

УДК 621.43.001.42

## ДИАГНОСТИКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДАЧИ

**Битюков М.В.<sup>1</sup>, Бурцев А.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, филиал КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

**Аннотация:** В статье представлена методика контроля технического состояния электрических топливных насосов автомобилей. Разработанный метод контроля рекомендуется для широкого применения.

**Ключевые слова:** диагностирование, метод контроля, электробензонасос, тестовый метод, двигатель.

**Abstract:** The article presents a method for monitoring the technical condition of electric fuel pumps in cars. The developed monitoring method is recommended for wide application.

**Keywords:** diagnostics, monitoring method, electric fuel pump, test method, engine.

**Актуальность вопроса.** Согласно данным агентства «АВТОСТАТ», на 1 июля 2023 года в нашей стране было зарегистрировано 53,89 млн автотранспортных средств (АТС) [1, 2, 3]. С каждым годом количество АТС увеличивается, машин становится все больше, и вместе с тем, увеличивается потребность в качественном, современном диагностировании автомобильных узлов и агрегатов [4, 5]. Каким бы внешне – по дизайну, и внутренне – по эргономике и конструктиву не был автомобиль, ничто не заменит его основной элемент – силовой агрегат [6, 7]. На долю отказов двигателя традиционно приходится до 50% всех отказов автомобилей [8, 9]. Поскольку двигатель внутреннего сгорания (ДВС) конструктивно сложный агрегат, требующий особого внимания с точки зрения его технического состояния, то сегодня, остается актуальным совершенствование диагностирования отдельных его систем и узлов [10, 11]. В этой статье речь идет о методике контроля технического состояния топливной системы ДВС, а именно о электрическом топливном насосе (ЭТН) [12, 13]. Стоит отметить, что топливная система лидирует по числу неисправностей и количеству отказов ДВС, по некоторым данным, на долю отказов топливной системы приходится до 30-35% [14, 15, 16]. Целью исследований является разработка методики контроля технического состояния электрических топливных насосов автомобилей.

**Методы и материалы.** Метод контроля заключается в оценке технического состояния топливной системы, в частности, топливного насоса, с использованием ступенчатой схемы нагружения двигателя и имитации пропускной способности топливной магистрали [17, 18, 19]. Экспериментальное исследование проводилось на испытательном стенде двигателя ВАЗ-2115, с использованием диагностического оборудования, указанного в работах [20,

#### 4.2.2

21], а также мотор-тестера МТ-10, подключаемого к электронному блоку управления (ЭБУ) ДВС, дополнительного компьютерного устройства (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид диагностического оборудования, установленного на испытательном стенде двигателя ВАЗ-2115

Подсоединив диагностическое оборудование, включив компьютерные устройства, можно запускать двигатель и приступать к исследованию технического состояния топливной системы, в том числе ЭТН [22, 23]. В эксперименте применяются калиброванные жиклеры различных диаметров (0,1…4,6 мм), имитирующие гидравлическое сопротивление, регулируя пропускную способность топливоподачи с 3 до 97% [24, 25].

На графике (рисунок 2) представлена зависимость, полученная в ходе экспериментального исследования, массового расхода воздуха от частоты вращения коленчатого вала двигателя, при установленном жиклере  $d_{ж} = 0,3$  мм, и жиклере  $d_{ж} = 1,0$  мм.

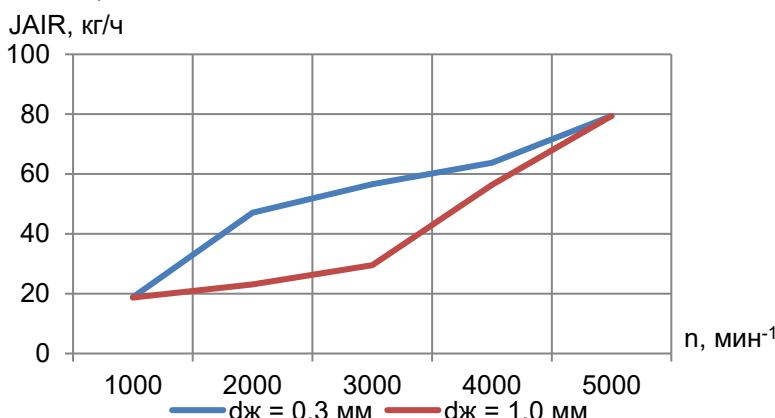


Рисунок 2 – Зависимость массового расхода воздуха, JAIR, кг/ч от частоты вращения коленчатого вала двигателя, n, мин<sup>-1</sup>

Из рисунка 2 видно, что с увеличением пропускной способности топливной магистрали массовый расход воздуха имеет малый рост до  $n = 3000$  мин<sup>-1</sup>, а затем резкий рост – достигая максимума 79,4 кг/ч при  $n = 5000$  мин<sup>-1</sup>. При пропускной способности  $d_{ж} = 0,1$  мм, массовый расход воздуха имеет резкий рост до  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup>, а затем малое изменение до максимального значения 79,4 кг/ч при  $n = 5000$  мин<sup>-1</sup>.

На графике (рисунок 3) представлена зависимость, полученная в ходе экспериментального исследования, часового расхода топлива от частоты

#### 4.2.3

вращения коленчатого вала двигателя, при установленном жиклере  $d_{ж} = 0,3$  мм, и жиклере  $d_{ж} = 1,0$  мм. Как видно из рисунка 3, часовой расход топлива значительно меняется в переходных зонах при  $n_1 = 1000\dots2000$  мин<sup>-1</sup> и при  $n_2 = 4000\dots5000$  мин<sup>-1</sup>. Так, при  $d_{ж}=0,3$  мм часовой расход топлива в первой зоне возрастает с 1,9 до 4,6 л/час, почти в 2,5 раза. Далее, существенного роста не наблюдается, и лишь во второй зоне значение часового расхода топлива вновь резко возрастает с 4,8 до 8,3 л/час, почти в 2 раза.

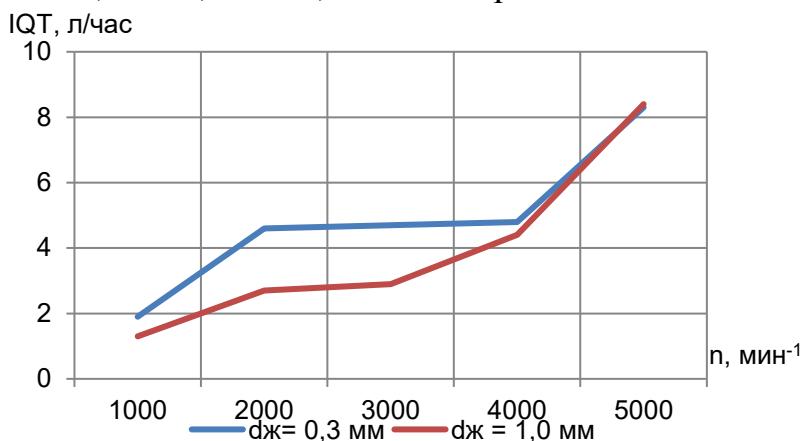


Рисунок 3 – Зависимость часового расхода топлива,  $IQT$ , л/час от частоты вращения коленчатого вала двигателя,  $n$ , мин<sup>-1</sup>

При  $d_{ж}=1,0$  мм часовой расход топлива в первой зоне возрастает с 1,3 л/час до 2,7 л/час, в 2 раза. Затем, наблюдается медленный рост, и только при  $n = > 4000$  мин<sup>-1</sup>, часовой расход топлива начинает резко расти с 2,9 до 8,4 л/час, почти в 3 раза.

**Выводы:** В ходе экспериментальных исследований были получены значения некоторых диагностируемых параметров: массовый расход воздуха, часовой расход топлива, длительность впрыска. Изменение значений диагностируемых параметров варьировалось изменением диаметров пропускного сечения топливной магистрали. Сравнивая диагностируемые параметры, как по отдельности, так и в комплексе можно сделать заключение о том, что с уменьшением пропускной способности топливной магистрали увеличивается массовый расход воздуха, часовой расход топлива.

#### Список литературы

- Битюков, М. В. Методические вопросы контроля параметров электрических топливных насосов автомобилей / М. В. Битюков // Достижения науки - агропромышленному комплексу: инновационные подходы молодых ученых в АПК: Материалы Международной научно-практической конференции Института агроинженерии, Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2024. – С. 31-40. – EDN EAOKFX.
- Гриценко, А. В. Методические приемы повышения точности диагностирования подшипников коленчатого вала / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, С.

#### 4.2.4

С. Куков // Вестник Челябинской государственной агронженерной академии. – 2010. – Т. 57. – С. 51-56. – EDN OZOTBL.

3. 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.

4. Гриценко, А. В. Теоретическое обоснование диагностирования цилиндропоршневой группы в режиме прокрутки двигателя стартером / А. В. Гриценко, С. С. Куков, К. В. Глемба // Пром-Инжиниринг: труды II международной научно-технической конференции, Челябинск - Новочеркасск - Волгоград - Астана, 19–20 мая 2016 года / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). – Челябинск - Новочеркасск - Волгоград - Астана: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 114-117. – EDN WFUKYX.

5. Гриценко, А. В. Метод диагностирования систем ДВС по тестовому контролю правильности функционирования систем / А. В. Гриценко // Экономика и производство: сборник научных трудов / под редакцией В.В. Ерофеева. – Челябинск: Челябинское региональное отделение РАЕН, 2012. – С. 113-121. – EDN VDSFJN.

6. Гриценко, А. В. Теоретическое исследование работы электромагнитной форсунки и ее влияние на процесс топливоподачи / А. В. Гриценко, С. С. Куков, Д. Д. Бакайкин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агронженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2012. – № 3(54). – С. 40-41. – EDN RBFGAF.

7. Гриценко, А. В. Диагностирование систем двигателя внутреннего сгорания бестормозным методом с перераспределением цилиндровых нагрузок / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной агронженерной академии. – 2011. – Т. 58. – С. 108-110. – EDN OZPEWJ.

8. Бакайкин, Д. Д. Техническое обслуживание элементов системы топливоподачи бензинового двигателя с электронной системой управления / Д. Д. Бакайкин, С. С. Куков, А. В. Гриценко // Вестник Челябинского агронженерного университета. – 2006. – Т. 47. – С. 10-13. – EDN UWOGAH.

9. Гриценко, А. В. Обоснование и разработка средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Достижения науки - агропромышленному производству: Материалы I Международной научно-технической конференции, Челябинск, 01–02 марта 2011 года / Редактор: Н.С. Сергеев. Том Часть 3. – Челябинск: Челябинская государственная агронженерная академия, 2011. – С. 7-11. – EDN UCGEWP.

10. 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.

11. Гриценко, А. В. Обоснование и разработка эффективных систем диагностирования двигателей внутреннего сгорания мобильных сельскохозяйственных машин / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Достижения науки - агропромышленному производству: Материалы LI Международной научно-технической конференции, Челябинск, 26–28 января 2012 года / Под редакцией Н.С. Сергеева. Том Часть III. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2012. – С. 20-25. – EDN UATEIN.
12. Гриценко, А. В. Оптимизация процесса диагностирования автотракторной техники минимизацией затрат / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 63. – С. 42-46. – EDN RSCQDD.
13. Гриценко, А. В. Алгоритм, информационные характеристики процесса технического диагностирования, методики проектирования и оптимизации устройств диагностирования / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 63. – С. 38-41. – EDN RSCQCT.
14. Гриценко, А. В. Разработка тестовых систем диагностирования мобильных энергетических средств / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, К. А. Цыганов // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 65. – С. 9-19. – EDN RSCPNT.
15. Гриценко, А. В. Определение эффективности использования средств технического диагностирования с учетом частоты отказов систем ДВС / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 60. – С. 45-48. – EDN OZPFXH.
16. Гриценко, А. В. Диагностирование систем ДВС на тестовых статических режимах / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 61. – С. 31-38. – EDN PANXLR.
17. Плаксин, А. М. Взаимосвязь конструктивного совершенствования мобильных энергетических средств с методами диагностирования их технического состояния / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-15. – С. 3373-3377. – EDN SWOBRR.
18. Исследование процесса выбега ДВС легковых автомобилей при искусственном формировании сопротивления / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-4. – С. 749-753. – EDN SWNRIV.
19. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, С. Э. Бисенов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8-2. – С. 322-326. – EDN SHR HOL.
20. Глемба, К. В. Диагностирование коренных и шатунных подшипников кривошипно-шатунного механизма / К. В. Глемба, А. В. Гриценко, О. Н. Ларин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 63-71. – EDN SBNNQD.

- 
21. Гриценко, А. В. Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей / А. В. Гриценко // Достижения науки - агропромышленному производству: ЛII Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том 3. – Челябинск: Челябинская государственная аргоинженерная академия, 2013. – С. 42-49. – EDN UGUHIX.
22. Гриценко, А. В. Метод диагностирования газораспределительного механизма по параметрам расхода воздуха и фаз газораспределения ДВС / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной аргоинженерной академии. – 2012. – Т. 62. – С. 32-34. – EDN PETYUH.
23. 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.
24. 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.
25. К вопросу исследования процесса диагностирования цилиндро-поршневой группы / С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-1. – С. 47-52. – EDN XALCFX.