

Научная статья
УДК 621.432
DOI 10.18101/2306-2363-2024-4-38-44

Диагностирование двигателя автомобиля по ГОСТу 23435-79

© **Болоев Петр Антонович**
доктор технических наук, профессор
pboloev@mail.ru

© **Миронов Геннадий Доржиевич**
аспирант
box.gmirr@gmail.com

© **Нечкин Вадим Николаевич**
аспирант
nvofficialpro@mail.ru

© **Гергенова Татьяна Петровна**
старший преподаватель
lemex74@mail.ru

© **Бондарчук Елизавета Викторовна**
магистрант
elizaveta.bondarchuk.98@mail.ru

© **Енина Наталья Александровна**
преподаватель
natali.enina.01@mail.ru

Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

Статья рассматривает методику диагностирования двигателя автомобиля в соответствии с ГОСТом 23435-79. Анализ проводится по ключевым параметрам: эффективная мощность, давление масла, удельный расход топлива и содержание окиси углерода в отработавших газах. Оценивается интенсивность разгона двигателя путем измерения ускорения при резком открытии дроссельной заслонки. Визуальный контроль цвета отработавших газов позволяет оценить состав рабочей смеси и наличие угара масла. Функциональная диагностика системы питания дизельного двигателя помогает выявить нарушения регулировок и износ деталей, приводящие к снижению мощности, повышенным токсичным выбросам и увеличенному расходу топлива. Использование стандарта ГОСТ 23435-79 позволяет проводить объективный анализ технического состояния двигателя, что способствует своевременному обнаружению неисправностей.

Ключевые слова: диагностирование двигателя, ГОСТа 23435-79, эффективная мощность, давление масла, удельный расход топлива, окись углерода, отработавшие газы, функциональная диагностика, система питания дизеля, токсичные выбросы.

Для цитирования

Диагностирование двигателя автомобиля по ГОСТу 23435-79 / П. А. Болоев, Г. Д. Миронов, В. Н. Нечкин [и др.] // Вестник Бурятского государственного университета. Химия. Физика. 2024. Вып. 4. С. 38–44.

Введение

Диагностика автомобильного двигателя согласно требованиям ГОСТа 23435-79 осуществляется на основе следующих параметров: эффективная мощность, давление масла, удельный расход топлива, а также содержание окиси углерода в выхлопных газах. Интенсивность разгона двигателя оценивается ориентировочно через анализ ускорения при резком открытии дроссельной заслонки, когда автомобиль движется с заданной начальной скоростью. Цвет выхлопных газов служит индикатором состава рабочей смеси и уровня угара масла.

Диагностика двигателя должна приводиться поэтапно, с использованием соответствующих формул.

Основная часть

Мощность двигателя при этом методе рассчитывается по следующему соотношению:

$$N_e = EWJ_{\text{пр}}/1000, \quad (1)$$

где $E=dw/dt$ — угловое ускорение коленчатого вала двигателя на определенном участке переходного процесса, $\text{рад}/\text{с}^2$; W — угловая скорость в начале измерения ускорения, $\text{рад}/\text{с}$; $J_{\text{пр}}$ — приведенный момент инерции движущихся масс двигателя (постоянный коэффициент для данного двигателя) $\text{н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2/\text{рад}^2$.

Мощность определяют по результатам измерения E и W при достижении угловой скорости в процессе разгона заданного значения.

Ускорение и скорость измеряют на конечном участке переходного процесса:

$$E=(w_2-w_1)/t_{\text{изм}}=w_{\text{изм}}/t_{\text{изм}}; \quad (2)$$

$$W_{\text{ср}}=(w_1+w_2)/2, \quad (3)$$

где w_1 и w_2 — соответственно начальная и конечная угловые скорости участка переходного процесса; $t_{\text{изм}}$ — время, за которое скорость изменяется от w_1 до w_2 :

$$N_e = J_{\text{пр}}(w_2^2 - w_1^2)/2t_{\text{изм}}. \quad (4)$$

Удельный расход топлива определяется путем измерения объема или массы топлива, подаваемого в двигатель при заданных нагрузочных и скоростных режимах. Для измерения объема используются мерные сосуды, а массы — весы, фиксирующие количество топлива, поступившего за определенное время. Кроме того, могут применяться приборы с датчиками для повышения точности измерений.

Содержание окиси углерода в выхлопных газах измеряется посредством анализа интенсивности каталитического окисления СО либо поглощения инфракрасного излучения отработавшими газами. Высокая точность достигается при использовании инфракрасных газоанализаторов, которые позволяют отдельно определять содержание ключевых компонентов выхлопных газов, включая СО, СО₂, NO, CH₄, C₂H₄.

Для диагностики цилиндрично-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма (КШМ) применяются как структурные, так и косвенные диагностические параметры. К ним относятся зазор между поршнем и поршневым кольцом

по высоте канавки; зазор между цилиндром и поршнем в верхнем поясе; стыковой зазор поршневых колец; зазор между шейками коленчатого вала и коренными подшипниками; зазор между шейками коленчатого вала и шатунными подшипниками; зазор между поршневым кольцом и втулкой верхней головки шатуна; осевой зазор в коренных подшипниках коленчатого вала; давление газов в картере и надпоршневом пространстве в конце такта сжатия; параметры сжатого воздуха, подаваемого в цилиндры; свободный ход поршня относительно оси коленчатого вала.

Состояние газораспределительного механизма (ГРМ) оценивается по следующим показателям: отклонения фаз газораспределения относительно угла поворота коленчатого вала; зазоры между коромыслом и торцом стержня клапана; зазоры между распределительным валом и его подшипниками; степень износа направляющих втулок клапанов; зазоры между клапаном и его седлом.

Для определения технического состояния двигателя с использованием специализированных средств преимущественно применяются косвенные параметры. Так, точные значения фаз газораспределения можно измерить с помощью градуированного сектора или стробоскопа.

Зазоры в механизме привода клапанов в процессе эксплуатации подвергаются постоянной регулировке для обеспечения корректной работы ГРМ. Основными причинами отказов дизеля часто являются плохое уплотнение впускного воздушного тракта, неправильная установка или изменение угла начала впрыскивания топлива, отказы форсунок, низкое качество прокладочных и уплотнительных деталей, плохой крепеж деталей, неправильная регулировка механизмов и систем, недостаточная балансировка коленчатого вала, плохая очистка его шатунных полостей от загрязнений, работа топливоподачи низкого давления.

Работоспособность дизеля оценивается в основном мощностями и экологическими показателями, пусковыми качествами, уровнем шума.

Основные неисправности — износ деталей цилиндра-поршневой группы (ЦПГ), изменение угла начала подачи и впрыскивания топлива, отклонение от нормы цикловой подачи топлива и неравномерности подачи по цилиндрам, износ шатунных и коренных подшипников, разрегулирование клапанного механизма и др.

Основное число отказов и неисправностей приходится на топливную аппаратуру, КШМ и ЦПГ.

По топливной аппаратуре наибольшее число отказов приходится на форсунки и топливные насосы — разрегулировка цикловой подачи из-за износа прецизионных пар и других элементов топливной аппаратуры. Износ прецизионных пар (ведет к запаздыванию момента впрыскивания и увеличению утечек топлива).

Вследствие неодинакового износа прецизионных пар возрастает неравномерность цикловой подачи по секциям насоса и снижением давления впрыскивания топлива.

Износ нагнетательного клапана ведет к повышению остаточного давления в топливопроводе высокого давления, что увеличивает цикловую подачу и неравномерность подачи по цилиндрам, нарушая процесс сгорания возрастание нагрузки на КШМ.

Разрегулирование угла начала впрыскивания топлива влияет на мощность, экономичность и жесткость работы дизеля.

Больше подвержены износы сопряжения поршневого кольца, коренного и шатунного подшипников. При этом в подшипниках чаще всего встречаются выкрашивание антифрикционного слоя, риски, расплавление или выдавливание антифрикционного слоя, засорение маслоподводящих каналов.

Современные подходы к диагностике автотракторных двигателей базируются на анализе следующих ключевых диагностических параметров:

1) амплитудно-фазовые характеристики рабочих процессов, возникающих при взаимодействии рабочей жидкости или газа в системах топливоподачи, зажигания, газообмена и смазки двигателя;

2) вибрационные и шумовые параметры, обусловленные взаимодействием сопряженных кинематических элементов;

3) параметры пульсации давления, возникающие в ходе рабочих процессов.

Для анализа системы топливоподачи диагностическими параметрами в дизеле могут служить импульсы давления топлива, создаваемые в наполнительной и отсечной магистралях топливного насоса; для анализа герметичности цилиндропоршневой группы — импульсы давления газов, создаваемые в картере; для ГРМ — пульсации газов во впускном и выпускном коллекторе; для анализа компрессии в цилиндрах — импульсы тока, потребляемые стартером в режиме прокрутки коленчатого вала.

Эффективную мощность и крутящий момент двигателя определяют по значению ускорения свободного разгона коленвала:

$$J \frac{d\omega}{dt} Z_p (M_{i1} - M_m), \quad (5)$$

где J — приведенный момент инерции; $d\omega/dt$ — ускорение коленвала; Z_p — число работающих цилиндров; M_{i1} — индикаторный момент одного работающего цилиндра; M_m — момент механических потерь.

Значение углового ускорения определяют регистрацией импульсов от зубчатого венца маховика коленвала посредством индуктивного датчика, установленного в специальное отверстие картера маховика напротив зубчатого венца, или другими известными методами [4].

Оперативная диагностика автотракторных двигателей имеет большое значение.

Наибольшую информацию представляет продукты износа деталей в пробах моторного масла. Анализ концентрации различных элементов в моторном масле позволяет оценивать интенсивность износа отдельных деталей двигателя. Например, изменение содержания металлов в использованном масле свидетельствует о степени износа таких компонентов, как гильзы цилиндров (серый чугун); шейки коленчатого вала (легированная сталь); поршневые кольца и поршни (алюминиевый сплав), и других элементов.

Наличие частиц полевой пыли, таких как кварц, кальций и оксиды алюминия, указывает на состояние воздушного и масляного фильтров.

Изменения в составе компонентов комплексных присадок позволяют оценить текущую работоспособность моторного масла.

Для анализа проба картерного масла отбирается в момент, когда частицы износа находятся во взвешенном состоянии, что достигается при прогревом и работающем двигателе. Периодичность отбора проб зависит от целей диагностирования.

ния — во время обкатки отремонтированного двигателя, в процессе его эксплуатации и перед заменой масла при ТО-2.

Для количественного анализа элементов износа в отработанном масле используют различные методы, включая спектральный анализ и применение специализированных вставок. Спектральный анализ выделяется своей универсальностью и высокой информативностью. В ходе этого метода проба масла испаряется в зоне электрического разряда, что позволяет получить характерный спектр. Этот спектр служит основой для оценки содержания элементов износа, посторонних примесей и компонентов присадок [1].

Функциональная диагностика системы питания дизеля позволяет определить нарушения регулировок и износ трущихся частей, приводящих к снижению мощности двигателя, повышению токсичных выбросов с отработанными газами и удельного расхода топлива. Основными отклонениями структурных и технологических параметров у ТНВД являются неравномерность секций по цикловой подаче и опрежению секций по опрежению, износ плунжерной пары и кулачкового вала, у форсунки — снижение давления начала впрыска, закоксование, заедание иглы, износ, эрозия сопел, негерметичность по конусу и т. д. Всережимный регулятор — разрегулировка по номинальной подаче и подаче на холостом ходу, работы корректора [2].

У современных автотракторных двигателей установлены системы самодиагностики. Дальнейшее совершенствование этих систем в связи с импортозамещением предусматривает разработку диагностической модели и алгоритма распознавания для диагностического комплекса.

Основные этапы диагностики двигателя автомобиля:

1. Проверить наличие следов рабочих жидкостей.
2. Проверить масло.
3. Проверить работу мотора на посторонние шумы.
4. Осуществить проверку вибрации.
5. Проверить подушки крепления.
6. Проверить выхлопную систему.
7. Проверить систему питания.

Компьютерная диагностика автомобильного двигателя проводится, если наблюдаются такие признаки, как появление посторонних звуков, нестабильная работа двигателя, потеря мощности или увеличение расхода топлива. Некоторые неисправности невозможно выявить при анализе работы двигателя в одном режиме. Поэтому для диагностики используется несколько режимов, среди которых традиционно применяются пуск, холостой ход и дополнительный режим. В наших региональных условиях необходимо учитывать зимнюю эксплуатацию техники, так как в процессе пуска и прогрева двигателей наблюдаются наибольшие износы деталей и затраты времени для подготовки к работе техники [3].

Признаки неисправностей по показателям работы дизеля — затрудненный пуск холодного двигателя, нестабильная работа на холостом ходу, тяговых режимах, черный дым, ухудшение экономичности, снижение мощности, жесткая работа, перегре дизеля и т. д.

Большинство из упомянутых неисправностей может быть вызвано нарушением нормальной работы системы (нарушение регулировок, непрогретый двигатель, неисправности датчиков или электронного блока управления). В этом слу-

чае требуется квалифицированное тестирование высококвалифицированными специалистами.

Заключение

В данной работе была исследована диагностика автомобильных двигателей. Были рассмотрены разные методы диагностики, включая измерение мощности двигателя, содержание окиси углерода в выхлопных газах, анализ состояния цилиндрово-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, а также газораспределительного механизма.

Особое внимание уделялось анализу работоспособности дизеля, где можно выделить основные неисправности, такие как износ деталей цилиндропоршневой группы, изменение угла начала подачи и впрыскивания топлива, отклонение от нормы цикловой подачи топлива и неравномерности подачи по цилиндрам, износ шатунных и коренных подшипников, разрегулирование клапанного механизма.

Особое внимание следует уделить важности использования систем самодиагностики современных автотракторных двигателей и необходимости их дальнейшего совершенствования. Важен комплексный подход к диагностике автомобильных двигателей для обеспечения их надёжной работы и продления срока службы.

Литература

1. Техническая диагностика тракторов и зерноуборочных комбайнов / В. А. Аллилуев, Н. С. Ждановский, А. В. Николаенко [и др.]. Москва: Колос, 1978. 286 с. Текст: непосредственный.
2. Грехов Л. В. Топливная аппаратура с электронным управлением. Москва: Легион-Автодата, 2009. 176 с. Текст: непосредственный.
3. Попов В. В., Болоев П. А. Эксплуатация тракторных дизелей в зимних условиях. Иркутск, 2013. 116 с. Текст: непосредственный.
4. Технические средства диагностирования: справочник / под редакцией В. В. Клюева. Москва: Машиностроение, 1989. 672 с. Текст: непосредственный.

Статья поступила в редакцию 30.11.2024; одобрена после рецензирования 09.12.2024; принята к публикации 12.12.2024.

Car Engine Diagnostics as per GOST 23435-79

Petr A. Boloev

Doctor of Engineering Sciences, Professor
pboloev@mail.ru

Gennady D. Mironov

Postgraduate Student
box.gmirr@gmail.com

Vadim N. Nechkin

Postgraduate Student
nvofficialpro@mail.ru

Tatyana P. Gergenova
Senior Lecturer
lemex74@mail.ru

Elizaveta V. Bondarchuk
Master's Student
elizaveta.bondarchuk.98@mail.ru

Natalya A. Enina
Lecturer
natali.enina.01@mail.ru

Dorzhi Banzarov Buryat State University
24a Smolina St., Ulan-Ude 670000, Russia

The article considers the technique of car engine diagnostics as per GOST 23435-79. The analysis is carried out according to key parameters: brake horsepower, oil pressure, specific fuel consumption and carbon monoxide content in exhaust gases. The intensity of engine initial running is estimated by measuring acceleration when the throttle is suddenly opened. Visual inspection of the colour of the exhaust gases allows to estimate the composition of the working mixture and the presence of oil burning. Functional testing of the fuel system of a diesel engine helps to identify irregularities and component wear leading to reduced power, increased toxic emissions and fuel consumption. The use of GOST 23435-79 standard allows carrying out an objective analysis of the engine's health, which contributes to early failure detection.

Keywords: engine diagnostics, GOST 23435-79, effective power, oil pressure, specific fuel consumption, carbon monoxide, exhaust gases, functional testing, diesel fuel system, toxic emissions.

For citation

Boloev P. A., Mironov G. D., Nechkin V. N. et al. Car Engine Diagnostics as per GOST 23435-79. *Bulletin of Buryat State University. Chemistry. Physics.* 2024; 4: 38–44 (In Russ.).

The article was submitted 30.11.2024; approved after reviewing 09.12.2024; accepted for publication 12.12.2024.