

4. Карташевич, А. Н. Двигатели внутреннего сгорания / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок // Основы теории и расчета : учебное пособие. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. – 315 с.

5. Параметры современных автотракторных двигателей / Г. И. Гедроить [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 26–27 ноября 2020 г. – Минск : БГАТУ, 2020. – С. 258–261.

Summary. The main trend in the development of modern automobile and tractor engines is to increase their power and economic performance while simultaneously reducing their weight and dimensions. In accordance with this trend, there is an increase in such parameters as the compression ratio, average effective pressure, liter and piston power, crankshaft speed, engine reliability with a corresponding reduction in its weight and specific fuel consumption.

УДК 621.432, 631.3

Тарасенко В.Е., кандидат технических наук, доцент;

Гаврукович П.А., магистрант; **Азизов А.Б.**, аспирант

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. Представлены результаты анализа этапов развития и функциональных возможностей автоматизированных средств диагностирования автотракторных двигателей, описаны современные мотортестеры и универсальные диагностические комплексы, позволяющие выполнять оценку состояния двигателя по основным его параметрам, осуществлять регистрацию и расчет показателей индикаторной диаграммы в функции угла поворота коленчатого вала. Приведены результаты разработки многоканальной системы диагностирования с гибкой структурой.

Abstract. The article presents the results of the analysis of the stages of development and functional capabilities of automated diagnostic tools for automotive and tractor engines, describes modern motor testers and universal diagnostic systems that allow assessing the engine condition based on its main parameters, and registering and calculating the indicators of the indicator diagram as a function of the crankshaft rotation angle. The article presents the results of developing a multi-channel diagnostic system with a flexible structure.

Ключевые слова. Диагностирование, двигатель, прибор, сигнал, датчик, интервал, мощность.

Keywords. Diagnostics, engine, device, signal, sensor, interval, power.

Совершенствование технологий и средств технического обслуживания современных автотракторных двигателей (АТД) требует разработки достоверных методов их комплексного диагностирования, создание современного оборудования. При диагностировании АТД широко распространены методы, основанные на измерении целого ряда физических величин, характеризующих быстропеременные рабочие процессы, в ряде

случаев – состояние моторного масла. Высокоинформативными из них являются давление в камере сгорания (в целом параметры индицирования) и в топливопроводе (рампе) высокого давления, ход иглы форсунки, спектральный анализ моторного масла. Важным является давление во впускных и выпускных коллекторах, в картере двигателя, положение впускных и выпускных клапанов и др. Необходим одновременный и параллельный анализ работы одного или нескольких цилиндров. В силу цикличного характера работы двигателя измерения проводят в единичных последовательных циклах с синхронизацией, как правило, по углу поворота его коленчатого вала (КВ) [1].

Решение поставленных задач возможно при создании автоматизированных средств анализа рабочих процессов и процессов в наиболее ответственных сопряжениях АТД – электронных диагностических приборов и систем на основе достижений измерительной и вычислительной техники, обеспечивающих наиболее эффективное получение информации и представление ее в удобном виде.

Периодом активной разработки автоматизированных электронных средств контроля следует считать 70-80-е годы прошлого столетия. Так, результатом масштабных работ по созданию электронных средств диагностирования в то время явились электронные диагностические средства ЭМДП-2 и ЭМДП-М, разработанные в ЛСХИ. В 80-х годах с участием лаборатории № 24 ГОСНИТИ, Ленинградского института ВНИИЭП Минприбора были созданы серии электронных диагностических комплексов К-736, К-738, К-748, а Тартуским филиалом ЦОКТБ-ГОСНИТИ – установки ДИПС (КИ-13940-ГОСНИТИ на базе комплекса К-736). На рисунке 1 представлен внешний вид диагностической измерительно-прогнозирующей системы (ДИПС) КИ-13940-ГОСНИТИ на основе электронного измерительного комплекса К-736. Установка контролирует 185 параметров, измеряемых и регистрируемых с центрального, и 99 – с выносного пульта [2].



Рисунок 1 - Диагностическая измерительно-прогнозирующая система (ДИПС) КИ-13940-ГОСНИТИ на основе электронного измерительного комплекса К-736 Ленинградского института ВНИИЭП (разработка выполнена ВНИИЭП совместно с ГОСНИТИ, ЛСХИ, УкрГОСНИТИ и Киевским СКБ им. Ястребова)

Киевское производственное объединение (ПО) «Точэлектроприбор» (в начале 2000-х годов – ПАО «Компания Росток») изготовило для АПК 178 комплексов К-736 и более десятка комплексов К-738 и К-748 для других отраслей. С 1983 года Киевским ПО «Точэлектроприбор» совместно с лабораторией № 24 ГОСНИТИ велись разработки «Комплекса агрегатных средств измерительно-вычислительного для диагностики К-539» (в коллектив разработчиков входили А.Г. Скорик, В.А. Макаров, В.В. Закраснянный, В.И. Фурс, А.Н. Тюпа и другие). В последующем Тартуский филиал ЦОКТБ ГОСНИТИ наладил выпуск автоматизированного машинотестера (АМТ) КИ-13950-ГОСНИТИ. Было изготовлено 25 серийных, макетный и опытный образцы комплекса К-539 и 25 АМТ КИ-13950-ГОСНИТИ. Внешний вид комплекса К-539 приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид комплекса К-539 СКБ Киевского ПО «Точэлектроприбор»: слева-направо, блок связи К-539/БС, контроллер К-539/КТ и терминал К-539/ТМ

Следует отметить некоторые прогрессивные особенности комплекса К-539. А именно в нём реализовано измерение напряжения постоянного и переменного тока, частоты вращения, угла поворота КВ, расхода топлива, активного электросопротивления, коэффициента вариации вибросигнала с применением (впервые) приемов искусственного интеллекта для обеспечения стабильности опорного вибросигнала для развертки углов поворота КВ. Все электрические сигналы преобразуются в конкретные диагностические показатели. Развертка сигналов проводится по времени, углу поворота КВ, по скорости его вращения в широких пределах. Программы измерения легко корректируются и составляются заново под любой объект контроля. Комплекс не чувствителен к вариации уровня электропитания и температуры среды.

На протяжении многих лет ГНУ Сибирским физико-техническим институтом аграрных проблем Россельхозакадемии (СибФТИ, Новосибирск) велись разработки технических средств диагностирования тракторных двигателей по параметрам рабочих процессов. Одним из первых (в 1975 г. совместно с НПО «Звезда») был разработан комплекс анализа рабочих процессов (КАРП), нацеленный на обработку индикаторных диаграмм двигателей. Опыт применения разработанных в то время приборов показал их низкую эффективность, что требовало создания технических средств, измеряющих и регистрирующих рабочие процессы АТД в комплексе [1].

Позднее был разработан измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) ЦИКЛ с цифровым ядром, который характеризовался широкими функциональными возможностями по анализу сигналов с целью определения технического состояния АТД.

Заслуживает внимания эффективный инструмент диагностики бензиновых и дизельных двигателей, отечественная разработка (ООО «Тироид», г. Минск) – мотортестер М 3-2, который представляет собой микропроцессорный прибор с комплектом датчиков и соединительных устройств [3]. Мотортестер позволяет проводить тестирование дизельного двигателя на режимах холостого хода и повышенных оборотов, измерять параметры системы пуска (в результате замера формируются осциллограммы напряжения и тока), определять мощность двигателя (реализуется цикл «разгон-выбег»), осуществлять работу в режиме осциллографа и сканера кодов.

Достаточно функциональным является универсальный диагностический комплекс DTS–25 холдинга ДИАМАКС [4, 5], предназначенный для использования на специализированных (дилерских) центрах, универсальных авто-центрах и СТО, а также непосредственно на постах диагностики системы управления двигателем и на участках приемки машин в ремонт. Комплекс DTS–25 предназначен для работы с бензиновыми и дизельными двигателями, включает диагностический сканер, мотор-тестер, газоанализатор («Инфракрас М1.01») и стойку «Скат-2РГ». Сканер осуществляет идентификацию, чтение и стирание кодов ошибок, отображение текущих данных, активацию исполнительных механизмов, адаптацию, кодирование (программирование) блоков управления, регулировку СО, сброс сервисных интервалов. Мотор-тестер способен выполнять построение осциллограмм сигналов в первичных и вторичных цепях, одновременное отображение «холостой» и «рабочей» искры, статистическую оценку ВВТ. Возможна работа в режиме 4-канального осциллографа с ручной и автоматической настройкой на измеряемые сигналы (чувствительность, развертка, синхронизация и т. п.), измерение относительной компрессии и мощностного баланса цилиндров (EAD-225), оценка эффективной мощности двигателя (EAD-225), доступна библиотека стандартных сигналов, система помощи и подсказок. Газоанализатор в составе комплекса DTS–25 выполняет измерение CO, CH, CO₂, O₂, λ, статический и динамический газоанализ.

Последние десятилетия ведутся разработки средств дистанционного контроля как показателей в целом автотракторной техники, так и показателей АТД. Известны разработки устройств дистанционного онлайн-мониторинга показателей автотракторной техники, позволяющие осуществлять обработку и сбор информации о техническом состоянии машины в период ее эксплуатации [6, 7].

Современные АТД могут работать при более высоких пиковых значениях давления в камере сгорания, стандартные процессы сгорания могут быть реализованы для режимов работы с большими нагрузками, а на протяжении всего срока эксплуатации двигателя можно достичь стабильного контроля над вредными выбросами [8]. В настоящее время осуществима регистрация процесса индицирования двигателя в режиме реального времени, в конструкции двигателей применяется достаточно новый метод контроля давлений в цилиндрах с помощью свечей накаливания с датчиками давления [9]. Примером могут служить высокотехнологичные свечи BERU 0103010907, серийно устанавливаемые на легковые автомобили. Это позволяет с наибольшей достоверностью определять среднее индикаторное давление и индикаторную мощность двигателя, оценивать особенности отдельных рабочих процессов, механические потери на трение, показатели политроп сжатия и расширения, жесткость работы двигателя и иные закономерности [9].

С учетом перечисленных выше особенностей в БГАТУ разработана многоканальная система диагностирования с гибкой структурой [10], которая объединяет до восьми универсальных модулей данных, состоящих из виброакустических и тепловых датчиков. Система полностью цифровая, с управляемой частотой тактирования ядра микроконтроллера до 216 МГц, повышенной помехоустойчивостью каналов связи, оптимальным соотношением стоимости к вычислительной способности. Система позволяет диагностировать неисправности АТД в масштабе реального времени, параллельно отображая на дисплее динамику изменения сигналов (спектрограммы и/или скейлограммы), обрабатывая пользовательские запросы и формируя протокол изменения картины состояния АТД на SD-карте или внешних USB-носителях информации. Система дополнена программным многоканальным драйвером цифровых датчиков вибрации, благодаря чему создана возможность считывания и записи данных одновременно с трех датчиков вибрации [11].

Таким образом, при оценке состояния систем и механизмов АТД наиболее результативным и достоверным является комплексный подход, когда возможности автоматизированных средств диагностики позволяют задавать различные диапазоны контроля величин сигнала, его длительности, расположения по времени процесса диагностирования и в разных режимах работы объекта контроля, осуществлять измерения сигналов вибрации в узком частотном диапазоне.

Список использованной литературы

1. Савченко, О. Ф. Развитие технических средств диагностирования тракторных ДВС по параметрам рабочих процессов / О. Ф. Савченко, В. В. Аль, С. Н. Ольшевский [и др.] // ТРУДЫ ГОСНИТИ: Т. № 118 / Россельхозакадемия, ГОСНИТИ. – М., 2015. – С. 108–111.

2. ЭНЦИКЛОПЕДИИ СЛОВАРИ СПРАВОЧНИКИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0024/base/R3/000386.shtm>. – Дата доступа: 17.05.2025 г.
3. МОТОРЕСТЕР М 3-2. Руководство по эксплуатации. КСЮА. 461263.001 РЭ. – 97 с.
4. Мусаелянц, Г. Г. Диагностический комплекс для выявления неисправностей ДВС современных автомобилей / Г. Г. Мусаелянц, Е. А. Павленко, Д. К. Сысоев // Вестник СибАДИ. – 2017. – Вып. 1 (53). С. 72-77.
5. FiS Система выбора товаров и услуг. ДИАМАКС Холдинг. Диамакс, ООО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://diamax.fis.ru/product/7778921-universalnyj-diagnosticheskiy-kompleks-dts-25>. – Дата доступа: 17.05.2025 г.
6. Дорохов, А. С. Сбор информации о надежности сельскохозяйственных машин с использованием систем мониторинга с помощью контроля параметров технического состояния / А. С. Дорохов, М. Н. Костомахин, А. Н. Воронов // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 8. – С. 20–28.
7. Костомахин, М. Н. Устройство дистанционного мониторинга параметров надежности сельскохозяйственной техники / М. Н. Костомахин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2021. – № 1.
8. Свеча накаливания с датчиком давления для VW AG от BERU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tehparts.com/about/articles/69/>. – Дата доступа: 15.05.2025 г.
9. Тарасенко, В. Е. Эффективные методы и средства диагностирования автогакторных двигателей / В. Е. Тарасенко, А. А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2025. – Вып. 58. – С. 268–273.
10. Ролич, О.Ч. Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко // Агропанорама. – 2019. – № 5 (135). – С. 42–45.
11. Тарасенко, В.Е. Программный драйвер цифровых датчиков вибрации, входящих в состав многоканального прибора интегрированного виброакустического и теплового диагностирования / В.Е. Тарасенко, О.Ч. Ролич, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2025. – Вып. 58. – С. 305–312.

Summary. Thus, when assessing the state of the systems and mechanisms of the ATD, the most effective and reliable is a comprehensive approach, when the capabilities of automated diagnostic tools allow you to set different ranges of control of signal values, its duration, the location in time of the diagnostic process and in different operating modes of the object of control, to carry out measurements of vibration signals in a narrow frequency range.