

УДК 621.43

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОПЛИВНОГО НАСОСА НА УРОВЕНЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Битюков М.В.¹, Бурцев А.Ю.²

¹аспирант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

²к.т.н., доцент кафедры «Горного дела и техносферной безопасности» филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

Аннотация. В статье представлена методика контроля параметров электрических топливных насосов. Произведен анализ значений комплексных параметров технического состояния двигателя в зависимости от пропускной способности топливной магистрали и степени нагружения двигателя. Рассмотренные методические вопросы могут служить учебно-методическим материалов при проведении практических и лабораторных работ.

Ключевые слова: стендовое оборудование, жиклеры, топливный насос, топливная аппаратура, тестовое диагностирование.

Актуальность темы. Совершенствование конструкции автомобилей и тракторов в области автоматики, электрики, показателей надежности, выдвигают на первый план – проблему оптимальной организации эксплуатации автотранспортных средств (АТС) [1, 2, 3]. Особое внимание уделяют определению техническому состоянию АТС, которое в процессе эксплуатации изменяется под действием различных факторов [4, 5, 6]. Знание технического состояния АТС в любой момент времени позволяет водителю (оператору, машинисту) своевременно использовать их оптимальным образом: осуществить техническое обслуживание, диагностику и ремонт [7, 8, 9]. Самым сложным агрегатом любого АТС является двигатель внутреннего сгорания (ДВС) [10, 11, 12]. Соответственно, доля отказов и неисправностей самого сложного агрегата составляет свыше 50%, из них до 30% занимает система топливоподачи [13, 14, 15]. В данной статье рассмотрим методические вопросы контроля параметров электрического топливного насоса (ЭТН) [16, 17]. **Цель исследований.** Сформировать методические вопросы контроля параметров электрического топливного насоса по результатам экспериментальных исследований.

Методы и средства исследования. Теоретическая часть исследования выполняется с использованием общих методов и методик, применяемых в физике (электротехника, гидравлика), математике (теория вероятности, математическая статистика) [18, 19]. Практическая часть исследования проводится в стационарных условиях с применением соответствующего требованиям оборудования, приборов, средств [20, 21].

Экспериментальные исследования проводились на испытательном стенде, в основе которого был использован ДВС ВАЗ 2115 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид испытательной установки «ВАЗ 2115», оборудования, средств измерения

По аналогии с методикой, описанной в статье [22], было установлено оборудование и средства измерения. Так, например, датчик тока, подключенный в цепь питания ЭТН показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Вид подключения датчика тока

Мгновенный датчика тока типа «СТі» подключался к «плюсовой» клемме ЭТН (рисунок 2). Датчик тока позволяет контролировать пульсирующий характер изменения тока и анализировать его максимальные и минимальные значения на различных участках осциллограммы [23, 24].

Опытные исследования проводились на работающем ДВС, при фиксации количественных значений параметров процесса топливоподачи в прямой и обратной магистралях системы топливоподачи [25]. На участке между топливным фильтром и топливной рампой установлен цифровой датчик расхода топлива (в прямую магистраль). На участке между топливной рампой и топливным баком установлен цифровой датчик расхода топлива (в обратную магистраль). На участке между цифровым датчиком расхода топлива в прямой магистрали и топливной рампой установлен датчик

измерения мгновенной величины давления. Опытные исследования проводились в последовательности, указанной в таблице 1.

Таблица 1 – Ход опытных исследований: определение степени засоренности топливной магистрали

№ опыта	Диаметр проходного сечения топливопровода, мм	Засоренность, %
1	6 (без сопротивления)	< 5
2	4,6	20..25
3	3,2	45..50
4	1,8	65...70
5	0,8	86...88
6	0,6	89...91
7	0,4	92...94
8	0,2	95...97

Для опытов №2-8 в качестве имитации засоренности применяются калиброванные жиклеры, соответствующие диаметрам проходного сечения, указанным в таблице 1. Жиклеры монтируются в топливопровод на участке между цифровым датчиком расхода топлива и топливной рампой. Выбор указанного в таблице 1 диапазона диаметров проходного сечения объясняется тем, что с диаметром сечения большим, чем 0,8 мм, ЭТН работает штатно, создается и поддерживается номинальное рабочее давление в системе. Часовой расход топлива в пределах нормы ($\approx 0,000731$ кг/ч).

Для контроля оцениваемых показателей ЭТН применяется осциллограф, регистрирующий данные с датчиков, подключенный к компьютеру. Для контроля технического состояния ДВС используется мотор-тестер типа МТ-10.

Результаты исследований. В начале подготовки, на экспериментальной установке были отключены две катушки 1 и 4 цилиндров до запуска ДВС. После чего была включена одновременная запись осциллограмм мотор-тестера МТ-10 и USB Autoscope IV. Затем производился пуск ДВС на двух рабочих цилиндрах 2 и 3. Вначале задавался режим холостого хода на уровне 880 мин^{-1} , который выдерживался около 10 секунд до стабилизации всех выходных параметров. После чего производилось ступенчатое нагружение, с временным интервалом 10 секунд, при варьировании частоты вращения коленчатого вала ДВС с 880 до 5000 мин^{-1} .

В ходе опытных исследований, получен ряд данных. Некоторые результаты в виде отрезка осциллограммы представлены на рисунке 3.

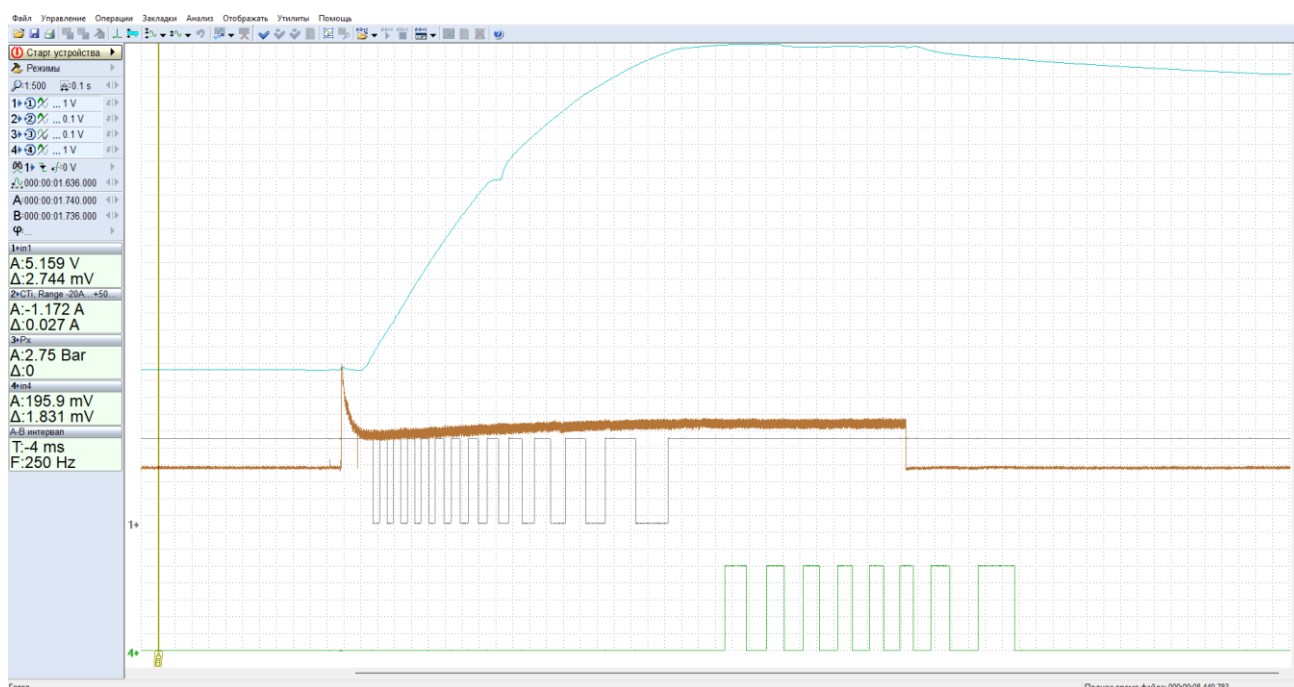


Рисунок 3 – Осциллограмма контролируемых диагностических параметров, где линиями показано: синяя (верхняя) линия значения давления, коричневая (вторая сверху) линия значения силы тока, фиолетовая (третья сверху) линия контроля объема проходимого топлива в прямой магистрали, зеленая (четвертая сверху) линия контроля объема топлива в обратной магистрали

На рисунке 3 представлена осциллограмма контролируемых параметров электрического топливного насоса. При проведении исследований, записывалось множество опытных осциллограмм, после чего производился их подробный анализ.

Кроме того, часть осциллограмм была получена при использовании мотор-тестера МТ-10. Мотор-тестером в динамике контролировались такие параметры технического состояния ДВС, как массовый расход воздуха, часовой расход топлива, длительность впрыска, кроме того производился контроль частоты вращения коленчатого вала (КВ) двигателя.

В ходе экспериментальных исследований были получены данные, по которым построены графики зависимостей: часового расхода топлива в зависимости от частоты вращения КВ двигателя (рисунок 4), массового расхода воздуха от частоты вращения КВ двигателя (рисунок 5), при варьировании степени засоренности топливной системы (имитированной жиклерами).

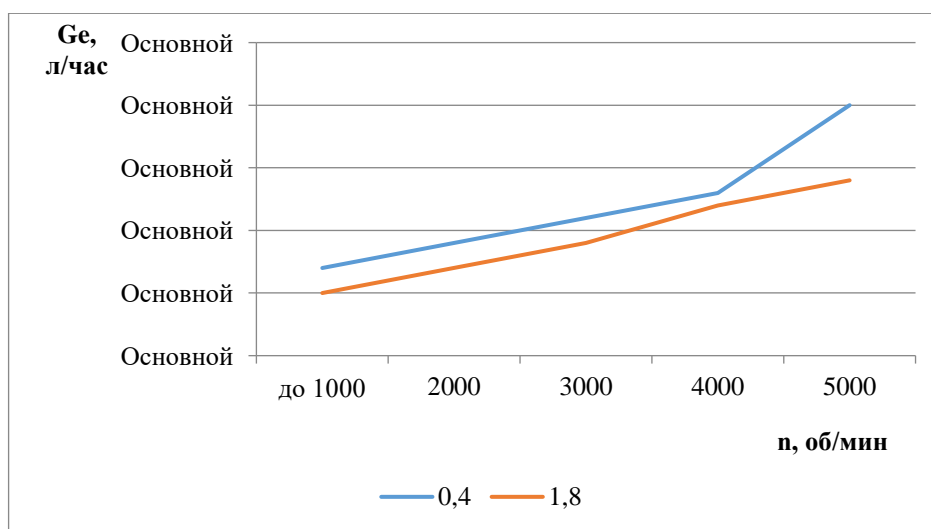


Рисунок 4 – Изменение часового расхода топлива G_e , л/час от величины n , об/мин при установленных в топливную магистраль жиклерах диаметром 0,4 и 1,8 мм

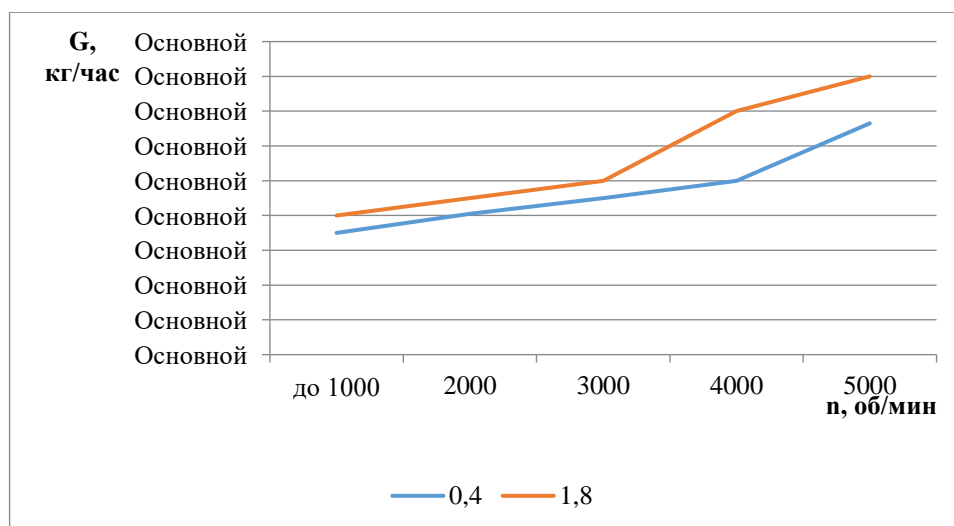


Рисунок 5 – Изменение массового расхода воздуха G_b , кг/час от величины n , об/мин при установленных в топливную магистраль жиклерах диаметром 0,4 и 1,8 мм

Наглядно, изменение данных показателей относительно величины сопротивления в топливной магистрали можно видеть на рисунках 4 и 5. При испытаниях, были достигнуты максимальные значения массового расхода воздуха 130 кг/час, и максимального часового расхода топлива 15-17 л/час при жиклере 0,4 мм и частоте вращения коленчатого вала двигателя 5000 об/мин.

С увеличением пропускной способности топливной магистрали до 1,8 мм, максимальные значения составили: массового расхода воздуха 150 кг/час, и максимального часового расхода топлива 14 л/час.

Из рисунка 4 видно, что с увеличением сопротивления в топливной магистрали увеличивается часовой расход топлива примерно на 28%.

Из рисунка 5 видно, что с увеличением сопротивления в топливной магистрали массовый расход воздуха снизился на 14%.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что такие контролируемые параметры двигателя, как часовой расход топлива и массовый расход воздуха могут существенно изменяться. Они могут служить комплексными показателями при оценке технического состояния топливной системы двигателя.

Анализ и выводы. Таким образом, разработана методика экспериментальных исследований по оценке параметров технического состояния электрического топливного насоса. В ходе проведения экспериментов было обнаружено, что при изменении пропускной способности топливной магистрали и нагружении двигателя изменяются часовой расход топлива, массовый расход воздуха, время впрыска топлива. В связи с чем, можно считать данные показатели комплексными, при диагностировании топливной системы, помимо основных (силы тока, давления, объемов утечек топлива). Проработанная на данном этапе методика контроля параметров электрического топливного насоса может служить учебно-методическим материалом при проведении лабораторных работ.

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 F02М 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 SGRUWJ.
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: LII 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 G01М 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 WBWUAI.

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.