

Электромеханика и машиностроение

Electromechanics and mechanical engineering

УДК 621.436:62-545

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ПО ВРЕМЕННЫМ ПАРАМЕТРАМ РАБОЧЕГО ЦИКЛА

А.С.АФАНАСЬЕВ, канд. военных наук, профессор, *a.s.afanasev@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевый университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

А.А.ТРЕТЬЯКОВ, канд.техн.наук, доцент, *alextre@inbox.ru*

Военная академия материально-технического обеспечения, Санкт-Петербург, Россия

Для поддержания дизелей в работоспособном состоянии разработана методика их диагностирования по локальным частотам вращения коленчатого вала, развиваемым каждым цилиндром. Неработоспособный цилиндр имеет угловую скорость вращения, не соответствующую техническим условиям. Для замеров разработан измерительно-вычислительный комплекс, состоящий из персональной ЭВМ, диагностического комплекса «MotoDoc III», программного обеспечения и комплекта датчиков. Результаты измерения и анализ временных параметров выводятся на экран монитора. Программное обеспечение позволяет вести запись сигнала, его обработку и хранение, а также дает возможность отображения полученных результатов. Методика диагностирования включает в себя ряд этапов: подготовку дизеля и аппаратуры, проведение общего и локального диагностирования, постановку диагноза. Таким образом, появляется возможность осуществлять контроль технического состояния дизелей безразборным методом.

Ключевые слова: дизель, методика диагностирования, измерительно-вычислительный комплекс, комплект датчиков, импульс высокого давления, безразборный метод, рабочий цикл.

В основу методики положен анализ локальных частот вращения коленчатого вала (КВ) дизеля (на примере КамАЗ-740), развиваемых каждым его цилиндром. Нарушения работоспособности цилиндра отражаются на угловой скорости вращения КВ двигателя в момент работы конкретного цилиндра [1, 5].

В качестве измерительной и анализирующей аппаратуры применяется измерительно-вычислительный комплекс (ИВК). Кроме того, для практической реализации методики разработано приспособление для диагностирования дизеля [4] и переходное устройство диагностической установки [3].

Основные элементы ИВК следующие:

- диагностический комплекс «MotoDoc III», выполняющий преобразование аналогового сигнала в цифровой и графический вид;
- персональный компьютер на базе ноутбука «TOSHIBA» с программным обеспечением, производящий запись, обработку и цифровую фильтрацию сигналов, а также хранение информации и вывод ее на печать;
- пять датчиков частоты вращения КВ, регистрирующие сигнал локальной частоты с топливопроводов высокого давления (ТВД) диагностируемых цилиндров двигателя.

Для диагностирования неисправного цилиндра разработано и применено дополнительное устройство: переходное устройство диагностической установки, выполняющее прием и передачу сигналов с пяти датчиков частоты вращения КВ на один канал диагностического комплекса «MotoDoc III».

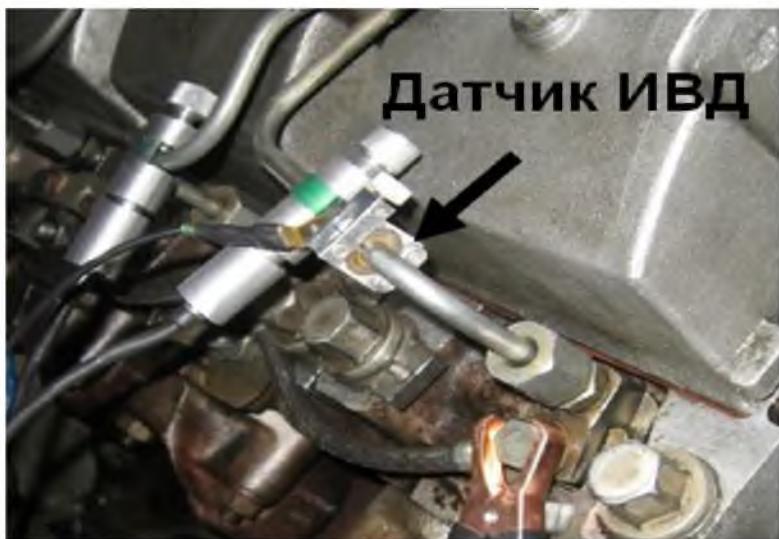


Рис.1. Установка дизельного датчика ИВД перед форсункой

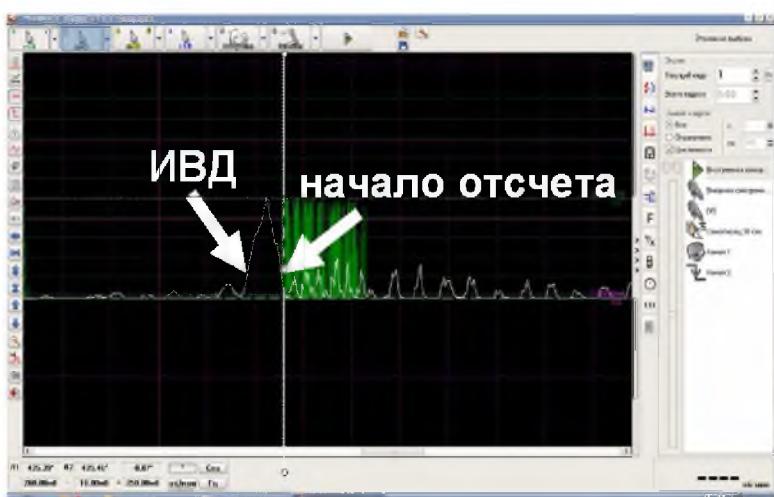


Рис.2. Совмещение расширенных осциллограмм с датчика ИВД и датчика частоты вращения КВ



Рис.3. Измерение периода для расчета значения локальной частоты вращения КВ по одному цилиндрю

Для определения фаз газораспределения и регистрации импульса высокого давления (ИВД) с топливопровода на участке ТВД – форсунка для диагностирования топливной системы используется дизельный модуль с дизельным датчиком (рис.1).

При диагностировании проводится тарировка измерительной аппаратуры, заключающаяся в определении периодов сигналов с датчиков частоты вращения КВ, фиксируемых на ТВД диагностируемых цилиндров по порядку работы дизеля.

При совмещении расширенных осциллограмм с датчика ИВД и датчика частоты вращения КВ, расположенных на ТВД одного цилиндра (рис.2), видно, что начало всплеска импульса с датчика частоты вращения КВ с амплитудой около 1,0 В происходит в момент закрытия нагнетательного клапана, максимальной разгрузки ТВД и начала отраженного гидродинамического импульса.

Эта величина устанавливается как граничное значение отсчета периода t_i рабочего процесса для данного цилиндра двигателя.

Полученный сигнал при достижении граничного значения амплитуды (1,0 В) поступает на диагностический комплекс и в программное обеспечение ЭВМ и анализируется. С этого момента начинает отсчет периода t_i .

На рис.3 представлена осциллограмма с указанием периода t_i для расчета локальной частоты вращения КВ n_i по одному цилинду i .

При повторном достижении граничного значения этот отсчет заканчивается и начинается от-

счет периода для следующего цилиндра по порядку работы дизеля через 90° (рис.4).

Полученное значение периода t_i заносится в соответствующую ячейку таблицы, создаваемой программой диагностирования, и выводится на экран при открытии окна определения неравномерности вращения КВ по цилиндрам двигателя (рис.5).

Расчет локальной частоты вращения КВ n_i по одному цилинду i производится по формуле

$$n_i = 60/T_i,$$

где T_i – период одного оборота коленчатого вала, с, $T_i = t_i \cdot 4$.

Отклонение локальной частоты $\pm\Delta n_i$ по одному цилинду от средней частоты вращения КВ n_{cp} получено по формуле

$$\pm\Delta n_i = n_{cp} - n_i.$$

Неравномерность вращения КВ по одному цилинду (в процентах)

$$\pm\% = \frac{\pm\Delta n_i}{n_{cp}} \cdot 100.$$

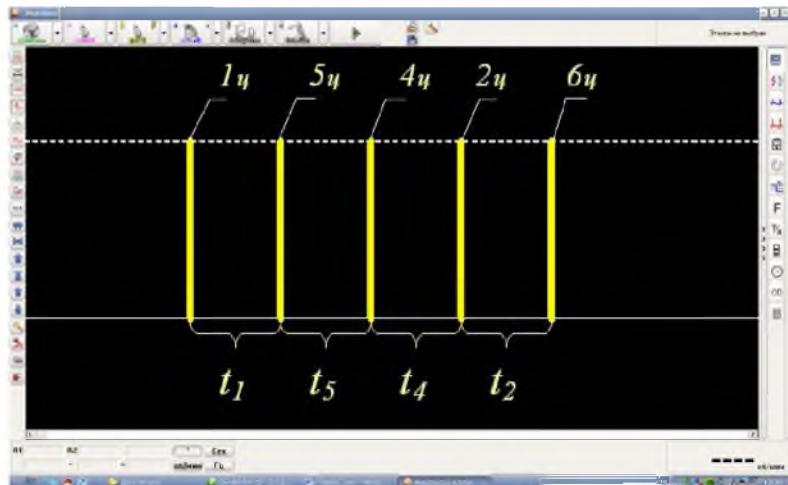


Рис.4. Измерение времени рабочего цикла t_i по цилиндрам 1, 5, 4 и 2 дизеля

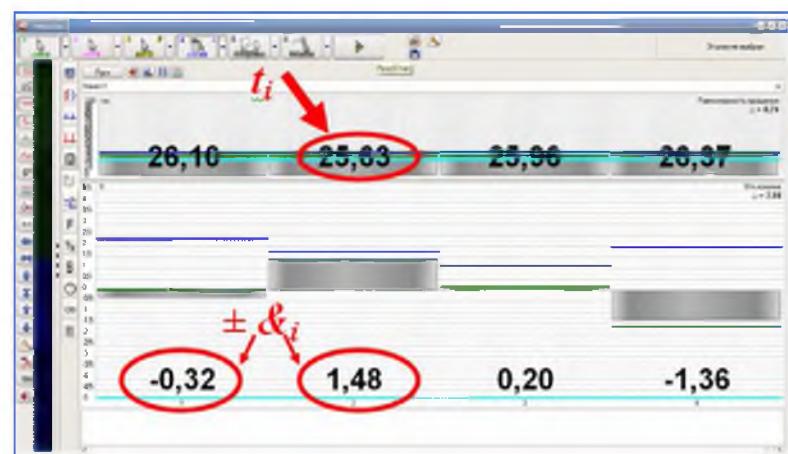


Рис.5. Окно программного обеспечения определения неравномерности вращения КВ по четырем цилиндрам двигателя

Для проверки методики был проведен эксперимент. В качестве критерия оптимальности были выбраны локальные частоты вращения коленчатого вала по цилиндрам двигателя при отключении подачи топлива в один из цилиндров. В результате испытаний было определено, что наиболее информативными параметрами при диагностировании неработоспособного цилиндра следует считать отклонение локальной частоты вращения КВ по предыдущему ($-\Delta n_{i-1}$) и последующему ($+\Delta n_{i+1}$) от неисправного цилиндра дизеля. Параметры отклонения локальной частоты вращения КВ по неисправному цилинду $\pm\Delta n_i$ незначительны. Величина локальной частоты вращения КВ по предыдущему ($-\Delta n_{i-1}$) от неисправного цилиндра увеличивается, а по последующему ($+\Delta n_{i+1}$) цилинду уменьшается.

Методика диагностирования предусматривает определение общего технического состояния (общее диагностирование) дизеля, выявление мест отказов и причин их возникновения (локальное диагностирование). Алгоритм и структурная схема проведения общего и локального диагностирования дизеля приведены на рис.6.

При общем диагностировании выделяют два вида технического состояния (ТС): когда диагностические параметры выходят за допустимые пределы (за пределы, определенные техническими условиями завода-изготовителя) или находятся в этих пределах. Распознавание вида ТС дизеля, а также локализация отказов осуществляется путем сравнения полученных значений диагностических параметров с нормативными, характеризующими его работоспособное ТС. В случае превышения указанных пределов проводится локальное диагностирование.

ПОДГОТОВКА ДИЗЕЛЯ, ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ

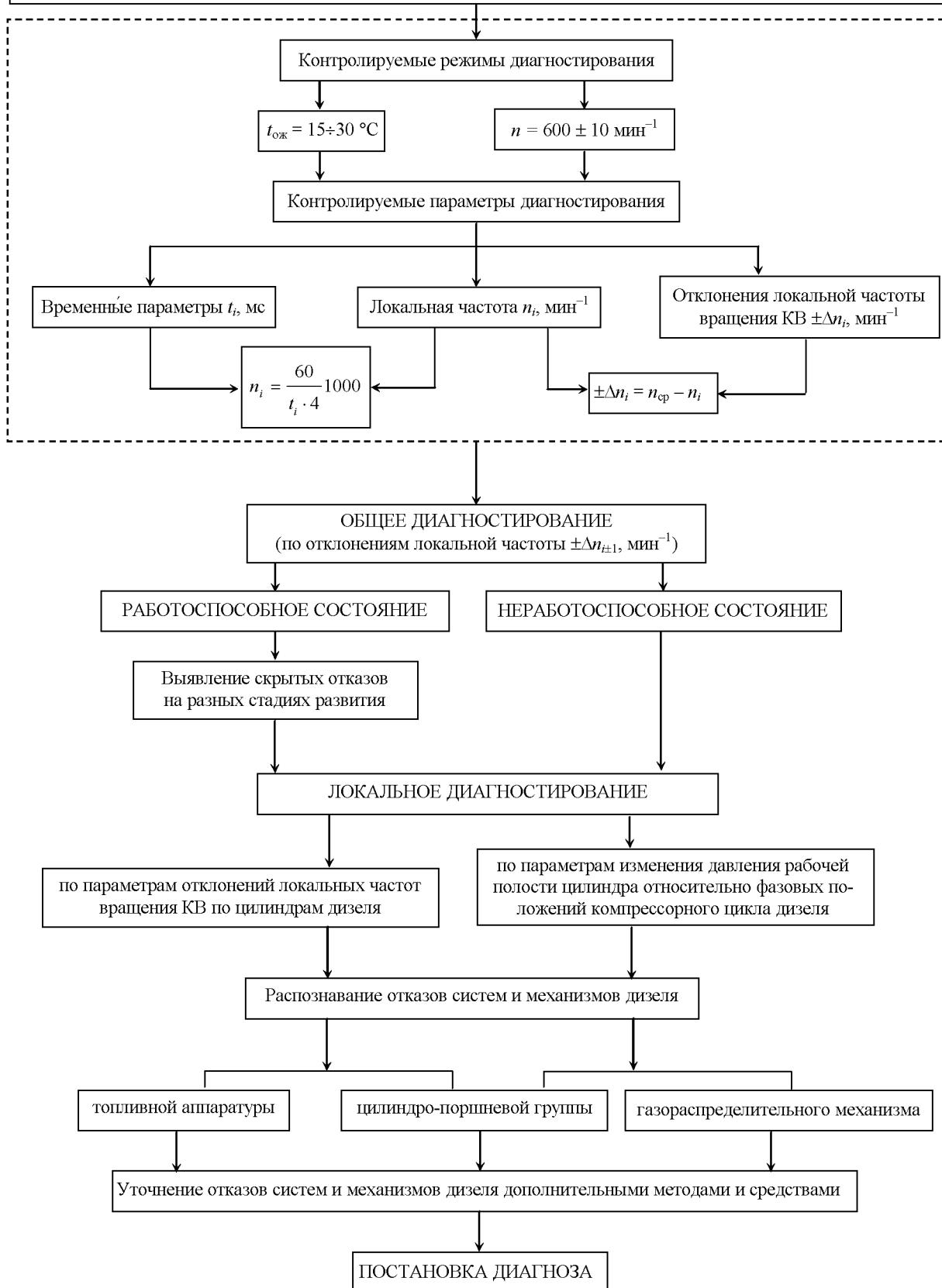


Рис.6. Структурная схема диагностирования дизеля

По результатам реализации предложенной методики возможно выявление вероятного отказа элемента дизеля. Далее с целью определения причин выявленных отказов производится локальное диагностирование исследуемых механизмов с использованием других методов и средств, указанных в руководстве по эксплуатации дизеля.

Диагностирование цилиндро-поршневой группы и топливной аппаратуры дизеля осуществляется в три этапа: подготовительный, основной и заключительный.

К подготовительному этапу относится изучение информации о работе двигателя в процессе эксплуатации со слов водителя, визуальный осмотр для определения видимых повреждений (мест утечек масла и топлива, ослабление крепления навесного оборудования), контрольный осмотр дизеля и доведение (при необходимости) заправочных жидкостей до нормы.

Основной этап включает непосредственное измерение временных параметров рабочего цикла каждого цилиндра, в ходе которого осуществляется контроль локальной частоты вращения КВ по каждому цилинду. Далее с помощью программы вычислений определяются значения отклонений локальных частот по цилиндрам дизеля.

Общее и локальное диагностирование проводится на непрогретом двигателе на частоте вращения КВ двигателя $600 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$.

Основные нормативные значения диагностических параметров для работоспособного дизеля [2] – изменения отклонений локальных частот вращения КВ по предыдущему и последующему от неработоспособного цилиндров $\pm \Delta n_{i \pm 1} = \pm 10 \text{ мин}^{-1}$ для общего и локального диагностирования; давление конца такта сжатия $P_{сж} = 3,8 \pm 0,05 \text{ МПа}$; остаточное давление в рабочей полости цилиндра на момент окончания такта рабочего хода и открытия выпускного клапана $P_{\min} = 0,095 \pm 0,005 \text{ МПа}$; фаза окончания спада давления на такте рабочего хода $\phi_{р.х} = 133 \pm 1 \text{ град}$.

На заключительном этапе осуществляется обработка осциллограмм и непосредственный анализ результатов диагностирования.

Далее производится определение объема работ по техническому обслуживанию и ремонту, а также формирование и распечатка необходимой выходной документации.

На основании предлагаемой методики диагностирования разработана инструкция оператору-диагносту.

Таким образом, разработанная методика диагностирования дизеля, основу которой составляют эталонные модели диагностических параметров, дает возможность осуществлять контроль ТС безразборным методом, что позволяет исключать проведение необоснованных технических воздействий, снижая тем самым трудоемкость работ и продолжительность пребывания техники в ремонте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А.С. Диагностирование военной автомобильной техники / А.С.Афанасьев, А.Н.Крайнов, Ю.В.Михалев; Военная академия материально-транспортного обеспечения. СПб, 2013. 211 с.
2. Афанасьев А.С. Методика повышения достоверности и полноты технического диагностирования дизелей / А.С.Афанасьев, А.А.Третьяков, М.А.Марченко // Проблемы управления рисками в техносфере: Научно-аналитический журнал. 2014. № 1. С.56-59.
3. Патент на полезную модель № 103188. Переходное устройство диагностической установки / А.А.Третьяков. Опубл. 27.03.2011.
4. Патент на полезную модель № 92470. Приспособление для диагностирования дизеля КамАЗ-740 / А.А.Третьяков. Опубл. 20.03.2010.
5. Транспортная энергетика: Учеб.пособие / В.Р.Бурячко, Ю.В.Михалев, А.С.Афанасьев; Военная академия материально-транспортного обеспечения. СПб, 2014. 340 с.

REFERENCES

1. Afanas'ev A.S., Krainov A.N., Mikhalev Yu.V. Diagnostirovaniye voennoi avtomobil'noi tekhniki (*Diagnosis of military vehicles*). St Petersburg, 2013, p.211.
2. Afanas'ev A.S., Tret'yakov A.A., Marchenko M.A. Metodika povysheniya dostovernosti i polnosti tekhnicheskogo diagnostirovaniya dizelei (*Methods of improving the accuracy and completeness of technical diagnostics of diesel engines*). Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere: Nauchno-analiticheskii zhurnal. 2014. N 1, p.56-59.
3. Tret'yakov A.A. Perekhodnoe ustroistvo diagnosticheskoi ustanovki (*Transitional diagnostic device installation*). Patent na poleznuyu model' N 103188. Published 27.03.2011.
4. Tret'yakov A.A. Prispособление для диагностирования дизеля KamAZ-740 (*Device for the diagnosis of diesel engine KAMAZ-740*). Patent na poleznuyu model' N 92470. Published 20.03.2010.
5. Buryachko V.R., Mikhalev Yu.V., Afanas'ev A.S. Transportnaya energetika (*Transport energy*). Voennaya akademiya material'no-transportnogo obespecheniya. St Petersburg, 2014, p.340.

METHOD OF DIAGNOSTICS OF DIESEL ENGINES IN TIMING OF THE OPERATING CYCLE

A.S.AFANASEV, *PhD in Military Sciences, Professor, a.s.afanasev@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia

A.A.TRETYAKOV, *PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, alextre@inbox.ru*
Military Academy of Logistics, St Petersburg, Russia

To maintain diesel engines in working condition there have been developed methods of diagnosing local crankshaft rotation developed by each cylinder. Inoperative cylinder has an angular velocity of rotation that does not respond the technical conditions. The measuring and computing complex consisting of personal computers, diagnostic complex «MotoDoc III», software and a set of sensors was developed for measuring. The results of the measurement and analysis of time parameters are displayed on the monitor screen. The software facilitates the recording of a signal, its processing and storage, as well as the ability to display the results. The method of diagnosis involves a number of stages: preparation of a diesel engine and equipment, the holding of general and local diagnosis, diagnosing. Thus, it appears possible to carry out condition monitoring of diesel engines by CIP method.

Key words: diesel engine, method for diagnosing, measuring and computing complex, set of sensors, pulse high pressure, CIP method, duty cycle.