

**ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИТ ЙЎЛЛАРИ “ДАТК”**  
**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

Кафедра «Локомотивы и локомотивное хозяйство»

**«Диагностирование дизеля на основе спектрального анализа  
масла.»**  
мавзусидаги

**МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ**

Муаллиф

Самиев А.С. ТВ-508 гуруҳ

Асосий маслахатчи.

Валиев М. Ш.Ассистент.

**Тошкент-2013**

# СОДЕРЖАНИЕ

## Введение

- 1 Характеристика локомотиворемонтного завода
  - 1.1 Назначение цехов и производственная программа
  - 1.2 Назначение цехов
  - 1.3 Производственная программа
  - 1.4 Состав цехов, отделений и производственных участков дизельного цеха
  - 1.5 Режим работы завода и фонды времени работы цеха, оборудования и рабочих.
  - 1.6 Определение ритма производства
  - 1.7 Расчет производственной рабочей силы
  - 1.8 Определение площади цеха и размещение подъёмно-транспортных средств
  - 1.9 Расчет потребности энергетических ресурсов цеха
- 2 Спектральный анализ дизельного масла
  - 2.1 Возможности комплексного анализа материалов средствами спектрального анализа
  - 2.2 Феррографический анализ
- 3 Использование спектрального анализа для оценки технического состояния дизеля
  - 3.1 Особенности частиц продуктов износа при задире металла в двигателе
  - 3.2 Особенности частиц продуктов износа при перегреве двигателя
  - 3.3 Неразрушающая диагностика дефектов двигателя
  - 3.4 Модели изнашивания деталей цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма дизеля
    - 3.4.1 Анализ модели изнашивания деталей ЦПГ и КШМ дизеля
    - 3.4.2 Исследование характера изнашивания компрессионных колец
  - 3.5 Многофункциональный оптико-эмиссионный спектрометр (МФС-12).
    - 3.5.1 Программное обеспечение

- 4 Расчет экономических показателей при диагностировании дизеля на основе спектрального анализа масла
  - 4.1 Расчет годовой программы при диагностировании дизеля на основе спектрального анализа масла
  - 4.2 Определение численности работников
  - 4.3 Расчет производительности труда
  - 4.4 Определение эксплуатационных (текущих) расходов (С)
    - 4.4.1 Расчет годового фонда оплаты труда (С<sub>фот</sub>)
    - 4.5 Определение отчислений на социальное страхование
    - 4.6 Расчет расходов на материалы
    - 4.7 Расчет расходов на электроэнергию
    - 4.8 Определение амортизационных отчислений (С<sub>а</sub>)
    - 4.9 Определение прочих расходов (С<sub>пр</sub>)
    - 4.10 Расчет общей суммы эксплуатационных расходов (С<sub>э</sub>)
    - 4.11 Определение себестоимости и расчетный ценный продукции участка
  - 5 Охрана труда и техника безопасности
    - 5.1 Применение диагностирования дизеля на основе спектрального анализа масла
    - 5.2 Виды горения и пожароопасные свойства веществ и материалов
    - 5.3 Специальная одежда, специальная обувь и предохранительные приспособления
- Заключение
- Список использованных источников

Транспорт является первым из важнейших отраслей материального производства. Он имеет большое значение в развитии экономики, повышение эффективности всего производства страны.

Железнодорожный транспорт занимает ведущее место в транспортной системе страны, выполняя 84,8 % грузооборота и 37,5 % пассажирооборота общего пользования. Проблема осложняется интенсивным старением локомотивного парка, что непосредственно сказывается на эффективности выполнения перевозочной работы. Модернизация существующего парка локомотивов и создание новых, более экономичных электровозов и тепловозов должны сопровождаться мерами по обеспечению качественного их содержания за счет совершенствования системы технического обслуживания, а также текущего и капитального ремонтов.

К числу мер, повышающих эффективность эксплуатации тягового подвижного состава, следует отнести масштабное внедрение встроенных, переносных и стационарных средств технического диагностирования состояния узлов и агрегатов, систем с формированием банка данных о состоянии локомотивов и их отдельных узлов для перехода на систему ремонта и технического обслуживания по фактическому состоянию.

Назревшая необходимость перехода на ремонт локомотивов по фактическому состоянию предполагает решение ряда задач, связанных с реализацией этого подхода:

- текущей объективной реальной техникой состояния узлов и агрегатов;
- создание системы непрерывного отслеживания технического состояния оборудования в эксплуатации при производстве технического обслуживания ремонта;
- ведение специального мониторинга – постоянный мониторинг для узлов и агрегатов, связанных с безопасностью движения поездов.

Реализация ремонта по фактическому состоянию требует наличия объективной и достоверной информации о текущем состоянии узлов и систем локомотива. Получение такого рода информации возможно при использовании комплекса диагностических средств, набор и функциональные возможности которых должны обеспечить необходимую полноту и достоверность диагностирования. Изложенные выше тенденции развития железнодорожного транспорта в целом и локомотивного хозяйства в частности определяют непрерывное поступление новой техники с неизвестными заранее характеристиками надежности отдельных узлов и систем, необходимыми для решения задач, связанных с организацией оптимального процесса диагностирования, ремонта и эксплуатации локомотивов. Необходимость на современном этапе рационального использования ресурсов, как в области эксплуатации, так и при решении задач организации диагностического процесса, определяет актуальность проблемы, связанной с дальнейшим развитием и совершенствованием системы технического диагностирования.

В последние годы особое внимание уделяется созданию методов диагностики состояния локомотивов без их разборки. Преимуществом этого направления является возможность повышения их надежности без значительных затрат на конструктивные изменения в локомотиве.

Большую группу составляют методы, основанные на определении технического состояния деталей двигателя по изменению параметров смазочного масла.

Смазочное масло в двигателе внутреннего сгорания работает в тяжелых условиях, будучи распределенным по большой поверхности, где оно подвергается действию высоких температур и химически активные продукты процесса сгорания. Как результат этого, смазочное масло должно систематически контролироваться, чтобы гарантировать работу двигателя с оптимальной эффективностью.

Тяжелые условия работы в двигателе приводят к химической деградации смазки с течением времени. Кроме того, смазочное масло подвергается загрязнению со стороны внутренних и внешних источников. Поэтому, измеряемые параметры определяются как химической деградацией масла, так и его загрязнением, причем обе причины могут приводить к нежелательным изменениям в функционировании и отказу механических узлов.

Для наблюдения процесса изнашивания деталей двигателя разработан целый ряд приборов, принцип работы которых основан на измерении электропроводности масла в зависимости от содержания в нем продуктов износа. С увеличением загрязненности масла различными примесями меняется цвет масла. Это свойство положено в основу метода «масляного пятна» и измерения оптической плотности масла.

Большое внимание уделяется исследованию и разработке методов, позволяющих количественно оценить степень износа деталей дизеля. Наибольшее распространение получил косвенный метод оценки износа путем определения концентрации продуктов износа в масле.

## **1. Характеристика локомотиворемонтного завода.**

### **1.1. Назначение цехов и производственная программа.**

Локомотиворемонтные заводы предназначены для производства капитальных ремонтов локомотивов в объеме КР-1 и КР-2, а также их агрегатов (дизелей, тяговых электродвигателей и т.п) для нужд локомотивных депо железных дорог и для предприятий промышленного транспорта.

Капитальный ремонт КР-1 служит для восстановления эксплуатационных характеристик, исправности и межремонтного

ресурса (срока службы) путем замены, ремонта изношенных и поврежденных агрегатов, узлов и деталей их модернизации.

Капитальный ремонт КР-2 служит для восстановления эксплуатационных характеристик, исправности и полного межремонтного ресурса (срока службы), а также для модернизации всех агрегатов, узлов и деталей, включая базовые, полной замены на новые проводов, кабелей и оборудования с выработанным моторесурсом (по установленному перечиню).

Кроме того, локомотиворемонтные заводы производят большое количество запасных частей как для собственного потребления, так и для поставки по кооперации другим заводам, а также эксплуатационным единицам железных дорог.

На локомотиворемонтных заводах параллельного с ремонтными работами на локомотивах выполняется значительная работа по совершенствованию конструкции эксплуатируемых локомотивов, выполняемая по плану модернизации. При этом конструктивно устаревшие узлы и агрегаты заменяются более совершенными, проводятся работы по повышению надежности и долговечности деталей и агрегатов в том числе для обеспечения безопасности движения.

## **1.2 Назначение цехов.**

Локомотиворемонтные заводы располагают необходимыми цехами, специализированными по выпуску определенных видов продукции или выполнению технологических операций.

Основными цехами завода называются цеха, которые непосредственно участвуют в изготовлении, ремонте и выпуске товарной продукции.

В свою очередь основные цеха разделяются по характеру производства на ремонтно-сборочные, обрабатывающие и заготовительные.

На тепловозоремонтном заводе в соответствии с производственным профилем, имеются следующие основные цеха:

-ремонтно-сборочные: тепловозосборочный, дизельный, электромашинный, тележечный, колесный, электроаппаратный;

-обрабатывающие: механический и гальванотермический;

-заготовительные: литейные (чугунолитейный с отделением цветного литья и на отдельных заводах-сталелитейный), кузнечно-рессорный.

Назначение ремонтно-сборочных цехов определяется их специализацией в соответствии с принятой структурой локомотиворемонтного завода.

### **1.3 Производственная программа.**

Производственная программа устанавливается с учетом производственной мощности и технической вооруженности завода, которые ежегодно определяются техническим паспортом предприятия и формируется на основании общего объема заказов депо и промышленных предприятий на ремонт локомотивов и их агрегатов, а также заказов на запасные части. Надежная эксплуатация наличного парка локомотивов и выполнение перевозок грузов могут осуществляться только в том случае, если все локомотивы

своевременно проходят заводской ремонт и в эксплуатации обеспечены достаточным количеством запасных частей. Это обстоятельство играет важную роль при установлении производственной программы заводов, так как их назначения и роль полностью удовлетворять нужды эксплуатации локомотивов в ремонте и обеспечении запасными частями.

Производственная программа завода по выпуску продукции устанавливается в номенклатуре и в денежном выражении. Номенклатурным планом предусматриваются все виды продукции и их количество как по ремонту локомотивов и их агрегатов по модернизации, так и по выпуску запасных частей.

Денежное выражение объемов выпуска продукции является производным от количества продукции, предусмотренной номенклатурным планом, и стоимости каждого вида продукции.

Производственная программа цеха – это перечень деталей, узлов, агрегатов и локомотива в целом, которые должны быть изготовлены цехам за месяц, квартал, год. Она служит исходной базой для расчета всех основных качественных и количественных показателей годового плана экономического и социального развития цеха.

Производственная программа проектируемого одного из основных цехов предусматривает выпуск из капитального ремонта первого и второго объемов 310 секций тепловозов ТЭП70БС в год.

Кроме того, проектируемому цеху планируется 10% выпуск из ремонта узлов и агрегатов локомотивов для прикрепленных к заводу локомотивных депо. Такая программа обеспечивает возможность применения наиболее прогрессивной организации и технологии локомотиворемонтного производства; при этом становится экономически рентабельным применение поточно-механизированных

и поточно-конвейерных линий для разборки, ремонта и сборки отдельных узлов, агрегатов и локомотива в целом.

При проектировании локомотиворемонтного завода многочисленная номенклатура изделий до 200 и более, изготавливаемых и ремонтируемых локомотиворемонтным предприятием, приводится к одному так называемому условному изделию (или условному комплекту), которое служит единой планово-учетной единицей для всех цехов. Таким условным изделием является условная секция локомотива (электровоза, тепловоза).

Таким образом, производственная программа для проектирования основных цехов, их отделений и участков (с учетом линейного задания в процентах от общего числа условных секций) для тепловозов определяется по форме табл.1.1

Таблица 1.1 Производственная программа дизельного цеха тепловозоремонтного завода

Наименование цеха ремонтируемых агрегатов и сборочных единиц	Количество секций тепловозов заводского ремонта, шт	Количество агрегатов и сборочных единиц, шт		Количество условных секций тепловозов, шт
		Ремонти- руемых на линию	Приходящихся на 1 секцию тепловоза	
	А	Б	В	$A + \frac{B}{V}$
Дизельный цех				
Дизелей Д49 комплектных	310	31	1	342
Масляных насосов	342	35	1	377
Водяных насосов	342	70	2	377
Турбокомпрессор 6ТК	342	35	2	377
Топливных насосов	342	560	16	377
Компрессоров ПК-5,25	310	31	1	342

## **1.4. Состав цехов, отделений и производственных участков дизельного цеха**

### Разборочно-моечное отделение.

Производится разборка дизель-генератора: демонтируется тяговый генератор, насосы (водяные и масляные), разбирают отсек управления. Снимают топливные насосы, индикаторные краны, форсунки, разбирают топливную систему. Снимают крышки дизеля, турбокомпрессор, верхний коленвал, кулачковые валы, толкатели топливных насосов, выемка поршней с шатунами, снятие вертикальной передачи, масляного коллектора, выемка цилиндрических втулок, выхлопных патрубков. Обмывка узлов и деталей дизеля комплектно в моечных машинах и подача их на позиции конвейера.

### Отделение дефектоскопии блоков и поддизельных рам.

Дефектировка блока дизеля и поддизельной рамы и других корпусных деталей оптическим методом с последующей передачей на ремонт.

### Отделение ремонта блоков, поддизельных рам и других корпусных деталей.

Ремонт путем механической обработки блока цилиндров (производят расточку постелей блоков). Наплавочные работы на блоке дизеля. Сварочные работы при ремонте поддизельной рамы, ремонт плит насосов.

### Отделение ремонта коленчатых и кулачковых валов.

Разборка валов, их дефектоскопия, оптическая проверка валов, замеры размеров коренных и шатунных шеек, производят полировку шеек коленвалов, ремонтируют кулачковые валы, переборка антивибраторов, шестерен, сборка валов.

### Отделение ремонта коллекторов.

Ремонт выхлопных коллекторов, опрессовка гильз, опрессовка коллекторов, ремонт огневых коробок и труб.

### Отделение ремонта и сборки шатунно-поршневой группы.

При ремонте и сборке шатунно-поршневой группы применяется поточно-конвейерная линия, где производят притирку, окраску, сушку, производят нагрев вставок поршней, проверяют длину шатуна с поршнем, производят проточку масляных каналов шатуна с

поршнем, производят их сборку и индукционный нагрев головок шатунов.

Участок ремонта турбокомпрессоров.

Разборка, дефектоскопия, ремонт и сборка турбокомпрессоров.

Участок ремонта компрессоров.

Разборка, дефектоскопия, ремонт, сборка и окраска компрессоров.

Участок ремонта водяных и масляных насосов.

На специальном механизированном стенде разбирают водяные насосы. Производят ремонт деталей и сборку насоса на том же стенде. На стенде- кантователе производят разборку.

Инструментально – раздаточная кладовая: хранение и выдача и инструмента.

Комплектовочная кладовая.

Хранение и выдача запасных частей, отремонтированных узлов и деталей.

Участок механика цеха: ремонт оборудования цеха.

**1.5. Режим работы завода и фонды времени работы цеха, оборудования и рабочих.**

При проектировании локомотиворемонтного завода различают три вида годовых фондов времени: календарный, номинальный, действительный.

Полный календарный годовой фонд времени в часах единицы оборудования определяется по формуле:

$$Q_k^{обор} = D_k \cdot n; \quad (1.1)$$

где  $D_k$  – число календарных дней в году, 365;

n – число часов в сутках, 24;

$$Q_k^{\text{обор}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ час}$$

Номинальный годовой фонд времени работы есть время в часах в течение которого могла бы выполняться работа рабочими и оборудованием при заданном режиме работы если бы не было никаких неизбежных потерь.

Номинальный годовой фонд времени определяется по формуле:

$$Q_n = D_p \cdot t_{см}; \quad (1.2)$$

где  $D_p$  – число рабочих дней в году;

$t_{см}$  – продолжительность смены, 8ч.;

$$Q_n = 255 \cdot 8 = 2040 \text{ часов}$$

Количество рабочих дней в году определяется путем исключения из числа календарных дней в году выходных и праздничных дней по формуле:

$$D_p = D_k = D_{вых} - D_{пр}; \quad (1.3)$$

где  $D_{пр}$  – число праздничных дней в году. Принимаем 6 дней.

$D_{вых}$  – число выходных дней в году. Принимаем 104 дня.

$$D_p = 365 - 105 - 5 = 255 \text{ дня}$$

Тогда

$$Q_p^{\text{раб}} = 255 \cdot 8 = 2040 \text{ часов}$$

Действительный фонд рабочего времени одного рабочего определяется в зависимости от продолжительности отпуска, затрат времени на болезни, и др.

$$Q_{\text{д}}^{\text{раб}} = (Q_{\text{п}}^{\text{раб}} - d_{\text{от}} \cdot t_{\text{см}}) \cdot \eta = (2040 - 24 \cdot 8) \cdot 0,94 = 1737 \text{ часа} \quad (1.4)$$

где  $d_{\text{от}} = 24$  дня – продолжительность отпуска в рабочих днях;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий потери времени на болезни и др.

Поэтому номинальный годовой фонд рабочего времени проектируемого цеха при 40- часовой рабочей неделе составит для расчета при работе:

- в одну смену - 2020ч ;

- в две смены - 4040ч ;

Номинальные годовые фонды времени работы оборудования и рабочих не могут полностью использованы, так как имеются неизбежные затраты времени по ряду статей. При определении действительного фонда времени работы рабочих учитываются не выходы по следующим причинам: очередной и профессиональный отпуска, для учебы и по болезни, отпуска женщинам по беременности и родам, время на кормление грудных детей, выполнение государственных обязанностей и т.д.

С учетом вышеуказанных причин действительный фонд рабочего времени работы рабочих определяется по формуле:

$$Q_{\text{д}}^{\text{раб}} = (Q_{\text{н}}^{\text{раб}} - d_{\text{от}} \cdot t_{\text{см}}) \cdot \eta_{\text{раб}}; \quad (1.5)$$

где  $Q_{\text{н}}^{\text{раб}}$  – номинальный годовой фонд времени работы рабочего, ч;

$d_{\text{от}}$  – продолжительность трудового отпуска в рабочих днях;

$\eta_{\text{раб}}$  - коэффициент учитывающий потери времени от номинального фонда (невыходы рабочего на работу по уважительным причинам) принимаем равным 0,97...0,96.

Действительный годовой фонд времени оборудования определяется из номинального времени оборудования исключением затрат времени на пребывании оборудования в плановых ремонтах, установленных нормами:

$$Q_{\text{д}}^{\text{обор}} = Q_{\text{н}}^{\text{обор}} \cdot m \cdot \eta_{\text{обор}} \quad (1.6)$$

где  $Q_{\text{н}}^{\text{обор}}$  - номинальный годовой фонд времени работы оборудования;

$m$  - число смен в сутках

$\eta_{\text{обор}}$  - коэффициент учитывающий потери времени от номинального фонда принимаемый при работе в 2 смены  $\eta_{\text{обор}} = 0,98$ .

Фонды времени оборудования разрабатываются для 8<sup>ми</sup> часового рабочего дня при 40 часах в неделю и 9<sup>ми</sup> праздничных днях.

Действительные (расчетные) годовые фонды времени работы технологического оборудования и рабочих мест в часах приведены в табл. 1.2.

Номинальные годовые фонды времени работы оборудования и фонды времени занятости стоек, рабочих мест (позиций) приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.2 Действительные (расчетные) годовые фонды времени работы технологического оборудования и рабочих мест.

Оборудование	Потери времени на ремонт оборудования от $Q_n$ , %	Действительный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования и занятости рабочих мест, ч.
Металлорежущее и деревообрабатывающее	3 (4)*	4015 (5960)
Кузнечно-штамповочное	4 (6)	3975 (5840)
Литейно-технологическое	4 (5)	3975 (5900)
Вагранки	-	4140 (6210)
Сварочное (аппаратура, автоматы и полуавтоматы, установки токов высокой частоты)	5 (7)	3935 (5775)
Печи сушильные (камерные немеханизированные)	4 (6)	3975 (5840)
Неавтоматизированное оборудование цехов защитных покрытий	3 (4)	4015 (5960)
Камеры для окраски и сушильные	4 (6)	3975 (5840)
Рабочие места (позиции):	-	4140 (6210)
без оборудования (верстаки, столы и др.)	-	4055 (6020)
с оборудованием	-	4050 (6020)
На конвейерной сборке		
*Здесь и далее в скобках указаны значения для трехсменной работы.		

Таблица 1.3 Номинальные годовые фонды времени работы оборудования и фонды времени занятости стойл, рабочих мест (позиций)

Характер производства	Число смен, m	Номинальные годовые фонды времени Q <sub>н</sub> , ч.
С прерывным технологическим процессом и с нормальными условиями труда (при 40 – часовой рабочей неделе)	1	2020
	2	4040
	3	6060
С прерывным технологическим процессом и вредными условиями труда (при 35 – часовой рабочей неделе)	1	1780
	2	3560
	3	5340
	3	8760
С непрерывным технологическим процессом (при 8 – часовом рабочем дне)	3	8540 (при 9-ти празд. днях)
		6440 (кроме выходных и праздничных дней)

### 1.6. Определение ритма производства.

По величине планового задания определяется основной ритм производства по формуле:

$$R = \frac{Q_{ц}^н}{N_{ц}}, \quad (1.7)$$

где R – основной ритм производства,  $\frac{ч}{секц}$  ;

$Q_{\text{ц}}^{\text{н}}$  – номинальный годовой фонд рабочего времени цеха, ч;

$N_{\text{ц}}$  – годовая программа ремонта локомотивов, секциях.

$$R = \frac{3917}{342} = 11,45 \frac{\text{ч}}{\text{секц}}$$

При получении дробной величины  $R$  с целью облегчения условий планирования, организации и контроля хода производственного процесса её рекомендуется округлить до целых значений часа с соответствующей корректировкой годовой программы ремонта локомотивов.

Ритм выпуска ремонтируемого изделия в проектируемом цехе, участке  $R^1$  определяется по такой же формуле (1.7), только  $N_{\text{ц}}$  является годовой программой цеха, участка по ремонту данных изделий в условных секциях локомотивов.

При этом номинальный годовой фонд рабочего времени проектируемого цеха, участка при пятидневной рабочей неделе с 8 – часовой рабочей сменой и сокращением его на 1 ч. в предпраздничные дни составляет для расчета: при работе в 1-смену-2020 ч. и при работе в 2-смены-4040 ч. (табл. 4).

Величина  $R^1$  при ремонте изделий в проектируемом цехе только на заводской ремонт локомотивов будет равной или краткой основному ритму производства  $R$ .

Полученные расчетные значения  $R^1$  с целью облегчения условий оперативного планирования производства следует округлить до целых часов в меньшую сторону.

При округлении значения  $R'$  в меньшую сторону проектируемый цех, участок будет иметь некоторый резерв производственной мощности, который можно рассчитать по формуле:

$$\Delta N_{ц} = Q_{ц}'' \left( \frac{1}{R_{пр}^1} - \frac{1}{R_p^1} \right), \quad (1.8)$$

где  $\Delta N_{ц}$  – годовой резерв мощности проектируемого цеха, участка по ремонту данных изделий, шт;

$R_{пр}^1$  – принятое округленное значение ритма производства в цехе, участке, ч;

$R_p^1$  – расчетное значение ритма производства в цехе, участке, ч.

$$\Delta N_{ц} = Q_{ц}'' \left( \frac{1}{R_{пр}^1} - \frac{1}{R_p^1} \right) = 3917 \left( \frac{1}{11} - \frac{1}{11.45} \right) = 14 \text{секц}$$

### **1.7. Расчет производственной рабочей силы.**

Расчет потребной численности производственной рабочей силы, необходимой для ремонта локомотивов и его узлов, выполняется в соответствии с годовой программой ремонта и трудоёмкостью работ, т.е. затратой рабочей силы в человеко-часах на единицу ремонта.

Необходимое количество производственной рабочей силы цеха определяется по укрупненным показателям трудоёмкости, приведенным в табл. 1.5 для тепловозов ТЭП70БС.

Годовые фонды рабочего времени ремонтных рабочих принимаются согласно данным табл. 1.4.

Явочное количество производственных рабочих всех профессий цеха локомотиворемонтного завода определяется по формуле:

$$R_{я} = \frac{N_{г} H_{н}}{\Phi_{я}}, \quad \text{чел} \quad (1.9)$$

Списочное (штатное) количество рабочих цеха, в которое входят и рабочие, находящиеся в отпуске, командировке, больные и т.д. определяется по формуле:

$$R_{сп} = \frac{N_{г} \cdot H_{н}}{\Phi_{сп}}, \quad \text{чел} \quad (1.10)$$

где  $N_{г}$  – годовая программа ремонта локомотивов, сек.;

$H_{н}$  – нормированные затраты труда (табл. 1.5);

$\Phi_{я}$  и  $\Phi_{сп}$  – явочный и списочный годовой фонд рабочего времени производственных рабочих (табл. 1.4).

$$R_{яв} = \frac{N_{г} H_{н}}{\Phi_{яв}} = \frac{342 \cdot 1302,7}{2020} = 221 \text{ чел}$$

$$R_{сп} = \frac{N_{г} H_{н}}{\Phi_{сп}} = \frac{342 \cdot 1302,7}{1790} = 249 \text{ чел}$$

Потребность других работников в цехах локомотиворемонтного завода - вспомогательных рабочих (ВР), инженерно-технических работников (ИТР), счетно-конторском персонале (СКП) и младшем обслуживающем персонале (МОП) – определяется с использованием процентных соотношений, приведенных в табл. 1.6 для дизельного цеха тепловозоремонтного завода.

Таблица 1.5 Нормы трудоемкости на капитальный ремонт дизель-генератора 1А-9ДГ тепловоза ТЭП70БС.

Наименование цеха ТРЗ	Трудоёмкость, чел-ч.
Дизельный	1302,7

Таблица 1.6 Соотношения между категориями работников в дизельном цеху

ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ К РАБОЧИМ								
	производственным		кадровым					
	вспомогательные рабочие		ИТР		СКП		МОП	
	Норма	Итого	Норма	Итого	Норма	Итого	Норма	Итого
Явочное	15,0	34	8,0	18	0,8	2	1,0	3
Списочное	15,0	38	8,0	20	0,8	2	1,0	3

### 1.8. Определение площади цеха и размещение подъёмно-транспортных средств.

Площадь цеха (отделения) локомотиворемонтного завода может быть найдена исходя из годовой программы цеха по удельной площади, приходящейся на одну условную секцию тепловоза (табл. 1.7), т.е. путем умножения годовой программы на удельную площадь.

Таблица 1.7 Укрупненные нормы площади дизельного цеха ТРЗ для ремонта дизелей 5Д49 с программой выпуска 500-700 секций в год.

Наименование цехов (отделений) ТРЗ	Удельная площадь на одну условную секцию тепловоза годовой программы, м <sup>2</sup>
Дизельный	14,3

Длина проектируемого цеха по данным укрупненных расчетов площадей основных цехов локомотиворемонтного завода определяется по формуле:

$$L_{цy} = \frac{d_{ц} N_{г}}{B_{гл} + B_{всп}}, \quad \text{М} \quad (1.11)$$

где  $d_{ц}$  – удельная площадь на одну условную секцию локомотива годовой программы,  $\text{м}^2$ ;

$N_{г}$  – годовая программа проектируемого цеха в условных секциях локомотивов ;

$B_{гл} B_{всп}$  – соответственно ширина главного и вспомогательного пролетов, м.

$$L_{цy} = \frac{d_{ц} \cdot N_{г}}{B_{гл} + B_{всп}} = \frac{14,3 \cdot 342}{24 + 24} = 101,9 \text{ м}$$

Для уточнения длины цеха учитываются два поперечных прохода шириной 6м и продольные проезды для автокар шириной 4м

$$L_{ц} = L_{цy} + L_{цy} \cdot 2 / (B_{гл} + B_{всп}) + 12 = 102 + 102 \cdot 2 / (24 + 24) + 12 = 120 \text{ м}$$

Если проектируемый цех располагается в блоке ремонтно-сборочных цехов локомотивного комбината, то его длина  $L_{ц}$  должна соответствовать

длине главного пролета локомотивосборочного цеха, которая зависит от технологии и организации ремонта локомотивов на заводе.

Размеры пролетов и крановые средства, необходимые для ремонта дизелей 5Д49 тепловозов ТЭП70БС приведены в таблице 1.8

Таблица 1.8 Размеры пролетов и необходимые крановые средства дизельного цеха

Ширина пролета, м	Крановые средства и их грузоподъемность, тс	Высота пролета от пола, м	
		До головки подкранового рельса	До низа несущей конструкции
главный пролет	24	Мостовые краны $Q_k=50/10$ тс и $Q_r=10$ тс	12,65 9,65
вспомогательный пролет	24	Мостовой кран $Q_k=10$ тс	8,15

В дизельном цехе в главном пролете, имеющим высоту от пола до низа несущих конструкций равную 16,2 мостовые краны устанавливаются в два яруса.

В верхнем ярусе установлены мостовые краны грузоподъемностью  $Q_k=50/10$ тс и длиной пролета  $Z_k=22,5$  м, а в нижнем –  $Q_k=10$ тс и  $Z_k=22,5$  м.

### 1.9. Расчет потребности энергетических ресурсов цеха.

Потребность в расходе технической воды, производственного пара, сжатого воздуха, сжатого азота, кислорода, ацетилен и природного газа для проектируемого цеха производится укрупненно по удельным нормам расхода на одну секцию локомотива. Умножая полученные нормы расхода различных видов энергоресурсов на программу ремонта, получаем потребность их на годовую программу локомотивов в проектируемом цехе.

Указанные нормы расхода энергоресурсов на ремонт одного дизеля 5Д49 – в табл. 1.9

Таблица 1.9 Расход энергоресурсов в дизельном цеху

Техническая вода, м <sup>3</sup>		Производственный пар, м <sup>3</sup>		Сжатый воздух, м <sup>3</sup>		Кислород, м <sup>3</sup>		Ацетилен, м <sup>3</sup>	
Норма	Всего	Норма	Всего	Норма	Всего	Норма	Всего	Норма	Всего
150,3	51402,6	4,8	1641,6	3626	124009 2	2180	745560	1,9	649,8

## **2. Спектральный анализ дизельного масла**

### **2.1 Возможности комплексного анализа материалов средствами спектрального анализа**

При производстве и эксплуатации различных видов транспорта в настоящее время выдвигается требование всестороннего повышения качества. Выполнение этого требования является главным в определении конкурентоспособности продукции на рынке. Большое внимание в решении таких задач уделяется системе управления качеством выпускаемой продукции. Рабочим инструментом в таких системах являются автоматизированные системы измерения и контроля качества.

Основным направлением проведенных исследований является повышение эффективности спектральных методов контроля качества материалов и готовых изделий промышленного производства. Реализация поставленных задач осуществляется за счет совершенствования математической обработки входной информации, разработки методик, алгоритмов и программных средств автоматизированных систем контроля.

Спектральный анализ (эмиссионный) — физический метод качественного и количественного анализа состава вещества на основе изучения спектров. Оптический спектральный анализ отличается относительной простотой выполнения, экспрессностью, отсутствием сложной подготовки проб к анализу и, наконец, незначительным количеством вещества (10 — 30 мг), необходимого для анализа на большое число элементов. Спектры эмиссии получают переводением вещества в парообразное состояние и возбуждением атомов элементов нагреванием вещества до 1000— 10000° С. В качестве источников возбуждения спектров при анализе материалов, проводящих ток, применяют искру, дугу переменного тока. Пробу помещают в кратер одного из угольных электродов. Для анализа растворов широко используют пламя различных

газов. Качественный и полуколичественный спектральный анализ сводятся к установлению наличия или отсутствия в спектре характерных линий и оценки по их интенсивностям содержания искоемых элементов. Количественное определение содержания элемента основано на эмпирической зависимости (при малых содержаниях) интенсивности спектральных линий от концентрации элемента в пробе.

В тепловозных двигателях во время работы происходят сложные процессы взаимодействия смазочного масла с трущимися деталями, продуктами сгорания и активными химическими соединениями. Детали дизеля изнашиваются неравномерно одни быстро, другие служат более длительное время. За состоянием деталей дизеля установлен строгий контроль, главным образом на профилактических осмотрах и периодических ремонтах, что ухудшает эксплуатационные показатели работы тепловозов и значительно повышает стоимость ремонта. Поэтому ищутся методы оценки состояния деталей двигателя внутреннего сгорания без его разборки.

В результате износа трущихся частей дизеля в смазочном масле накапливаются различные примеси (железо, медь, свинец, олово), изменение концентрации, которых характеризует не только общий износ, но и состояние трущихся пар. Чем интенсивнее происходит износ деталей, тем выше концентрация элементов износа в масле. Например, аварийное состояние двигателей оценивается концентрацией в масле свыше Fe 150 200 г/т и Cu 60 100г/т. До недавнего времени накопление элементов износа в маслах определялось обычным химическим анализом. Этот метод несовершенен, требует больших затрат и не обеспечивает быстрого получения результатов.

Спектральный анализ — чувствительный метод и широко применяется в химии, астрофизике, металлургии, машиностроении, геохимии и др. Традиционным применением спектрального анализа является определение химического состава материалов. В основе

методического обеспечения используются алгоритмы с градировочными графиками, построенными по данным испытаний государственных стандартных образцов (ГСО). Данный способ рассматривался в качестве прототипа проведенных исследований. Часто при проведении количественного состава элементов возникают дополнительные погрешности прямых измерений, обусловленные структурными различиями стандартных образцов и исследуемых проб.

Целью проведенных исследований явилось устранение указанных дополнительных погрешностей и разработка комплексной методики контроля, как количественного состава, так структурных и физико-механических свойств металлов и сплавов на их основе.

Разработана физическая модель анализа, основанная на использовании многопараметровых зависимостей измеряемых интенсивностей излучения спектральных линий. Это позволило определять количественный состав элементов и рассчитывать погрешности с использованием только одного стандартного образца в широком интервале спектрального анализа. Введены в рассмотрение виртуальные эталоны (ВЭ), которые позволяют уточнять получаемые погрешности.

Разработанные методики и алгоритмы, совместно с современными устройствами регистрации, легли в основу создания модернизированных систем контроля. Расширено традиционное использование и функциональное назначение существующих промышленных устройств спектрального анализа.

Исходные данные были получены при помощи модернизированной фотоэлектрической системы типа МФС-8 спектральной лаборатории ОАО «Омскагрегат» (ОАЗ). Для измерения параметров спектральных линий использовался блок регистрации излучения, оснащенный линейными приборами с зарядовой связью (ПЗС) типа ILX511 (Sony). Количественное содержание элементов и получаемые при этом погрешности были рассчитаны с использованием одного стандартного образца. В таблице 3.1

представлены результаты химического анализа бронзы ОСН 10-2-3. В качестве контрольного эталона (КЭ) использован образец № 952.

Таблица 2.1- Измеренные параметры и результат испытания химического состава стандартных образцов

СО	Fe		Pb		Sn	
	$P_x - P_{xcp}$	$C \pm \Delta C$	$P_x - P_{xcp}$	$C \pm \Delta C$	$P_x - P_{xcp}$	$C \pm \Delta C$
52*	2,8-44,8	0,12	50,0-56,3	2,13	0,0-56,3	9,1
53	30,5-41,3	$0,270 \pm 0,009$	36,0-52,5	$2,800 \pm 0,015$	89,5-52,5	$9,89 \pm 0,29$
54	46,5-41,5	$0,330 \pm 0,012$	36,0-50,3	$2,860 \pm 0,017$	90,5-50,3	$9,70 \pm 0,30$
55	73,3-39,8	$0,710 \pm 0,015$	35,5-44,3	$3,110 \pm 0,016$	91,5-44,3	$10,1 \pm 0,30$

$P$  — отображение интенсивности спектральной линии элемента;

$P_{xcp}$  — отображение интенсивности спектральной линии сравнения (Cu);

$C \pm \Delta C$  — количественное содержание и погрешность определения.

На рис. 2.1 построены градуировочные графики зависимости  $(HB)_X = f(Y_{cp})$  для исследуемых образцов методом контрольного эталона

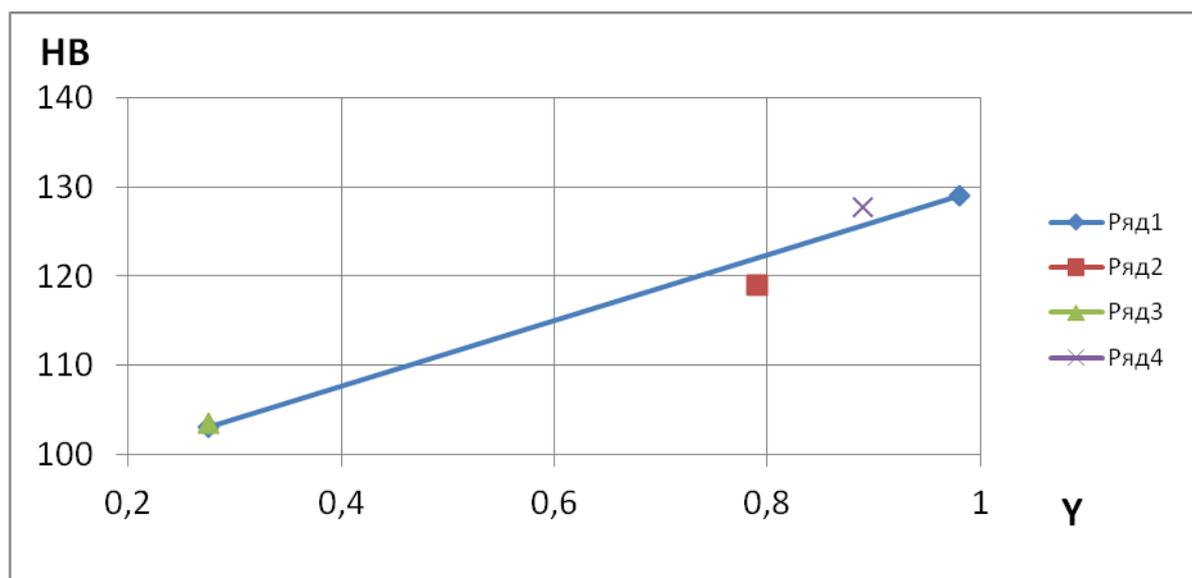


Рис 2.1 Зависимость HB ( $Y_{cp}$ ) для сплава бронзы ОСН 10-2-3

Дальнейшим совершенствованием исследований является разработка методик и алгоритмов входного контроля материалов и изделий промышленного производства. На начальных этапах осуществляется качественный анализ, затем решается проблема определения марок неизвестных материалов. Для этого из базы данных компьютера извлекаются данные эталонов и приводятся в соответствие с энергетическими характеристиками проб.

На этапе количественного анализа вычисляются процентные содержания элементов и их погрешности по уравнениям модели спектрального анализа. Разработана структурная схема входного контроля.

Технически целесообразными и экономически более эффективными являются методы, обеспечивающие комплексный анализ контролируемых параметров, определяющих совокупные свойства исследуемых объектов. В то же время, имеющиеся методы контроля в большинстве своем решают ограниченный круг вопросов и определяют один контролируемый параметр. Для комплексной оценки физико-механических свойств материалов проводится ряд самостоятельных испытаний на машинах разрушающего типа. Традиционно спектральный анализ используется только для определения количественного содержания элементов.

Для решения задач комплексного анализа элементы в пробе и эталоне представляются в виде некоторой совокупной энергетической системы. При этом каждый энергетический уровень описывается своей системой уравнений. Решение задач для перехода из одного состояния в другое происходит по разработанному алгоритму. Разработаны способы перехода открытых (исходных измеренных) энергетических систем (ЭС) в закрытые (ЗС), а затем в равновесные (РИС) и далее неравновесные (НИС) изолированные состояния. Использование критериев соответствия данных энергетических систем, в совокупности с физической моделью анализа, впервые позволило разделить структурные и количественные составляющие входного сигнала и создать самостоятельные методики контроля.

В соответствии с этими методиками анализ количественного содержания элементов проводится в РИС путем расчетов скорректированных значений интенсивности:

$$\Delta P_X = P_x - P_{xcp} \quad (2.1)$$

$P_x$  - спектральной линии элемента;

$P_{xcp}$  - относительно линии сравнения;

Переход же НИС в РИС на конечных этапах преобразований, определяемый разностью интенсивностей линии основы пробы  $P_{xcp}$  относительно аналогичной линии в эталоне  $P_{срэ}$ , будет характеризовать изменения механических параметров  $M_x$  пробы относительно эталона.

На основании уравнений модели получен структурный энергетический параметр углового смещения элемента пробы относительно эталона  $Z' = 90^\circ \Delta L$ , который определяется через другой параметр  $\Delta L$ , характеризующий переход системы из открытого состояния в изолированное.

Адекватность предлагаемых методов была подтверждена при испытаниях различных сплавов меди, алюминия и железа. В качестве испытуемых проб использовались комплекты государственных стандартных образцов и СО с дополнительной термообработкой для изменения их структурных и физико-механических свойств. Определение действительного значения твердости испытуемых образцов проводилось по методу Бринелля.

Комплексные испытания проведены в спектральной лаборатории ОАЗ на модернизированной установке ИСП-30 с фотоэлектронной кассетой на базе линейных ПЗС. В таблице 3.2 представлены данные измерений входных интенсивностей бронзы ОСН 10-2-3.

Таблица 2.2 – Исходные измеренные и расчетные параметры бронзы ОСН 10-2-3

Эл.	СО	$P_\varepsilon$	$P_{\varepsilon cp}$	$\Delta P_\varepsilon$	$\sum P_\varepsilon$	$P_x$	Y
Fe	953	22.8	44,8	-22,0	67,6	30,5	-0,68
	954					46,5	-0,86
	955					73,3	-0,94
Pb	953	25.0	56,3	-31,3	81,3	36,0	-0,74
	954					36,0	-0,78

	955					35,5	-0,85
Sn	953	72,0	56,3	15,7	128,3	89,5	-0,95
	954					90,5	-0,99
	955					95,5	-1,10
Ni	953	51,3	73,8	-22,5	125,3	65,8	-0,79
	954					71,0	-0,93
	955					77,8	-1,08

$Y_0, Y$  — расчетные амплитудные параметры;

$Z'_0, Z'$  — расчетные фазовые параметры;

$P_{x0}$  — измеренные интенсивности элемента пробы при условии  $P_{срх} = P_{срэ}$

На рис. 2.2 построены градировочные графики зависимости  $(НВ)_x = f(Y_{ср})$  для исследуемых образцов методом контрольного эталона

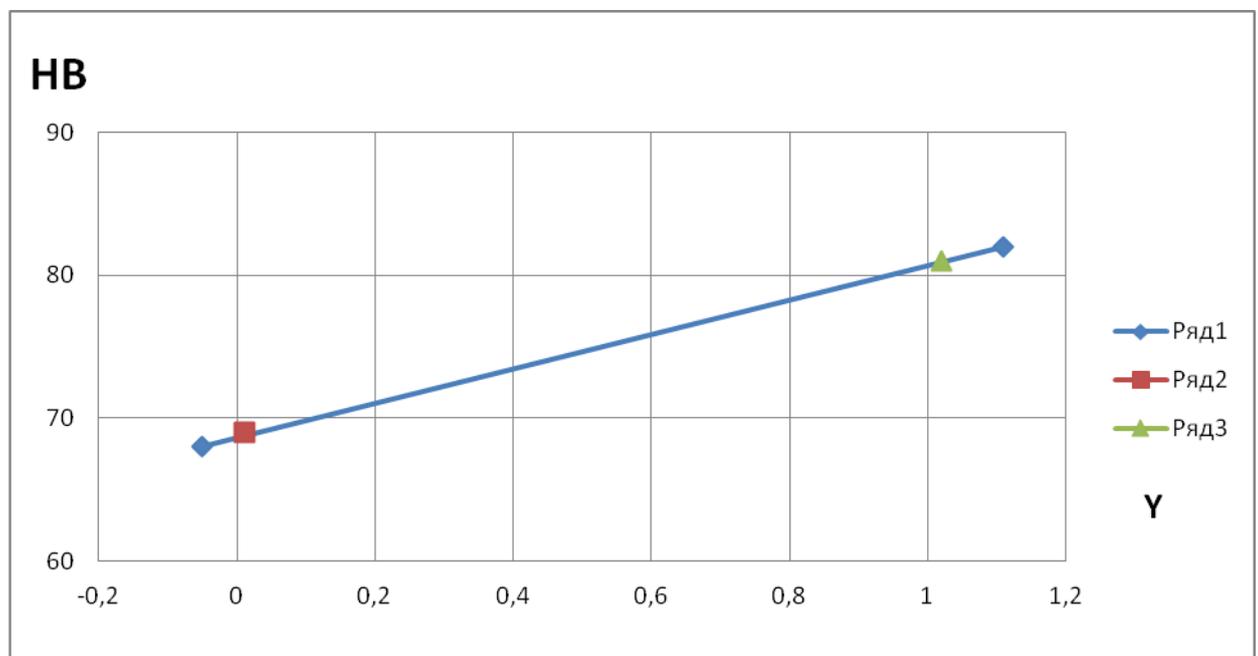


Рис 2.2 Зависимость НВ ( $Y_{ср}$ ) для сплава алюминия АК9

В таблице 2.3 — расчет физико-механических параметров  $Y_i$  бронзы и алюминия АК9.

Таблица 2.3 - Результаты определения твердости НВ

Бронза ОСН 10-2-3					Алюминий АК9				
СО	$Y_{ср}$	$(НВ)_0$	$(НВ)_x$	$\delta, \%$	СО	$Y_{ср}$	$(НВ)_0$	$(НВ)_x$	$\delta, \%$
953	-0,79	114	119,2	4,6	141Т	1,11	80,4	80,5	0,12
954	-0,89	121	126,3	4,4	142	-0,04	68,5	68,0	0,73
955	-0,99	138	130,1	5,7	142Т	1,04	80,9	80,7	0,25
952 эт	-0,26	107	102,2	4,5	141эт	-	69,1	69,3	0,30

$(HB)_0$  — действительное значение твердости, измеренное классическим методом;

$(HB)_x$  — значение твердости, полученное предлагаемым методом.

Средние значения в таблице 3.3 получены из соответствующих текущих значений  $Y_i$  обобщенных амплитудных параметров путем суммирования по всем анализируемым элементам.

В качестве контрольного использовался стандартный образец с обозначением «952 эт».

На рис. 2.3 изображены выходные характеристики материалов для определения физико-механических свойств и структурных особенностей алюминия АК5М.

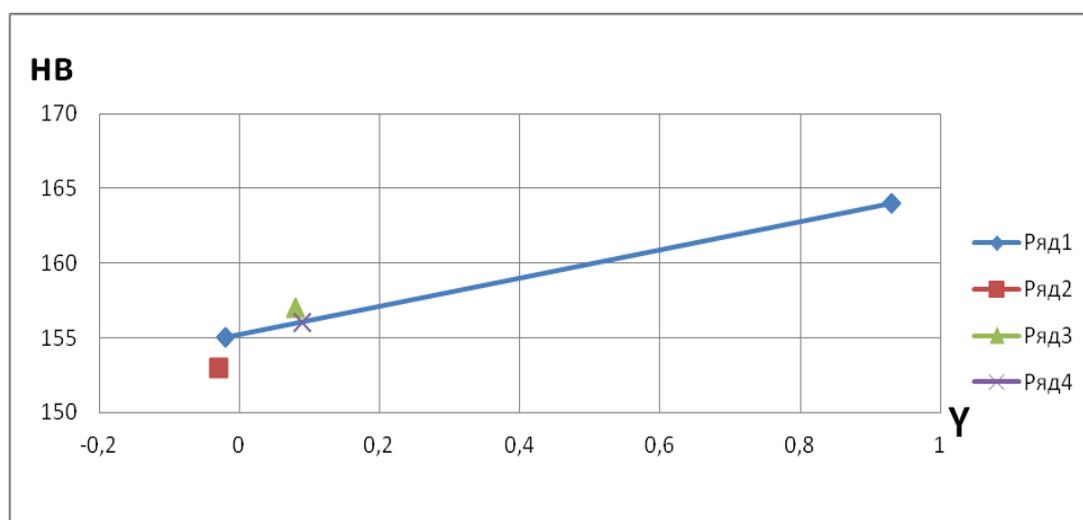


Рис 2.3 Зависимость HB (Y) для сплава алюминия АК5М

Построение графиков проведено поданным пяти параллельных измерений без корректирования измеренных значений интенсивностей. Относительная погрешность измеренных интенсивностей излучения

спектральных линий  $\delta = \frac{|P_x - P_{xcp}|}{P_{xcp}} \times 100\%$  колебалась в пределах 5-40 %, что объясняется нестабильностью процессов излучения и поглощения

низкотемпературной плазмы.

Дальнейший расчет механических параметров предлагается проводить двумя путями:

- методом использования градировочных графиков, хранящихся в базе данных компьютера;
- методом аналитического расчета контролируемого механического параметра  $M_j$  для  $j$ -й пробы относительно параметра эталона  $M_0$  по уравнению:

$$M_j = M_0 + tgA \times Y_{cp}(Z')_j \quad (2.2)$$

Ниже приводится серия испытаний образцов литейного алюминия АК5М. В них изменение структурных свойств проводилось за счет введения в процессе кристаллизации модификаторов в виде различных доз ультрадисперсных порошков сажи (СО №5, №43) и окиси кремния  $SiO_2$  (СО №38, №50). Измеренные механические и структурные параметры показаны в табл.2.4.

Таблица 2.4- Действительные механические параметры образцов

Образец	Воздействие	Количество, %	НВ	$G_E$	$G_T$	L, мкм	D, мкм
0 эт	Ультрадисперсный порошок С (сажа)	0,000	154,9	268,3	246,4	28,1	31,9
5		0,010	154,1	269,7	250,1	20,3	42,0
43		0,700	164,6	326,2	315,1	11,5	51,8
38	Ультрадисперсный порошок $SiO_2$	0,025	156,1	277,8	253,2	19,2	42,9
50		0,700	156,8	280,4	255,0	18,8	43,8

$D$  — средний диаметр микрозерна, мкм;

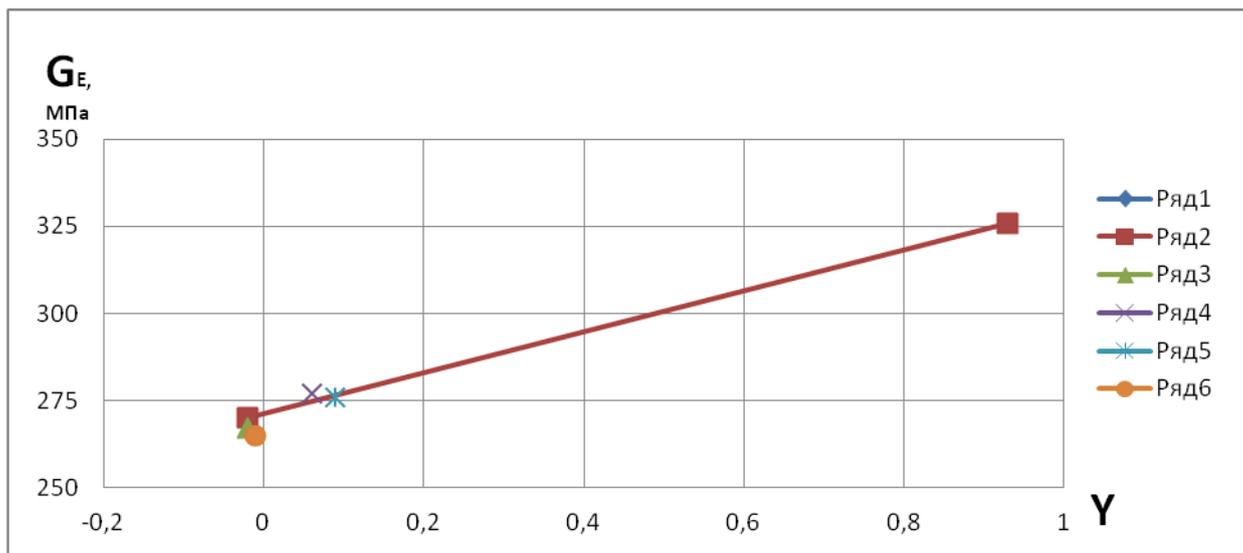
$L$  — среднее расстояние между осями зерен, мкм;

$G_E$  — предел прочности на разрыв;

$G_T$  — предел текучести на разрыв;

НВ — твердость по Бринеллю.

На рис. 2.4 изображены выходные характеристики материалов для определения физико-механических свойств и структурных

Рис 2.4 Зависимость  $G_E$  (Y) для сплава алюминия АК5М

Изготовление образцов, определение механических и структурных свойств проводилось на ОМО им. Баранова (Омск). Испытания проведены на предприятии ООО «НТК «Криогенная техника» (Омск) с использованием установки ИСП-30 с фотоэлектронной кассетой МАЭС (Новосибирск). Результаты испытаний представлены в таблице 3.5.

Таблица 2.5 - Зависимость определяющих параметров от режимов испытания

Образец	$T_{\text{экс}}=5\text{с}$		$T_{\text{экс}}=10\text{с}$		Результат	
	Y	Z'	Y	Z'	$Y_{\text{ср}} \pm \Delta Y$	$Y_{\text{ср}} \pm \Delta Y$
5	-0,02	1,64	-0,08	1,63	$-0,05 \pm 0,03$	$1,635 \pm 0,05$
43	0,92	2,45	1,18	2,44	$1,05 \pm 0,13$	$2,445 \pm 0,005$
38	0,09	1,79	0,07	1,69	$0,08 \pm 0,01$	$1,740 \pm 0,050$
50	0,06	1,70	0,04	1,72	$0,05 \pm 0,01$	$1,710 \pm 0,010$

На рис. 2.5 изображены выходные характеристики материалов для определения физико-механических свойств и структурных особенностей алюминия АК5М.

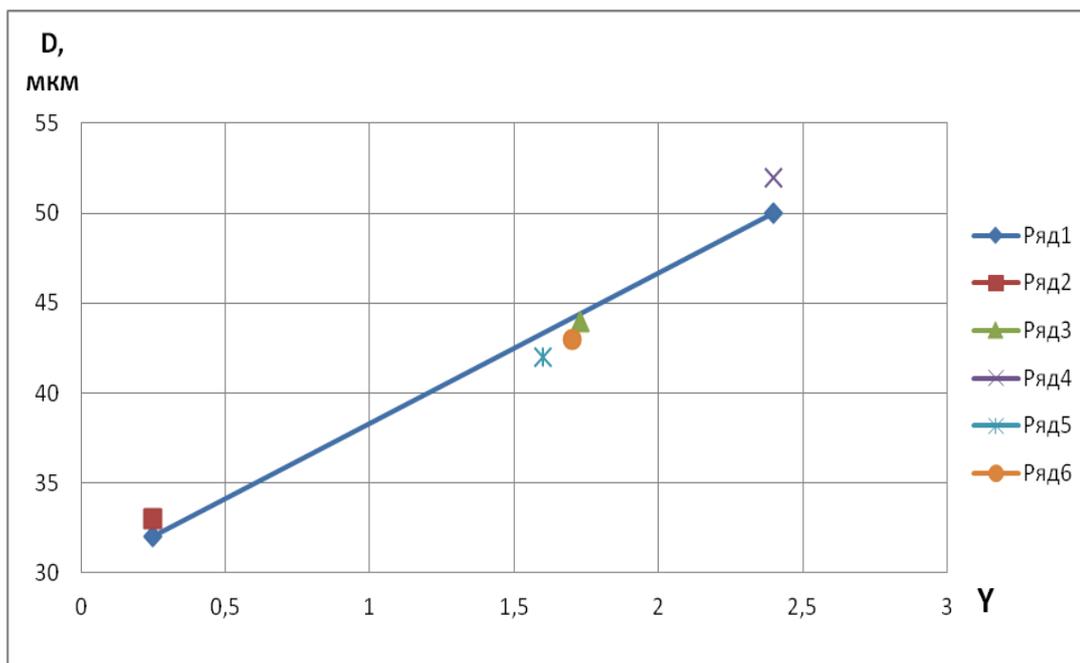


Рис 2.5 Зависимость структурных параметров D (Z') для сплава АК5М  
Сводные данные для построения графиков представлены в табл.3.6.

Таблица 3.6 Данные для построение графиков

Параметр	Метод	Эталон	Графический способ				Аналитический способ			
			0	5	43	38	50	5	43	38
НВ	Действ.	155,8	155,0	166,0	156,9	156,1	154,4	165,4	155,7	155,4
	Измерен.	154,9	154,1	164,6	156,1	156,8	154,1	164,6	156,1	156,8
	$\delta, \%$	0,58	0,58	0,85	0,51	0,45	0,19	0,49	0,26	0,89
$\sigma_E$	Действ.	270,0	266,5	330,0	276,5	275,0	265,5	324,4	272,8	271,1
	Измерен.	268,3	269,4	326,2	277,8	280,4	269,4	326,2	277,8	280,4
	$\delta, \%$	0,63	1,08	1,17	0,47	1,57	1,45	0,55	1,80	3,32
$\sigma_T$	Действ.	250,0	246,5	319,0	255,5	254,5	243,2	314,3	251,6	249,6
	Измерен.	246,4	250,1	315,1	253,2	255,0	250,1	315,1	253,2	255,0
	$\delta, \%$	1,46	1,44	1,24	0,83	0,24	2,76	0,25	0,63	2,12
D	Действ.	31,5	41,7	48,5	42,5	42,0	46,9	54,5	48,0	47,7
	Измерен.	31,9	42,0	51,8	42,9	43,8	42,0	51,8	42,9	43,8
	$\delta, \%$	1,25	0,71	6,35	0,93	4,09	11,7	8,43	11,9	8,86
L	Действ.	28,5	18,5	12,2	17,8	18,1	16,5	10,7	15,7	16,0
	Измерен.	28,1	20,3	11,5	19,2	18,8	20,3	11,5	19,2	18,8
	$\delta, \%$	1,43	9,04	6,09	7,37	3,68	18,7	6,96	18,2	14,9

На рис. 2.6 представлены фотографии микро и макроструктуры образцов, а также графики изменения физико-механических свойств.

Эти данные хранятся в базе данных компьютера, где в совокупности с полученными значениями  $M_0$ ,  $tgA$  и измеренными входными параметрами составляют основу определения механических и структурных свойств графическим и аналитическим способами.

Рассмотренный способ анализа предусматривает использование данных одного контрольного эталона для каждой марки материала. Возможен также анализ с периодическим использованием 3—5 стандартных образцов с заданными физико-механическими свойствами, заносимыми в память компьютера. Этот способ используется для повышения точности текущего контроля.

Экспериментально возможность структурного анализа спектральными методами исследована во многих источниках. Однако количественной оценки этих свойств ранее не проводилось.

Предлагаемый способ комплексного исследования элементного состава, физико-механических свойств и структурных особенностей материалов может быть использован в промышленном производстве, включая входной контроль и текущий анализ качества готовой продукции.

Анализ масла, отработавшего в двигателе, имеет неоспоримые преимущества. Для того чтобы провести анализ масла не требуется исключать технику из рабочего цикла. Анализ масла проводится без визуального осмотра и разборки двигателя. Диагностика по состоянию моторного масла позволяет выявлять ранние неисправности и своевременно их устранять. Этот вид диагностирования исключает необходимость перегонки техники к месту диагностического оборудования, равно как не требуется доставка оборудования диагностики к месту нахождения машины. Анализ масла позволяет заменить масло по факту его выработки, а несогласно показателям стандартных моточасов потери работоспособности. При невысокой трудоемкости анализ масла дает возможность получения исчерпывающей информации.

Для того чтобы анализ масла, отработавшего в двигателе, был максимально точным, необходимо выполнение ряда важных условий. На протяжении времени наблюдения за техническим состоянием двигателя, он должен работать на моторном масле одной марки. Если в силу ряда обстоятельств возникла необходимость доливки масла другой марки, увеличилась эксплуатационная нагрузка, произошли другие события, которые могли отразиться на состоянии моторного масла, об этом необходимо сообщить в диагностическую лабораторию. На анализ масла берутся пробы только из прогретого двигателя, после чего можно доливать свежее масло. Кроме этого, частота отбора проб должна составлять одну четвертую от пробега в километрах или моточасов, которые указаны в технической документации.

Точный анализ масла получают при наличии четырех и более проб. Он дает представление об изменившихся параметрах масла, а также о его работоспособности. Двигатель считают исправным, если изменения происходят закономерно. Сигналом о неполадках служит резкое и аномальное изменение одного или нескольких показателей моторного масла.

Анализ масла проводят с использованием нескольких методов, доказавших свою эффективность на практике. Метод магнитного осаждения магнитных частиц или феррография позволяет установить разновидность износа, режим и степень интенсивности смазки и трения (определяется по форме частиц и их распределению, обнаружению продуктов деструкции масла и посторонних примесей). Эффективность метода феррографии заключается в том, что он применим не только к магнитным материалам, но и к немагнитным частицам. Так методом осаждения магнитных частиц исследуются частицы бронзы, алюминия, латуни, полимерных материалов и др.

Анализ масла методом феррографического и инфракрасного спектрального анализа дает возможность установить неисправности,

связанные со смазываемыми узлами трения двигателей. Эти методы относятся к методам лабораторной трибодиагностики.

Своевременная диагностика моторного масла, носящая систематический характер, позволяет определить неисправности на ранней стадии, а значит снизить издержки эксплуатации.

Моторное масло является уникальным носителем информации о техническом состоянии двигателя внутреннего сгорания. Научные исследования, проведенные во многих странах, подтвердили высокую надежность диагностических прогнозов неисправностей двигателей, основанных на результатах анализа работавшего моторного масла. Особенно эффективно диагностирование по анализу масла, работавшего в дизелях грузовиков и дорожно-строительной техники, где при разборке и ремонте предполагаемые неисправности подтверждаются в 95% случаев. Регулярное диагностирование дизелей по анализу масла позволяет сократить эксплуатационные расходы в среднем на 25%.

По сравнению с другими методами диагностики анализ работающего в двигателе масла имеет ряд существенных преимуществ:

- не требуется выводить машины работы;
- диагностику выполняют без разборки и визуального осмотра;
- неисправности двигателя обнаруживаются на самой ранней стадии возникновения;
- не требуется доставка диагностической аппаратуры к местам эксплуатации техники или перегон техники на пост диагностирования;
- анализ дает возможность заменять масло при действительной утрате им работоспособности, а не по истечении заданного количества моточасов;
- анализ позволяет получить большой объем информации;
- трудоемкость выполнения анализа небольшая.

Анализ четырех (или более) проб дает возможность установить динамику изменения состава и показателей работоспособности масла в зависимости от времени работы. Если изменения протекают закономерно, двигатель исправен, если обнаружено аномальное изменение одного или нескольких взаимосвязанных показателей - это сигнал тревоги. Диагностическое значение показателей приведено в таблице.2.7

Таблица 2.7 - Диагностическое значение показателей

Показатель	Диагностическое значение
Вязкость	снижение - попадание топлива в масло; повышение окисление масла, загрязнение нерастворимыми веществами
Щелочное число	Характеризует истощение нейтрализующих свойств (сработанность моющих присадок)
Кислотное число	Характеризует накопление в масле кислот, которые могут вызвать коррозию деталей
Содержание металлов (Fe, Cu, Pb, Al, Cr, Zn)	Характеризует скорость изнашивания или интенсивность коррозии деталей двигателя
Содержание кремния	Указывает на внешнее загрязнение масла абразивными частицами
Содержание нерастворимого в топливе осадка	Характеризует загрязненность масла в основном частицами сажи из-за неполного сгорания топлива
Температура вспышки	Указывает на наличие в масле топлива, охлаждающей жидкости или отработанных газов
Инфракрасная спектрограмма	Указывает на степень окисления масла, наличие в масле охлаждающей жидкости (воды, этиленгликоля), утрату работоспособности присадок
Феррограмма	Характеризует форму, размеры, цвет и количество частиц - продуктов износа, что дает надежное представление о нормальном или аномальном протекании процесса

Методы инфракрасного спектрального и феррографического анализа относятся к методам лабораторной трибодиагностики. Они позволяют диагностировать неисправности смазываемых узлов трения.

## 2.2 Феррографический анализ

Феррография - метод магнитного осаждения металлических частиц износа из проб смазочного масла. Он позволяет определить вид износа,

интенсивность и режимы трения и смазки по форме частиц, состоянию их поверхности, распределению размеров частиц, материалам отдельных частиц, наличию посторонних примесей и продуктов деструкции масла.

Метод феррографии используется не только при исследовании магнитных металлических частиц, но и немагнитных материалов: алюминия, бронзы, латуни, графита, полимерных частиц и т. д. Совокупность этих параметров позволяет идентифицировать вид износа, определить место возможного отказа и оценить степень опасности дефекта. Например, для частиц задира характерны борозды в направлении движения. В случае образования на поверхностях трения усталостных микротрещин при качении в масле появляются сферические частицы. При усталостном выкрашивании образуются хлопьевидные частицы. Обычно на их поверхности имеется множество микроязвин. При коррозионном износе в пробе масла появляется множество частиц размером до 2 мкм. При микрорезании образуются частицы в виде стружки.

Систематический анализ проб масла дает возможность точно определять время замены, предотвращая слишком раннее или позднее проведение обслуживания, а также повысить надежность и безопасность эксплуатации двигателя.

Кроме анализа, который проводят в специализированных лабораториях, применяют и экспресс-анализ, выполняемый работниками транспортных предприятий. Для проведения экспресс-анализа в продаже имеются специальные комплекты простейших приборов и реагенты. Один из элементов экспресс-анализа - так называемая «капельная проба». Капля масла, нанесенная на фильтровальную бумагу, дает информацию о диспергирующих свойствах масла (способности смывать и уносить загрязняющие вещества), степени его загрязненности и окисления, наличия в нем воды. Экспресс-анализ можно выполнять намного чаще, своевременно выявляя неисправности. Сочетание подробных

лабораторных анализов с экспресс-анализом дает наилучший результат при эксплуатации.

Феррографический анализ масла заключается в осаждении частиц износа из пробы масла в магнитном поле на поверхности стеклянной пластины с последующим их анализом на микроскопе. При градиенте магнитного поля порядка 2000 Эрстед на 1 мм на поверхности пластины оседают практически все частицы находящиеся в масле, включая ферромагнетики, парамагнетики и диамагнетики, причем последние имеют микроскопические включения ферромагнетиков. Из частиц с одинаковыми магнитными свойствами в соответствии с размером осаждаются на пластину сначала более крупные, затем более мелкие частицы. Это объясняется тем, что магнитные силы пропорциональны кубу среднего линейного размера частицы, а вязкое сопротивление масла - его квадрату.

Частицы одинакового размера, но с различными магнитными свойствами, осаждаются в соответствии с их магнитной восприимчивостью.

Возможность оценки технического двигателя методом спектрально-феррографического анализа продуктов износа в масле была оценена при исследовании масла моторного М8Г<sub>2</sub>К («штатное масло») и масла моторного М8Г<sub>2</sub>К с добавкой «Форум-В» («опытное масло») на двигателе в условиях низкотемпературных пусков-прогревов.

Температура окружающего воздуха была выбрана минимальной, исходя из возможности пуска двигателя без использования средств облегчения пуска (минус 10 °С) и с использованием электро-факельного устройства (ЭФУ) (минус 22 °С). Общая характеристика пусков в условиях низких температур окружающего воздуха приведена в таблице 3.8

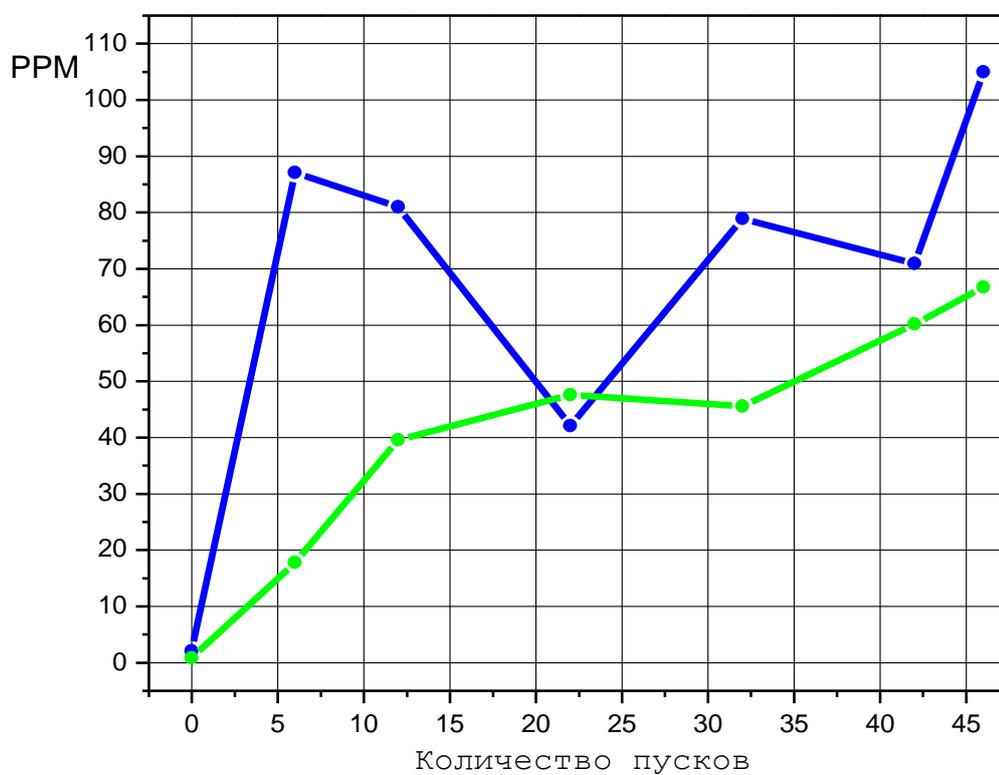
Таблица 2.8– Общая характеристика пусков двигателя в условиях низких температур окружающего воздуха

Этап	Температура	Количество пусков	Использование средств
------	-------------	-------------------	-----------------------

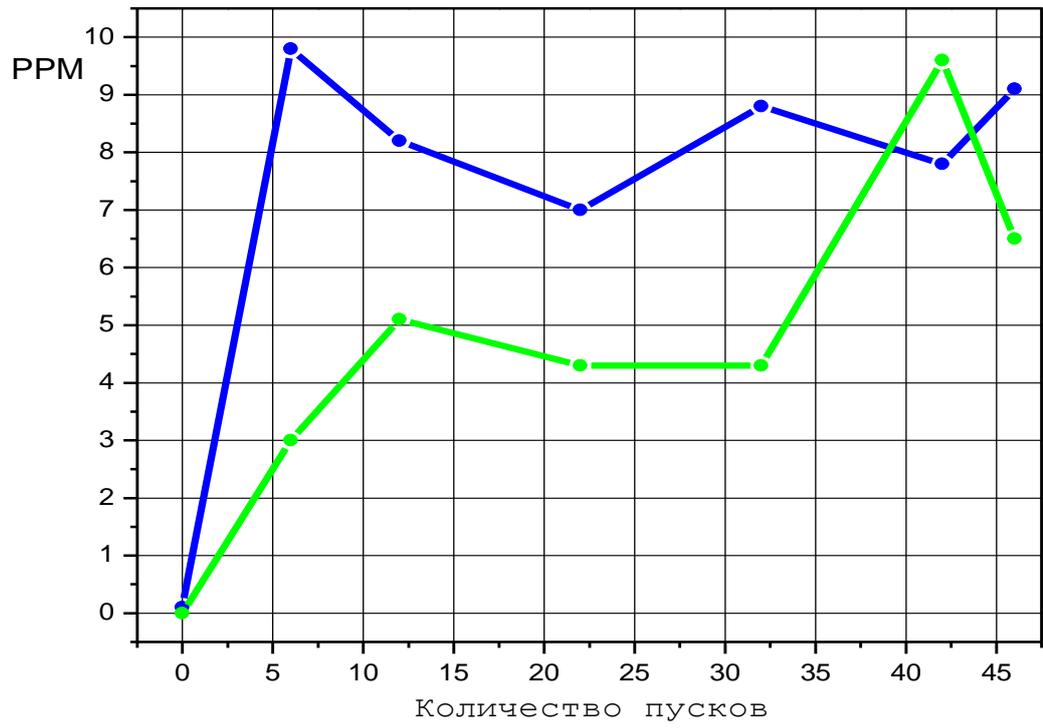
	окружающего воздуха, °с		облегчения пуска
1	- 10	6	Без использования
	- 22	6	С использованием ЭФУ
2	- 10	20	Без использования
	- 22	14	С использованием ЭФУ

Динамика изменения концентраций основных химических элементов (железо, медь, титан, свинец, цинк, магний, никель, молибден) в испытываемых маслах от наработки двигателя показана на рис. 2.7

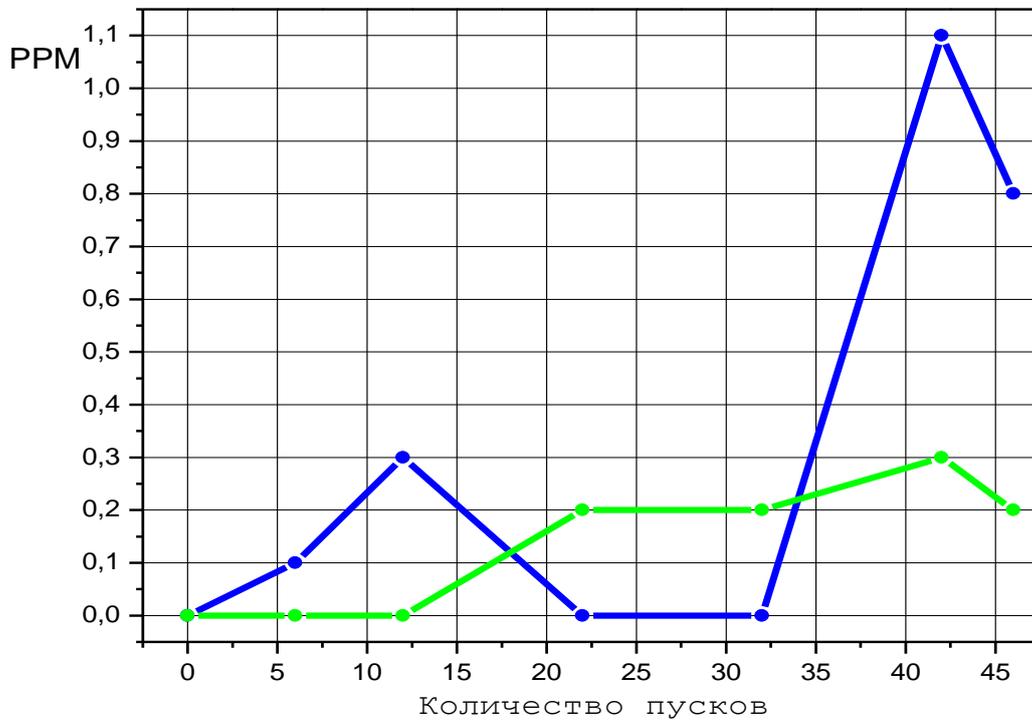
Fe



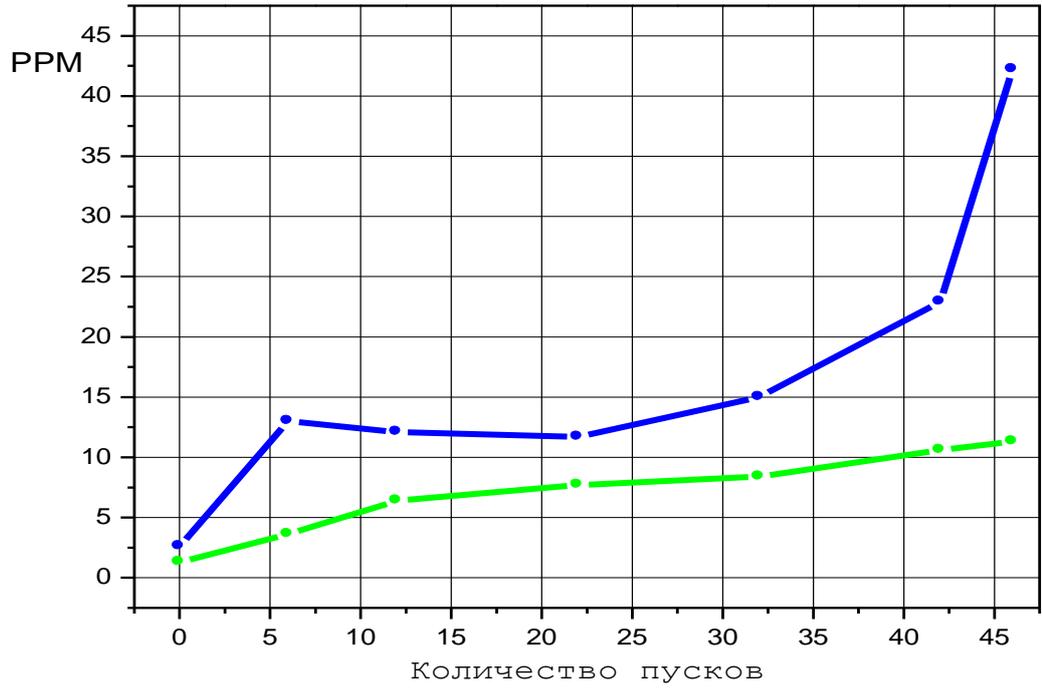
## Cu



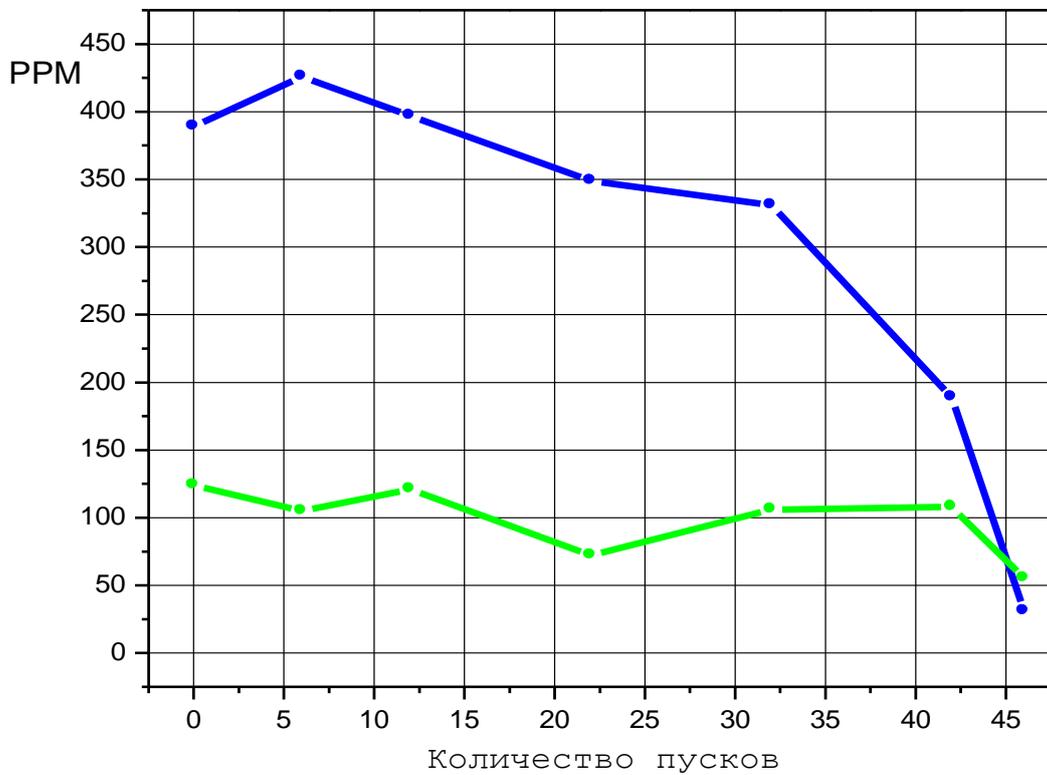
## Ti



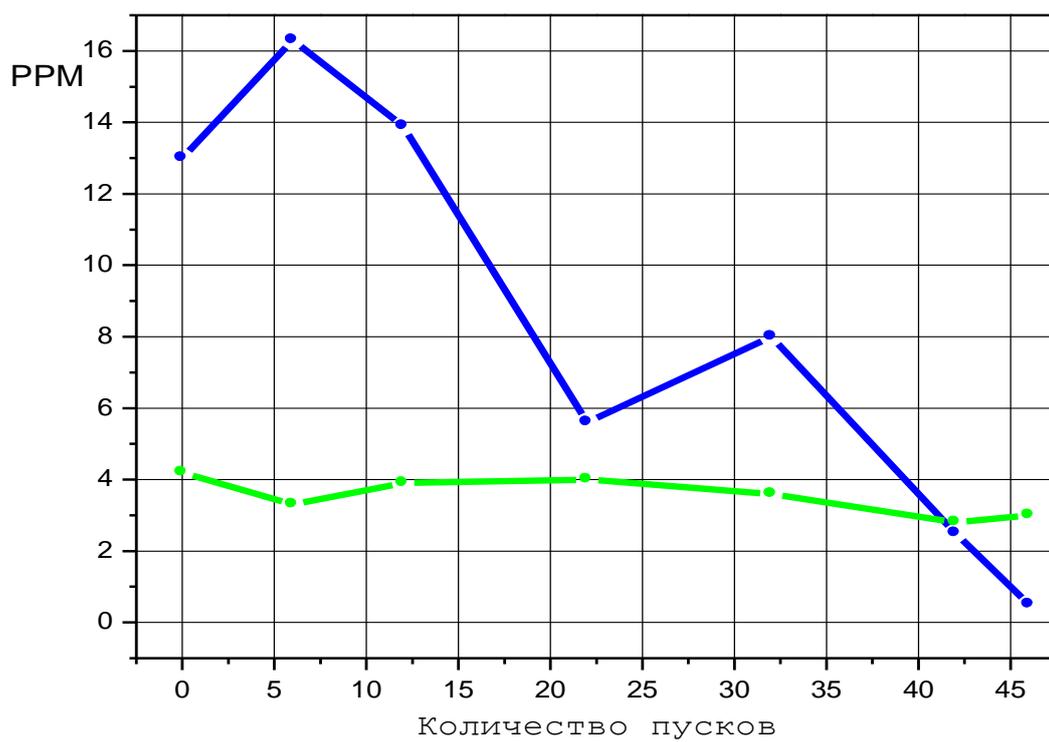
## Pb



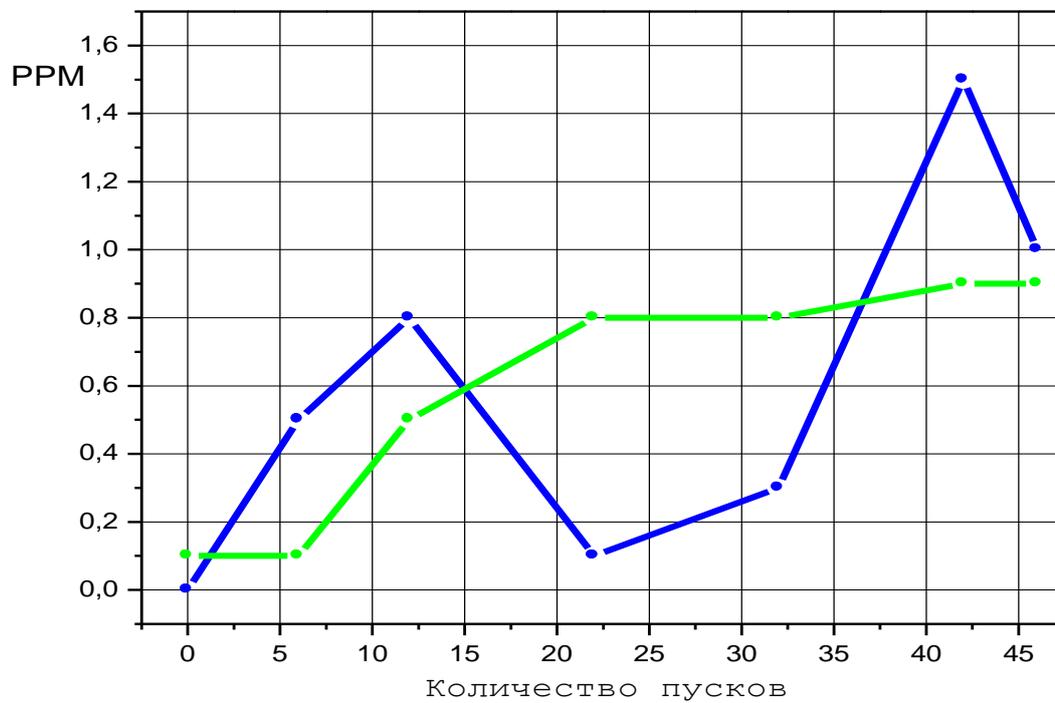
## Zn



# Mg



# Ni



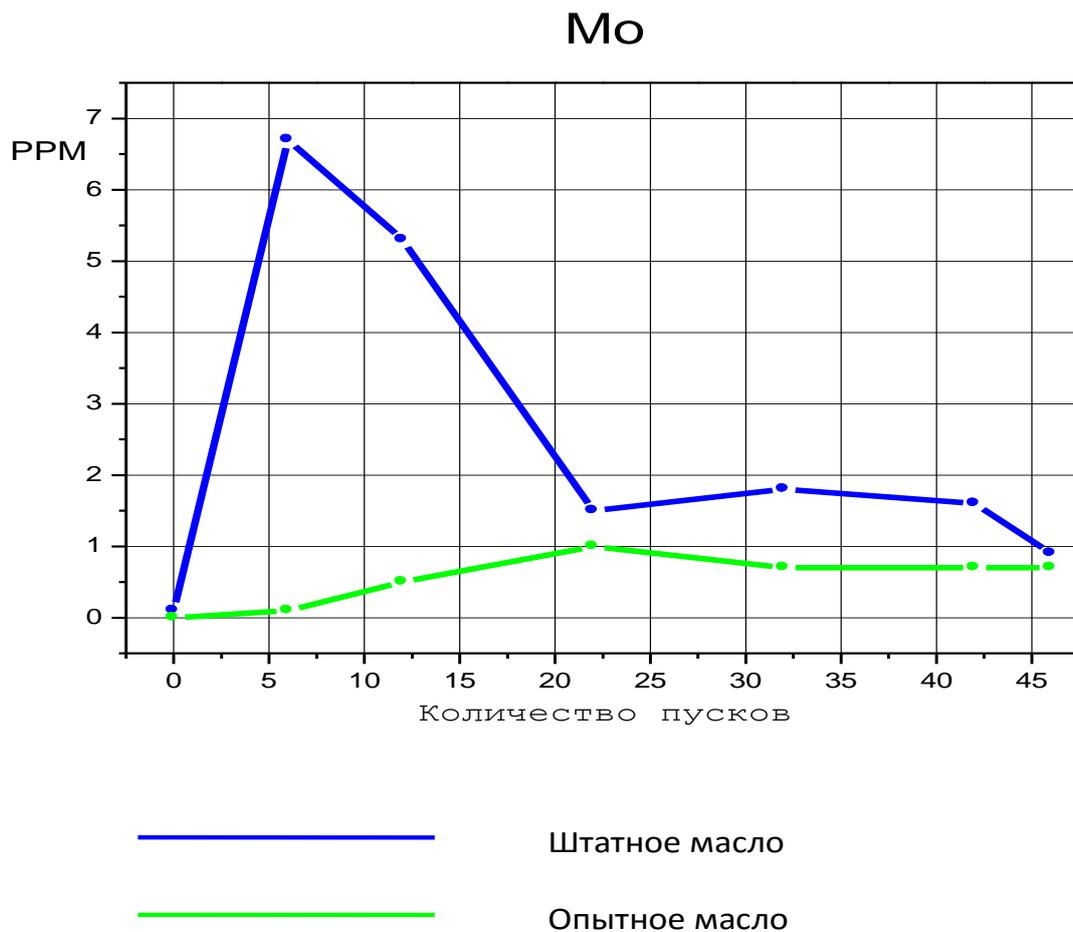


Рис. 2.7 – Динамика изменения концентрации основных химических элементов (железо, медь, титан, свинец, цинк, магний, никель, молибден) в испытываемых маслах от наработки двигателя

Динамика изменения концентрации основных химических элементов в испытываемых маслах от наработки двигателя.

Исследования показали, что приработка основных деталей: гильзы цилиндров (Fe, Ni, Ti); поршневые кольца (Fe, Ni, P); шейки коленчатого вала (Fe, V, Mo); вкладыши подшипников (Pb) – завершается к 12 опыту. Необходимо отметить резкое снижение содержания Zn и Mg в пробах штатного масла и появление следов воды. Предположительно, цинкосодержащая противоизносная присадка ДФ-11 в присутствии конденсата, образовавшегося из-за работы двигателя с пониженной температурой стенок гильз цилиндров и с постоянными перепадами

температур, разложилась на ZnO и диалкилдитиофосфорную кислоту, что и привело к лавинообразному увеличению износа трибосопряжений.

Концентрация продуктов износа в штатном масле более высокая, чем в опытном масле; причем зависимость концентрации элементов в опытном масле от наработки (количества пусков) практически линейная. После 46 пусков содержание железа в штатном масле составило 105,0 PPM, в то время как в опытном –66,7 PPM (снижение на 37%), свинца – 42,2 и 11,3 PPM (снижение на 73%), меди – 9,1 и 6,5 PPM (снижение 29%).

Для оценки эффективности диагностики двигателя методами спектрально-феррографического анализа продуктов износа в масле до начала испытаний и по их завершению двигатели подвергались разборке и микрометражу. Значения износов деталей двигателей представлены в таблице 2 и 3. В скобках указаны процентное снижение износов на опытном масле относительно штатного масла. Результаты, представленные в таблицах 2 и 3 подтверждают выявленное методом спектрального анализа снижение износа деталей двигателя на опытном масле.

Феррографический анализ масел выявил:

1 - В свежем масле (в состоянии поставки) обнаруживаются загрязнения в виде частиц песка до 5 мкм и красные окислы железа (ржавчина) размером до 5 мкм и сферические частицы железа до 2 мкм, которые могут образовываться в процессе хранения масла в сварной металлической таре. Наличие таких загрязнений в состоянии поставки допустимо.

2 - После 6 пусков обнаруживаются частицы кокса размером 250 мкм, частицы медесодержащего сплава размером 110 мкм, частицы соответствующие коррозионному износу и отдельные частицы износа отслаиванием размером до 15 мкм.

3 - После 12 пусков присутствуют стальные частицы износа отслаиванием до 10 мкм, отдельные частицы износ характерные для процесса приработки размером до 45 мкм. В основном в пробе

присутствуют частицы коррозионного износа. Частиц износа, характерных для усталостного выкрашивания, микрорезания, задира не обнаружено.

4 - После 22 пусков обнаруживаются частицы износа отслаиванием до 20 мкм, частицы микрорезания в присутствии абразива размером до 40 мкм. В пробе, отобранной после 32 пусков, присутствуют отдельные частицы микрорезания, образующиеся при внедрении одной микронеровности в другую, размером до 20 мкм и множество частиц кокса размером до 10 мкм.

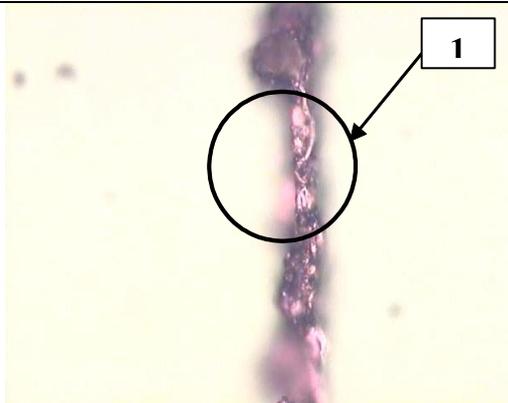
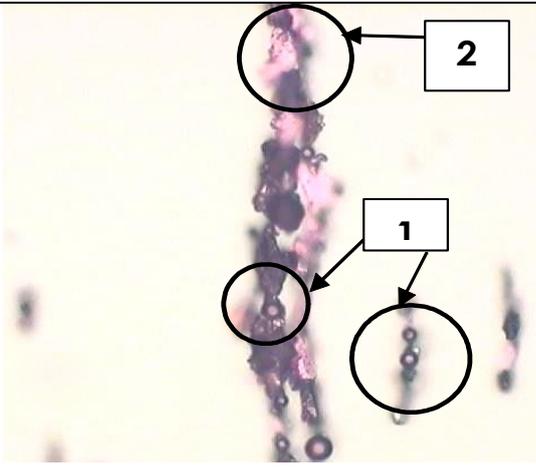
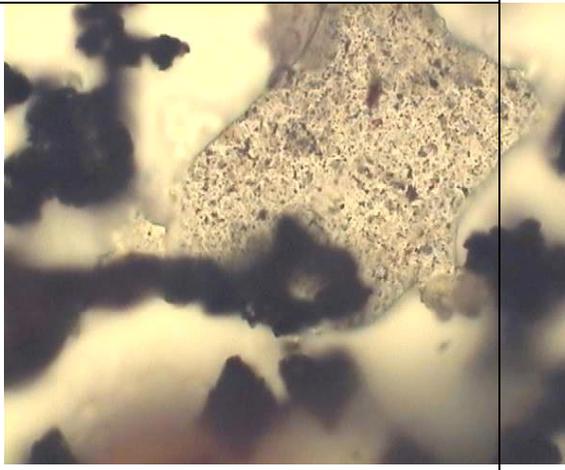
	
<p>Частица микрорезания (1) в присутствии абразива размером 30 мкм. Увеличение x500</p>	<p>Сферические частицы (2) размером до 4 мкм. Увеличение x500</p>
	
<p>Сферические частицы (1) размером до 5 мкм, частицы нормального износа отслаиванием (2) размером до 15 мкм. Увеличение x500.</p>	<p>Частица (предположительно) неметаллического покрытия размером 100 мкм с включениями частиц износа отслаиванием размером 1-3 мкм. Увеличение x500.</p>

Рис 2.8 – Феррографический анализ (масло М8Г<sub>2</sub>Ж отобранное при - 22°С после первых 10 пусков).

Таблица 2.9- Средние износы деталей цилиндропоршневой группы двигателя

Наименование детали	Место измерения		Значение износа, мкм			
			Максимальное		Среднее	
			штатное масло	опытное масло	штатное масло	опытное масло
Гильзы цилиндров	Внутренний диаметр на расстоянии Н, мм от верхнего торца	Н =28	+ 13,2	+7,2(46%)	+ 14,0	+12,0(14%)
		Н = 68	+ 9,8	+6,5(34%)	+ 11,0	+9,0(19%)
Поршневые кольца	Радиальная толщина	Первое кольцо	3,4	2,6(-24%)	3,8	3,60(5%)
		Второе кольцо	1,6	0,2(-87%)	2,2	0,50(-77%)

5-В пробе масла, отобранной после 42 пусков, обнаруживаются частицы микрорезания в присутствии абразива размером до 30 мкм, сферические частицы размером до 4 мкм, которые, в частности, могут появиться в масле при образовании усталостных микротрещин на поверхностях трения, в данном случае они могли образоваться при пуске двигателя в условиях повышенной нагрузки. В пробе присутствуют частицы нормального износа отслаиванием размером до 15мкм, частицы кокса, а так же частицы неметаллического покрытия размером до 100 мкм с включением частиц износа отслаиванием размером 1-3 мкм.

6 - В пробе масла, отобранной после пусков 46, присутствуют частицы нормального износа отслаиванием размером до 15мкм, частицы кокса, а так же частицы нагара.

7 - В пробе масла, отобранной из корпуса фильтра грубой очистки, присутствуют частицы характерные для процесса приработки и частицы нагара. Частиц износа, характерных для усталостного выкрашивания, микрорезания, задира не обнаружено.

Таблица 2.10 - Средние износы деталей кривошипно-шатунного механизма двигателя

Наименование детали	Место измерения	Значение износа, мкм			
		Максимальное		Среднее	
		штатное масло	опытное масло	штатное масло	опытное масло
Коленчатый вал	Диаметр коренной шейки	2,6	2,1(-19%)	3,6	2,5(-31%)
	Диаметр шатунной шейки	2,2	1,5(-32%)	3,4	2,6(-24%)
Вкладыши коренных подшипников	Толщина верхнего вкладыша	4,5	3,9(-14%)	6,4	4,2 (-35%)
	Толщина нижнего вкладыша	5,4	4,6(-15%)	6,1	5,4 (-13%)
Вкладыши шатунных подшипников	Толщина верхнего вкладыша	3,2	3,9(+21%)	6,5	4,1 (-37%)
	Толщина нижнего вкладыша	4,2	3,9(-7%)	5,7	4,1 (-29%)

Результаты исследований показывают, что применением спектрально-феррографического анализа возможно оценить интенсивность износов деталей двигателя от наработки, определить место износа в двигателе и, самое важное, тип этого износа, что определяет практическую значимость данного метода не только при диагностике технического состояния двигателя, но и при решении научных задач по исследованию присадок и

триботехнических составов. В то же время следует отметить, что, несмотря на высокую информативность и низкую трудоемкость методов спектрально-феррографического анализа продуктов износа в масле, необходимо продолжить работы по его развитию с целью решения задачи определения степени износа деталей двигателя и прогнозирования его остаточного ресурса.

### **3. Использование спектрального анализа для оценки технического состояния дизеля**

В настоящее время методика диагностики состояния дизельных двигателей тепловозов и дизель-поездов без их разборки еще не отработана. Поэтому в целях профилактики при периодическом техническом обслуживании приходится разбирать дизели, даже если по их фактическому состоянию в этом нет необходимости. Этим объясняется повышенный интерес к использованию феррографии, представляющей собой метод неразрушающего и безразборного контроля состояния двигателей по анализу смазочного масла на содержание в нем частиц продуктов износа металла.

При проведении настоящего исследования были умышленно воссозданы условия, соответствующие двум наиболее характерным видам аварийного состояния двигателей: задиру контактирующих поверхностей и перегреву выше допустимой температуры. При этом количественно и качественно анализировались содержащиеся в смазочном масле частицы металла, чтобы удостовериться в том, можно ли на основании анализа судить о степени износа, наличии повреждения двигателя и о возможности продолжения его эксплуатации на подвижном составе до следующего осмотра или ремонта.

Испытаниям были подвергнуты четыре заведомо исправных двигателя типа ДМН 17Н, представляющие собой четырехтактные восьмицилиндровые дизели с горизонтально-рядным расположением цилиндров с форкамерами,

степенью сжатия 16 и водяным охлаждением, имеющие мощность 132 кВт при номинальной частоте вращения 1500 об/мин. Они были установлены на испытательном стенде и запущены в работу в усиленном режиме. В ходе испытаний масло отбиралось из контрольного отверстия каждые 5 мин. Образцы масла нагревались до 65 °С и взбалтывались, а затем подвергались анализу.

### **3.1 Особенности частиц продуктов износа при задире металла в двигателе**

С целью определения характерных особенностей частиц металла, образующихся при задире, испытания проводились в режиме ускоренного износа. Для этого у первого испытываемого двигателя были уменьшены зазоры в парах трения шейки коленчатого вала — вкладыши подшипников шатунных головок, чтобы ужесточить условия работы по трению и увеличить снятие металла из-за схватывания. У второго двигателя для более полного изучения зависимости между темпом нарастания износа и характеристиками металла были заглушены смазочные отверстия, чтобы прекратить поступление масла в зазоры между коленчатым валом и подшипниками и тем самым интенсифицировать схватывание металла в этих местах.

Появившиеся в смазочном масле в результате износа частицы металла помещались для исследования под микроскоп. Наблюдения показали, что сначала образовывалось большое число темно-серых округлых частиц цветного металла размером меньше 10 мкм. Через некоторое время после этого начинали в небольшом числе возникать черные яйцевидные частицы размером 10-20 мкм. Исследование металла вкладышей на этой стадии износа показало, что значительная доля поверхности белого металла, составляющего

первый (верхний) слой антифрикционного покрытия, была разрушена с выходом наружу кельмета, составляющего второй (нижележащий) слой покрытия, но еще не в такой степени, чтобы вызвать задиры.

Затем по мере ужесточения условий работы испытываемых двигателей (с сокращением поступления смазочного масла при одновременном увеличении частоты вращения и нагрузки) в дополнение к ранее обнаруженным частицам продуктов износа стали появляться желто-красные частицы цветного металла, предположительно перегретого кельмета, размером около 10 мкм. После наступления этого состояния двигатели продолжали оставаться в работе до возникновения задира. При этом первый слой белого металла был целиком сведен на нет, а слой кельмета полностью обнажился, снова приобретая черный цвет и грубую текстуру, что является явными признаками задира.

По результатам анализа можно предположить, что даже повреждения металла в парах трения не являются чрезмерно опасными для двигателя, пока они остаются в пределах слоя белого металла, и двигатель может оставаться в работе. Однако если повреждения распространяются на слой кельмета и условия работы двигателя становятся слишком напряженными, это может быть действительно опасным.

Приведенные результаты наблюдений были обобщены в целях создания картины типичной последовательности осаждения в масло характерных по цвету и размерам частиц цветного металла (рис. 3.1)

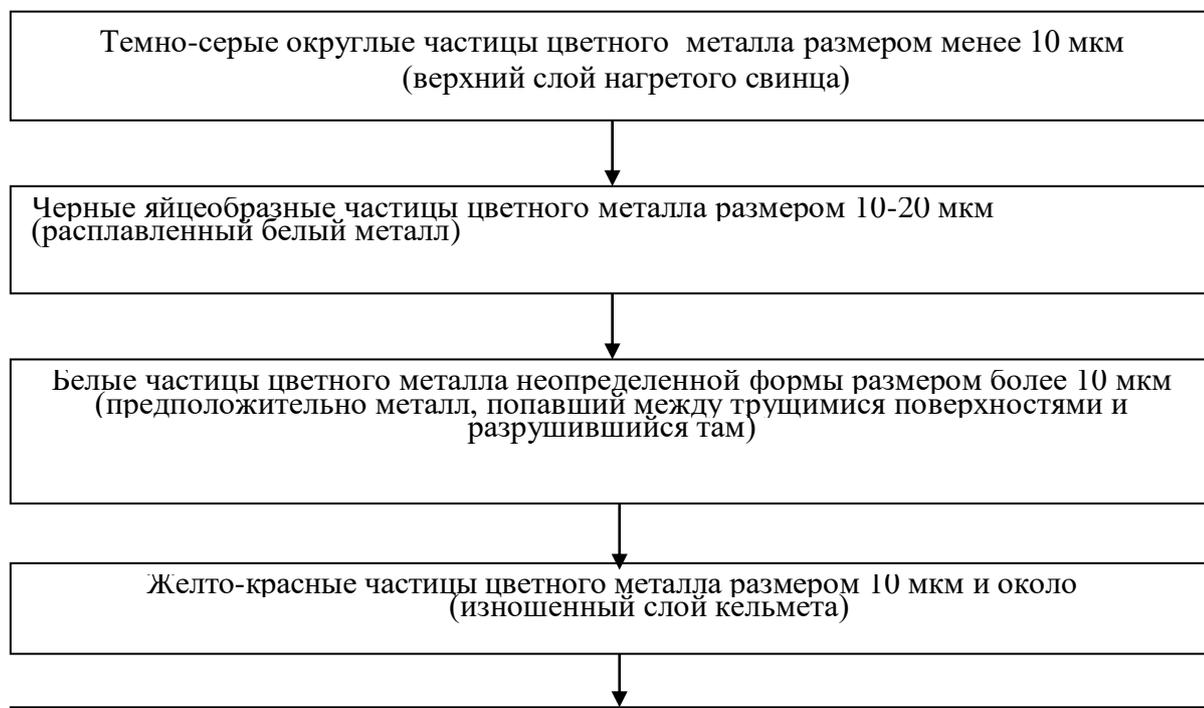


Рис. 3.1 Последовательность образования частиц продуктов износа, обнаруженных в смазочном масле при исследовании задира металла в двигателе

Одновременно с этим была выполнена расчетно-математическая обработка результатов феррографии частиц продуктов износа, периодически отбираемых из смазочного масла в ходе испытаний. Она показала, что, несмотря на наличие повреждений целостности металла, явных изменений величин обеих феррографических характеристик — показателя концентрации частиц продуктов износа  $WPC$  и коэффициента интенсивности износа  $Is$  (даже при относительно большом разбросе) — не обнаружено. Это отчасти можно объяснить тем, что износ шеек коленчатого вала, изготовленного из черного металла, не вышел из пределов начальной стадии, в то время как основная поверхность и антифрикционное покрытие вкладышей подшипников шатунов, выполненные из цветного металла, получили односторонний износ.

### **3.2 Особенности частиц продуктов износа при перегреве двигателя**

Для определения особенностей, характеризующих частицы продуктов износа, образующиеся в перегретом двигателе, испытания с искусственным ускорением нарастания факторов опасности были проведены по следующей методике. На первом испытываемом двигателе поступление воды для охлаждения двигателя постепенно уменьшали (до полного прекращения), пока двигатель не остановился по причине заклинивания, вызванного перегревом

цилиндровых втулок. Испытания второго двигателя сразу начали в таких условиях, когда охлаждающая вода из двигателя была полностью выпущена. Сначала двигатель остановили при появлении признаков заедания. Затем, повторяя цикл остановки, охлаждения и повторного запуска двигателя, степень заедания постепенно довели до такой, что двигатель уже не удавалось запустить снова по причине полного заклинивания.

Внутренний осмотр двигателя после испытаний показал следующее:

- ◆ на боковых поверхностях поршней было большое число серьезных, глубоких повреждений (предположительно в результате задира поверхности поршней при интенсивном абразивном взаимодействии);

- ◆ на внутренних стенках цилиндров присутствовали изменение цвета и шероховатость поверхности, явные признаки задира. Кроме того, были видны отложения алюминия;

- ◆ на большей части поверхности вкладышей подшипников был снят верхний слой белого металла и полностью обнажен нижележащий слой кельмета, который почернел и огрубел.

Частицы продуктов износа в образцах смазочного масла исследовали под микроскопом. Установлено следующее:

На начальной стадии нагрева двигателя появились частицы черного металла, образовавшиеся вследствие первичной притирки контактирующих поверхностей. По мере дальнейшего повышения температуры начали в небольшом числе появляться белые частицы цветного металла неопределенной формы размером 10-20 мкм и черные округлые частицы цветного металла размером меньше 10 мкм. Непосредственно перед остановкой двигателя из-за появления признаков заедания образовались черные частицы окисленного черного металла размером больше 10 мкм и белые частицы цветного металла неопределенной формы и толщины размером больше 20 мкм. После этого двигатель остановился из-за перегрева втулок цилиндров, ему дали остыть, а затем повторно пустили в ход. После этого исследовали частицы продуктов износа, образование которых, как полагали, имело место уже в процессе по-

вторного цикла. И на этой стадии частицы, которые начали появляться непосредственно перед остановкой двигателя, т. е. черные частицы окисленного черного металла размером больше 10 мкм и белые частицы цветного металла неопределенной формы и толщины размером больше 20 мкм, продолжали появляться, а их число значительно возросло. Более того, непосредственно перед тем, как двигатель окончательно остановился из-за полного заклинивания, стали наблюдаться потемневшие частицы цветного металла размером 10 мкм и около того, которые, по-видимому, представляли продукты износа кельмета, подверженного интенсивному нагреву.

На основе этих наблюдений была воссоздана обобщенная картина типичной последовательности осаждения в масло частиц цветного металла, характеризующая повреждения двигателя из-за перегрева (рис 3.2).

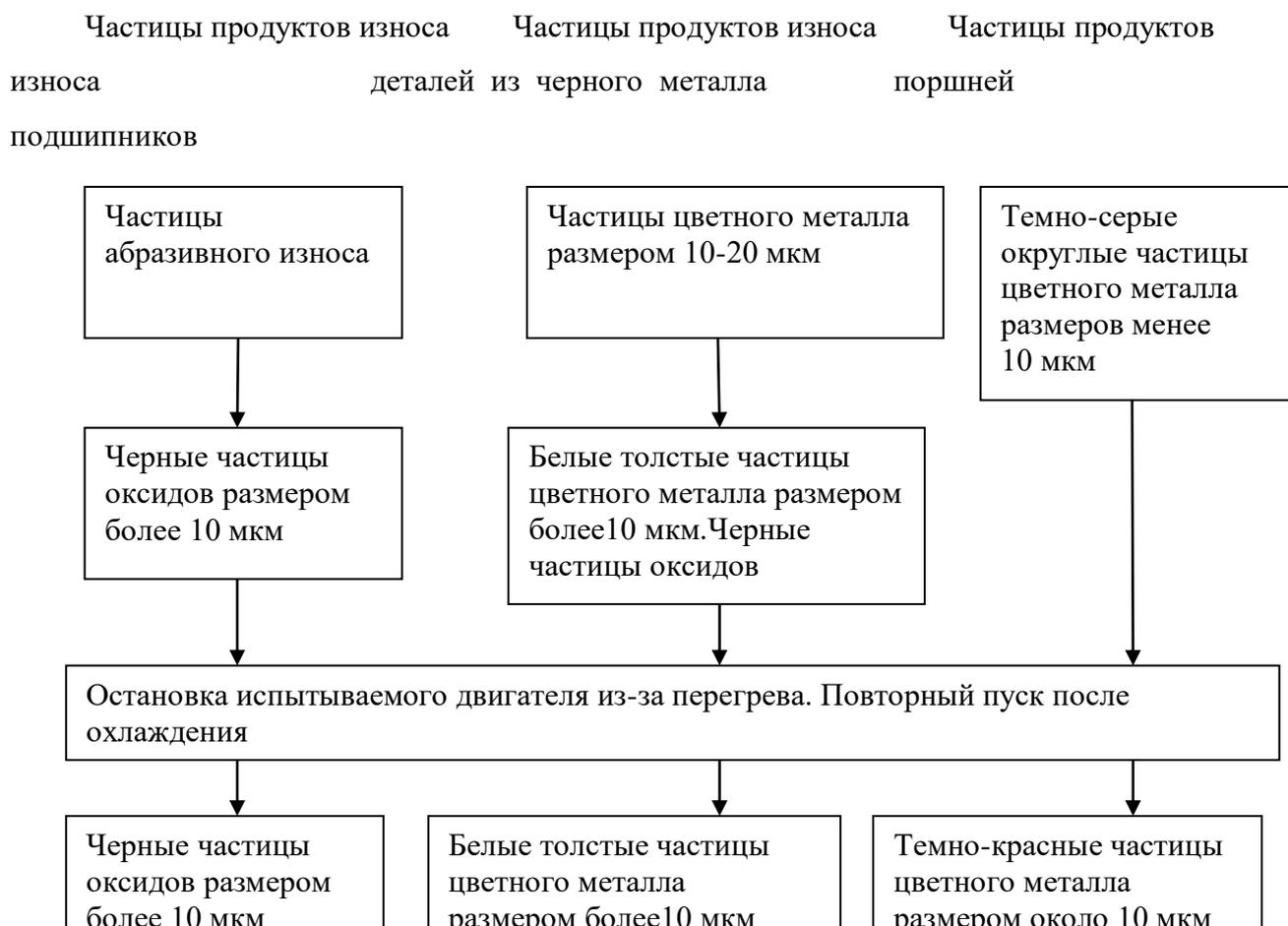


Рис 3.2 Последовательность образования частиц продуктов износа, обнаруженных в смазочном масле при исследовании перегрева двигателя

В то же время расчетно-математическая обработка результатов феррографии частиц металла, обнаруженных в смазочном масле, показала, что, в противоположность установленному при исследовании задира металла, в данном случае величины как показателя концентрации частиц продуктов износа  $WPC$ , так и коэффициента интенсивности износа  $I_s$  имели явную тенденцию к непрерывному увеличению в процессе испытаний. Полагают, что это можно объяснить тем, что, когда двигатель перегрет, цилиндры и поршневые кольца, изготовленные из черного металла, имеют между собой весьма интенсивное абразивное взаимодействие, что способствует заметному ускорению износа. Вместе с тем определили, что после повторного запуска остывшего двигателя величина  $I_s$  внезапно скачкообразно возрастает. Это, по всей видимости, объясняется тем, что при остановке перегретого двигателя цилиндры и поршни в нем остаются в определенной степени схватившимися друг с другом, и, когда остывший двигатель запускается вновь, ранее схватившиеся фрагменты поверхностей отрываются и начинают интенсивно разрушаться, истирая другие участки поверхностей и вызывая этим резкое ускорение местного износа.

### **3.3 Неразрушающая диагностика дефектов двигателя.**

Исходя из наблюдений особенностей частиц продуктов износа можно предположить, что для исследуемого случая задира металла в дизельном двигателе характерно следующее: сначала белый металл, находящийся на контактирующих поверхностях подшипников, изнашивается с образованием оплавленных частиц размером больше 10 мкм, затем повреждения металла прогрессируют и распространяются на нижележащий слой кельмета, который также изнашивается с образованием частиц размером больше 10 мкм, что в конечном счете приводит к окончательному заклиниванию.

Поэтому по числу частиц продуктов износа цветного металла размером больше 10 мкм и их цветности, определяемым методом феррографии, можно с высокой степенью точности предсказать вероятность задира металла с последующим заклиниванием двигателя. Иначе говоря, для случая задира металла в двигателе признаком наступления опасной стадии износа может быть наличие более чем 10 частиц продуктов износа цветного металла размером больше 10 мкм в образце отобранного для феррографии смазочного масла объемом 1 мл, а о темпе нарастания износа можно судить по отношению числа обнаруженных в масле частиц кельмета к общему числу частиц продуктов износа цветного металла размером больше 10 мкм.

Для исследуемого случая перегрева двигателя можно предположить, что дефект развивается следующим образом. Сначала начинает появляться небольшое число белых частиц продуктов износа цветного металла неопределенной формы размером 10-20 мкм и черных округлых частиц размером меньше 10 мкм, образующихся, по всей видимости, при контакте и взаимном истирании термически расширившихся поршней и втулок цилиндров. Затем по мере нарастания дефекта появляются черные частицы окисленного черного металла размером больше 10 мкм и белые частицы цветного металла неопределенной формы и толщины размером больше 20 мкм, и довольно скоро после этого двигатель останавливается.

Поэтому можно, не разбирая двигатель, предсказать вероятность развития и наступления опасной стадии износа поршней и цилиндров из-за

недопустимого перегрева двигателя методом феррографии по числу и толщине белых частиц продуктов износа цветного металла размером больше 10 мкм в смазочном масле.

Полагают, что использование метода феррографии для безразборной диагностики дизельных двигателей можно распространить и на другие аспекты их состояния.

Рассмотрена методика диагностирования тепловозного дизеля по результатам спектрального анализа моторного масла. Реализация предложенной методики основана на использовании моделей изнашивания контролируемых деталей дизеля, накопления продуктов изнашивания в моторном масле и алгоритме разделения продуктов изнашивания по контролируемым группам деталей.

Затраты на плановые виды заводского и деповского ремонтов и на различные виды технического обслуживания дизельных локомотивов за весь, установленный технической документацией, срок их службы по разным оценкам превышает их первоначальную стоимость в 7—10 раз. Планово-предупредительная система ремонта тягового подвижного состава, изначально ориентирована на среднеэксплуатационный уровень надежности тягового подвижного состава различных серий. Продолжительность работы локомотивов между плановыми видами ремонта и технического обслуживания, время простоя и трудоемкость их выполнения определены по результатам статистических наблюдений и регламентированы различными приказами.

С целью снижения эксплуатационных расходов, связанных с ремонтом и техническим обслуживанием локомотивов, повышением показателей эффективности их эксплуатации, установленные межремонтные периоды периодически корректируются. Необходимость периодической корректировки межремонтных периодов, трудоемкости и продолжительности плановых видов ремонтов тягового подвижного состава вызывается, в основном, старением локомотивного парка, изменением условий эксплуатации и качества ремонта локомотивов.

Основанием для изменения структуры и нормативных параметров ремонтного цикла чаще всего являлись результаты статистической обработки параметров рядовой эксплуатации тягового подвижного состава на заданном участке обращения за определенный период наблюдения. Учитывая значительное количество факторов, влияющих на показатели эффективности эксплуатации и ремонта тягового подвижного состава, обработка статистической информации выполнялась с использованием основных положений теории вероятностей и математической статистики.

В некоторых случаях изменение структуры ремонтного цикла и его нормативных параметров выполнялось волевым способом, что приводило к резкому снижению уровня эксплуатационной надежности подвижного состава, увеличению затрат на выполнение unplanned ремонтов и сверхцикловых работ при плановых видах технического обслуживания и ремонта. Кроме того, использование только статистической информации о надежности узлов и деталей тягового подвижного состава и вероятностных методов ее обработки для определения межремонтного периода локомотивов, в условиях действующей в локомотивном хозяйстве планово-предупредительной системы ремонта, приводит к тому, что моторесурс ряда узлов и деталей остается недоиспользованным и затраты, связанные с их техническим обслуживанием и ремонтом следует считать излишними.

Таким образом, для значительного сокращения затрат на ремонт и техническое обслуживание тягового подвижного состава за счет максимального использования ресурса узлов и деталей, повышения качественных и количественных показателей его эксплуатации необходимо решить сложную научно-техническую задачу, позволяющую оперативно и с минимальными затратами получать текущую информацию о техническом состоянии узлов и деталей локомотивов и оперативно корректировать, с учетом изменения технического состояния и условий эксплуатации, систему ремонта локомотивов.

Несомненно, эта задача должна решаться в рамках автоматизированной системы управления локомотивным хозяйством (АСУТ), в рамках подсистемы

«Анализ и управление надежностью локомотивов, корректировка системы ремонта тягового подвижного состава» и к решению этой задачи должен быть привлечен весь научный потенциал транспортных и научно-исследовательских институтов отрасли.

Задача корректировки объемов и сроков проведения плановых видов ремонтов может быть успешно решена в результате комплексного применения эффективных средств диагностирования технического состояния узлов и деталей локомотивов и математических моделей, позволяющих оценить динамику изменения экономических и экологических показателей эксплуатации и изменение показателей надежности локомотива и ее узлов.

#### **3.4 Модели изнашивания деталей цилиндрично-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма дизеля.**

Известно, что тепловозный дизель является наименее надежным и наиболее трудно диагностируемым узлом локомотива, на долю которого приходится более чем 45 % отказов и неплановых ремонтов. В свою очередь, наименее надежными деталями дизеля являются детали цилиндрично-поршневая группа (ЦПГ) и кривошипно-шатунного механизма (КШМ).

Как уже отмечалось, периодичность крупных видов ремонтов, связанных с разборкой дизеля и имеющих большую трудоемкость и стоимость, устанавливается по показателям эксплуатационной надежности именно этой группы деталей. Значительный разброс показателей безотказности деталей ЦПГ и КШМ позволяет сделать вывод о том, что большое количество локомотивов отвлекается из эксплуатации для проведения ремонта с недоиспользованным ресурсом основных узлов, лимитирующих их надежность в целом.

Для периодического безразборного контроля степени износа деталей ЦПГ и КШМ тепловозного дизеля, установления величины их износа по контролируемым поясам и плоскостям используется метод, основанный на постоянном контроле текущих значений концентрации продуктов изнашивания с контролируемых деталей в моторном масле дизеля.

Согласно ГОСТ 20759-90 «Техническое диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла» в качестве диагностической модели принят вероятностный алгоритм. В основе алгоритма диагностирования технического состояния для каждой серии локомотива используется диагностическая матрица, формирование которой выполняется по результатам эксплуатации тепловозов на заданном полигоне.

По результатам анализа технического состояния контролируемых деталей, параметров системы эксплуатации и ремонта локомотива рассчитывается диагностический коэффициент, величина которого сравнивается с пороговым значением. По результатам сравнения диагностических коэффициентов делается вывод о возможности дальнейшей эксплуатации локомотива и его контролируемых узлов и деталей. Техническое состояние по предлагаемому алгоритму характеризуется по четырем критериям: нормальное состояние, отказ первого уровня, отказ второго уровня и отказ третьего уровня.

Алгоритм для оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания, предложенный в ГОСТ 20759-90 обладая несомненными достоинствами, имеет ряд существенных недостатков, связанных с технологией его реализации в системе ремонта дизельного подвижного состава, а именно:

- формирование диагностической матрицы обязательной для каждой серии локомотива требует значительных временных, трудовых и материальных затрат, что явилось одной

из главных причин весьма ограниченного использования вероятностного алгоритма в локомотивном хозяйстве ОАО «РЖД»;

- критерии, характеризующие техническое состояние контролируемых узлов и деталей, не позволяют однозначно определить необходимость ремонта или замены деталей;

- для любого технического решения, принятого на основании вероятностных алгоритмов, свойственны ошибки первого и второго рода, величина которых зависит от степени достоверности и периодичности обновления данных, представленных в диагностической матрице.

Учитывая названные выше недостатки вероятностного подхода к контролю технического состояния деталей по результатам спектрального анализа масла, предлагаем следующий алгоритм решения задачи безразборного контроля величины износа деталей тепловозного дизеля. Перед началом эксплуатации тепловоза или после проведения ремонта, связанного с полной разборкой дизеля, в карты замеров установленной формы заносится информация о фактических размерах контролируемых деталей. В процессе эксплуатации тепловозного дизеля периодически (обычно перед проведением технического обслуживания объема ТО-3) отбирается проба моторного масла и определяется концентрация продуктов износа. Для реализации разработанной методики необходимо контролировать наработку тепловоза от плановых видов ремонта до момента контроля, количество и величину долива масла в масляную систему дизеля и количество смен масла за контролируемый период.

При расчете значения износа деталей по контролируемым поясам и плоскостям предполагается, что геометрическая форма износа определяется периодичностью сил, действующих в деталях двигателя за рабочий цикл. Схема решения задачи приведена на рис 3.3

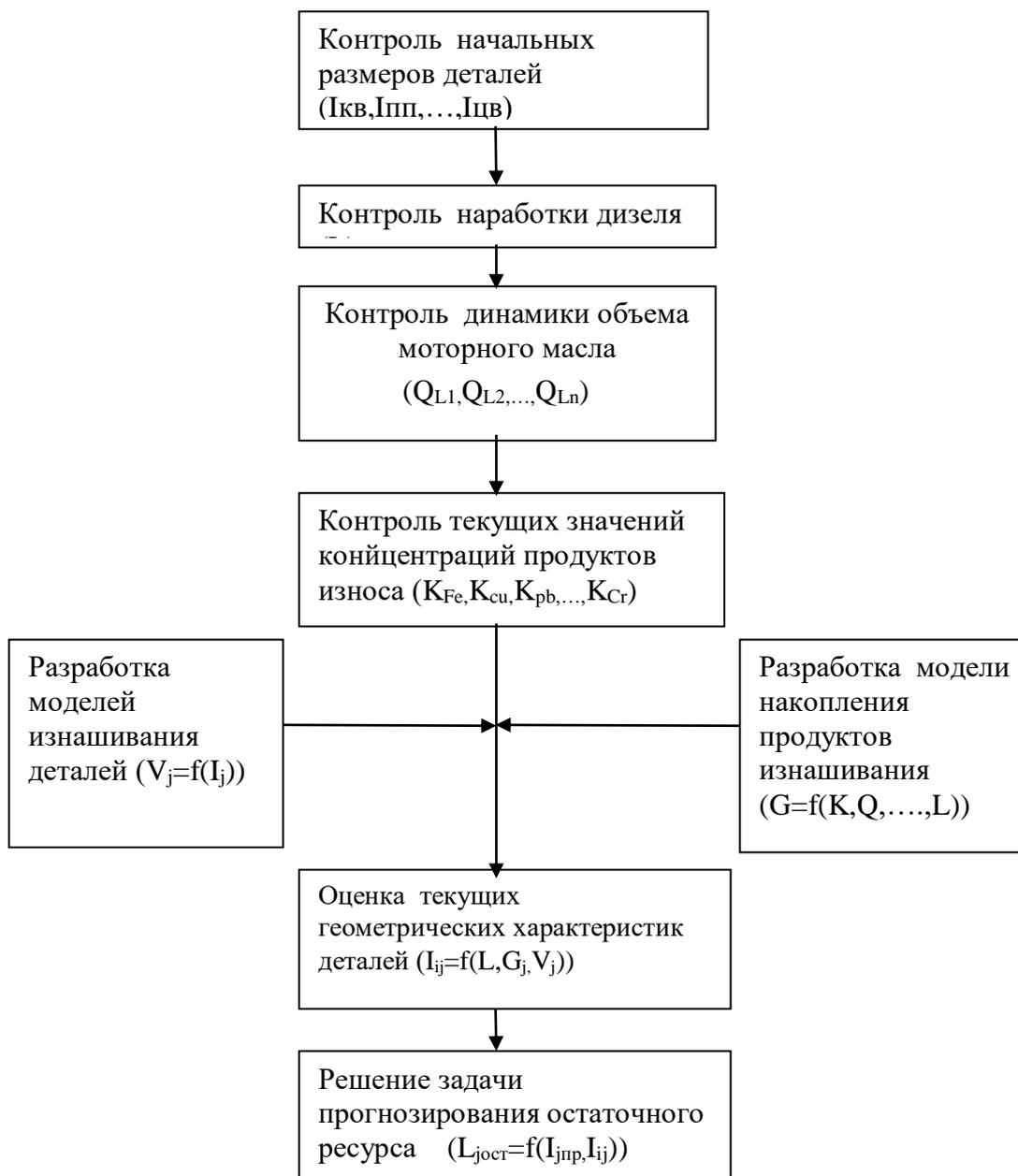


Рис 3.3 – Структура решения задачи

В результате реализации приведенного алгоритма рассчитывают значения радиального износа, конусность и овальность деталей, что позволяет наиболее объективно принимать решение о целесообразности их ремонта или замены.

Особую сложность при реализации разработанной методики контроля, представленной на рис. 3.3, вызывают две задачи:

- разработка математических моделей, характеризующих взаимосвязь кон-

центрации продуктов износа в масле дизеля с формой и величиной износа контролируемых деталей;

- разработка математической модели, характеризующей накопление продуктов износа в картерном масле дизеля в процессе эксплуатации.

Названные задачи методически довольно сложны, и их реализация в условиях локомотивных депо требует наличия вычислительной техники достаточного быстродействия и достаточного объема памяти и, естественно, его программного обеспечения.

### **3.4.1 Анализ модели изнашивания деталей ЦПГ и КШМ дизеля.**

Для анализа характера изнашиваемых сопрягаемых поверхностей деталей дизеля строятся диаграммы износа, получаемые в результате построения векторных диаграмм сил. Векторные диаграммы представляют собой геометрические места концов векторов полных давлений. Векторные диаграммы наглядно показывают наиболее и наименее нагруженные участки трущихся поверхностей.

При установлении формы износа контролируемых деталей можно использовать результаты замеров, полученных в локомотивных депо при выполнении ремонтов, или рассчитать теоретически, используя векторные диаграммы сил, действующих на контролируемые детали в процессе работы дизель-генераторной установки на номинальном режиме. В качестве примера на рис. 4.4 приведена диаграмма, характеризующая форму износа шатунной шейки коленчатого вала дизеля 10Д100.

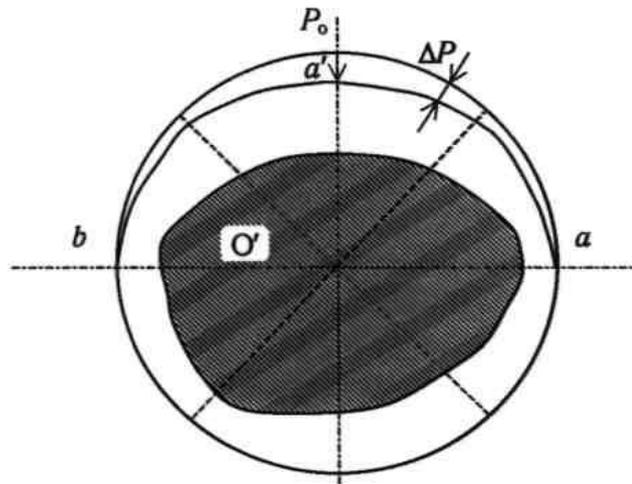


Рис 3.4 Диаграмма изнашивания шатунной шейки коленчатого вала

На рис. 3.5 приведена диаграмма сил, действующих на поршневой палец. Диаграммы износа удобно строить на основании соответствующих векторных диаграмм. Они позволяют с большей надежностью определять места подвода смазки и устанавливать участки рабочих поверхностей, подвергающихся наибольшему износу. По описанной методике, в целях установления характера износа контролируемых деталей тепловозных дизелей, был выполнен динамический расчет дизеля, построены векторные диаграммы действующих сил и построены диаграммы износов.

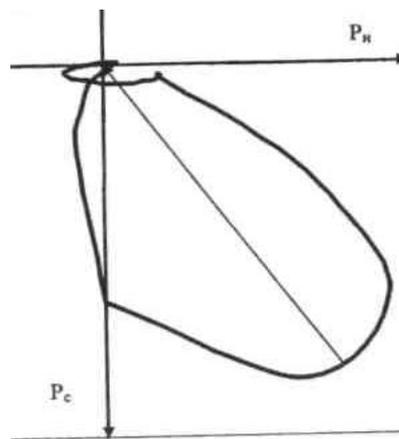


Рис 3.5 Векторная диаграмма сил, действующих на поршневой палец

Таким образом, по результатам статистических или теоретических исследований интенсивности износа деталей тепловозного дизеля должны быть построены зависимости, связывающие изменение объемов различных металлов в картерном масле дизеля, чертежных размеров контролируемых деталей и

величины наработки тепловоза от момента постановки (замены) детали до момента очередного контроля.

Например, для коренных шеек коленчатых валов дизеля 10 Д 100 можно записать:

для верхнего вала

$$V_{вк} = 304 \cdot \left[ \begin{aligned} &2,355(D_v^{(вк)})^2 - 0,785(D_v^{(вк)} - 0,187L + 8,45 \cdot 10^{-4})^2 - \\ &-0,785(D_v^{(вк)} - 0,189L + 3,45 \cdot 10^{-4})^2 - 0,785(D_v^{(вк)} - 0,186L + 8,55 \cdot 10^{-4})^2 \end{aligned} \right] \quad (4.1)$$

для нижнего вала

$$V_{нк} = 304 \cdot \left[ \begin{aligned} &2,355(D_v^{(нк)})^2 - 0,785(D_v^{(нк)} - 0,217L - 9,65 \cdot 10^{-4})^2 - \\ &-0,785(D_v^{(нк)} - 0,219L - 9,65 \cdot 10^{-4})^2 - 0,785(D_v^{(нк)} - 0,219L - 6,35 \cdot 10^{-4})^2 \end{aligned} \right] \quad (4.2)$$

где,  $D_v$  (нк, вш, вк) — чертежный (начальный) размер шейки вала, мм;  
 $L$  — наработка дизеля от момента деповского ремонта большого объема (или постановки детали) до момента контроля, км.

Анализ полученных схем износа деталей ЦПГ дизеля позволяет сделать вывод, что периодичность нагрузок, действующих на детали, формирует определенную форму изнашивания, характерную для каждого типа деталей. Важной задачей дальнейших исследований является установление модели изнашивания каждой детали, учитывающей детерминированные и стохастические составляющие факторов, действующих в процессе работы деталей.

Для поршневого пальца дизеля 10Д100, пальца плавающего типа, предполагая, что износ пальца равномерный по всей рабочей поверхности, объем изношенного металла (железа) в зависимости от величины износа определяют по формуле в мм<sup>3</sup>:

$$V_{пш} = \left( \frac{\pi d_{пш}^2}{4} - \frac{\pi (d_{пш} - \Delta_{пш})^2}{4} \right) \cdot l \quad (3.3)$$

где,  $d_{пш}$  — начальный наружный диаметр поршневого пальца, мм;

$\Delta_{пш}$  — диаметральный износ поршневого пальца, мм;

$l$  — длина поршневого пальца, мм.

Однако для подшипника поршневого пальца, т. е. бронзовых втулок в верхней головке шатуна и во вставке поршня объем изношенного металла для заданной величины износа  $\Delta_{вт}$  определяют по формуле

$$V_{III} = \left( \left( \frac{\pi (d_{BT} + \Delta_{BT})^2}{4} - \frac{\pi d_{BT}^2}{4} \right) - 32 \frac{\Delta_{BT}}{2} \right) 36,5 \quad (3.4)$$

где,  $d_{BT}$  — начальный внутренний диаметр бронзовой втулки, мм.

Для построения эмпирических зависимостей, характеризующих взаимосвязь между износом, наработкой и концентрацией продуктов износа однотипных деталей, необходимо определить сравнительную интенсивность износа каждой детали, задать базовый размер, используя который рассчитать остальные размеры контролируемых деталей и объем изношенного с них металла.

### **3.4.2 Исследование характера изнашивания компрессионных колец**

Например, на поршень дизеля 10Д100 устанавливаются четыре компрессионных кольца. Чугунные компрессионные кольца этого дизеля имеют бронзовую вставку. Обмер кольца при выполнении ремонтов проводится в пяти поясах по периметру. В качестве базового размера принят размер в поясе, противоположном замку (третий пояс, рис. 3.6).

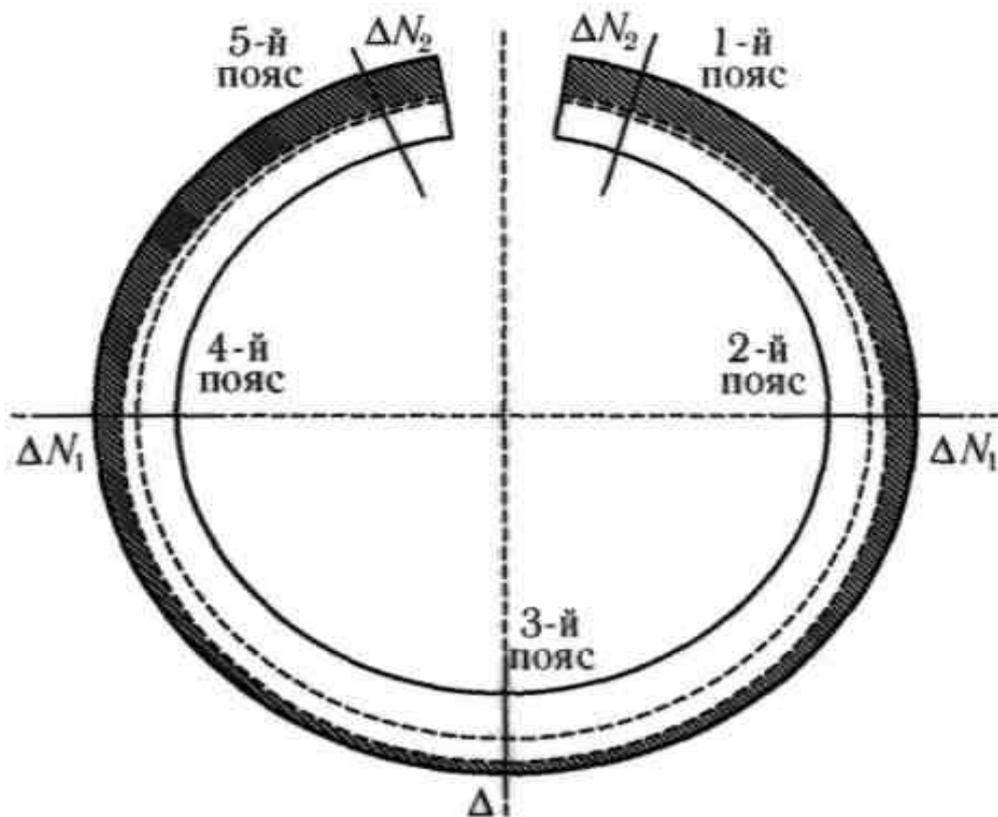


Рис 3.6 К геометрии изнашивания компрессионного кольца

Соотношение ремонтных размеров в других поясах поршневых колец устанавливается коэффициентами:

$$N_1 = \frac{\Delta^{(2,4)}}{\Delta^{(3)}}, \quad (3.5)$$

$$N_2 = \frac{\Delta^{(1,5)}}{\Delta^{(3)}}, \quad (3.6)$$

где,  $\Delta^{(i)}$  – износ поршневого кольца в  $i$ -м поясе

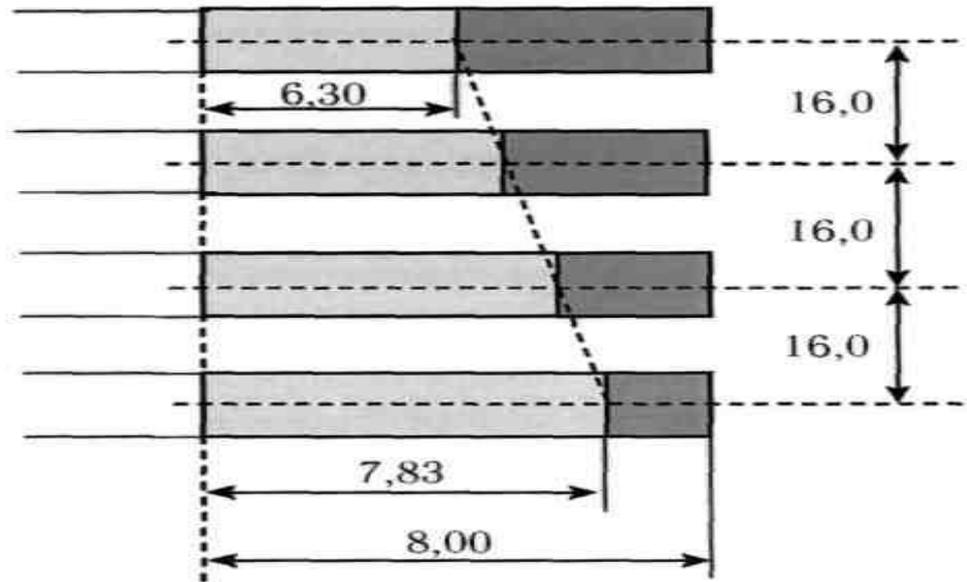


Рис 3.7 Износ колец по месту расположения на поршне

Неравномерность износа компрессионных колец по месту их расположения на поршне характеризуется коэффициентами  $X_1, X_2, X_3$  (рис. 4.7):

$$X_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta_4}, \quad (4.7) \quad X_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta_4}, \quad (4.8) \quad X_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta_4}, \quad (4.9)$$

где  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$  — соответственно износы первого, второго, третьего и четвертого компрессионных колец по местам замера. Исходя из геометрических размеров, конструкции компрессионного кольца и схемы износа возможно несколько характерных интервалов износов. Так при условии  $D^{(3)}L/2 < 2,5$  объем бронзы, изношенной с кольца, мм<sup>3</sup>:

$$V_{\text{бp}} = 2,827 \left( \Delta^{(3)} N_1 + \Delta^{(3)} \right) \cdot \left( \frac{d_k}{2} - \frac{\Delta^{(3)} + \Delta^{(3)} N_1}{4} \right) +$$

$$+ 2,827 \left( \Delta^{(3)} N_1 + \Delta^{(3)} N_2 \right) \cdot \left( \frac{d_k}{2} - \frac{\Delta^{(3)} N_1 + \Delta^{(3)} N_2}{4} \right)$$

(3.10)

а объем изношенного чугуна, мм<sup>3</sup>:

$$V_{\text{чыз}} = \frac{\Delta^{(3)}}{4tg1} (N_1^2 + N_2^2) \cdot \left( \frac{d_k}{2} - \frac{\Delta^{(3)} (N_1 + N_2)}{3} \right) \cdot 2\pi + \frac{\Delta^{(3)}}{4tg1} (N_1^2 + 1) \times \\ \times \left( \frac{d_k}{2} - \frac{\Delta^{(3)} (N_1 + 1)}{3} \right) \cdot 2\pi,$$

(3.11)

где,  $d_k = \frac{\pi D_k - \Delta_3}{\pi}$  – диаметр кольца, мм;

$\Delta_3$ -зазор в замке кольца, мм;  $d_k$ -диаметр калибра, мм;

Таким образом, приведенные выше аналитические выражения показывают, что для расчета износа контролируемых деталей дизеля в условиях эксплуатации могут быть использованы:

- опытные зависимости, непосредственно связывающие износ и наработку детали (такие зависимости целесообразно строить для деталей дизеля, имеющих высокие показатели безотказности и долговечности);

- теоретические, модельные зависимости, связывающие концентрацию продуктов износа в картерном масле дизеля и величину износа контролируемых деталей по поясам и плоскостям замера. Второй важной проблемой при реализации методики является расчет количества металла изношенного с деталей дизеля по текущим значениям концентрации. Сложный характер поступления в масло и удаления из него в результате угара и фильтрации продуктов износа и динамика изменения количества моторного масла в масляной ванне дизеля в процессе эксплуатации отражается на величине итоговой, суммарной концентрации продуктов износа. Для расчета суммарного объема изношенного металла по текущим значениям концентрации продуктов изнашивания разработана математическая модель, позволяющая рассчитать величину накопленной концентрации, значение которой зависит от:

- объема металла, содержащегося в моторном масле на момент контроля,  $V_K$ ;
- объема металла, отфильтрованного в масляной системе дизеля,  $V_K$ ;
- объема металла, потерянного в результате угара и утечек через не

плотности  $V_u$ ;

- объема металла, потерянного в результате смены масла,  $V_s$ ;
- объема металла, осевшего на стенках картера и в трубопроводах,  $U_0$ .

Расчет каждой из названных составляющих осуществляется по результатам контроля текущих значений концентрации продуктов износа, величины долива и смены масла и конструктивных особенностей масляной системы тепловозного дизеля. Далее суммарный объем изношенного металла в картере дизеля разделяется по группам контролируемых деталей. Алгоритм разделения, один из самых сложных алгоритмов в разработанной математической модели, разрабатывается индивидуально для каждого типа дизеля на основе известного химического состава материалов, из которых изготовлены контролируемые детали дизеля.

### **3.5 Многофункциональный оптико-эмиссионный спектрометр (МФС-12).**

В дипломном проекте представлен один из последних выпусков спектрометра российского производства, оптико-эмиссионный спектрометр для элементного анализа МФС-12.

МФС-12 - компактный надежный современный прибор для анализа различных материалов. Это прибор нового поколения спектрометров серии МФС, широко распространенных в России и СНГ, сочетающий лучшие качества своих предшественников с самыми современными техническими решениями.



Рис 3.8 Многофункциональный оптико-эмиссионный спектрометр  
МФС-12

Достоинством приборов этой серии являются большое разнообразие исследуемых образцов. МФС-12 предназначен для анализа самых разнообразных порошковых проб, образцов как черных, так и цветных металлов различной формы, других материалов. Спектрометр не требует продувки аргоном.

Современная конструкция в сочетании с применением надежных и проверенных компонентов обеспечивает выполнение норм точности и диапазонов измерения концентраций элементов в соответствии с требованиями ГОСТ и других нормативных документов. Вот почему МФС-12 - отличное решение задач элементного анализа материалов.

Спектрометр МФС-12 внесен в Государственные реестры средств измерений России, Украины, Беларуси, Казахстана.

Оптическая система построена по схеме Пашена-Рунге с диаметром круга Роланда 0.5м. Для обеспечения пространственной стабильности спектра все оптические элементы установлены на единой платформе, имеющей хорошую теплопроводность.



Рис 3.9 Оптические элемент



Рис 3.10 Детектор

В качестве приемников излучения используются линейные CCD детекторы.

Оригинальная конструкция установки детекторов без мертвых зон позволяет регистрировать весь спектр целиком во всем диапазоне работы прибора. Регистрация всего спектра, а не отдельных линий, как в случае использования фотоумножителей, открывает практически неограниченные возможности по анализу различных материалов на одном приборе.

Конструкция штатива позволяет анализировать:

- образцы в виде кусков различной формы
- стержни
- порошки: руда, оксиды, ферросплавы, шлаки и т.д.
- растворы с предварительным выпариванием.



Рис 3.11 Штатив

Замкнутая система водяного охлаждения устраняя влияние разогрева на результаты анализа.

Не требует продувки аргоном.

Источник возбуждения спектра

Компактный, высокостабильный источник низковольтной искры с цифровым управлением. Амплитуда и форма тока в разряде, а также длительность и частота следования разрядных импульсов могут регулироваться в большом диапазоне. Благодаря этому источник

обеспечивает элементный анализ самых разнообразных металлов, сплавов и других материалов.

Управление всеми параметрами генератора от компьютера обеспечивает:

- выбор оптимальных параметров разрядного контура и частоты импульсов;
- переключение режимов разряда в ходе одной экспозиции, возможно использование до 5 различных режимов, включая обжиг, в течение одного анализа;
- дополнительное обострение переднего фронта разрядного импульса;
- автоматическое задание параметров генератора при выборе аналитической программы.

Все это повышает точность анализа и расширяет аналитические возможности спектрометра.

Система регистрации обеспечивает управление узлами спектрометра, его тестирование, измерение и обработку аналитических сигналов. Использование самой современной элементной базы позволило уменьшить габариты и снизить энергопотребление. Благодаря высокоскоростному USB интерфейсу весь зарегистрированный спектр (около 40000 значений) передается в компьютер практически мгновенно.

Технические характеристики МФС-12

Оптическая система: по схеме Пашена Рунге с кругом Роуланда 0.5м, спектральный диапазон 190-425 нм

Приемники излучения - 10 линейных CCD детекторов по 3648 пикселей.

Штатив: конструкция, удобная для анализа образцов различных размеров и формы, а также порошков. Не требует продувки аргоном.

Источник возбуждения: низковольтная искра с цифровым управлением

Таблица 3.1 Технические характеристики

Ток плазмы	25...350 А
Длительность разряда	30...600 мкс
Частота	50...400 Гц
Диапазон измеряемых	0,001% - десятки %
Относительная погрешность	0,5%...5%

Условия эксплуатации: температура 15...25 С, максимальная скорость изменения  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Относительная влажность <80%

Требования к электропитанию: напряжение  $220\pm 22$  В 50 Гц, однофазное с заземлением.

### **3.5.1 Программное обеспечение**

Спектрометр работает под управлением IBM-совместимого компьютера. Простая и удобная программа Win CCD позволяет легко управлять прибором, проводить его градуировку и получать результаты измерений без специальной начальной подготовки. Кроме того, в программе предусмотрено множество средств для работы со спектрами, а также средства получения и обработки аналитических результатов, развитые ранее в программе Win Quant.

Win Quant представляет собой мощную программу для управления и обработки данных в эмиссионных спектрометрах. Она обладает всеми аналитическими возможностями и достоинствами предыдущих версий программы, а также имеет ряд новых функций. Широкие функциональные возможности в сочетании с универсальностью и простотой делают

программу Win Quant прекрасным инструментом аналитика для разработки разнообразных аналитических методик и проведения анализа.

Программа Win Quant может функционировать как на компьютере, подключенном к прибору, так и на компьютере автономно. Это позволяет знакомиться с содержанием программы, не включая прибора (и даже при его отсутствии) или обрабатывать ранее полученные результаты.

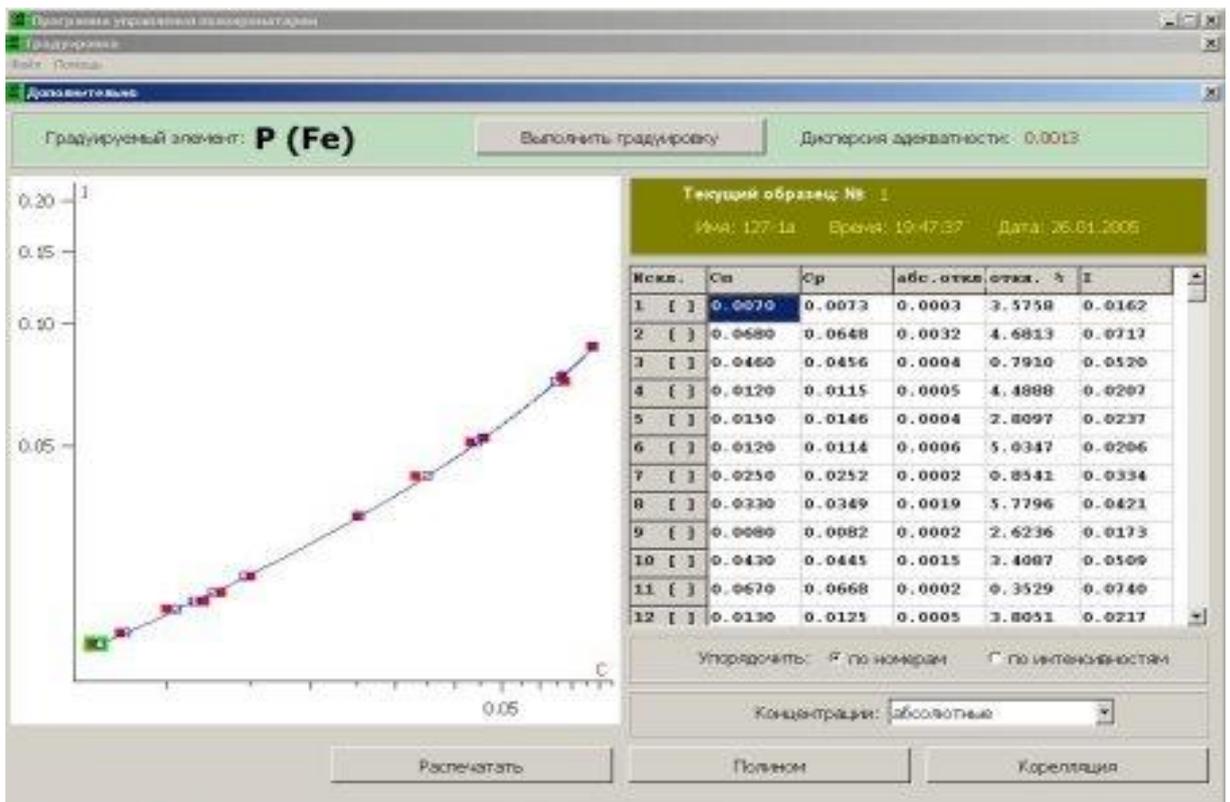


Рис 3.12 Градуировочный график по железу

Программа Win Quant обеспечивает:

- Работу оператора в режиме диалога с компьютером.
- Автоматическое управление и контроль технического состояния системы.
- Автоматическую обработку аналитических сигналов: усреднение и оценку погрешности результатов измерений, расчет оптимальных регрессионных моделей градуировочных характеристик, учет фона, учет разбавления основы и межэлементных влияний; графическое представление градуировочных кривых, оценку погрешности градуировки; автоматическую корректировку градуировки; расчет результатов анализа в единицах концентрации.
- Практически неограниченное число аналитических программ, библиотека анализируемых марок сплавов, применяемых стандартных образцов, таблиц допустимых отклонений.
- Архивы результатов анализа проб.
- Автоматическое определение марки материала по результатам

анализа.

Регистрация образца №1 (x1-32)

Пер./Линия	Средние	Откл. %	1	2	3
Основа	59.2299	0.1320	59.2934	59.1007	59.2955
5   с Fe	56097	0.2563	56111	56265	55914
5   а С	0.1960	1.0129	0.1973	0.2007	0.1959
5   а Si	0.8616	0.2590	0.8597	0.8604	0.8648
5   а Mn	0.3794	0.4472	0.3764	0.3818	0.3781
5   а Cr2	17.4654	0.2457	17.4015	17.5062	17.4514
5   а Ni2	9.8121	0.5922	9.8175	9.8804	9.7384
5   а S	0.0065	1.6071	0.0065	0.0068	0.0065
5   а P	0.0120	1.4770	0.0118	0.0119	0.0122
5   а Cu1	0.2367	0.2877	0.2365	0.2376	0.2360
5   а Ti	0.9384	0.5287	0.9318	0.9437	0.9396
5   а Al	0.0593	0.8975	0.0592	0.0600	0.0587
5   а V	0.2145	0.2672	0.2141	0.2153	0.2142
5   а Mo	0.2826	0.3938	0.2819	0.2817	0.2842
5   а W	0.3125	0.6576	0.3103	0.3128	0.3145

Начать регистрацию

В буфер печати

Распечатать

Удалить столбец

Удалить значение

Выводить: концентрации

Закончить

Для продолжения регистрации нажмите кнопку "Начать регистрацию"

Рис 3.13 Регистрация образца

К отличительным особенностям программы Win Quant относится:

- Возможность проводить анализ одного элемента по нескольким аналитическим линиям, в зависимости от концентрации этого элемента, с автоматическим переходом с одной линии на другую.
- Возможность проводить корректировку градуировочных графиков различным способом, наиболее удобным для решения конкретной аналитической задачи.
- Хранение всех результатов экспонирования стандартных образцов в абсолютных единицах, что позволяет оптимально подбирать линии сравнения без повторного экспонирования образца.
- Возможность добавлять новые элементы в аналитическую методику.
- Программа Win Quant постоянно расширяется и совершенствуется.

Win CCD представляет собой мощную программу для управления и обработки данных в современных эмиссионных спектрометрах с

регистрацией на многоэлементных приемниках, которые обеспечивают регистрацию не отдельных спектральных линий, а всего спектра анализируемого образца. Win CCD включает в себя как средства работы со спектрами, так и все средства получения и обработки аналитических результатов, развитые ранее в программе Win Quant. Широкие функциональные возможности в сочетании с универсальностью и простотой делают программу Win CCD прекрасным инструментом аналитика, позволяющим проводить как качественный, так и точный количественный анализ образцов. Программа содержит разнообразные средства для разработки аналитических методик с использованием различных приемов обработки спектроаналитических данных.

Программа Win CCD может функционировать автономно. Это позволяет знакомиться с содержанием программы, не включая прибора (и даже при его отсутствии) или обрабатывать ранее полученные результаты.

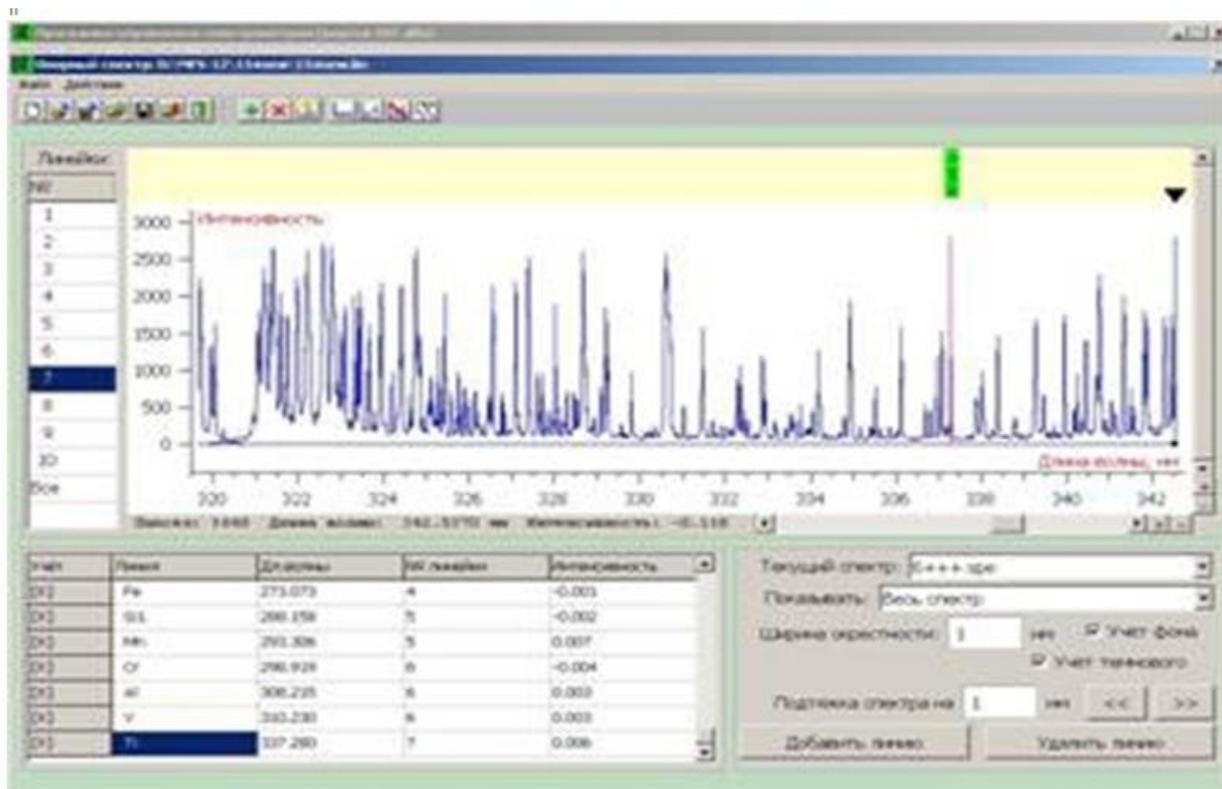


Рис 3.14 Спектр стандартного образца 154-2 (ВНИ ИСО) в диапазоне 320-342 нм



Рис 3.15 Аналитическая линия титана 337,3 нм в стандартном образце стали 154-2

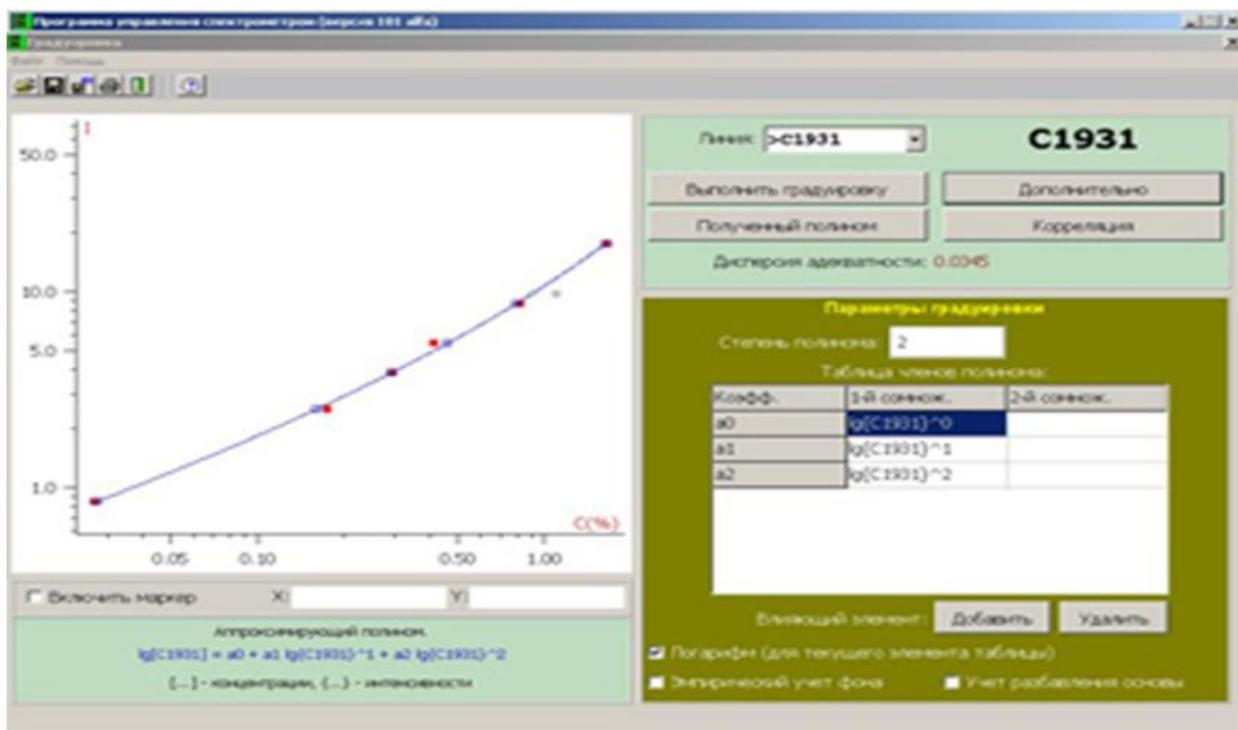


Рис 3.16 Градуировочный график по углероду в низколегированных сталях, построенный по комплекту стандартных образцов (154 ВНИ ИСО)

Программа Win CCD позволяет:

- Регистрировать спектр анализируемого образца во всем диапазоне работы спектрометра. Проводить качественный анализ неизвестных образцов. Детально рассматривать контур отдельной аналитической линии.
- Выбирать для количественного анализа любые аналитические линии либо аналитические пары с учетом рекомендаций ГОСТ и собственного опыта.
- Производить учет влияния соседних линий и фона в окрестности выбранной аналитической линии.
- Строить градуировочные графики в линейном или логарифмическом масштабе, с учетом взаимных влияний элементов, учетом разбавления основы и т.д.
- Автоматическое определение марки материала по результатам

анализа.

#### **4. Расчет экономических показателей при диагностировании дизеля на основе спектрального анализа масла**

В условиях рыночной экономики возрастают требования к наиболее экономному расходованию трудовых, материальных, топливно-энергетических и денежных ресурсов, повышению эффективности использования технического потенциала.

В связи с этим необходимо добиваться обоснованных решений по оптимизации технико-экономических показателей работы проектируемого или реконструируемого объекта. В этих целях осуществляются расчеты основных технико-экономических показателей конкретного объекта, сравнение их величин с базисными в целях реализации оптимального проектного решения.

В экономической части выпускной квалификационной работы рассчитываются следующие технико-экономические показатели поточной линии ремонта шатунно-поршневой группы дизеля:

1. Штат работников.
2. Производительность труда.
3. Эксплуатационные (текущие) расходы.
  - 3.1. Фонд оплаты труда работников и отчисление на социальное страхование.
  - 3.2. Затраты на материалы, топлива, электроэнергию.
  - 3.3. Расходы на амортизацию основных фондов.
  - 3.4. Прочие затраты.

#### 4.1 Расчет годовой программы при диагностировании дизеля на основе спектрального анализа масла

Годовая программа поточной линии принимается в объеме 363 дизелей 5Д49 комплектных (согласно заданию).

#### 4.2 Определение численности работников

Контингент производственных рабочих рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{яв}^{\text{раб}}} = \frac{T}{N_{\text{п}} \cdot 1,08 \cdot K_{\text{по}}}, \text{ чел}$$

где  $R_{\text{яв}^{\text{раб}}}$  - явочная численность производственных рабочих, чел.

$T$  – общая трудоемкость работ, чел – час.

$N_{\text{п}}$  - месячная норма рабочих часов 169,5 ч.

$K_{\text{по}}$  – коэффициент учитывающий рост производительности труда, 1,08.

Общая трудоемкость выполняемых работ определяется умножением трудоемкости единицы ремонта на объем работы (программу ремонта цеха или участка) по формуле:

$$T = T_{\text{ед}} \cdot N_{\text{г}}, \text{ чел – час}$$

где  $T_{\text{ед}}$  – трудоемкость ремонта комплекта шатунно-поршневой группы дизеля 5Д49 – 71,47 чел – час.

$N_{\text{г}}$  – годовая программа цеха  $N_{\text{г}} = 363$  дизелей.

$$T = 71,47 \cdot 363 = 25943,61 \text{ чел-час.}$$

Тогда контингент производственных рабочих составит:

$$R_{\text{яв}} = 25943,61 / (169,5 * 12 * 1,08) = 12 \text{ чел}$$

Рассчитанный контингент рабочих распределяется по профессиям и квалификационному признаку. Дополнительно рассчитывается штат работников по обслуживанию производства и его управлению.

Контингент работников по обслуживанию производства и его управлению составляет примерно 20% от производственного штата.

$$R_{\text{яв}}^{\text{оу}} = 0,2 * 12 = 3 \text{ чел}$$

### 4.3 Расчет производительности труда

Производительность труда работников участка рассчитывается умножением годового объема ремонтных работ в единицах на списочную численность работников:

$$П_{\text{т}} = \frac{N}{R_{\text{яв}}^{\text{аб}} K_{\text{рам}} + R_{\text{яв}}^{\text{оу}}}, \text{ ед/чел.}$$

где  $K_{\text{рам}}$  – коэффициент учитывающий дополнительную потребность производственных рабочих для замещения больных и т.д.  $K_{\text{рам}} = 1,09$ .

$R_{\text{яв}}^{\text{оу}}$  – штат работников по обслуживанию производства и его управления.

$$П_{\text{т}} = \frac{363}{12 * 1,09 + 3} = 22,57 \text{ ед/чел}$$

### 4.4 Определение эксплуатационных (текущих) расходов (С)

Эксплуатационные расходы рассчитываются по элементам затрат в соответствии с номенклатурой расходов по основной деятельности

железной дороги. В состав текущих расходов входит: затраты на оплату труда, отчисления на социальное страхование, затраты на материалы, электроэнергию, амортизационные отчисления и прочие расходы.

#### 4.4.1 Расчет годового фонда оплаты труда ( $C_{\text{фот}}$ )

Годовой фонд оплаты труда ( $C_{\text{фот}}$ ) определяется умножением среднемесячной заработной платы работника на их штат и величину планового периода (12 месяцев).

В состав среднемесячной заработной платы включаются тарифная ставка, премии, надбавки и доплаты.

Таблица 4.1 Фонд оплаты труда работников поточной линии ремонта шатунно-поршневой группы дизеля 5Д49

№	Должность	Кол-во, чел	Разряд	Месячная тарифная ставка, сум	Доплаты, сум	Итого, сум	Годовой фонд оплаты труда, тыс. сум
1	Мастер	1		677600,00	169400,00	847000,00	10164,00
2	слесарь	4	4	493022,96	123255,74	616278,70	29581,38
3	слесарь	5	5	541099,94	135274,98	676374,92	40582,50
4	мойщик	1		400953,67	100238,42	501192,09	6014,31
5	Дефектоскопист	1		421080,00	105270,00	526350,00	6316,20
Итого		12				Всего	92658,39

Годовой фонд оплаты труда работников с учетом фонда оплаты труда МОП составит:

$$\text{ГФОТ} = \text{ГФОТ}_{\text{пр.раб.}} \cdot 1,2 = 92658,39 \cdot 1,2 = 111190,07 \text{ тыс. сум}$$

#### 4.5. Определение отчислений на социальное страхование

Отчисления на социальное страхование рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{отч}} = C_{\text{фот}} \times 0,25, \text{ т.сум}$$

где  $C_{\text{фот}}$  – общий фонд оплаты труда

0,25 – доля отчислений средств на социальное страхование

$$C_{\text{отч}} = 111190,07 \cdot 0,25 = 27797,52 \text{ тыс. сум}$$

#### **4.6. Расчет расходов на материалы**

Затраты денежных средств на материальные ресурсы определяется умножением удельной нормы расходы материалов в стоимостном выражении ( $C_M$ ) на объем продукции ( $N_r$ )

$$C_{\text{мат}} = C_M \cdot N_r = 20,39 \cdot 363 = 7401,57 \text{ тыс. сум}$$

#### **4.7. Расчет расходов на электроэнергию**

Расходы на электроэнергию определяется по формуле:

$$C_3 = C_3 \cdot A_3 \cdot N_r, \text{ тыс. сум}$$

где  $C_3$  – цена 1 кВт-часа электроэнергии, 171,29 сум;

$A_3$  – норма расхода электроэнергии на комплект цилиндрических втулок

$N_r$  – годовая программа цеха, единиц

$$C_3 = 28,5 \cdot 171,29 \cdot 363 / 1000 = 1772,08 \text{ тыс. сум}$$

#### **4.8. Определение амортизационных отчислений ( $C_a$ )**

Расходы от амортизации основных фондов рассчитывается в зависимости от их балансовой стоимости и норм отчислений на возобновление основных фондов.

Общая балансовая стоимость оборудования поточной линии ремонта шатунно-поршневой группы дизеля 5Д49. составляет 146401,37 тыс.сум.

$$C_a=146401,37 \cdot 0,072=10540,90 \text{ тыс сум}$$

#### **4.9. Определение прочих расходов ( $C_{пр}$ )**

Прочие расходы по цеху (участку) рассчитывается в соответствии с номенклатурой расходов по видам работ.

Прочие расходы приняты в размере 2% от ФОТ производственных рабочих.

$$C_{пр}=92658,39 \cdot 0,02=1851,37 \text{ тыс. сум}$$

#### **4.10. Расчет общей суммы эксплуатационных расходов ( $C_э$ )**

Указанные расходы определяются по формуле:

$$C_0=C_{\text{фот}}+C_{\text{отч}}+C_M+C_э+C_a+C_{пр}, \text{ т.сум}$$

$$C_0=111190,07+27797,52+7401,57+1772,08+10540,90+1851,37=160553,5$$

1 тыс. сум

#### **4.11.Определение себестоимости и расчетной цены продукции поточной линии**

Себестоимость единицы ремонта (С) рассчитывается делением суммы годовых текущих расходов  $C_0$  по объем годовой программа ( $N_r$ ):

$$C=C_0/N_r= 160553,51/363=422,29 \text{ тыс. сум}$$

Расчетная цена учитывает кроме полной себестоимости и удельную прибыль (П), величина которой берется в размере 20% от себестоимости:

$$П = 0,2 * C ; \text{ т. сум}$$

Таким образом расчетная цена составит:

$$P_{ц} = C + 0,2 * C, \text{ тыс. Сум}$$

$$P_{ц} = 422,29 + 0,2 \cdot 422,29 = 530,76 \text{ тыс. сум}$$

4.11.Расчет доходов (Д), прибыли (П) и рентабельности ( Р) цеха (участка)

Величина доходов цеха определяется умножением расчетной цены ( $P_{ц}$ ) на годовую программу ( $N_r$ )

$$Д = 530,76 \cdot 363 = 192665,88 \text{ тыс. сум}$$

Расчетная прибыль (Пр) вычисляется по формуле:

$$P_p = Д - C_0$$

$$P_p = 192665,88 - 160553,51 = 32112,37 \text{ тыс. сум}$$

Рентабельность участка по текущим расходам определяется следующим образом:

$$P_c = \Pi_p \cdot 100 / C_o$$

$$P_c = 32112,37 \cdot 100 / 160553,51 = 20\%$$

Полученные результаты выше произведенных расчетов свидетельствуют о том, что при диагностировании дизеля на основе спектрального анализа масла работает прибыльно и рентабельно. Следовательно, можно прийти к выводу, что запланированное мероприятие является эффективным и может быть внедрено в производство.

## **5. Охрана труда и техника безопасности**

### **5.1 Применение диагностирования дизеля на основе спектрального анализа масла**

Проекты машин, станков, механизмов и другого оборудования должны отвечать требованиям техники безопасности и производственной санитарии. Основными из этих требований являются безопасность для жизни и здоровья людей, надежность действия, свобода доступа при постройке, осмотре и ремонте, удобство эксплуатации, облегчение и оздоровление условий труда.

Безопасность производственного оборудования, т.е. его свойство удовлетворять требованиям безопасности труда при выполнении заданных функций в условиях, установленных нормативно-технической документацией, достигается правильным выбором конструктивных элементов и принципов их действия, разработкой и внедрением

совершенных технологических процессов, применением различных средств защиты.

Средства защиты должны быть составной частью оборудования, обеспечивать полную безопасность обслуживающего персонала, позволять решать одновременно несколько задач. Так, ограждение опасных элементов станка должно не только обеспечивать защиту обслуживающего персонала от травматизма, но и способствовать снижению шума и вибрации. Ограждение абразивного круга заточного станка конструктивно должно совмещаться с системой отсосной вентиляции.

При проектировании необходимо учитывать психофизиологические и физические возможности организма человека, а также его антропологические данные. С целью уменьшения утомляемости человека все узлы оборудования и элементы управления размещают таким образом, чтобы исключалась монотонность в работе, а также излишние движение и неудобные рабочие позы. Оператор должен иметь возможность работать в ритме, обеспечивающем своевременное включение и отключение органов управления, своевременную установку заготовок и съем обработанных деталей, наблюдение за состоянием всех основных деталей оборудования в процессе работы, быстрое и правильное считывание показаний контрольно-измерительных приборов, четкое восприятие необходимых сигналов. Органы управления (рычаги, педали, кнопки и т.д.) делают надежными, легкодоступными и хорошо различимыми, а тормозные устройства – обеспечивающими быстрое торможение движущихся по инерции деталей.

Конструкция оборудования должна предусматривать удобство его осмотра, разборки, монтажа, наладки, смазки, уборки, транспортировки, установки и управления в процессе эксплуатации. Оборудование, выделяющее пыль и газы в процессе работы, снабжают специальными устройствами механической вентиляции.

Оборудование должно иметь красивые очертания и рациональное цветовое оформление, способствующее снижению утомления и повышению безопасности обслуживающего персонала.

Усилия, затрачиваемые рабочими при управлении машинами, механизмами и другими оборудованием, не должны превышать величин, приведенных в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

НАПРАВЛЕНИЕ	УСИЛИЕ, Н, ПРИ РАБОТЕ			
	Правой рукой		Левой рукой	
	Часто перемещаемое приспособление	Редко перемещаемое приспособление	Часто перемещаемое приспособление	Редко перемещаемое приспособление
Вверх	50	80	40	60
Вниз	50	80	40	60
В сторону	40	60	30	40

Руководящими документами, определяющими требования безопасности к машинам, механизмам и другому оборудованию, являются Типовое положение о порядке разработки, изготовления и испытания опытных образцов новых машин, оборудования, приборов и других изделий машиностроения и передачи их в серийное производство.

Согласно Типовому положению разработанные опытные образцы новых изделий должны обеспечивать высокие технико-экономические показатели облегчения труда, соблюдение требований техники безопасности и производственной санитарии. Требования охраны труда необходимо учитывать, начиная с разработки технического задания на проектирование той или иной машины, станка и т.п. При этом в полной мере должны быть учтены опасные и вредные производственные факторы, выявленные при эксплуатации аналогичного оборудования.

Разработанные технические решения согласовывают с органами по изделиям, подлежащим контролю этих органов, а также с технической

инспекцией труда, к которым предъявляются повышенные требования в части техники безопасности и производственной санитарии.

После изготовления опытные образцы новой техники испытывают комиссионно в заводских и эксплуатационных условиях. При этом проверяют основные технические и эксплуатационные показатели с учетом соблюдения требований охраны труда. Запрещается передача в серийное производство опытных образцов, не отвечающих этим требованиям.

Типовыми требованиями по технике безопасности и производственной санитарии предусмотрены необходимость ограждения опасных вращающихся частей машин, механизмов и технологического оборудования; разработка и внедрение надежных мероприятий по защите обслуживающего персонала от пыли, пара, газа, шума, вибраций, поражения электрическим током; создание нормальных санитарно-гигиенических условий на рабочих местах, в кабинах локомотивов, снегоуборочных и других машин, а также в пассажирских вагонах; применение современных средств технической эстетики и научной организации труда; использование предохранительных средств и блокировочных устройств и другие мероприятия, обеспечивающие создание безопасных условий труда.

В соответствии с Типовыми требованиями по технике безопасности и производственной санитарии для проектирования и постройки магистральных маневровых электровозов и тепловозов, кабины машиниста локомотивов оборудуют отоплением с терморегуляцией, механической вентиляцией и устройствами для кондиционирования воздуха. При любых параметрах наружного воздуха в кабинах должны быть обеспечены следующие показатели микроклимата:

Температура при закрытых дверях и окнах в осенне-зимний и весенней периоды года не ниже 15-19 °С, а в летний период не выше 22-

23 °С при температуре наружного воздуха 27-40 °с и относительной влажности 35-65%;

перепад температур воздуха на уровне 50-100 мм и 1,5-2 м от пола кабины не более 4-5 °С.

скорость движения воздуха в рабочей зоне не более 0,3 м/с;

содержание в воздухе углекислого газа не более 1 л/м<sup>3</sup>, пыли не более 1 мг/м<sup>3</sup>, кислорода не менее 17%.

Кабины машиниста оборудуют устройствами естественного и искусственного освещения. Отношение световых проемов к площади пола должно быть не менее 0,4 а освещенность искусственным светом на уровне расположения пульта и приборов управления не менее 20 лк.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот для кабин машиниста выбирают по предельному спектру ПС-75.

Величины вибрации на рабочих местах машиниста и его помощника регламентированы санитарными нормами по ограничению вибрации на рабочих местах для обслуживающего персонала и пассажиров в подвижном составе железнодорожного транспорта, утвержденным министерством здравоохранения.

Кабины машиниста оборудуют устройствами, обеспечивающими хорошую видимость с локомотивов впереди лежащего пути и видимых сигналов, а также слышимость звуковых сигналов при любых погодных условиях. Для защиты глаз от слепящего действия солнечных лучей и прожекторов встречных поездов на лобовом окне кабины устанавливают откидные светофильтры, регулируемые по высоте и не изменяющие цвет видимых сигналов.

На магистральных локомотивах предусматривают санитарные узлы, умывальники с подогревом воды, шкафы для хранения одежды и продуктов питания, электроподогреватели для пищи и питьевой воды, аптечки с медикаментами.

Аналогичные типовые требования по технике безопасности и производственной санитарии разработаны для пассажирских вагонов, электропоездов пригородного сообщения, поездов, секций и вагонов с машинным охлаждением, снего-, землеуборочных и снегоочистительных машин, поливочных поездов, съемных и несъемных дрезин, камер и установок для сушки подвижного состава.

Типовые требования должны учитываться не только при проектировании и подстройке новых машин, механизмов и подвижного состава, но и при их модернизации, а также производстве заводского ремонта. Периодические Типовые требования должны пересматриваться с учетом изменившихся условий.

## **5.2. Виды горения и пожароопасные свойства веществ и материалов**

Горением называют физико-химический процесс, для которого характерны три признака: химическое превращение, выделение тепла, излучение света. Основа горения – экзотермическая окислительно-восстановительная реакция, (комплекс реакций) вещества с окислителем. Окислителями могут быть хлор, бром, сера, кислород, кислородосодержащие и другие вещества. Однако чаще приходится иметь дело с горением в атмосфере воздуха, когда окислителем является кислород.

Для возникновения горения необходимо наличие горючего вещества, окислителя и источника воспламенения. Но и в этом случае горение будет возможным, если горючее вещество и кислород (или другой окислитель) находятся в определенном количественном соотношении, а тепловой импульс имеет запас тепла, достаточный для нагревания вещества до температуры его воспламенения. Если мало горючего вещества в смеси с воздухом или мало кислорода (менее 14-16%), процесс горения не начнется.

Горение может быть вызвано непосредственным воздействием на горючее вещество открытого пламени или накаливаемого тела, слабым, но непрерывным и продолжительным нагреванием горючего вещества, самовозгоранием, взрывом, химической энергией (экзотермические реакции), механической энергией (трение, удар, давление), лучистой энергией тепла, нагретым до высоких температур воздухом и т.д. Тепловые процессы являются как бы подготовкой к процессу горения, потому тепло затрачивается не только на приведение кислорода в активное состояние (в нормальных условиях молекулярный кислород воздуха мало активен), но и превращение горючих веществ в парогазообразное состояние.

Количество тепла, выделяемое при полном сгорании вещества и отнесенное к одному молю, единице массы (кг) или единице объема ( $\text{м}^3$ ) горючего вещества, называют теплотой сгорания. Различают высшую и низшую теплоту сгорания. Высшая представляет собой количество тепла, выделяемое при полном сгорании 1 кг или 1  $\text{м}^3$  горючего вещества при условии, что содержащийся в нем водород до образования водяного пара и испарения влаги горючего вещества.

При горении большая часть тепла идет на нагревание окружающей среды, строительных конструкций и самих горючих веществ. Тепло в окружающую среду передается путем теплопроводности, конвекции и излучения. Под теплопроводностью понимает перенос тепловой энергии при непосредственном соприкосновении веществ, материалов и конструкций. Конвекция- это перенос тепловой энергии в результате перемещения или перемешивания частиц жидкости или газа. Конвективные потоки на крупных пожарах достигают больших скоростей, что приводит к перебросу на значительные расстояния горящих головней и искр. Тепловое излучение представляет собой перенос тепловой энергии в виде электромагнитных волн.

Скорость распространения горения по поверхности горючего материала зависит от его агрегатного состояния, теплофизических свойств, плотности распределения в пространстве и сечения элементов горючей загрузки, метеорологических и других условий.

Существенное значение для оценки пожарной опасности того или иного вещества, материала имеет температура его воспламенения, самонагревания, самовоспламенения и вспышки.

Воспламенение – это возгорание, сопровождающееся появлением пламени. Температурой воспламенения является температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение. Температура воспламенения зависит не только от природы вещества, но и от атмосферного давления, процентного содержания кислорода в воздухе и многих других условий. Даже для одного и того же вещества температура воспламенения может колебаться в значительных пределах. Например, для дерева она колеблется от 250 до 350 С, торфа от 225 до 280С.

### **5.3. Специальная одежда, специальная обувь и предохранительные приспособления**

В соответствии со ст. о труде на работах с вредными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, рабочим и служащим выдаются бесплатно по установленным нормам специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты. Эти средства применяют в тех случаях, когда безопасные и здоровые условия труда не могут быть обеспечены конструкцией оборудования, организацией производственных процессов и средствами коллективной защиты.

Специальная одежда – комбинезоны, полукомбинезоны, куртки, брюки, костюмы, халаты, плащи, полушубки, тулупы, фартуки, жилеты и нарукавники – предназначены для защиты работающих от механических

повреждений, общих производственных загрязнений, повышенных и пониженных температур, радиоактивных веществ, воды, кислот, щелочей, органических растворителей, нефти, нефтепродуктов, масел и жиров, а также от вредных биологических факторов (микроорганизмов и насекомых).

Применяется спецодежда по защитным свойствам в соответствии с ГОСТом. Одежда специальная, обувь специальная и средства защиты.

Каждая группа имеет свой буквенный индекс, например спецодежда для защиты от механических воздействий – М, от общих производственных загрязнений – З, от повышенных и пониженных температур –Т, от воды – В, от кислот – К, от щелочей – Щ и т.д. Индекс подгруппы, который следует за основным индексом, условно обозначающим группу, уточняет или дополнительно раскрывает защитные свойства спецодежды. Так, спецодежда, предназначенная для работы с кислотами концентрацией выше 80% (по серной кислоте) имеет обозначение – Кк, концентрацией от 50 до 80% - К80, концентраций от 20 до 50% - К50. Условное обозначение спецодежды, предназначенной для защиты от нескольких опасных и вредных производственных факторов, например, от повышенных температур, обусловленных воздействием теплового излучения, от общих производственных загрязнений и от кислот концентрацией до 20%.

Специальная обувь – сапоги, ботфорты, полусапоги, ботинки, полуботинки, туфли, галоши, боты и бахилы – предназначена для защиты работающих от механических воздействий, скольжения, повышенных и пониженных температур, радиоактивных веществ, электростатических зарядов, электромагнитных и электрических полей, пыли, воды, кислот и щелочей, органических растворителей,

### **Заключение**

Качество масла является определяющим фактором для обеспечения ресурса, экономичности дизелей, позволяющим получить информацию о

состоянии пар трения двигателя. Стандартные методы оценки качества циркуляционного масла являются трудоемкими, недостаточно информативными и объективными, это связано как с качественным совершенствованием моторных масел (изменяется состав масел, в первую очередь-присадок), так и с совершенствованием конструкции двигателей (используются более быстроходные, высокооборотные, форсированные дизели).

Это обстоятельство вызывает необходимость разработки и использования новых методов для оценки качественных характеристик масел.

Методы ИК-спектроскопии и феррографии относятся к числу наиболее эффективных методов анализа масел.

Использование ИК спектроскопии для анализа использованного масла дает точную информацию о состоянии самого масла и двигателя, в котором оно использовалось.

Для достоверной оценки состояния дизельного двигателя необходимо комплексное использование этих методов.

### **Список используемой литературы.**

1. Подшивалов А.Б. Диагностирование локомотивов/А.Б. Подшивалов // Локомотив.1997. №6. С. 27-29.
2. Исаев И.П. Система ремонта локомотивов с учетом их фактического состояния на основе технического диагностирования/ И.П. Исаев, А. В. Горский, А. Т. Осяев// Вестник ВНИИЖТ.1991.№6. С.31-34.
3. Пушкарев И. Ф. Контроль и оценка технического состояния тепловозов/ И.Ф. Пушкарев, Э.А. Пахомов. М.:транспорт,1985.160 с.
4. Баранов Л. Г. Виброакустический метод диагностирования ЦПГ дизеля/ Л.Г. Баранов// Судостроение.1976. №11 С.26.

5. Соколов А.И Прогнозирование ресурса ДВС методом эмиссионного спектрального анализа масла/А.И. Соколов. //Двигателестроение. 1981.№11. С.38-40.

6. Диагностирование дизелей / Е.А. Никитин, Л. В. Станиславский, Э. А

7. Чанкин В.В. Спектральный анализ масел в транспортных двигателях и методы контроля их состояние без разборки / В.В Чанкин. М. Транспорт. 1967. 84с.

8. Овчаренко С.М. Диагностирование узлов по результатам спектрального анализа смазочного материала.

9.Сковородников Е.И. Применение результатов спектрального анализа картерного масла для определения износов деталей тепловозных дизелей/ Е.И. Сковородников, С.М. Овчаренко // Методы и средства диагностирования технических средств железнодорожного транспорта: Тезисы докладов / Омский ин-т инж. ж.-д. транспорта. Омск. 1989. С.26.

10. Кюрегян С.К. Оценка износа двигателей внутреннего сгорания методами спектрального анализа/ С. К. Кюрегян М.1966.152с.

11. Чинин А.В Анализ состояния поршневых пальцев после длительной работы на дизелях 2Д100 с применением спектрографических методов/ А.В. Чинин //Сб. науч. тр./Вниижт.1978.