

УДК 629.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСОВОГО РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ ВАРИАЦИИ ИЗНОСА ОТДЕЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ

<sup>1</sup>А.Ю. Бурцев, <sup>2</sup>А.В. Гриценко, <sup>2</sup> А.И. Емельянова

<sup>1</sup>КузГТУ, филиал КузГТУ

<sup>2</sup>Южно-Уральский государственный аграрный университет,

**Аннотация.** Контроль технического состояния электронных компонентов современных автотракторных средств очень важен для обеспечения максимального ресурса всего двигателя. В данной статье предлагается использование тестового метода контроля датчиков массового расхода воздуха. Выходной контроль показал, что наилучший по герметичности цилиндр имеет наибольшую характеристику часового расхода топлива при больших значениях частоты вращения коленчатого вала двигателя.

**Ключевые слова:** двигатель, отказ, диагностирование, тестовый метод.

**Актуальность работы.** Надежность автотракторных средств непрерывно растет [1]. Сроки службы влияют на выбор предприятий при покупке новой техники [2, 3, 4]. Однако приобретение новой надежной техники еще не значит, что в эксплуатации она отработает заданный срок службы [5]. Все зависит от работы эксплуатационной службы предприятия, качества обслуживания, качества запчастей и других важных факторов [6].

Как показывает практика эксплуатации автотракторной техники ее надежность зависит от надежности работы электронных компонентов [7, 8, 9]. Среди которых выделяются сенсоры и различные датчики [10, 11, 12]. Так, например, датчики массового расхода воздуха (ДМРВ) могут существенно изменить качество работы двигателя [13, 14, 15]. В конечном итоге привести к значительному перерасходу топлива [16, 17]. Поэтому контроль и поддержание исправности работы систем двигателя принципиально важны на всех этапах жизненного цикла автотракторной техники [18, 19, 20]. Среди средств контроля и диагностирования электронных компонентов двигателя можно выделить ряд наиболее распространенных средств: мотор-тестеры, сканеры, электронные осциллографы [21, 22, 23]. Однако среди этого множества диагностических средств можно выделить тестовые методы контроля [17, 19]. В частности, данные методы интересны с точки зрения формирования тестовой нагрузки [24, 25, 26]. Отключение рабочих цилиндров может производиться различными способами [27, 28, 29]. Среди них выделяются сложные в реализации: путем дезактивации цилиндров за счет кинематических изменений [30, 31]. Более простые в реализации, при отключении топливоподачи и циклов зажигания [32, 33, 34].

Таким образом, целью данного исследования является разработка метода тестового контроля ДМРВ при формировании нагрузочных воздей-

ствий и фиксации отклика в виде зависимости расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

#### **Методика экспериментальных исследований.**

Для решения поставленных задач был разработан электронный прибор ДБД-4 для формирования нагрузки на ДВС рисунок 1.



Рисунок 1 – Экспериментальный прибор

Экспериментальный прибор сопрягался через сетевой кабель с компьютерным устройством и все экспериментальные данные выводились через рабочий интерфейс на экран монитора [6, 16, 17]. При этом осуществлялся контроль выходных параметров: часового расхода топлива  $V$ , л/ч при плавном изменении частоты вращения коленчатого вала ДВС  $n$ , мин<sup>-1</sup>.

#### **Результаты экспериментальных исследований.**

При проведении экспериментальной работы в работе оставлялся один рабочий цилиндр при отключении трех других [17, 18]. Затем плавно производилось увеличение частоты вращения коленчатого вала с кратностью 100-200 мин<sup>-1</sup>. И на компьютерном устройстве фиксировалось значение часового расхода топлива [19, 20]. После сбора и обработки экспериментальных данных строились зависимости часового расхода топлива  $V$ , л/ч от частоты вращения коленчатого вала ДВС  $n$ , мин<sup>-1</sup> рисунок 2.

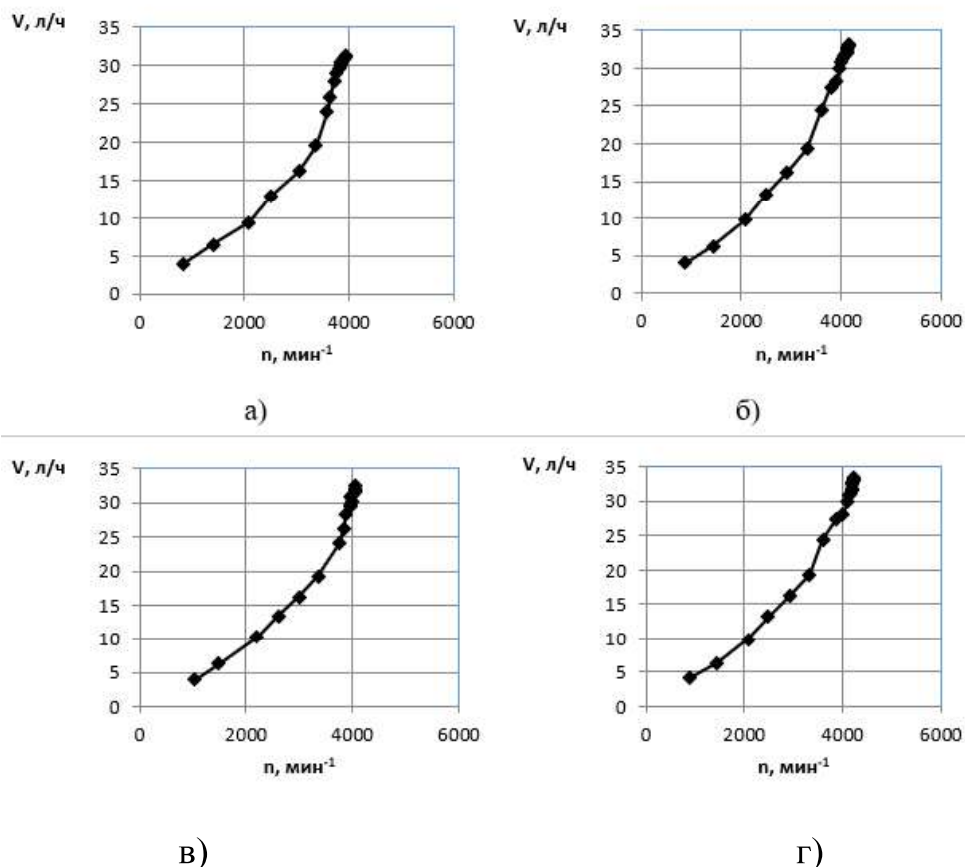


Рисунок 2 – Зависимость часового расхода топлива  $V$ , л/ч от частоты вращения коленчатого вала ДВС  $n$ , мин<sup>-1</sup> при работе: а) на первом цилиндре (2, 3, 4 выключены); б) на втором цилиндре (1, 3, 4 выключены); в) на третьем цилиндре (1, 2, 4 выключены); г) на четвертом цилиндре (1, 2, 3 выключены)

Анализ результатов контроля часового расхода топлива (рисунок 2) показал, что наибольшее значение при максимальной частоте вращения коленчатого вала ДВС наблюдается для четвертого цилиндра 33,5 л/ч. При контроле часового расхода второго цилиндра зафиксирован результат – 33,1 л/ч. Измерение параметров часового расхода топлива в третьем и первом цилиндре показали данные, соответственно – 32,4 и 31,3 л/ч. Представленный результат показывает, что с увеличением износа ЦПГ падает значение массового расхода воздуха и соответственно снижается подача топлива. Таким образом, наилучший по герметичности цилиндр всегда покажет максимум часового расхода топлива.

**Выводы.** Разработан новый метод контроля работоспособности ДМРВ с учетом износа ЦПГ отдельных цилиндров. Основой метода выступает прибор ДБД-4 для осуществления тестового нагружения. Эксперименты показали, что цилиндр с наилучшей герметичностью покажет наибольший максимум частоты вращения коленчатого вала и максимум часового расхода топлива при пиковом нагружении.

### Список литературы:

1. Обоснование сроков ремонта и службы тракторов в аграрном производстве / И. Г. Галиев, Р. М. Гимадиев, А. Р. Галимов, Д. Н. Мухаметзянов // Проблемы научной мысли. – 2018. – Т. 5. – № -3. – С. 019-025.
2. Буторин, В. А. Оценка ресурса упорного подшипникового узла погружного электродвигателя / В. А. Буторин, И. Б. Царев, Р. Т. Гусейнов // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 5. – С. 1152-1156.
3. Превентивная стратегия технического обслуживания дробильного оборудования / И. Х. Гималтдинов, Б. Г. Зиганшин, И. Г. Галиев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 3(59). – С. 71-76. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-71-76.
4. Параметры распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов / Л. А. Саплин, В. А. Буторин, Р. Т. Гусейнов, И. Б. Царев // АПК России. – 2020. – Т. 27. – № 1. – С. 130-134.
5. Буторин, В. А. Теоретическое обоснование ресурса упорного подшипникового узла погружного электродвигателя / В. А. Буторин, И. Б. Царев, Р. Т. Гусейнов // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 5. – С. 1157-1160.
6. Plaksin A., Gritsenko A., Glemba K. Experimental studies of cylinder group state during motoring // Procedia Engineering 2. Ser. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016". 2016. P. 1188–1191. DOI 10.1016/j.proeng.2016.07.234.
7. Сажин О.В., Первушин Ю.В. Микросенсор потока теплового типа для датчика массового расхода воздуха // Научное приборостроение. – 2011. – Т. 21, – № 3. – С. 52–61.
8. Сажин О.В., Первушин Ю.В. Микросенсор потока теплового типа для датчика массового расхода воздуха. Научное приборостроение. – 2011. – Т. 21. № 3. – С. 52-61.
9. Мельников, А. А. Ультразвуковые преобразователи в средствах измерения / А. А. Мельников, А. А. Мельников. – М.: Спутник, 2010. – 154 с.
10. Теремьякин П.Г. Определение циклового наполнения воздухом цилиндров газового двигателя. Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 1 (19). – С. 19-21.
11. Ерохов В.И. Проектирование и расчет расходомера воздуха электронных систем впрыскивания топлива. Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 6 (24). – С. 20-27.
12. Набоких В.А., Сафронов А.В. Способы диагностирования датчиков автомобильных электронных систем управления с гибридной силовой установкой. Известия МГТУ МАМИ. – 2013. – Т. 1. – № 2 (16). – С. 185-188.
13. Plotnikov L. V. Increasing Reliability of Gas–Air Systems of Piston and Combined Internal Combustion Engines by Improving Thermal and Mechanic Flow Characteristics / Y. M. Brodov, N. I. Grigoryev, B. P. Zhilkin, L.

V. Plotnikov, D. S. Shestakov // *Thermal Engineering*. 2015 Vol. 62, № 14 P. 1038–1042. DOI 10.1134/S0040601515140049.

14. Fleming W.J. Overview of automotive sensors // *IEEE Sensors Journal*. 2001. V. 1, N 4. P. 296–308.

15. Marek J., Illing M. Microsystems for the automotive industry // *Proc. International Electron Devices Meeting, San Francisco, CA, 2000*. P. 3–8.

16. Исследование способа повышения экологичности и экономичности автотранспорта на тестовых режимах холостого хода работы двигателя внутреннего сгорания / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, О. Н. Ларин [и др.] // *Транспорт Урала*. – 2016. – № 1(48). – С. 97-102. – DOI 10.20291/1815-9400-2016-1-97-102.

17. Gritsenko, A. V. Optimizing Consumption of Gas Fuel Using Static Method of Tuning Automobile Gas-Cylinder Equipment / A. V. Gritsenko, V. D. Shepelev, E. V. Shepeleva // *Proceedings of the 4th International conference on industrial engineering ICIE 2018 : Lecture notes in mechanical engineering*, Москва, 15–18 мая 2018 года. – Москва: Springer International Publishing, 2019. – P. 2163-2173. – DOI 10.1007/978-3-319-95630-5\_233.

18. Гриценко, А. В. Диагностирование датчиков массового расхода воздуха легковых автомобилей / А. В. Гриценко, О. Н. Ларин, К. В. Глемба // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение*. – 2013. – Т. 13. – № 2. – С. 113-118.

19. Новый метод, средство и программная среда для тестирования ЭМФ автомобиля / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, О. Н. Ларин [и др.] // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. – 2014. – № 18(145). – С. 53-56.

20. Gritsenko A. V., Zadorozhnaya E. A., Shepelev V. D. Diagnostics of friction bearings by oil pressure parameters during cycle-by-cycle loading // *Tribology in Industry*. 2018. Т. 40. № 2. P. 300–310. DOI: 10.24874/ti.2018.40.02.13.

21. Учебные стенды-тренажеры по электрооборудованию автомобилей / С. С. Куков [и др.] // *Вестник ЧГАУ*. – 2006. – Т. 47. – С. 67–69.

22. Gritsenko, A. V. Studuing Lubrication System of Turbocompressor Rotor with Integrated Electronic Control / A. V. Gritsenko, A. M. Plaksin, V. D. Shepelev // *Procedia Engineering : International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года*. – Saint-Petersburg: Elsevier Ltd, 2017. – P. 611-616. – DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.525.

23. Плаксин, А. М. Результаты экспериментальных исследований времени выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев // *Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии*. – 2014. – Т. 70. – С. 130-135.

24. Muhamad Said M., Abdul Aziz A., Abdul Latiff Z., Mahmoudzadeh Andwari A. et al. Investigation of Cylinder Deactivation (CDA) Strategies on

Part Load Conditions // SAE Technical Paper 2014-01-2549, 2014. DOI: 2014-01-2549.

25. Bech A., Shayler P., and McGhee M. The Effects of Cylinder Deactivation on the Thermal Behaviour and Performance of a Three Cylinder Spark Ignition Engine // SAE Int. J. Engines 9(4):1999-2009.

26. Connolly F. Direct Estimation of Cyclic Combustion Pressure Variability Using Engine Speed Fluctuations in an Internal Combustion Engine // SAE Technical Paper 940143, 1994. DOI: <https://doi.org/10.4271/940143>.

27. Abas M., Zainal Abidin S., Rajoo S., Martinez-Botas R. et al. Evaluation Between Engine Stop. Start and Cylinder Deactivation Technologies Under Southeast Asia Urban Driving Condition // SAE Technical Paper 2017-01-0986, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4271/2017-01-0986>.

28. Ramesh A., Gosala D., Allen C., Joshi M. et al. Cylinder Deactivation for Increased Engine Efficiency and Aftertreatment Thermal Management in Diesel Engines // SAE Technical Paper 2018-01-0384, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-0384>.

29. Flierl R., Lauer F., Breuer M., and Hannibal W. Cylinder Deactivation with Mechanically Fully Variable Valve Train // SAE Int. J. Engines, 5(2), pp. 207–215, 2012.

30. Leone T., and Pozar M. Fuel Economy Benefit of Cylinder Deactivation - Sensitivity to Vehicle Application and Operating Constraints // SAE Technical Paper 2001-01-3591, 2001. DOI: <https://doi.org/10.4271/2001-01-3591>.

31. Douglas K., Milovanovic N., Turner J., and Blundell D. Fuel Economy Improvement Using Combined CAI and Cylinder Deactivation (CDA) - An Initial Study // SAE Technical Paper 2005-01-0110, 2005. DOI: [10.4271/2005-01-0110](https://doi.org/10.4271/2005-01-0110).

32. Senapati U., McDevitt I., and Hankinson A. Vehicle Refinement Challenges for a Large Displacement Engine with Cylinder Deactivation Capability // SAE Technical Paper 2011-01-1678, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4271/2011-01-1678>. 31. Vinodh B. Technology for Cylinder Deactivation // SAE Technical Paper 2005-01-0077, 2005. DOI: <https://doi.org/10.4271/2005-01-0077>.

33. Mohammadpour M., Rahmani R., Rahnejat H. The Effect of Cylinder De-Activation on Thermo-Friction Characteristics of the Connecting Rod Bearing in the New European Drive Cycle (NEDC) // SAE Technical Paper 2014-01-2089, 2014. DOI: [10.4271/2014-01-2089](https://doi.org/10.4271/2014-01-2089).

34. Senapati U., McDevitt I., and Hankinson A. Vehicle Refinement Challenges for a Large Displacement Engine with Cylinder Deactivation Capability // SAE Technical Paper 2011-01-1678, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4271/2011-01-1678>.