

тов варьирования факторов. При помощи таблиц равномерно распределенных чисел, формируют последовательность реализации матрицы планирования эксперимента в каждой серии опытов.

**Заключение.** Практическая ценность предлагаемой методики позволяет получить математическую модель для определения оптимума концентрации противоизносной присадки при компенсации нестабильности технологических значений полученной твердости поверхности трения после восстановления и последующей термообработки [8].

### **Список использованной литературы**

1. Коломейченко, А.В. Надежность технических систем / А.В. Коломейченко, Ю.А. Кузнецов, В.Н. Логачев, Н.В. Титов – Орел, 2013. – 198 с.
2. Стребков, С.В. Технология ремонта машин : учеб. пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 222 с.
3. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. 3-е изд. доп. и перераб. / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1967. – 199 с.
4. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.
5. Нахимов, В.В. Логические основания планирования эксперимента / В.В. Нахимов. – 2 – е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1981. – 151 с.
6. Маркова, Е.В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / А.Н. Лисенков. – М.: Наука, 1973. – 219 с.
7. Box G.E.P. Technometrics / D.W. Behnken. – 1960. – V.2. – № 4. – P. 27–34.
8. Стребков, С.В. Качество моторного масла как фактор обеспечения эксплуатационной надежности двигателей КАМАЗ до- и после ремонта / С.В. Стребков, В.П. Ветров // Техника и оборудование для села. – 2003. – № 12. – С. 26–28.

УДК 621.43.016.

## **ДИАГНОСТИКА ДИЗЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ПНЕВМО-ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ПОТОКА ПРИ РАБОТЕ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА**

**Ю.А. Шамарин<sup>1</sup>, доцент, канд. техн. наук,**

**И.И. Руденко<sup>2</sup>, соискатель**

<sup>1</sup>МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, <sup>2</sup>РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

*Аннотация:* В статье проведен анализ современного состояния вопроса о диагностике автомобилей при работе на альтернативном топливе, отмечена склонность большего применения электронных и компьютерных технологий, что способствует увеличению оперативности и достоверности ее результатов при одновременном снижении трудоёмкости. Отмечено, что диагностика машин, проводи-

мая с использованием внешних и встроенных средств мониторинга, позволяет определять техническое состояние механизмов и систем машин без их разборки, прогнозировать срок службы, фактически управлять его техническим состоянием, назначать профилактические работы и выполнять их в процессе технического обслуживания и ремонта.

*Abstract:* The article analyzes the current state of the issue of car diagnostics, notes the tendency to use more electronic and computer technologies, which contributes to increasing the efficiency and reliability of its results while reducing the complexity. It is noted that the diagnostics of machines, carried out using external and built-in monitoring tools, allows you to determine the technical condition of mechanisms and systems of machines without disassembling them, predict the service life, actually manage its technical condition, assign preventive work and perform them in the process of maintenance and repair.

*Ключевые слова:* диагностика, контроль, мониторинг, метод, аналитическая информация, отказ, индикатор, комплекс, тестер.

*Keywords:* diagnostics, control, monitoring, method, analytical information.

**Введение.** Основной задачей диагностики является своевременное и оперативное обнаружение неисправностей с целью предотвращения их перерастания в сложные ресурсные отказы. Здесь необходимо констатировать, что известные диагностические методы и инструменты не позволяют в большинстве случаев проводить низко трудоемкую и быструю работу как при поиске неисправностей, так и при выполнении более низких видов обслуживания. Эту задачу позволяет решить индикаторная диагностика, главное преимущество которой – малая трудоёмкость применения и высокая оперативность выявления неисправностей [3, 4].

**Основная часть.** Причины отказов и неисправностей обычно можно разделить на два типа: субъективные и объективные. К субъективным неисправностям относятся: неисправность оборудования, нарушение правил обслуживания, заправка топливом низкого качества и смазочные материалы, а также человеческий фактор. К объективным же относят: естественный износ в процессе эксплуатации техники, воздействия внешней среды.

Первоначально можно отметить следующие средства индикаторной диагностики таблица 1.

В данной работе рассмотрим более подробно пневматический метод, который позволяет при наличии измерительного прибора и компьютерной программы оценивать состояние наиболее критичных ресурсопределяющих параметров дизеля по пульсациям давления потока газа.

Таблица 1 – Основные методы и средства диагностирования

Метод индикаторной диагностики	Контролируемый параметр (пример)	Средство индикаторной диагностики	Графическое и аналитическое выражение
Тепловой	Градиент температуры поверхности	Термощуп	
Оптической	Оптическая плотность выхлопных газов	Индикатор оптической плотности и цвета	
Эндоскопический	Состояние поршневых колец/клапанов	Технический эндоскоп	
Акустический	Присутствие аномальных стуков	Технический стетоскоп	
Вибрационный	Амплитуда виброимпульса	Виброиндикатор	
Пневматический	Расход и пульсация давления картерных газов, давление наддува и т.д.	Индикатор картерных газов, датчик давления, компрессметр	

Данный метод основан на измерении расхода картерных газов, давления наддува, а также пульсации давления в картерном пространстве и во впускном и выпускном коллекторах и имеет две основные составляющие:

1) Измерение расхода картерных газов и пульсации давления в картерном пространстве. Расход картерных газов показывает степень неплотности следующих сопряжений ЦПГ:

- гильза-компрессионное кольцо;
- компрессионное кольцо-канавка поршня;

- газовый стык компрессионного кольца

По мере закоксовки колец и износа элементов ЦПГ увеличиваются зазоры, следовательно увеличивается прорыв газов в картерное пространство. При этом количество газов, выделяющееся через сапун либо маслосливную горловину, функционально связано с неплотностями в ЦПГ. Фиксируя электрическим датчиком с последующим выводом на монитор переменное давление в картерном пространстве по пиковым пульсациям упомянутого давления, становится возможным оценить относительную неплотность цилиндров, тем самым, выявив аномальный с точки зрения неплотности цилиндр, то есть брак.

2. Пульсации давлений во впускном и выпускном коллекторах. Клапаны газораспределительного механизма (ГРМ) работают с фазами опережения и запаздывания относительно нижней мёртвой точки (НМТ). Из этого следует, что во впускном коллекторе появляются так называемые «обратные волны», характеризующие работу клапанов, в частности, момент закрытия клапана.

Пульсации выхлопа связаны не с фазами, а с энергией выхлопа данного цилиндра: чем больше полнота сгорания, тем больше энергия выхлопных газов. Если установить датчики давления во впускной и выпускной коллекторы и засинхронизировать пульсации относительно угла поворота коленчатого вала, то можно найти причину, например, уменьшения мощности по цилиндрам, то есть, неравномерность нагружения цилиндров. Этот тест проводится в режиме прокрутки стартером. Для блокировки пуска двигателя нужно отключить систему зажигания и/или систему подачи топлива. Если двигатель исправен, осциллограмма разрежения во впускном коллекторе имеет форму близкую к синусоиде [1, 5, 6].

Разработка новых датчиков и методов диагностики позволяет использовать новые диагностические инструменты. Прежде всего, это различные сканеры и тестеры, предназначенные для решения задач экспресс-диагностики и связанные с управлением через персональный компьютер. Наиболее распространенным является тестер MotoDoc III как прибор для индикаторной диагностики (рис. 1).

Комплекс MotoDoc III предназначен для устранения неисправностей в различных системах бензиновых ДВС и дизельных двигателей. Комплекс в равной степени применим как к механическим системам управления двигателем, так и к электронным. Устройство

представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из аналого-цифрового преобразователя, серии датчиков и программного обеспечения.



Рисунок 1 – Общий вид прибора MotoDoc III с подключенными датчиками

Дополнительные возможности для улучшения рассмотренного метода основаны на разработке новых версий электронных тестеров, программного обеспечения и датчиков, переходных устройств и устройств, которые адаптированы к особым условиям эксплуатации [7, 8].

**Заключение.** В заключении можно отметить, что применение современных методов и средств индикаторной диагностики: позволяют в большинстве случаев проводить низко трудоемкую и быструю работу как при поиске неисправностей, так и при выполнении более низких видов обслуживания, а также с большей вероятностью оценивать состояние наиболее критичных ресурсопределяющих параметров дизеля, особенно при применении альтернативных видов топлива.

### **Список использованной литературы**

1. Корнеев, В.М. Технология ремонта машин / В.М. Корнеев [и др.] – М.: Инфра – М, 2018. – 314 с.
2. Синельников, А.Ф. Основы технологии производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования / А.Ф. Синельников. – М.: Академия, 2014. – 320 с.
3. Чепурин, А.В. Надежность технических систем / А.В. Чепурин [и др.] – М.: РГАУ – МСХА, 2017. – 293 с.
4. Кравченко, И.Н. Технологические процессы в техническом сервисе машин и оборудования / И.Н. Кравченко [и др.] – М.: Инфра – М, 2017. – 346 с.
5. Чечет, В.А. Диагностика, надёжность и ремонт машин / В.А. Чечет [и др.] – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2001.
6. Чечет В.А. Диагностирование системы топливopодачи высокого давления автотракторных дизелей / В.А. Чечет, А.М. Алиев. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2010 – 16с.

7. Апатенко А.С. Влияние биотопливных композиций в дизельном топливе на параметры двигателя / А.С. Апатенко, И.И. Руденко, А.С. Прибытков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2022. – №3 – С. 24–27.

8. Шамарин Ю.А. Использование цифровых решений в конструкциях оборудования для диагностирования топливной аппаратуры дизелей лесных машин / Ю.А. Шамарин, И.И. Руденко // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК «Материалы XII Международной научно-практической интернет-конференции «ИнформАгро-2020»; Инновационные технологии и технические средства для АПК. – ФГБНУ Росинформагротех, 2020. – С. 519–521.

УДК 669.3

## **ОБОСНОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**Н.М. Тамбовский, магистр Д-М227 группы**

**Н.Н. Пуляев, канд. техн. наук, доцент**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева»  
pulyaev@rgau-msha.ru*

*Аннотация:* На основании тенденции будущего производства будет сформирована новая производственная среда с связанными между собой производственными машинами и человеческим взаимодействием, а производитель, исследователь и правительство будут работать вместе над созданием цифровых заводов будущего. Эксплуатационники смотрят в будущее, чтобы выжить в этой среде, которая будет постоянно развиваться и меняться проводят много работ по адаптации к промышленной революции. В рамках этого направления в нашей статье мы рассмотрим современное цифровое инструментальное обеспечение, которые занимают важное место при техническом обслуживании гибридных автомобилей.

*Abstract:* Based on the trend of the future production, a new production environment with interconnected production machines and human interaction will be formed, and manufacturers, researchers and government will work together to create the digital factories of the future. The exploiters are looking to the future to survive in this environment that will constantly evolve and change, doing a lot of work to adapt to the industrial revolution. Within this direction, in our article we will consider modern digital tooling, which occupy an important place in the maintenance of hybrid vehicles.

*Ключевые слова:* диагностические средства, техническое обслуживание, гибридная силовая установка.

*Key words:* diagnostic tools, maintenance, hybrid power plant.

**Введение.** Анализ литературных источников по оценке работоспособности технических систем [1,2] показал, что в среднем гибридные автомобили работают лучше по надежности, чем полно-