54). К обмотке одного из добавочных полюсов через переключатель, позволяющий изменять направление тока, подключают вспомогательный генератор Г1, последовательно соединенный с амперметром постоянного тока. Ток подпитки регулируют резистором, включенным последовательно в цепь независимой обмотке возбуждения вспомога-

тельного генератора Г2. Ток подпитки изменяют до тех пор, пока не исчезнет искрение. Если искрение исчезает при подпитке, то магнитный поток добавочных полюсов слабый и зазор между ними и якорем следует уменьшить. Если искрение исчезает при отпитке, то зазор следует увеличить.

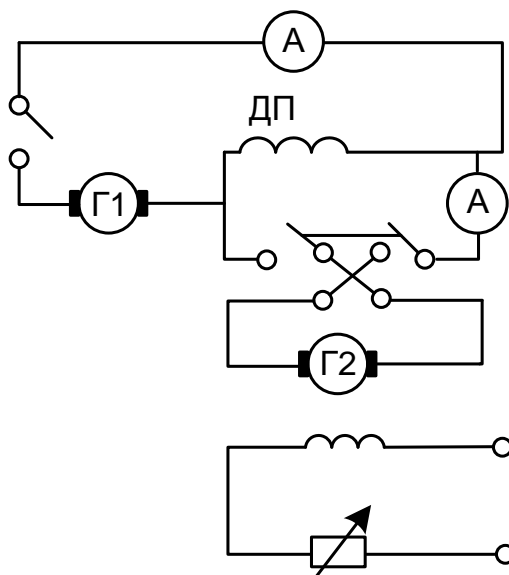


Рис. 1.54. Схема определения зоны безыскровой работы: Г1, Г2 - генератор; ДП – добавочные полюса

Расчет необходимого зазора производится по формуле

$$\Delta_H = \Delta / [1 \pm (I / I_{\text{я}} (Q / Q - 1))] \quad (1.62)$$

где Δ_H – новый зазор, мм; Δ – имеющийся зазор, мм; I – ток отпитки или подпитки; $I_{\text{я}}$ – ток якоря, А; Q – отношение ампер-витков

$$Q = A_{\text{вдп}} / A_{\text{вя}} \quad (1.63)$$

где $A_{\text{вдп}}$, $A_{\text{вя}}$ - ампер- витки соответственно добавочных полюсов и якоря

Знак «+» берется если помогает подпитка, знак «-» если помогает отпитка.

13.3. Испытание колесо-моторного блока

Испытание на холостом ходу. Перед испытанием кабели ТЭД подключают к испытательной станции, моторно-осевые и буксовые подшипники заполняют смазкой. Испытания производят при частоте вращения 350÷450 об/мин (5,8÷6,6 1/с), в течение 30 мин в одну и дру-

гую сторону. Колесная пара должна вращаться без рывков и заеданий зубчатой передачи, моторно-осевых, якорных и буксовых подшипников. Все подшипниковые узлы должны нагреваться не более чем на 55°C выше температуры окружающей среды. После испытаний производится полная заправка кожухов зубчатой передачи.

Испытания под нагрузкой. Испытание проводят на специальном стенде, позволяющем создавать статическую нагрузку на буксы колесной пары. Продолжительность обкатки 1 ч (по 30 мин в каждую сторону). Обкатку КМБ начинают с малых частот вращения якоря ТЭД при нагрузке на буксу 10 кН, затем частоту вращения постепенно увеличивают до 180 об/мин ($3,2 \div 4,2$ 1/с), а нагрузку на буксы доводят до 40 кН.

Несмотря на то, что после сборки многие узлы и агрегаты проходят обкатку и регулировку на стендах, качество их ремонта, правильность регулировки и монтажа на локомотиве, как правило, выполняют при работе взаимосвязанных элементов оборудования под нагрузкой. Такая нагрузка для узлов экипажной части и ТЭД создается при ведении поезда. Кузовное оборудование тепловозов в режиме поездной службы можно испытать от стационарной установки (рис. 1.55) или используя сопротивления реостатного тормоза. В первом случае используют водяной реостат, создающий нагрузку для тягового генератора.

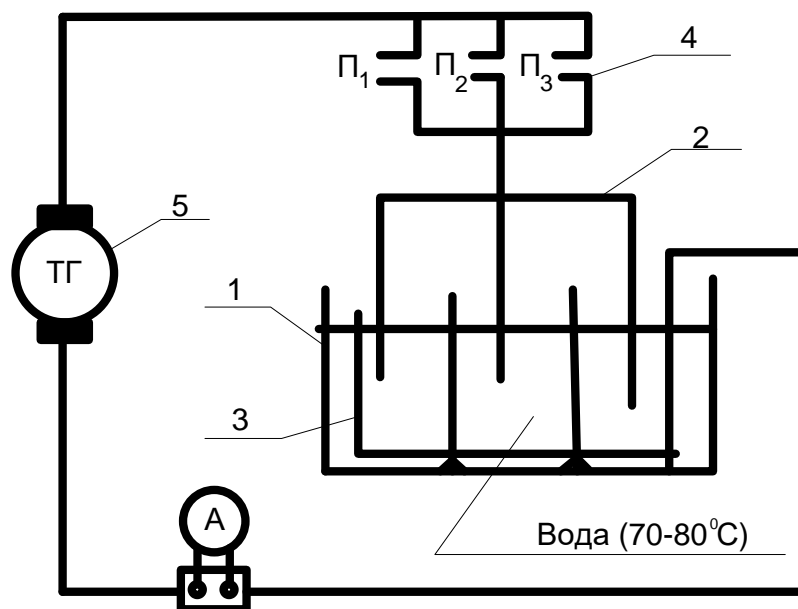


Рис. 1.55. Схема подключения тягового генератора к реостатной установке: 1 – бак с водой; 2 – подвижные пластины (5 шт); 3 – неподвижные пластины (6 шт); 4 – поездные контакторы; 5 – якорь тягового генератора

Для качественной регулировки мощности дизель-генераторной установки (ДГУ) подвижные пластины имеют треугольную форму, воду в баке подсаживают. Реостатные испытания делятся на два вида: контрольные и полные. Контрольные испытания проводят после ТР-1 или при ремонте или замене крупных узлов (при замене одного поршня, втулки цилиндров, турбокомпрессора, тягового генератора и т.д.). Полным испытаниям тепловозы подвергают после ремонтов ТР-2, ТР-3, СР и КР. Цель контрольных реостатных испытаний - проверка тепловых параметров дизеля, внешней характеристики тягового генератора, работы реле переходов. Цель полных реостатных испытаний: на первом этапе (обкаточном) – взаимная приработка деталей, окончательная обкатка регулируемых узлов дизеля, электрического оборудования и вспомогательных агрегатов, а также устранение мелких недоделок монтажа. На втором этапе (сдаточном) – сверка параметров ДГУ при работе на максимальной нагрузке с заданными параметрами, а также сдача отремонтированного тепловоза приемщику локомотивов. Ниже рассмотрим технологию проведения реостатных испытаний тепловоза ТЭ10 с дизелем Д49.

Обкаточные испытания. После подсоединения тепловоза к реостатной установке проверяют величины сопротивления изоляции электрических цепей тепловоза. При замерах сопротивления изоляции необходимо:

- отключить рубильник реле заземления;
- отключить аккумуляторную батарею рубильником ВБ, автоматы «освещение», «локомотивная сигнализация», «радиостанция»;
- отключить аппараты, содержащие полупроводниковые приборы. Измерение сопротивления изоляции производят мегомметром напряжением 500В.

Сопротивление изоляции должно соответствовать ОСТ24.040.02 в холодном состоянии тепловоза и электрических машин:

- для высоковольтных цепей не менее _____ 1.5 МОм;
- цепей возбуждения главного генератора _____ 1.0 МОм;
- для низковольтных цепей _____ 0.5 МОм;
- между высоковольтной и низковольтной цепями ____ 1.5 МОм.

Если общее сопротивление одной из цепей ниже приведённого, то необходима поэлементная проверка цепей.

Подготовка к запуску дизеля. Запуск дизеля. Перед запуском дизеля проверяют:

- уровень масла в картере дизеля при работающем маслопрокачивающем насосе, уровень должен быть не ниже 20 – 30 мм верхней метки маслоуказателя;

- давление масла в системе по показанию приборов;
- уровень масла в регуляторе числа оборотов дизеля, который должен быть посередине маслоуказателя или с отклонением на 5 мм в большую сторону;
- уровень воды в расширительном баке по водомерному стеклу, который должен быть не менее 2/3 высоты водомерного стекла;
- наличие достаточного количества топлива в топливном баке;
- уровень масла в компрессоре, который должен быть не выше верхней риски маслоуказателя;
- температуру воды и масла, которая должна быть не менее + 8° С.

Обкатка дизеля. После запуска дизеля проверяют и регулируют следующие параметры:

- величину разряжения в картере дизеля по дифференциальному манометру (100 мм. вод. ст.);
- механизм отключения топливных насосов;
- давления масла на входе в дизель (не менее 0,18-0,29 МПа);
- срабатывание термореле воды ($95 \pm 1,5$)°С и масла (87 ± 1)°С;
- напряжение вспомогательного генератора (75 В).

Затем производится обкатка и настройка дизеля на режимах, приведенных в табл. 1.16.

Таблица 1.16

Режимы обкатки ДГУ с дизелем типа Д49

Позиция контроллера машиниста	Частота вращения кол. вала, об/мин	Нагрузка по приборам нагрузочно-го реостата, кВт	Продолжительность режима, мин
1	400	40 - 90	5
2	430	200	10
3	465	340	10
4	495	470	15
9	660	1160	20
12	775	1480	30
13	785	1600	30
14	820	1735	30
15	850 + 10	1785 – 1825	60

После обкатки на 4,9 и 14 –й позиции контроллера машиниста дизель останавливают для осмотра трущихся частей, устранения замеченных неисправностей и регулировки.

Время, затраченное на устранение обнаруженных неисправностей, в обкаточное время не учитывается.

При обкаточных испытаниях должны быть проверены и отрегулированы:

- частота вращения коленчатого вала;
- срабатывание предельного регулятора частоты вращения (980 об/мин), при этом должна сработать и воздушная запорная задвижка;
- давление сжатия по цилиндрам на нулевой позиции контроллера машиниста, при отключенной подаче топлива, (7.36 МПа), регулируется величиной камеры сжатия;
- нагрузка по цилиндрам: температура выпускных газов на выходе из цилиндров (не более 580⁰С, а разница не более 100⁰С). Повышение температуры окружающей среды на 10⁰ С по сравнению с нормой (+20⁰ С) увеличивает температуру выпускных газов на 20⁰ С; максимальное давление сгорания в цилиндрах (не более 14 МПа, разница не более 1,0 МПа). Повышение температуры окружающей среды на 10⁰ С понижает давление сгорания на 0,06 МПа. Температуру выпускных газов регулируют изменением положения рейки топливного насоса, а давление сгорания – углом опережения подачи топлива;
- давление надувочного воздуха (0,155 - 0,185 МПа);
- температуры воды, масла и топлива на максимальной позиции и при максимальной мощности тягового генератора;
- статический напор воздуха над коллекторами ТЭД при максимальной позиции контроллера машиниста;
- срабатывание термолере;
- исправность системы аварийного питания дизеля топливом под нагрузкой;
- вибрация тягового генератора и турбокомпрессора.

Регулировка приведенной мощности ДГУ. Мощность дизеля во многом зависит при прочих равных условиях от давления P_B и температуры атмосферного воздуха t_{OC} . По мере увеличения t_{OC} и уменьшения P_B воздух становится разреженнее, его плотность уменьшается и, следовательно, меньше воздуха поступает в цилиндры дизеля для сгорания того же количества топлива. Установлено, что при подъеме тепловоза на каждые 100 м над уровнем моря мощность дизеля падает на 15 кВт. Поэтому, если при реостатных испытаниях не учитывать влияние t_{OC} и P_B , особенно в летнее время, то в эксплуатации произойдет перегрев дизеля. Чтобы этого не произошло, необходимо регулировать дизель на приведенную мощность, т.е. на мощность соответствующую P_B и t_{OC} на участке, где будет эксплуатироваться тепловоз. Приведенную мощность регулируют изменением внешней характеристики тягового генератора, которая входит составной частью в регулировку электрического оборудования. Для этого проверяют и настраивают: работу БРН на всех позициях контроллера машиниста; ток зарядки аккумуляторной батареи; внешнюю характеристику тягового генератора, аварийную схему возбуждения и аварийную схему

работы топливной системы; работу реле переходов, системы автоматики холодильника и его ручного управления.

Настройка внешней характеристики тягового генератора.

Сначала настраивают селективную характеристику тягового генератора на 15-й позиции (регулирующую обмотку необходимо отключить). При токе 1800 – 2000 А изменением сопротивления в цепи обмотки управления амплитата регулируют наклон снимаемой характеристики так, чтобы она была параллельна кривой 1 (рис.1.56.) Затем настраивают внешнюю характеристику при включенной регулирующей обмотке амплитата на 15-ой позиции контроллера машиниста при токе 1800 – 2000 А и напряжении не более 750 В так, чтобы она была похожа на кривую 2.

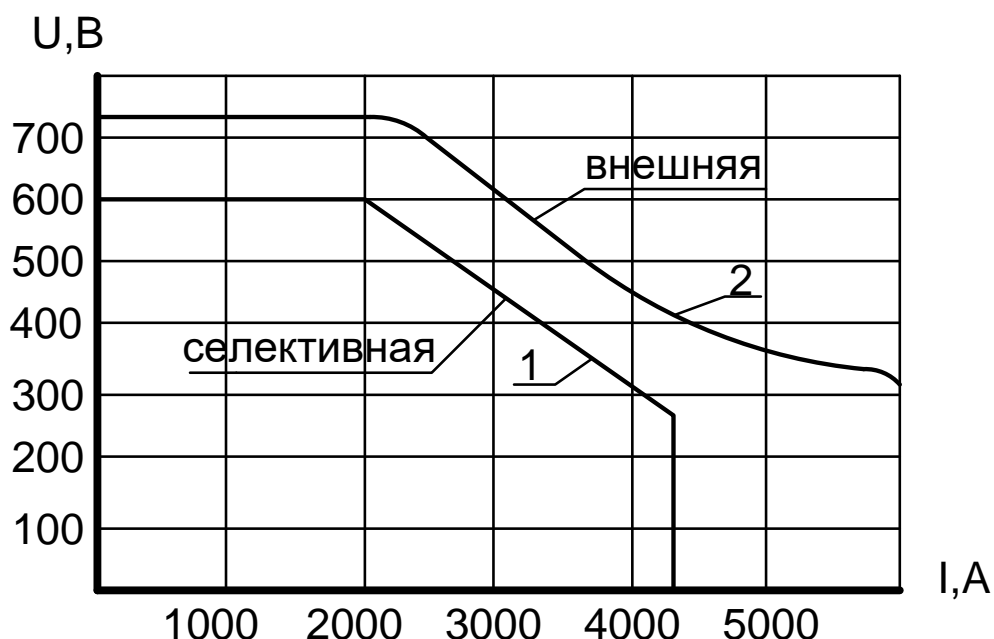


Рис. 1.56. характеристики тягового генератора

Сдаточные испытания. Сдаточные испытания производят на режимах, указанных в табл. 1.17. Перед началом испытаний проверяют продолжительность пуска дизеля. Длительность пуска не должна превышать 30 с при прогревом дизеле (с момента включения пусковых контакторов).

Таблица 1.17

Режимы сдаточных испытаний ДГУ с дизелем Д49

Позиция контроллера машиниста	Частота вращения коп. вала,	Нагрузка по приборам нагрузочного реостата,	Продолжительность режима, мин
-------------------------------	-----------------------------	---	-------------------------------

	об/мин	кВт	
9	660	1160	5
14	820	1735	15
15	850	1785 - 1825	40

Мощность ДГУ на 15 – ой позиции контроллера машиниста, при всех включенных потребителях на максимальную мощность, соответствует работе дизеля при температуре + 20⁰ С и давлении 101,3 МПа.

В случае, если во время или после сдаточных испытаний производилась замена деталей и узлов дизеля, проводятся повторные испытания, по режимам, указанным в Руководстве по ТО и ТР тепловозов ТЭ10.

Вопросы для самопроверки

1. Каким испытаниям подвергают объекты и тепловоз после ремонта?
2. Что проверяют при обкатке ТЭД на холостом ходу?
3. Какие существуют методы испытания электрических машин под нагрузкой?
4. В чем преимущества испытания электрических машин методом взаимной нагрузки?
5. Как измеряют сопротивление обмоток?
6. Каким способом определяют температуру нагрева обмоток?
7. Какие существуют степени искрения электрических машин?
8. На каких режимах испытывают КМБ на холостом ходу?
9. За счет чего обеспечивается нагрузка на буксы при испытании КМБ?
10. Какова цель реостатных испытаний тепловозов?
11. Какие виды реостатных испытаний применяют в локомотиворемонтных предприятиях?
12. Каким образом производится нагружение ДГУ?
13. Какие параметры проверяют и регулируют при обкаточных испытаниях?
14. Как оценивается цилиндровая мощность при обкаточных испытаниях?
15. Что такое приведенная мощность ДГУ?
16. Как настраивается внешняя характеристика тягового генератора?

17. Какова цель сдаточных испытаний тепловоза?

Рекомендуемая литература [1, 7, 10]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсе представлены лекции по дисциплине «Производство и ремонт подвижного состава», который читается студентам по специальности 190300.65 «Подвижной состав железных дорог» в течение 7-го и 8-го семестров. В основу лекций положен материал, изложенный в учебнике доцента Рахматуллина М.Д. «Технология ремонта тепловозов». В связи с тем, что учебник выпущен в 1983 г., в лекциях использовались сведения из действующих нормативных документов и новые технологии восстановления и ремонта деталей и узлов подвижного состава, используемые в ремонтных предприятиях.

Для того, чтобы студент мог проверить свои знания после каждой лекции приводятся вопросы для самопроверки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рахматулин М.Д. Технология ремонта тепловозов. – М.: Транспорт, 1983.- 319 с.
2. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту тепловозов 2ТЭ10. – М.: ОАО «РЖД», 2004. – 135 с.
3. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту тепловозов 2ТЭ116. – М.: ОАО «РЖД», 2004. – 94 с.
4. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту тепловозов ТЭМ 2. – М.: ОАО «РЖД», 2004. – 87 с.
5. Дмитренко И.В. Современная технология ремонта локомотивов. Учебное пособие. – Хабаровск: ДВГУПС, 2007. – 122 с.
6. Дмитренко И.В. Текущий ремонт и техническое обслуживание локомотивов. Сборник лабораторных работ. – Хабаровск: ДВГУПС, 2005. – 77 с.
7. Правила ремонта электрических машин тепловозов. – М.: Транспорт, 1992. – 159 с.
8. Инструктивные указания по сварочным работам при ремонте тепловозов, электровагонов и мотор-вагонного подвижного состава. – М.: транспорт, 1997. – 357 с.
9. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 479 с.
10. Руководство по среднему и капитальному ремонту тепловозов серии ТЭП70. – М.: ОАО «РЖД», 2005. – 164 с.
11. Распоряжение №3р от 17.01.05 г. «О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД».
12. Б.Н. Суханов. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Б.Н. Суханов, И.О. Борзых, Ю.Ф. Бедарев. – М.: транспорт, 1985. – 223 с.
13. И.Ю. Белявский. Полимерные материалы при ремонте тягового подвижного состава / И.Ю. Белявский, Е.Л. Дубинский, В.А. Сурнин. – М. : Транспорт, 1987. – 126 с.
14. Н.И. Фильков. Поточные линии ремонта локомотивов в депо./ Н.И. Фильков, Е.Л. Дубинский, М.М. Майзель, И.Б. Стерлин. – М. :Транспорт, 1983. – 302 с.
15. Н.А. Костин, А.А. Куликов. Применение гальванотехники при ремонте подвижного состава. – М. : Транспорт, 1981. – 108 с.
16. Е.Л. Воловик. Справочник по восстановлению деталей. – М. : Колос, 1981. – 350 с
17. Технология производства и ремонта подвижного состава / Под ред. К.В. Мотовилова. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Маршрут, 2003. – 382 с.

18. Технология вагоностроения и ремонта подвижного состава / Под ред. В.С. Герасимова. – М.: Транспорт, 1988. – 331 с.
19. Быков, Б.В. Технология ремонта подвижного состава / Б.В. Быков, В.Е. Пигарев. – М.: Желдориздат, 2001. – 560 с.
20. Батюшин, Т.К. Технология вагоностроения, ремонта и надёжность подвижного состава / Т.К. Батюшин, Д.В. Быховский, В.С. Лукашук. – М.: Машиностроение, 1990. – 360 с.
21. Воробьёв, Л.Н. Технология машиностроения и ремонта машин / Л.Н. Воробьёв. – М.: Высшая школа, 1981. – 344 с.
22. Технология машиностроения : в 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Издательство МГТУ, 1997. – 560 с.
23. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения / И.М. Колесов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 591 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
Лекция 1 Характеристика производственного и технологического процессов.....	
Лекция 2 Проектирование технологических процессов механической обработки.....	
Лекция 3 Современные способы восстановления деталей.....	
Лекция 4 Основные положения по техническому обслуживанию и ремонту локомотивов	
Лекция 5. Основы технологии ремонта механических частей оборудования локомотивов.....	
Лекция 6. Очистка объекта ремонта.....	
Лекция 7. Контроль состояния механических частей.....	
Лекция 8. Способы измерения износа деталей.....	
Лекция 9. Технология ремонта механических частей оборудования локомотивов.....	
Лекция 10. Технология ремонта электрических частей оборудования локомотивов.....	
Лекция 11. Комплектование объекта ремонта.....	
Лекция 12. Сборка объекта ремонта.....	
Лекция 13. Испытание объекта ремонта.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	