

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

4/2024

Тема номера

Методы технического диагностирования

Журнал
**«Современные методы
 технической диагностики
 и неразрушающего
 контроля деталей и узлов»
 № 4/2024**

Журнал зарегистрирован Министерством
 Российской Федерации по делам печати,
 телерадиовещания и средств
 массовых коммуникаций
 Свидетельство о регистрации
 ПИ № ФС 77-56863 от 29.01.2014

© ИД «Панорама»

Президент ИД «Панорама» —

Председатель Некоммерческого фонда содействия
 развитию национальной культуры и искусства
К. А. Москаленко

Генеральный директор ИД «Панорама»
Г. К. Москаленко

Издательство «Промиздат»

Адрес редакции:

г. Москва, Бумажный проезд, д. 14, стр. 2
 Для писем: 125040, г. Москва, а /я 1
 www.panor.ru

Редакционный совет:

Жданкин Н. А., д-р техн. наук, проф.
Киреева Э. А., канд. техн. наук, проф.;
Крюков О. В., д-р. техн. наук, доцент,
 чл.-корр. АИИ им. А. М. Прохорова;
Новиков Г. В., канд. техн. наук;

Предложения и замечания:

тел. (495) 274-22-22

e-mail: promizdat@panor.ru

**Журнал распространяется
 через подписку. Оформить подписку
 с любого месяца можно:**

- На нашем сайте **panor.ru**;
- Через нашу редакцию
 по тел. 8 (495) 274-2222 (многоканальный)
 или по заявке в произвольной форме
 на адрес: podpiska@panor.ru;
- По «Каталогу периодических изданий,
 Газеты и журналы» агентства «Урал-пресс»
 (индекс на полугодие – **41614**).
- По официальному каталогу
 Почты России «Подписные издания»
 (индекс – **П7218**);

Отдел подписки:

e-mail: podpiska@panor.ru

тел. (495) 274-22-22

Отдел рекламы:

Тел.: (495) 274-22-22

e-mail: reklama@panor.ru

Журнал издается под эгидой
 Международной Академии технических
 наук и промышленного производства

Учредитель:

ООО «ИНDEPENDЕНТ МАСС МЕДИА»,
 121351, г. Москва,
 ул. Молодогвардейская, д. 58, стр. 7

Отпечатано в типографии ООО «ПРОФПРИНТ»,
 105103, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 104

Подписано в печать 20.08.2024 г.

Установочный тираж 5000 экз.

Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Развитие современных способов диагностирования автотракторной техники 4

Катаев А. В.

Рассмотрены пути достижения результатов различных способов диагностирования на разных этапах развития техники — от уровня первых тракторов и комбайнов до современных беспилотных комплексов. Для достижения цели были решены следующие задачи: рассмотрены особенности конструкции и способы определения технического состояния; представлен практический анализ способов диагностирования на разных уровнях на примере сельскохозяйственной и грузовой техники. Доказано, что, несмотря на наличие всех современных технологий, методик и инструментов для определения технического состояния, специалистам необходимо прибегать и к различным способам, в том числе и к органолептическому осмотру, который подразумевает использование только наработанного опыта.

Обзор существующих систем анализа данных для диагностического отслеживания электрооборудования 10

Юдин А. А.

В условиях цифровой трансформации электроэнергетики ключевую роль в обслуживании электрооборудования должны играть системы технической диагностики, основанные на обработке данных. Для создания таких систем необходимо изучить методы и знания, применяемые в уже существующих продуктах на рынке, которые успешно внедрены. Внедрение новых методов обработки данных в существующие комплексы может стать эффективным инструментом для управления жизненным циклом электрооборудования.

Оптимизация режимов диагностирования двигателей по параметрам картерных газов 14

Николаев Е. В.

В статье рассматриваются проблемы диагностирования автотракторных дизелей по параметрам расхода картерных газов. Представлены результаты исследований влияния скоростного, температурного, нагрузочного режимов работы двигателя на изменение значений диагностических параметров. Статья будет интересна инженерам технического сервиса, студентам и аспирантам, обучающимся по соответствующим специальностям.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕСУРСА

Оценка технического состояния коробок передач тракторов семейства «Кировец».....20

Саяпин А. С., Макаркин И. М., Пестряков Е. В., Петрищев Н. А., Костомахин М. Н.

В статье обоснована необходимость разработки цифрового индикатора для безразборной оценки общего технического состояния гидропривода управления коробки передач энергонасыщенных тракторов семейства Кировец. Проведен анализ состояния вопроса по управлению надежностью сельскохозяйственной техники.

Определение среднего фактического ресурса деталей машин и вероятности отказа30

Соломашкин А. А., Костомахин М. Н.

Предлагаемая методика выявления вероятности отказа детали машины и его среднего фактического ресурса позволяет определять значения этих параметров не только при нормативной межконтрольной наработке, установленной в нормативно-технической документации, но и с учетом случайного отклонения их норматива, обусловленного реальными условиями эксплуатации машины.

Оценка долговечности самоходных сельскохозяйственных машин с помощью обобщенного показателя.....36

Воронов А. Н., Костомахин М. Н.

В статье представлен материал по оценке надежности сельскохозяйственной техники и ее основных показателей, которые характеризуются измерением ресурсных параметров технического состояния деталей и сопряжений. Рассмотрена возможность оценки ресурса машины/ системы или агрегата при техническом сервисе машин с помощью обобщенного коэффициента, характеризующего их текущее техническое состояние.

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Технология изготовления полупроводниковых интегральных микросхем40

Сарафанников В. В., Наумов Д. Н.

В статье рассматриваются основные этапы и методы изготовления полупроводниковых интегральных микросхем (ИМС), начиная с традиционной планарной технологии и фотолитографии и заканчивая современными инновационными подходами. Описываются ключевые материалы, процессы и оборудование, используемые в производстве ИМС, а также анализируются перспективы развития данной области.

ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

Техническое обслуживание, ремонт и утилизация ветровых генераторов.....45

Пенчук В. А., Сидоров В. А.

Проведенный анализ условий эксплуатации и характерных отказов одного из лидеров зеленой энергетики — ветровых генераторов позволил определить преддверие критической ситуации, связанной с вопросами проведения технического обслуживания, ремонта и утилизации. В статье рассматриваются некоторые из повреждений элементов данных установок,

определяются возможные пути устранения причин отказов. Предлагается к рассмотрению ряд вопросов, связанных с условиями эксплуатации и проведения ремонтных операций относительно ветровых генераторов.

Проблемы, возникающие при эксплуатации частотнорегулируемых погружных электродвигателей, и способы их решения.....54

Курносов Р. А., Сериков В. А.

Увеличение популярности УЭЦН приводит к необходимости изучения факторов, влияющих на срок их службы. Так, например, основные причины технологических нарушений работы УЭЦН связаны с работой ПЭД, а именно — электромагнитной совместимости вследствие использования преобразователей частоты. Пробой изоляции электродвигателя и кабеля, перенасыщение трансформатора связаны с необходимостью применения длинного кабеля для питания ПЭД и импульсной формой напряжения на выходе ПЧ. Основным способом решения является установка ФКУ, приближающего форму напряжения к синусоидальной. Кроме того, альтернативным вариантом может быть применение высоковольтного преобразователя частоты с повышенным уровнем электромагнитной совместимости. Оба варианта способны снизить высокочастотные помехи, однако при выборе того или иного способа стоит учитывать ряд факторов, влияющих на конечный результат.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Восстановление деталей — важное направление в исследованиях ФНАЦ ВИМ.....58

Лялякин В. П.

В статье приводятся результаты исследования ученых бывшего института Всесоюзного научно-исследовательского технологического института упрочнения и восстановления деталей, который в 1979 г. выделился в самостоятельное подразделение.

НА ПУТИ К ЭФФЕКТИВНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ!

linteh.panor.ru

Научно-практический журнал «ЛИН-технологии: бережливое производство» по вопросам оптимизации производственного процесса, снижения издержек и себестоимости продукции.

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ

- Лин-технологии в антикризисном менеджменте.
- Лин-школа.
- Ресурсосбережение.

Распространяется

по подписке

и на отраслевых мероприятиях.

подписные индексы



80871



П7214



На правах рекламы

Для оформления подписки через редакцию пришлите заявку в произвольной форме по адресу электронной почты podpiska@panor.ru или позвоните по тел. 8 (495) 274-22-22 (многоканальный).

УДК 631.173

Развитие современных способов диагностирования автотракторной техники

Катаев А. В.,

студент

ФГБОУ ВО РАГУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, РФ

Рассмотрены пути достижения результатов различных способов диагностирования на разных этапах развития техники — от уровня первых тракторов и комбайнов до современных беспилотных комплексов. Для достижения цели были решены следующие задачи: рассмотрены особенности конструкции и способы определения технического состояния; представлен практический анализ способов диагностирования на разных уровнях на примере сельскохозяйственной и грузовой техники. Доказано, что, несмотря на наличие всех современных технологий, методик и инструментов для определения технического состояния, специалистам необходимо прибегать и к различным способам, в том числе и к органолептическому осмотру, который подразумевает использование только наработанного опыта.

Ключевые слова: диагностика, технический сервис, техническое состояние, технологии, электроника.

DEVELOPMENT OF MODERN DIAGNOSTIC METHODS AUTOMOTIVE EQUIPMENT

Kataev A. V.,

student

FGBOU VO RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

The ways of achieving the results of various diagnostic methods at different stages of technology development are considered — from the level of the first tractors and combines to modern unmanned complexes. To achieve this goal, the following tasks were solved: the design features and methods for determining the technical condition were considered; a practical analysis of diagnostic methods at different levels was presented using the example of agricultural and truck equipment. It is proved that, despite the availability of all modern technologies, techniques and tools for determining the technical condition, specialists need to resort to various methods, including organoleptic examination, which implies the use of only accumulated experience.

Keywords: diagnostics, technical service, technical condition, technologies.

Уровень технической готовности тракторов и автомобилей определяется их техническим состоянием и деятельностью транспортных и сельскохозяйственных организаций, а также надежностью их конструкции и мерами по обеспечению их работоспособности в процессе эксплуатации.

На сегодняшний день практика диагностирования располагает достаточно развернутой классификацией видов, в том числе [1–3]:

— по способу технической реализации:

- аппаратные;
- программные;
- программно-аппаратные;

— по расположению относительно объекта диагностирования:

- внешние;
- встроенные;

— по степени универсальности применения:

- специализированные;
- универсальные;

— по степени автоматизации и обработки информации:

- ручные;
- автоматизированные;
- автоматические;

— по форме обработки и представления информации:

- специализированные;
- аналого-цифровые;
- аналоговые;
- цифровые;

— по степени воздействия на объект диагностирования:

- активные;
- пассивные.

Такая классификация является наиболее точной и подходит большинству типов износа и для каждого узла.

При выпуске тракторов МТЗ-5, Т-100, Т-150, ДТ-74 допуски и посадки имели низкую точность, подгонка узлов и агрегатов имела довольно условный характер. В процессе эксплуатации техники

увеличивались зазоры, изнашивались пары трения, менялись свойства материалов. При достижении критического износа требовался восстановительный ремонт либо замена детали, и даже после ремонта наблюдались люфт и биение. К примеру: при изготовлении плунжерных пар топливного насоса высокого давления Чугуевского завода ТА (серии НД) точность неравномерности подачи топлива по секциям не должна быть более 40 %. В противном случае меняют плунжерную пару на подходящую по группе гидроплотности, что является заниженным показателем в сравнении с двигателем Mercedes-Benz OM457LA («Евро-5»), в котором тот же параметр имеет значение 20 %.

Развитию способов диагностики послужили несколько факторов:

1) появление экологического стандарта, регулирующего содержание вредных веществ в выхлопных газах и, как следствие, усовершенствование систем двигателя. Данный стандарт «Евро-1» был разработан и принят в ряде стран в 1992 г.;

2) переход от карбюраторных к моно-впрысковым системам подачи топливозвоздушной смеси. Диагностика и устранение неисправностей первых транспортных средств, двигатели которых работали уже с блоками управления, сводились к подключению диагностических разъемов к блоку управления двигателя и чтению текущих параметров.

Компания General Motors в 1980 г. представила первый фирменный интерфейс ALDL (Assembly Line Diagnostic Link) и протокол для тестирования модулей управления двигателями (ECM). ALDL-протокол работает на 160 бит/с и следит за системами автомобиля [4, 5].

В 1991 г. Калифорнийский совет по воздушным ресурсам (Агентство чистого воздуха), основателем которого являлся Рональд Уилсон Рейган, настоял на введении стандарта бортовой диагностики — OBD-I, такая технология должна побудить автопроизводителей разрабатывать на-

дежные системы контроля за выбросами. После ее внедрения были замечены недостатки. Разъемы линии передачи данных, как и их положение в кабине, не регламентированы, равно как и данные протокола. Система OBD-I лишена многих функций. Так, например, сканеры для подключения к автомобилю предоставляют базовый доступ к потоку данных, считывают текущие параметры, а также сводят их в таблицы. Чтение кодов неисправностей не представлялось возможным, в отличие от стандарта OBD-II, где информация выводится в кодовом виде, OBD-I выводит информацию в световом варианте морганием светодиода. К примеру, одно моргание, далее — короткая пауза и 7 морганий означают код 17. Главным недостатком является скорость передачи данных, она составляет 8192 бит/с, что достаточно для чтения потока данных низкоскоростной шины, но программирование и прошивка модуля на такой скорости не представляются возможными. Для этих целей следует демонтировать блок из автомобиля, подключить через специальный переходной модуль напрямую к компьютеру, что вполне реализуемо в условиях СТО, но поломка автомобиля редко случается рядом со станцией технического обслуживания [6].

Следующим витком стала разработка нового разъема под стандартом ISO 9141-2, который стал носить название OBD-II. В нем были учтены недостатки предыдущей версии. Такой стандарт получил унифицированный вид разъема со стандартными расположением пинов в колодке разъема согласно SAE J1962 и стал устанавливаться в определенном месте в зоне нахождения руля и стал более доступным.

Начали применять новый принцип передачи данных, при котором все модули, находящиеся в кабине, объединили в шину передачи данных LIN, которая основана на стандарте ISO 9141-1, более известном как K-Line. Скорость переда-

чи данных возросла на 212 % и составила 25 тыс. бит/с, увеличилась частота. Опрос блоков происходит непрерывно, данные стали передаваться пакетами, а не непрерывным потоком, такое решение было обусловлено резким ростом электронной укомплектованности автомобиля. С каждым годом каждую систему переводили на шину данных — такое решение позволило автопроизводителям ускорить реакцию автомобиля на те или иные действия водителя, а следовательно, возросла активная безопасность автомобиля. Появилась возможность перепрограммирования модулей без их демонтажа, что упростило ремонт [7].

С начала XXI века производители стали разрабатывать автомобили с высоким экологическим классом. Эффективность использования энергии стала расти. Новые двигатели имеют улучшенный КПД. К сравнению: такой коэффициент в двигателе КамАЗ-740 имел значение 26 %, а уже доработанная модель 740.75-440 — 45 %, следовательно, контроль за его состоянием стал более жестким. Стали увеличивать степень сжатия, внедрять турбокомпрессоры, дорабатывать топливную аппаратуру. К примеру, такая компания, как Robert Bosch GmbH, применила новый принцип топливоподачи — Common Rail. Такая система проще и надежнее, а благодаря электронно управляемым форсункам снизился расход топлива.

Работы по усовершенствованию транспортных средств не ограничивались двигателем, также изменению подверглась и трансмиссия. Для тракторов производства JCB была разработана интеллектуальная система ABS, в стандартном варианте такой комплекс был адаптирован под внедрение в легковые и грузовые автомобили,двигающиеся с большой скоростью и относительно низким профилем шин. В случае сельскохозяйственных тракторов эта система была доработана и обкатана для работы с большими колесами и рассчитана на низкоскоростные характеристики транспортного средства [8, 9].

Компания WABCO предложила усовершенствованную воздушную систему для сельскохозяйственной техники, внедрив в нее электронные компоненты и дополнительно защитив их от пыли.

Таким образом, датчики, контроллеры, модули управления стали неотъемлемой частью современной техники.

Неисправности с внедрением дополнительных систем стали частым явлением, и требовалась более вместительная шина данных, так как количество передаваемой информации расло и низкоскоростной шины LIN не хватало. Поэтому совместно с K-Line стандартом используется CAN (Controller Area Network). Главным ее отличием от низкоскоростной шины является скорость, информация кодируется в идентификатор длиной 11 бит и передается по двум проводам со скоростью в диапазоне от 20 килобит в секунду до 1 мегабита в секунду. Также в отличие от LIN шина CAN защищена от помех витой парой проводов и замыканием как на массу кузова, так и между собой. Для защиты данной шины от повреждения на концах устанавливается балансирующее сопротивление, благодаря которому блоки, входящие в связь с шиной данных, защищены от перегрузки.

Почти все транспортные средства работают с протоколом OBD-II, а значит, шина CAN входит в его состав. Несмотря на удобство использования такого формата передачи данных, есть и недостаток, а именно один пакет содержит в себе слишком много служебных данных, следовательно, для полезной информации остается мало места, отсутствие единого общепринятого стандарта на протокол высокого уровня. Для решения задач стали разрабатывать протоколы высокого уровня для разных областей применения: CANopen — открытый сетевой протокол для подключения встраиваемых устройств в бортовых транспортных сетях; DeviceNet — широко применяющийся на транспорте, в машиностроении и промышленности; AVCAN — использующийся при проектировании робототехники и т. д.

На сегодняшний день ведутся испытания принципиально новой технологии передачи данных. Речь идет об оптических кабелях. Их пропускная способность исчисляется терабитами в секунду. Так, к 2008 г. была достигнута скорость 10,72 Тбит/с, последний рекорд скорости составлял 255 Тбит/с. При применении такой технологии современные транспортные машины не будут нуждаться в доработках еще много лет, но есть и недостатки такой линии. При повреждении оптоволоконного кабеля информация не может передаваться, а восстановление линии требует от специалиста высокой квалификации, а также существующие на данный момент диагностические комплексы не поддерживают диагностику оптических кабелей. Зачастую хозяйства находятся на некотором удалении от профессиональных станций технического обслуживания, следовательно, восстановление рабочего процесса может затянуться на неопределенный срок.

Совместные разработки производителей сельскохозяйственной техники, компании информационных технологий и роботизированной техники двигаются в направлении беспилотных и автономных тракторов.

Такие машины более удобны для диагностирования систем, так как не требуется прямого вмешательства. Специалист получает всю необходимую информацию на свой компьютер, не прерывая рабочего процесса. Также имеется возможность контролировать параметры работы агрегатов и при необходимости снизить нагрузку на определенный узел [10–13].

Таким образом информационные технологии широко внедряются в современный транспорт, и их развитие благоприятно сказывается как на рабочем процессе, так и на обслуживании техники. Компании, специализирующиеся на разработке новых технологий и систем, производят все более удобные средства диагностирования и минимизируют количество рабочих операций, при этом происходит значительное снижение трудоемкости.

Библиографический список

1. **Беднарский В. В.** Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. — Р-н/Д: Феникс, 2007. — 448 с.
2. **Катаев Ю. В., Костомахин М. Н., Петрищев Н. А. и др.** Повышение уровня технического обслуживания энергонасыщенной техники // Техника и оборудование для села. — 2022. — № 4 (298). — С. 27–31. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-4-27-31. EDN BMPALW.
3. **Катаев Ю. В., Герасимов В. С., Баулин Н. К. и др.** Техническое сопровождение сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. — 2022. — № 2 (147). — С. 51–59. DOI: 10.22314/2618-8287-2022-60-2-51-59. EDN GRCAKF.
4. **Набоких В. А.** Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов. — М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА, 2013. — 288 с.
5. **Катаев Ю. В., Герасимов В. С., Тишанинов И. А.** Использование систем бесконтактной диагностики при техническом обслуживании энергонасыщенной сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. — 2022. — № 2 (147). — С. 60–66. DOI: 10.22314/2618-8287-2022-60-2-60-66. EDN CMOALX.
6. **Семейкин В. А., Дорохов А. С.** Теоретические предпосылки организации процесса входного контроля качества машиностроительной продукции // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2007. — № 2 (22). — С. 92–94.
7. **Катаев Ю. В., Малыха Е. Ф.** К вопросу выбора и использования современных средств технического обслуживания машин // Автотранспортная техника XXI века: Сборник статей III Международной научно-практической конференции. — 2018. — С. 45–52.
8. **Боярских С. А.** Антиблокировочная система ABS // Механика и машиностроение. — 2019. — 110 с.
9. **Малыха Е. Ф., Катаев Ю. В.** Оценка технической оснащенности аграрного производства // Экономика сельского хозяйства. — 2019. — № 6. — С. 62–68.
10. **Катаев Ю. В.** Анализ направлений повышения эффективности дилерской деятельности на предприятиях / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха // Наука без границ. — 2018. — № 6 (23). — С. 62–67.
11. **Дорохов А. С., Петрищев Н. А., Макаркин И. М. и др.** Резервы повышения производительности и надежности МТП в АПК // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. — 2018. — № 11. — С. 34–39.
12. **Катаев Ю. В., Малыха Е. Ф.** Роль инженерно-технического обеспечения в сельскохозяйственном производстве // Наука без границ. — 2018. — № 8 (25). — С. 19–23. EDN OZBAXL.
13. **Дорохов А. С.** Роль качества в инженерно-техническом обеспечении АПК // Труды ГОСНИТИ. — 2016. — Т. 125. — С. 62–69.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДОЛЖНО РАБОТАТЬ НАДЕЖНО

elob.panor.ru

Производственно-технический журнал «**Электрооборудование: эксплуатация и ремонт**» предназначен специалистам по обеспечению безаварийной эксплуатации всего многообразия современного электрооборудования, электрических аппаратов и машин.

В фокусе внимания издания: вопросы энергосбережения; новые типы вспомогательного электрооборудования; современные методы диагностики. Приводятся обзоры, экспертиза и технические параметры новых типов электрооборудования.

Наши эксперты и авторы: **Лепешкин Н. И.**, ОАО «Центрэлектроремонт»; **Цырук С. А.**, зав. кафедрой, проф. Московского энергетического института; **Савинцев Ю. М.**, генеральный

директор корпорации «Русский трансформатор», канд. техн. наук; **Гамазин С. И.**, проф. МЭИ; **Соснин В. Н.**, компания «НПФ Полигон»; **Ерошкин А. Н.**, специалист НПО «Сатурн»; **Сибикин Ю. Д.**, генеральный директор НТЦ «Оптим», канд. техн. наук; **Конюхова Е. А.**, д-р техн. наук, проф.; **Ершов М. С.**, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. Академии электротехнических наук РФ и многие другие ведущие специалисты.

Издается при информационной поддержке Московского энергетического института и Российской инженерной академии.

Ежемесячное издание.

Распространяется по подписке и на отраслевых мероприятиях.



На правах рекламы

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ



84817



П7221

УДК 621.31

Обзор существующих систем анализа данных для диагностического отслеживания электрооборудования

Юдин А. А., студент бакалавриата, кафедры автоматизированных электроэнергетических систем,

E-mail: roynastvel@mail.ru

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

В условиях цифровой трансформации электроэнергетики ключевую роль в обслуживании электрооборудования должны играть системы технической диагностики, основанные на обработке данных. Для создания таких систем необходимо изучить методы и знания, применяемые в уже существующих продуктах на рынке, которые успешно внедрены. Внедрение новых методов обработки данных в существующие комплексы может стать эффективным инструментом для управления жизненным циклом электрооборудования.

Ключевые слова: диагностика электрооборудования, диагностический мониторинг, обработка данных, диагностические системы.

OVERVIEW OF EXISTING DATA ANALYSIS SYSTEMS FOR DIAGNOSTIC TRACKING OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Yudin A. A., undergraduate student of the department of automated electric power systems,

FSBEI of HE "Samara State Technical University", Samara

In the context of the digital transformation of the electric power industry, a key role in the maintenance of electrical equipment should be played by technical diagnostic systems based on data processing. To create such systems, it is necessary to study the methods and knowledge applied in existing products on the market that have been successfully implemented. The introduction of new data processing methods into existing systems can become an effective tool for managing the life cycle of electrical equipment.

Keywords: diagnostics of electrical equipment, diagnostic monitoring, data processing, diagnostic systems.

Изменения работоспособности электрооборудования (ЭО) в процессе его создания, использования и утилизации при различных направлениях процессов представляют собой разнообразные состояния и режимы, которые объединяются в жизненный цикл. Управление жизненным циклом во время эксплуатации осуществляется на основе технического состояния электрооборудования. Наиболее эффективным средством для определения текущего состояния оборудования и его изменений во времени под воздействием различных факторов являются методы технической диагностики, которые проводятся практически непрерывно в виде диагностического мониторинга.

СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Для обработки данных диагностического мониторинга применяются программные комплексы информационно-диагностических систем. В Российской Федерации разработка подобных систем ведется уже более 30 лет. Основное различие между этими системами заключается в использовании различных математических моделей для анализа разных наборов диагностических параметров. В свете изменения подхода к обработке диагностических данных, вызванного цифровой трансформацией электроэнергетики, необходимо оценить возможность использования уже существующих продуктов в новых системах диагностики.

Среди наиболее распространенных систем, разработанных независимо от производителей, можно выделить следующие: «Диагностика+» от Ивановского государственного энергетического университета и корпоративная экспертно-диагностическая система управления техническим обслуживанием высоковольтного электрооборудования (ЭДИС «Альбатрос») от Уральского государственного технического университета.

Обе системы в первую очередь сосредоточены на масляном оборудовании и используют результаты хроматографи-

ческого анализа растворенных газов, физико-химического анализа трансформаторного масла, опыт холостого хода и испытания постоянным током в качестве источника данных [1]. Системы ориентированы на ручной ввод диагностических параметров для последующей обработки программой. Они представляют продукционный подход, включающий сравнение введенных данных с нормативными значениями из базы знаний. Основой базы знаний послужили отечественные и зарубежные публикации, опыт работы специалистов-экспертов в энергосистемах Свердловской области, а также нормативные документы.

Рассматриваемые системы иерархические, с подсистемами доступа к информации на различных уровнях, с встроенными справочными модулями и различными механизмами вывода диагностической оценки, такими как цветовая дифференциация, отображение на мнемосхемах и составление отчетов. Обе системы обладают средствами для выявления дефектов, и в системе ЭДИС «Альбатрос» реализована система оценки рисков и позволительности дальнейшей эксплуатации для различных районов энергосистемы, то есть она является системой поддержки управления жизненным циклом.

Некоторые производители измерительного и диагностического оборудования предлагают информационно-диагностические системы, такие как «НЕВААСКДТ» от НПФ «Энергосоюз» и PDExpert от ООО «DIMRUS». «НЕВААСКДТ» включает в себя измерительное и вычислительное оборудование, программное обеспечение. Среди контролируемых параметров: температура и уровень масла, содержание влаги и газов, давление масла, вибрация трансформатора и состояние различных элементов. При выходе за установленные пределы происходит сигнализация о неисправности. Система также способна управлять системой охлаждения и работой РПН трансформатора с учетом результатов диагностики [3].

Система, разработанная НПФ «Энергосоюз» для мониторинга генераторов под названием «НЕВААСКДГ», контролирует различные параметры, включая тепловые и электрические параметры, состояние изоляции и вибрацию генератора, а также другие важные показатели. Обе системы — «НЕВААСКДТ» и «НЕВААСКДГ» — предоставляют возможность вывода данных в различных форматах и взаимодействия со SCADA. Системы от НПФ «Энергосоюз» представляют собой комплексное решение, включающее оборудование и программное обеспечение, но они не могут быть масштабированы и работают только на определенном оборудовании [4].

Системы от НПФ «Энергосоюз» являются закрытыми: осуществляется комплексная поставка шкафа автоматизации в составе оборудования и программного обеспечения, системы не масштабируемы, работают только на определенном оборудовании.

Компания DIMRUS, один из крупнейших производителей оборудования для диагностики частичных разрядов, разработала систему PDExpert для оценки уровня частичных разрядов в изоляции. Эта система интегрируется с различными диагностическими приборами и системами мониторинга от DIMRUS. Она использует образы дефектов и импульсы частичных разрядов для оценки состояния изоляции и представляет результаты в графическом и текстовом формате. При необходимости пользователь может дополнительно описать и сохранить в памяти программы образы других дефектов в соответствии со своим пониманием определенных дефектов, с которыми ему приходится встречаться. Пользователь также может по желанию самостоятельно модифицировать уже имеющиеся в памяти программы диагностические правила и образы дефектов, если они, на его практический взгляд, неотложно нуждаются в этом [5].

Разработка подобных комплексов не ограничивается инжиниринговыми компаниями и университетами, но также проводится на предприятиях, занима-

ющихся эксплуатацией энергетических систем, с акцентом на управление производственными активами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все упомянутые выше диагностические системы имеют множество реализаций, что привело к большому накоплению информации, которая, к сожалению, не может быть использована из-за закрытости систем и недостатка согласования с другими системами мониторинга. Основными характеристиками этих систем являются:

- отсутствие автоматизации сбора данных с различного диагностического оборудования и обмена информацией с другими измерительными системами;
- отсутствие автоматизированной глубокой аналитической обработки данных в реальном времени;
- отсутствие статистического и корреляционного анализа диагностических и эксплуатационных параметров;
- использование простых продукционных правил и дорогостоящих методов диагностики, таких как анализ масла и контроль диэлектрических характеристик изоляции;
- отсутствие применения передовых технологий искусственного интеллекта для обработки диагностических данных;
- высокие требования к квалификации оператора систем, который фактически управляет этими системами.

Изменение подхода в рамках цифровой трансформации в электроэнергетике стимулирует активное применение методов искусственного интеллекта в диагностике. Текущий метод разработки программных комплексов не в полной мере может обеспечить обработку диагностических данных для последующего использования в управлении жизненным циклом энергосистем, но может служить основой для нового продукта, использующего передовые технологии обработки массивных данных, опыт и знания в формализованной форме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Давиденко И.В.** Разработка системы многоаспектной оценки технического состояния и обслуживания высоковольтного маслонаполненного электрооборудования: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.14.12 / Давиденко Ирина Васильевна; Уральский гос. техн. ун-т. – Екатеринбург, 2009.
2. **Казаков М.С., Давиденко И.В.** Обзор интеллектуальных систем диагностирования электрооборудования // Конференция молодых ученых – 2016. – Екатеринбург: УралЭНИН, ФGAOY ВПО «УрФУ», 2016.
3. **Смирнов Н.И., Иванов С.П.** Сравнительный анализ систем обработки данных для диагностического мониторинга электрооборудования // Журнал электротехники и энергетики. – 2019. – № 3 (25).
4. Автоматизированная система контроля и диагностики генератора «НЕВА-АСКДГ». – URL: <https://www.energsoyuz.spb.ru/ru/content/avtomatizirovannaya-sistema-kontrolya-i-diagnostiki-generatora-neva-askdg> (дата обращения: 06.11.2022).
5. **Петрова О.Н.** Обзор систем обработки данных в условиях диагностического мониторинга электрооборудования // Труды Международной научно-практической конференции «Современные технологии в электроэнергетике». – М., 2018.

ГРАМОТНЫЕ НОРМЫ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ТРУД



niotp.panor.ru

Ежемесячное издание большого формата (205×285 мм), 80 страниц.

Журнал «Нормирование и оплата труда в промышленности» включен в РИНЦ.

Научно-производственный журнал «Нормирование и оплата труда в промышленности» для специалистов по вопросам системы нормирования и оплаты труда.

Публикации издания — проверенные, востребованные методические и практические материалы, которые позволят использовать самый современный отечественный и зарубежный опыт построения систем оплаты.

Журнал «Нормирование и оплата труда в промышленности» откроет доступ к проверенным и действенным рекомендациям по введению, замене и пересмотру системы нормирования и оплаты труда. Одно из главных направлений публикаций журнала — актуальные разработки и схемы, направленные на комплексную оптимизацию мотивационных факторов, которые способствуют росту производительности труда.

Издается при научной и методической поддержке НИИ труда и социального страхования, Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова и РАГС.

Ежемесячное издание.

Распространяется по подписке и на отраслевых мероприятиях.

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ

- Труд и норма
- В помощь нормировщику
- Оплата труда: политика и механизм формирования
- Проблемы производительности труда
- Мотивы и стимулы
- Социально-трудовые отношения
- Статистика и труд
- Поощрительные системы предприятия
- Доходы и уровень квалификации
- Современные проблемы использования рабочего времени



На правах рекламы

подписные индексы



82720



P7215

Для оформления подписки через редакцию пришлите заявку в произвольной форме по адресу электронной почты podpiska@panor.ru или позвоните по тел. 8 (495) 274-22-22 (многоканальный).

УДК 629.3.014.2.005.93

Оптимизация режимов диагностирования двигателей по параметрам картерных газов

Николаев Е. В.

В статье рассмотрены проблемы диагностирования автотракторных дизелей по параметрам расхода картерных газов. Представлены результаты исследований влияния скоростного, температурного, нагрузочного режимов работы двигателя на изменения значений диагностических параметров. Статья будет интересна инженерам технического сервиса, механизаторам, студентам и аспирантам, обучающимся по соответствующим специальностям.

Ключевые слова: диагностирование, техническое состояние цилиндропоршневой группы, расход картерных газов, методы технического контроля.

OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS FOR DIAGNOSING ENGINE CRANKCASE GASES

Nikolaev E. V.

The paper considers the problem of diagnosing automotive diesel consumption in the parameters of crankcase gases. The effect of velocity, temperature, load mode of the engine to changes in the values of diagnostic parameters. The article will be interesting technical service engineers, machine operators, students and graduate students studying in the relevant fields.

Keywords: diagnosis, the technical condition of piston group, flow of crankcase gases, methods of technical control.

Износ цилиндропоршневой группы является важнейшим фактором, влияющим на надежность и безотказность двигателя. Существует множество диагностических параметров оценки технического состояния деталей цилиндропоршневой группы, но единственным параметром,

удовлетворяющим условию экспресс-диагностики, который характеризуется износами только этой группы, является прорыв картерных газов. За время эксплуатации двигателя до ремонта расход газов в картере увеличивается в 2–3 раза. Прорыв газов в картер так же, как и угар

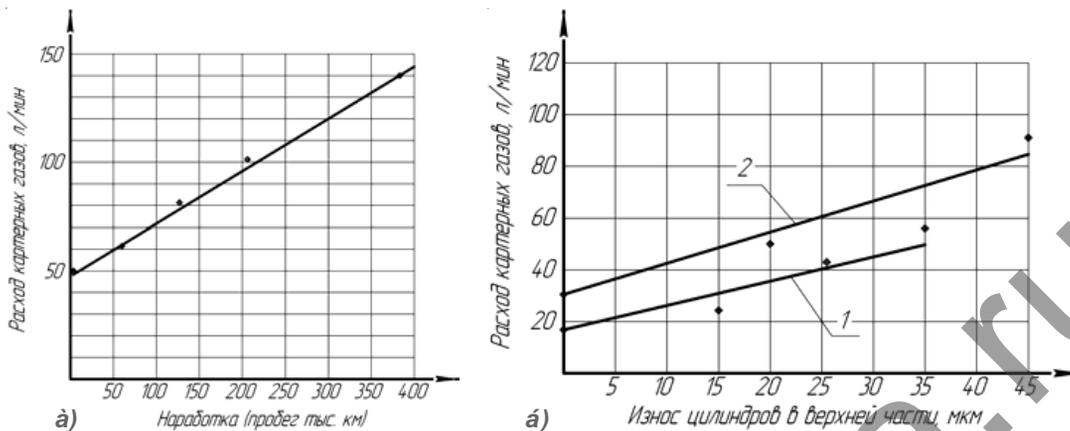


Рис. 1. Зависимость расхода картерных газов от технического состояния ЦПГ (косвенные и структурные параметры):

- а) зависимость расхода картерных газов от наработки (пробега) двигателей ЯМЗ-238;
- б) зависимость расхода картерных газов от увеличения износов верхней части гильз цилиндров двигателей: 1 — изменение расхода картерных газов двигателя Д-21; 2 — изменение расхода картерных газов двигателя Д-240

картерного масла, — явление, неизбежное при любом состоянии кольцевого уплотнения.

В целях повышения достоверности диагностирования цилиндропоршневой группы были выявлены основные факторы условий и режима работы двигателя, оказывающие влияние на выходные значения расхода картерных газов. Такими показателями являются: нагрузка на двигатель, наработка, температура, обороты двигателя, качество (степень «старения») картерного масла. Необходимо выявить влияние вышеперечисленных факторов на расход картерных газов.

При проведении экспериментальных исследований определены зависимости расхода картерных газов от различных факторов. Результаты полученных данных представлены ниже.

Как показывают графические зависимости (рис. 1), характер изменения расхода картерных газов является линейным как от наработки, так и от износов цилиндров двигателя.

Предельные значения расхода картерных газов в 2,5–2,8 раза больше номинальных во всех случаях, в то время как для различных марок двигателей номинальные значения существенно разнятся.

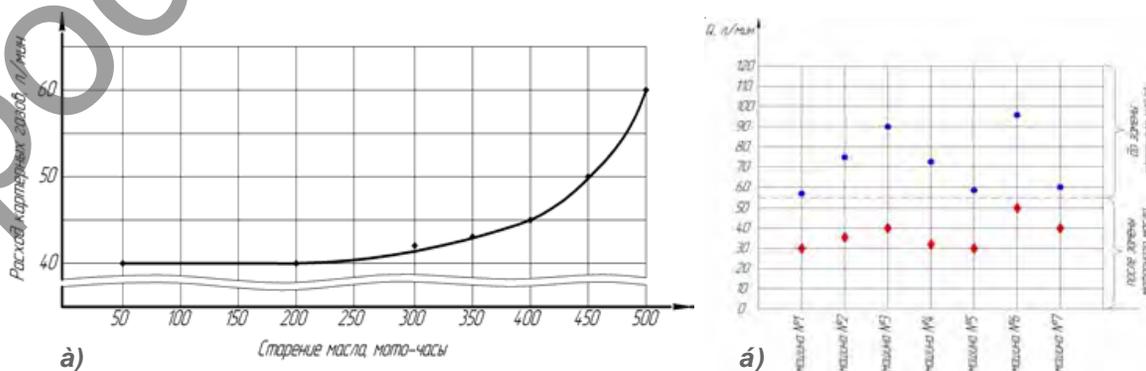


Рис. 2. Влияние качества масла на расход картерных газов:

- а) постепенное изменение расхода картерных газов от «старения масла»
- б) изменение расхода картерных газов при смене картерного масла

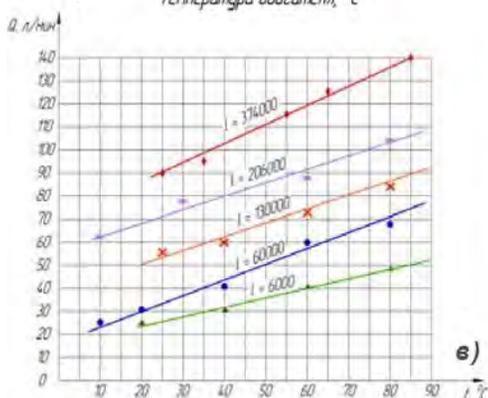
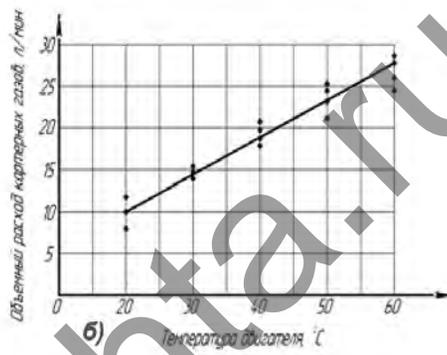
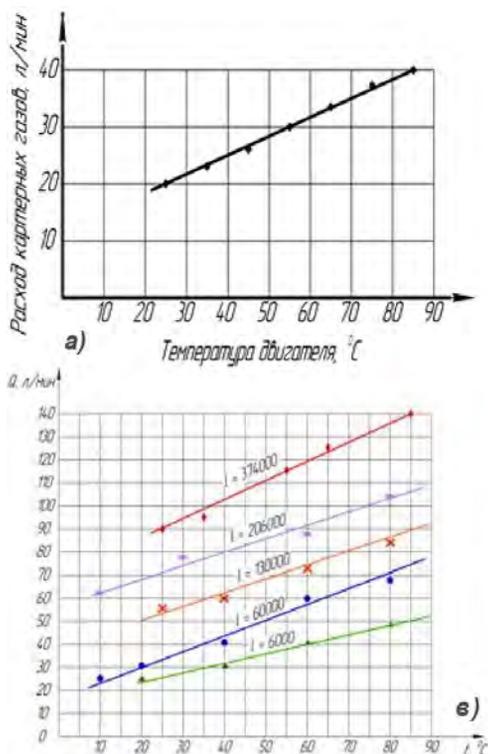


Рис. 3. Измерение объемного расхода картерных газов по постепенному прогреву двигателей: а) двигателя Д-240; б) двигателя Д-21; в) двигателя ЯМЗ-238

Расход картерных газов растет при «старении» масла в картере двигателя (рис. 2). Получается, что свежее моторное масло, лучше удерживаясь на стенках гильз цилиндра, чем отработавшее, уплотняет сопряжения, препятствуя прорыву отработавших газов в полость картера двигателя.

Потому наиболее достоверные сведения о техническом состоянии ЦПГ по параметрам картерных газов можно получить после проведения ТО-2 (при смене картерного масла).

Установлены зависимости расхода картерных газов от прогрева двигателя. На рисунке 3 отображены результаты экспериментов измерений расхода картерных газов в зависимости от прогрева охлаждающей жидкости, проведенных при прочих равных условиях. Зависимость расхода картерных газов от температуры во всех случаях растет линейно.

Отношение приращения расхода газа dQ к приращению температуры dt для каждой конкретной машины остается постоянным: $dQ / dt = \text{Const}$, из чего следует, что при диагностировании при тре-

буемом температурном режиме значение расхода картерных газов при прочих равных условиях будет характеризовать техническое состояние ЦПГ. Для пересчета расхода при необходимой температуре можно воспользоваться формулой:

$$Q_{\text{НОМ}} = Q_{\text{ИЗМ}} \cdot T_{\text{НОМ}} / T_{\text{ИЗМ}}$$

Полученное с помощью данной формулы значение картерных газов можно сравнивать с допустимо предельным и по нему оценивать техническое состояние ЦПГ.

Температуру необходимо учитывать при диагностировании ЦПГ в связи с тем, что нормативные значения по данному параметру приведены к прогретой до 85–95 °C жидкости в системе охлаждения двигателя. Если проведение измерений производится на непрогретом двигателе, то необходимо вносить соответствующие поправки для приведения их к нормативным значениям по данному параметру.

Проведенные измерения расхода картерных газов от различных значений крутящего момента двигателя показали, что при повышении нагрузки на двигатель

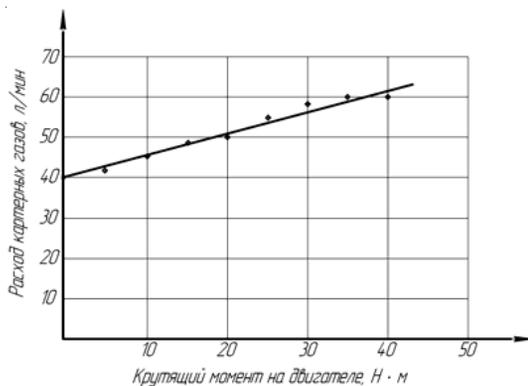


Рис. 4. Зависимость расхода картерных газов от нагрузки на двигатель

растет и расход картерных газов (рис. 4). Однако увеличение не столь велико (в нашем случае 50 %) по сравнению с описанием в литературе.

Из графика видно, что характер изменения расхода измеряемых картерных газов от увеличения крутящего момента на валу двигателя — прямолинейный.

Измерение расхода картерных газов на орлиных частотах вращения показало, что он не зависит от частоты вращения двигателя (рис. 5а). При изменении частоты вращения двигателя расход картерных газов оставался постоянным. Для дизельных двигателей расход картерных газов не зависит от оборотов двигателя. Измерения на нестационарных режимах работы двигателя показали, что в режиме разгона происходило значительное увеличение мгновенного измеряемого

расхода картерных газов (в 2–3 раза) по сравнению со значениями, измеренными на постоянных частотах вращения (рис. 5б).

На рисунке графически представлена зависимость мгновенного максимального значения расхода картерных газов от углового ускорения двигателя.

Анализируя, получаем, что при неустановившихся скоростных режимах работы двигателя расход картерных газов может колебаться в больших пределах, и данные показания нельзя принимать за диагностические. Диагностирование же цилиндропоршневой группы возможно только на установившихся скоростных режимах, причем сама частота вращения двигателя существенной роли не играет.

На основании проведенных опытно-экспериментальных исследований была рассчитана модель корреляционной зависимости многофакторного влияния на расход картерных газов:

$$Q = 0,02T + 0,38t + 0,54M + 0,05m + 7,84,$$

где Q — расход картерных газов, л/мин;
 T — наработка двигателя, моточас;
 t — температура охлаждающей жидкости, °С;
 M — крутящий момент на валу двигателя, Нм;
 m — время наработки картерного масла, ч.

Из исследуемых факторов наибольшее влияние на расход картерных газов

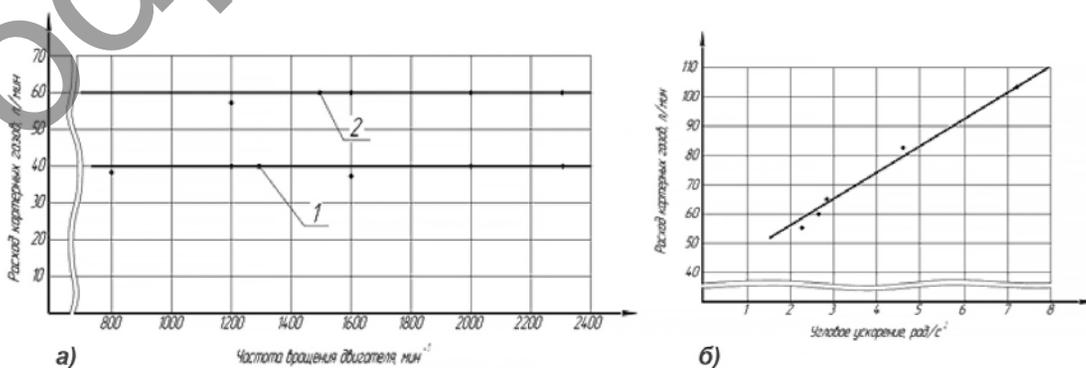


Рис. 5. Расход картерных газов на различных частотах вращения двигателя:
 а) 1 — расход картерных газов без нагрузки на двигатель; 2 — расход картерных газов с нагрузкой 40 Н·м; б) зависимость мгновенного максимального значения расхода картерных газов от углового ускорения двигателя

оказывает нагрузка на двигатель (54 %). Далее по весомости (38 %) влияния на расход картерных газов следует температура двигателя. На это стоит обратить внимание, в связи с тем что диагностические значения параметра расхода картерных газов приведены для прогретого до 80–95 °С двигателя. Поэтому на тепловое состояние двигателя необходимо обращать внимание. Далее близки по значимости влияния наработка двигателя и время работы масла — 3 и 5 % соответственно. Такие незначительные значения факторов влияния (по сравнению с нагрузкой — 52 %) обусловлены большими значениями наработки и времени работы масла (6000–8000 и 500 моточасов), что и определило рабочий ресурс ЦПГ. Величина частоты вращения не оказала никакого влияния на изменения расхода картерных газов, и его из уравнения исключили. Переходя к практическим рекомендациям применения полученной модели для процесса диагностирования ЦПГ по параметрам картерных газов, необходимо учесть условия проведения диагностирования.

Основными требованиями при проведении диагностирования ЦПГ классической технологией являются: отсутствие нагрузки на двигатель, температура охлаждающей жидкости 80–95 °С, температура моторного масла 80–95 °С, частота вращения коленчатого вала 2200±40 мин⁻¹. Обычно проверку проводят во время проведения ТО-2, в связи с чем меняют картерное масло.

Как уже упоминалось выше, температуру в обычных условиях очень сложно поднять до требуемого значения, а частота

вращения двигателя, как выявлено, не оказывает никакого существенного влияния на расход, главным является поддержание их на одном уровне. Нагружать двигатель в эксплуатационных условиях, не имея специализированных средств, вообще проблематично, это и обуславливает проведение диагностирования без нагрузки.

Для создания уравнения, отображающего зависимость расхода картерных газов от технического состояния ЦПГ, необходимо учитывать также то, что и номинальные, предельные и допустимые значения параметра приведены для условий работы двигателя при температуре 80–95 °С.

С учетом всех перечисленных особенностей представим уравнение в общем виде:

$$Q = Q_0 + k_t T + 0,05 m,$$

где Q_0 — расход картерных газов нового двигателя;

k_t — коэффициент, учитывающий скорость увеличения расхода картерных газов.

Можно принять $k = 0,020$, при этом погрешность не будет превышать 13,6 %.

Используя приведенное уравнение и проведя измерения расхода картерных газов, можно рассчитывать наработку двигателя для оценки остаточного ресурса.

С помощью полученной математической регрессионной модели рассчитаны номинальные и предельные значения расхода картерных газов для различных марок двигателей при температуре 40–50 °С, что вдвое ниже температуры диагностирования по «старой» технологии.

Библиографический список

1. Черноиванов В. И., Колчин А. В., Каргиев Б. Ш. Технологическое руководство по диагностированию тракторов и самоходных сельскохозяйственных комбайнов. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. — 244 с.
2. Черноиванов В. И. Технический сервис машинно-тракторного парка и экология // Техника и оборудование для села. — 2009. — № 8. — С. 44–46.
3. Справочник диагностических параметров тракторов. — М.: ГОСНИТИ, 1990. — 52 с.
4. Филиппова Е. М., Петрищев Н. А., Николаев Е. В. Тенденции развития средств диагностики // Труды ГОСНИТИ. — 2010. — Т. 105. — С. 73–75.