

УДК 621.43

ТЕСТОВОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

Бурцев А.Ю.¹, Караулов А.В.², Чокой С.А.³

¹к.т.н., доцент кафедры «Горного дела и техносферной безопасности» филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

²аспирант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (ЮУрГАУ), г. Челябинск.

³аспирант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (ЮУрГАУ), г. Челябинск.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности процесса тестового диагностирования цилиндкопоршневой группы с помощью регулятора добавочного воздуха. Установлено, что когда диагностируется отдельный цилиндр, то в случае его повышенного износа, регулятор добавочного воздуха компенсирует количество воздуха и поддерживает заданную частоту вращения коленчатого вала двигателя. Контроль величины компенсирующего воздействия является основой для оценки технического состояния цилиндкопоршневой группы.

Ключевые слова: двигатель, система впуска, регулятор добавочного воздуха, цилиндкопоршневая группа, контроль, износ, анализ.

Актуальность исследования. Современный двигатель представляет собой сложную совокупность систем, работающих по комплексным алгоритмам [1, 2, 3]. Например, работа системы топливоподачи тесно связана с количеством поступающего воздуха при вариации различных режимов [4, 5, 6]. В ряде автомобилей функцию холостого хода обеспечивает регулятор добавочного воздуха (РДВ), который регулирует поток воздуха в цилиндры двигателя [7, 8, 9]. Одновременно с этим, РДВ на основе встроенных алгоритмов управления, пытается компенсировать недостаточное количество воздуха в случае его утечек [10, 11, 12]. Кроме того, РДВ добавляет воздухоподачу в любых других случаях, когда это требуется для поддержания устойчивой работы двигателя [13, 14, 15]. Нами сделано предположение, что изменение технического состояния цилиндкопоршневой группы может быть с высокой точностью установлено по значению расхода воздуха, проходящего через РДВ при тестовом диагностировании [15, 16, 17]. С учетом сказанного, **целью исследования** является разработка метода тестового контроля ЦПГ по изменению рабочих параметров РДВ.

Материалы и методы. Современная система впуска представляет собой сложную систему последовательных и параллельных элементов, связанных между собой многочисленными параметрами (рисунок 1).

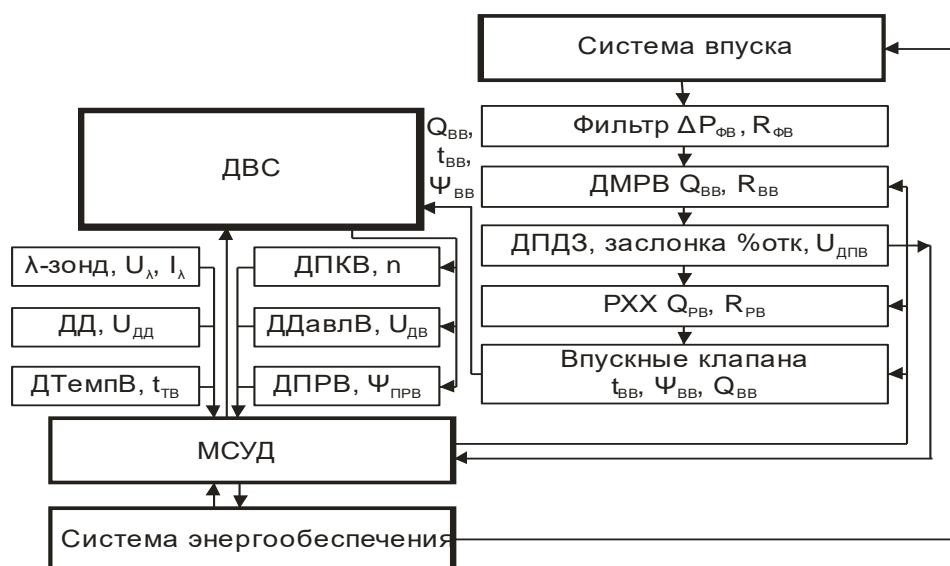


Рисунок 1 – Схема ДВС и системы впуска

Как видно из рисунка 1, система впуска имеет в своей конструкции ряд элементов: воздушный фильтр с циклоном, датчик массового расхода воздуха (ДМРВ), дроссель (электронный или механический), датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ), регулятор холостого хода (РХХ) или РДВ, впускные клапана [18, 19, 20]. Все эти элементы увязаны единым алгоритмом работы, который тесно связан с другими системами и датчиками [21, 22, 23]. Как видно из рисунка 1, ДВС тесно связан взаимосвязями с микропроцессорной системой управления двигателем (МСУД). В свою очередь МСУД энергозависима от системы энергообеспечения. ДВС и МСУД тесно управляются через ряд датчиков и исполнительных механизмов: λ-зонд, датчик положения коленчатого вала (ДПКВ), датчик детонации (ДД), датчик давления воздуха и топлива, датчик температуры воздуха, топлива и выхлопных газов, датчик положения распределительного вала (ДПРВ) и др. В основном взаимосвязи МСУД и датчиков в технической эксплуатации изображают в виде комплекса осцилограмм сигналов, тесно связанных с ДПКВ. ДПКВ является первичным датчиком, относительно сигнала которого ведется отчет всех последующих взаимосвязанных процессов.

Для контроля выходных параметров РДВ необходимо, как минимум подключиться к диагностическому разъему автомобиля и вывести интересующие нас данные. Воспользуемся для проведения исследования приборным средством ДБД-3 [24, 25]. ДБД-3 предназначен для встроенного тестового диагностирования систем ДВС. Прибор подсоединяется вместо ЭБУД к штатному разъему МСУД (рисунок 2).



Рисунок 2 – Прибор ДБД-3, подсоединеный к штатному разъему ЭСУД автомобиля

Прибор через сетевой кабель соединяется с ноутбуком, что видно на рисунке 2. На ноутбук устанавливается рабочая программа для установления связи ЭСУД с прибором ДБД-3. В рабочем окне диагностической программы отображаются выходные параметры, используемые для контроля ЦПГ. Основным выходным параметром является – число шагов РДВ, вместе с ним, оценивается массовый расход воздуха, часовой расход топлива, удельный расход топлива. Все эти параметры напрямую отражают техническое состояние ЦПГ.

На следующем этапе исследования, при обеспечении тестового нагружения диагностируемых цилиндров производили измерения. Для чего отключали из работы два цилиндра и один из двух оставшихся нагружали, путем отключения отдельных импульсов топливоподачи. Начинался процесс измерения с двух полностью работающих цилиндров, что отображалось по горизонтальной оси нулевым значением (рисунок 3).

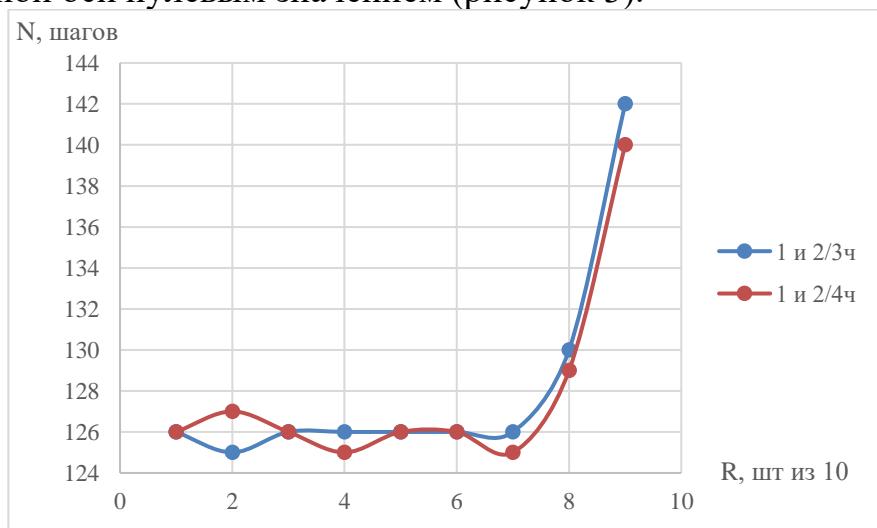


Рисунок 3 – Зависимость числа шагов РДВ N, шагов, устанавливаемых для компенсации отключений топливоподачи R, шт из 10: выключены 1 и 2 цилиндра

Далее (рисунок 3), производилось отключение одного импульса топливоподачи из 9, затем 1 из 8, 1 из 7, и т.д. до предела работоспособности. Т.е. обозначения на горизонтальной оси расшифровываются как: 0 – без отключения; 1 – один из девяти импульсов топливоподачи выключен; 2 – 1 из 8; 3 – 1 из 7; 4 – 1 из 6; 5 – 1 из 5; 6 – 1 из 4; 7 – 1 из 3; 8 – 1 из 2; 9 – 2 из 3; 10 – 3 из 4. Как правило новый цилиндр с минимальным износом выдержит максимальное число циклов отключения, и наоборот предельно изношенный, при минимуме нагрузки уже испытает предел работоспособности. Как видно из рисунка 3, с точки 7 характеристика начинает резко возрастать, достигая максимума к 9 точке. Цилиндр с предельным износом уже при 5...7 точке обнаружил бы резкое увеличение наполнения дополнительным воздухом.

Те же эксперименты были проделаны, но при отключении 1 и 3 цилиндров (рисунок 4).

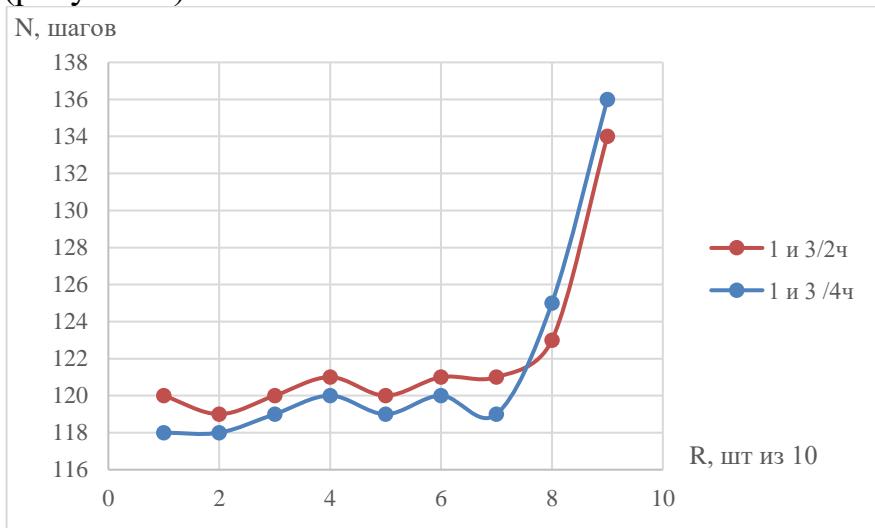


Рисунок 4 – Зависимость числа шагов РДВ N, шагов, устанавливаемых для компенсации отключений топливоподачи R, шт из 10: выключены 1 и 3 цилиндра

Так как, степень износа цилиндров была разная, видно, что на 4 цилиндре происходит наибольшая коррекция по воздухоподаче. Значит, 4 цилиндр наиболее изношенный из всех цилиндров одного двигателя. В настоящий момент производится обработка множественных данных эксперимента и их анализ. В будущих работах будут обработаны многофакторные эксперименты и представлена статистическая информация по ранжированию степени износа цилиндров. В качестве рекомендаций будут сделаны выводы, составлен алгоритм и технология процесса диагностирования ЦПГ новым тестовым методом. Данный метод можно реализовать в виде встроенной методики диагностирования, в ЭБУД автомобиля.

Выводы. Проведенный анализ показал, что контроль ЦПГ отдельных цилиндров возможен посредством реализации тестового метода диагностирования. В качестве оценочных параметров приняты выходные показатели РДВ и ДМРВ: количество шагов, массовый расход воздуха и часовой расход топлива. Любые износы отдельных цилиндров ДВС вызывают изменения числа шагов РДВ. РДВ корректирует работу ДВС под возникающие изменения. Таким образом, разработан новый метод диагностирования и обоснованы методические приемы его использования для оценки технического состояния ЦПГ.

Список литературы:

1. Производственный потенциал сельского хозяйства: этапы развития, состояние, проблемы модернизации / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, М. В. Запевалов, Н. В. Костюченков. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2018. – 292 с. – ISBN 978-5-88156-798-9. – EDN XWKBRJ.
2. Формирование инвестиционного механизма в сфере технического сервиса в сельском хозяйстве / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин, Л. А. Солодкина [и др.]. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка Россельхозакадемии, 2013. – 298 с. – ISBN 978-5-98231-012-5. – EDN RYTETV.
3. Патент № 2418190 С2 Российская Федерация, МПК F02M 65/00. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателя: № 2009123798/06: заявл. 22.06.2009: опубл. 10.05.2011 / С. С. Куров, Д. Д. Бакайкин, А. В. Гриценко; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Челябинский государственный агроинженерный университет". – EDN SHGTSI.
4. Test diagnostics of engine systems in passenger cars / A. Gritsenko, V. Shepelev, E. Zadorozhnaya, K. Shubenkova // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 1. – P. 46-52. – DOI 10.5937/fmet2001046G. – EDN SGUWJ.
5. Гриценко, А. В. Результаты экспериментальных исследований пропускной способности электромагнитных форсунок / А. В. Гриценко, Д. Д. Бакайкин // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12(75). – С. 120-127. – EDN PNFQWX.
6. Власов, Д. Б. Диагностирование электрических насосов автомобилей / Д. Б. Власов, А. В. Гриценко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 4-1(15-1). – С. 176-180. – DOI 10.12737/13917. – EDN SWFGKN.
7. Gritsenko, A. V. A study of the environmental qualities of diesel engines and their efficiency when a portion of their cylinders are deactivated in small-load modes / A. V. Gritsenko, K. V. Glemba, A. A. Petelin // Journal of King Saud University. Engineering Sciences. – 2021. – Vol. 33, No. 1. – P. 70-79. – DOI 10.1016/j.jksues.2019.12.001. – EDN FICNSG.

8. Технология и методы диагностирования топливных насосов: учебное пособие / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, А. В. Старунов [и др.]. – Челябинск: ЮУрГАУ, 2022. – 100 с. – ISBN 978-5-88156-898-6.
9. Индивидуальный газоанализ и его особенности при тестовом диагностировании / А. В. Гриценко, Г. Н. Салимоненко, И. Х. Гималтдинов [и др.] // АПК России. – 2021. – Т. 28, № 1. – С. 28-38. – EDN BVAPDV.
10. Методы снижения токсичности и экологичность современных автомобилей / Н. Н. Русакова, В. Е. Уланов, А. В. Гриценко, И. Х. Гималтдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 285-291. – EDN BRNVAB.
11. Диагностирование электрических насосов по силе тока питания при сопротивлении в топливосистеме / К. В. Глемба, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, Д. Б. Власов // Евразийское Научное Объединение. – 2015. – Т. 1, № 11(11). – С. 16-18. – EDN VBYJXB.
12. Гриценко, А. В. Комплексное диагностирование электрического бензонасоса системы топливоподачи / А. В. Гриценко, Д. Б. Власов, А. М. Плаксин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4, № 5-4(25-4). – С. 239-243. – EDN XAYBJH.
13. Environmental Control and Test Dynamic Control of the Engine Output Parameters / A. Gritsenko, V. Shepelev, G. Salimonenko [et al.] // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 4. – P. 889-898. – DOI 10.5937/fme2004889G. – EDN YHIYOU.
14. Диагностирование электромагнитных форсунок по изменению качественного состава топливной смеси / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-11. – С. 2380-2384. – EDN TARFPD.
15. Гриценко, А. В. Диагностирование электрических бензонасосов системы питания автомобилей с микропроцессорной системой управления двигателем / А. В. Гриценко, К. А. Цыганов // Достижения науки - агропромышленному производству: ЛII Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том 3. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013. – С. 49-55. – EDN UGVCMX.
16. Тестовое диагностирование электрических топливных насосов / А. В. Гриценко, К. И. Лукомский, Д. Б. Власов, К. В. Глемба // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 5. – С. 1161-1167. – EDN ZXVRDP.
17. Патент № 2474805 С1 Российская Федерация, МПК G01M 15/04. Способ диагностирования выпускного тракта поршневых двигателей внутреннего сгорания : № 2011139288/06 : заявл. 26.09.2011 : опубл. 10.02.2013 / С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, А. В. Горбунов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования "Челябинская государственная агротехническая академия". – EDN XNXMZX.

18. Forecasting the Passage Time of the Queue of Highly Automated Vehicles Based on Neural Networks in the Services of Cooperative Intelligent Transport Systems / V. Shepelev, S. Aliukov, S. Zhankaziev [et al.] // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, No. 2. – P. 282. – DOI 10.3390/math10020282. – EDN RGEZLG.

19. The Role of Reverse Logistics in the Transition to a Circular Economy: Case Study of Automotive Spare Parts Logistics / I. Makarova, K. Shubenkova, P. Buyvol [et al.] // FME Transactions. – 2021. – Vol. 49, No. 1. – P. 173-185. – DOI 10.5937/FME2101173M. – EDN PXKYDE.

20. Methodical Framework for Evaluating the Level of the Carrying Capacity of Transport Systems in View of the Irregularity of Cargo Flows / Z. Almetova, V. Shepelev, E. Shepeleva [et al.] // Transportation Research Procedia, Padova, 07–09 марта 2018 года. – Padova, 2018. – P. 226-235. – DOI 10.1016/j.trpro.2018.09.025. – EDN MBAUBF.

21. Снижение токсичности отработавших газов дизельного двигателя путем отключения части его цилиндров / В. Н. Кожанов, А. А. Петелин, А. В. Гриценко, В. Д. Шепелев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 34-44. – DOI 10.14529/engin180204. – EDN XREQWL.

22. Гриценко, А. В. Исследование режимов работы электрических бензиновых насосов автомобилей при искусственном формировании гидравлического сопротивления / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, О. Н. Ларин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 2(30). – С. 47-55. – DOI 10.20291/2079-0392-2016-2-47-55. – EDN WBWUAJ.

23. Gritsenko, A. V. Diagnostics of the fuel supply system of auto ICEs by the test method / A. V. Gritsenko, V. D. Shepelev, I. V. Makarova // Journal of King Saud University. Engineering Sciences. – 2021. – DOI 10.1016/j.jksues.2021.03.008. – EDN RXLLVJ.

24. Makarova, I. Improvement of environmental compliance of Urban transport system through enlarging fleet of gas-engine municipal machinery / I. Makarova, L. Gabsalikhova, A. Gritsenko // Transportation Research Procedia : 14, Saint Petersburg, 21–24 октября 2020 года. – Saint Petersburg, 2020. – P. 405-413. – DOI 10.1016/j.trpro.2020.10.048. – EDN DUUXKW.

25. Разработка методов и средств диагностирования элементов топливной системы бензиновых ДВС / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, О. Н. Ларин [и др.] // Контроль. Диагностика. – 2015. – № 3. – С. 62-67. – DOI 10.14489/td.2015.03.pp.062-067. – EDN TKLAJF.