

УДК 621.43

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Бурцев А.Ю.¹, Битюков М.В.², Скорик Н.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 безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

³магистрант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

Аннотация. В статье приведены особенности применения осциллографического метода диагностирования топливной системы двигателя. Выявлено главное преимущество методик осциллографического контроля – наглядность сравниваемых признаков. Кроме того, применение многопараметрического контроля, одновременно до 8 сигналов в режиме реального времени, позволяет выявить множественные связи, неотличимые при использовании существующих методов диагностирования. Ключевой эффект от исследований заключается в повышении достоверности диагностирования топливной системы.

Ключевые слова: двигатель, осцилограмма, нагрузка, диагностические параметры, контроль, анализ, тестовый метод.

Актуальность исследования. Современные методы диагностирования автомобилей видоизменяются вместе с прогрессивными технологиями [1, 2, 3]. Зачастую, существующие методы устаревают и становятся малоэффективными для использования при встроенному контролю и экспресс диагностировании [4, 5, 6]. Хотя, как показывает практика эксплуатации, тенденции автомобильного сервиса направлены на всесторонний встроенный контроль всех без исключения систем автомобилей [7, 8, 9]. Непрерывный встроенный контроль возник с момента появления микропроцессорных систем управления двигателем (МСУД) [10, 11, 12]. После, с увеличением разрядности применяемых электронных блоков управления (ЭБУ), числа датчиков и исполнительных устройств, идея встроенного контроля стала перерастать во всеобщую стратегию развития автопрома [13, 14, 15]. С учетом сказанного, **целью исследования** является разработка осциллографического метода и изучение его особенностей при контроле технического состояния систем автомобилей (на примере топливной системы).

Материалы и методы. Перед проведением экспериментальных исследований необходимо было выбрать двигатель и разработать экспериментальную установку. Для наших целей подошел двигатель ВАЗ, управляемый ЭБУ Январь 7.2 Е2 [16, 17]. Данный двигатель соответствует

нормам ЕВРО-2 и имеет каталитический нейтрализатор в своей конструкции [18, 19]. Общий вид установки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Установка на базе двигателя автомобиля ВАЗ, управляемого ЭБУ Январь 7.2 Е2

Как видно из рисунка 1, установка представляет собой полноразмерный двигатель [20, 21]. Она показана сверху и содержит присоединенный к топливной магистрали датчик давления. Кроме того, в прямую и обратную магистрали подсоединены расходомеры топлива. К электрическому бензиновому насосу присоединен датчик измерения силы тока для фиксации токовых параметров с момента запуска ДВС и до его остановки. Перед проведением экспериментальных исследований, были выбраны необходимые диагностические приборы: цифровой осциллограф USB Autoscope III и мотор-тестер МТ-10 КМ [22, 23]. Цифровой осциллограф использовался в качестве устройства для одновременного отображения выходных сигналов топливной системы. МТ-10КМ применялся в качестве осциллографического средства для фиксации режимов нагружения [24, 25].

Для обоснования выбора осциллографического метода приведем осциллограмму диагностирования топливной системы автомобиля ВАЗ (рисунок 2).

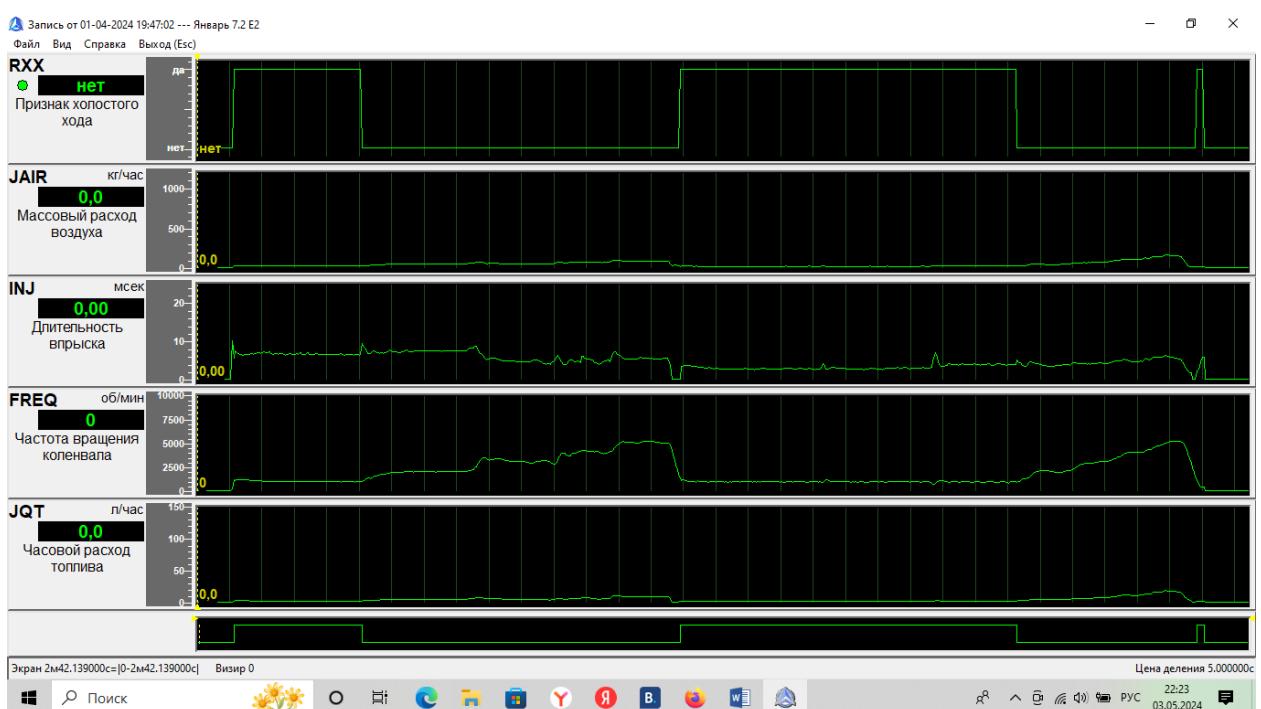


Рисунок 2 – Осциллографма диагностирования топливной системы автомобиля ВАЗ, управляемого ЭБУ Январь 7.2 Е2 (получена при использовании мотор-тестера МТ-10 КМ) при установке в линию топливоподачи жиклера диаметром 0,3 мм

Как видно из осциллографмы (рисунок 2), на ней одновременно показано 5 сигналов. При рассмотрении сверху вниз, показаны следующие параметры: признак холостого хода, массовый расход воздуха, длительность впрыска, частота вращения коленчатого вала ДВС, часовой расход топлива. Так, например, для фиксации начала минимальной величины нагрузления использовался признак холостого хода. У данного параметра может быть два возможных утверждательных варианта: да или нет. Т.е. либо есть холостой ход, либо его нет. Отчет измерения в наших экспериментах выполнялся с режима холостого хода.

Для проведения пробного эксперимента в линию топливоподачи до расположения топливного фильтра устанавливался жиклер диаметром 0,3 мм. После чего производилось нагружение: сначала все работающие цилиндры, начиная с холостого хода, после ступенчато изменяли частоту вращения коленчатого вала ДВС с 1000 до 5000 мин⁻¹. Затем опять возвращались к режиму холостого хода, отключали полностью из работы два цилиндра и производили еще одно ступенчатое нагружение с 1000 до 5000 мин⁻¹. Как видно на рисунке 2, измеренная осциллографма длительного процесса полностью отражает картину ступенчатого нагружения. При этом, не нужно снимать процессы отдельных ступенек отдельно, а сразу в общей последовательности все вместе. Далее это позволяет в удобном виде хранить неограниченную последовательность процессов нагружения.

Так, приведем еще один вариант нагружения (рисунок 3).

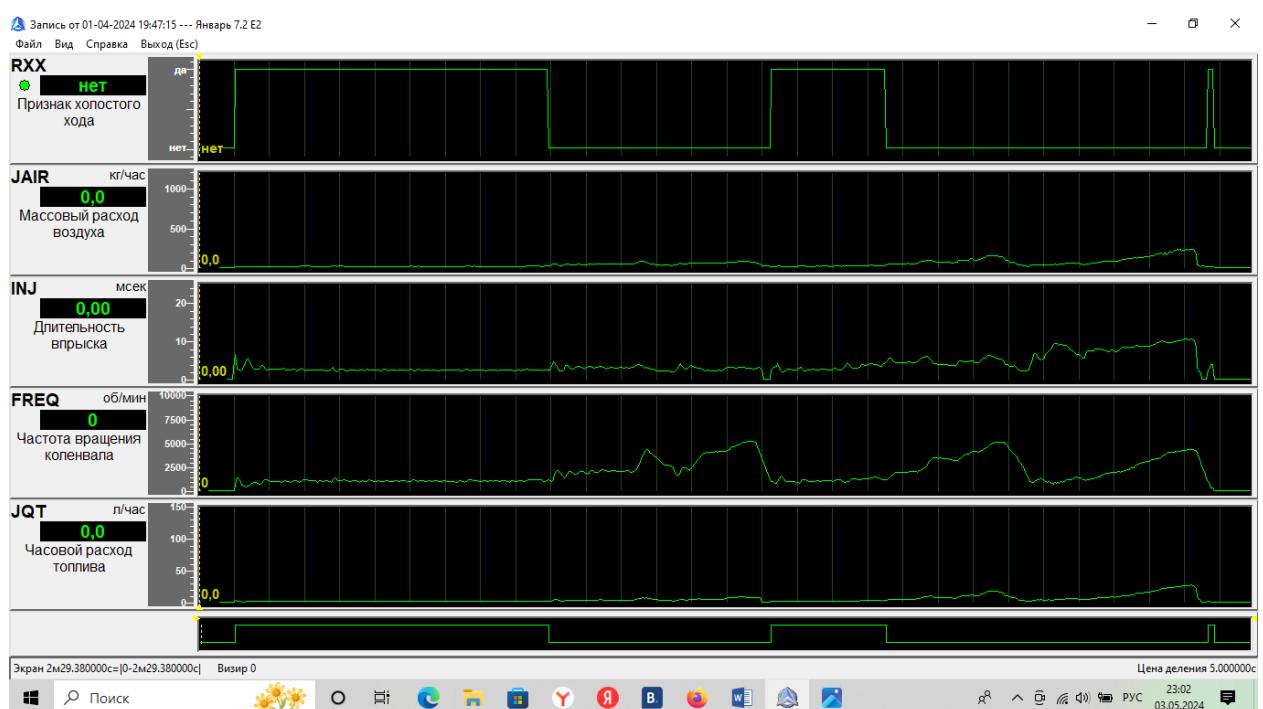


Рисунок 3 – Осциллограмма диагностирования топливной системы автомобиля ВАЗ, управляемого ЭБУ Январь 7.2 Е2 (получена при использовании мотор-тестера МТ-10 КМ) при установке в линию топливоподачи жиклера диаметром 1,0 мм

Из рисунка 3 видно, что на осциллограмме представлены уже три цикла нагружения. Первый и второй циклы соответствуют осциллограмме на рисунке 2, третий цикл нагружения – отличается тем, что из работы полностью выключаются три цилиндра. В итоге полученная осциллограмма содержит три цикла нагружения и большие возможности для сравнения циклов между собой. В практике диагностирования это нужно для того, чтобы комбинируя различные методы диагностирования, не выполняя длительных ездовых циклов, на месте произвести испытательные циклы на соответствие правильности работы топливной системы или любой другой системы ДВС.

Выводы. Проведенный анализ показал, что встроенные методы постепенно вытесняют внешние средства диагностирования. По мере удешевления приборных средств, вся диагностическая система будет установлена на двигатель автомобиля, а контроль параметров и оценку технического состояния – будет производить оператор-диагност дистанционно, или в идеальном варианте – ЭБУ автомобиля в автоматическом режиме будет реализовывать тестовые воздействия и с высокой точностью производить оценку технического состояния систем. Для возможности проведения экспериментальных исследований был сконструирован диагностический стенд на базе двигателя ВАЗ, управляемого ЭБУ Январь 7.2 Е2. Для целей диагностирования использовались приборные средства: цифровой осциллограф USB Autoscope III и мотор-тестер МТ-10 КМ. При проведении пробных экспериментов, последовательно реализовывались циклы нагружения, состоящие в отключении одного, двух, трех цилиндров, и

последующему ступенчатому увеличению частоты вращения коленчатого вала ДВС с 1000 до 5000 мин⁻¹. Преимуществом осциллографического метода является возможность неограниченной записи нагрузления всех цилиндров двигателя и сравнении полученных результатов между собой. Технический эффект от реализации осциллографического метода заключается в повышении достоверности оценки технического состояния систем двигателя (в частности системы топливоподачи).

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. Куков, 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 агроинженерная 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.