

УДК 621.43.001.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ СО И ИХ КОРРЕЛЯЦИЯ С СИСТЕМАМИ ДВС

Бурцев А. Ю.¹, Старунов А. В.², Малькова Е. В.², Скорик Н. А.²,
Баклагин Е. В.²,

¹к.т.н., доцент, филиал КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово;

²к.т.н., доцент, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

²к.п.н., доцент, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

²аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

²аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск.

Аннотация: В статье представлены особенности применения тестового метода контроля параметров отработавших газов. В частности, на примере концентрации СО показаны возможные взаимосвязи с техническим состоянием систем двигателя.

Ключевые слова: диагностирование, газоанализ, концентрация, выхлоп, содержание СО, техническое состояние.

Abstract: The article presents the features of the application of the test method for monitoring exhaust gas parameters. In particular, using the example of CO concentration, possible relationships with the technical condition of engine systems are shown.

Keywords: diagnostics, gas analysis, concentration, exhaust, CO content, technical condition.

Актуальность вопроса. На современном этапе развития автотракторостроения преследуется цель комплексного мониторинга функционирования систем [1, 2]. Комплексный подход позволяет учесть относительное изменение выходных параметров выбранных систем по сравнению с другими более надежными [3, 4, 5]. Помимо этого, расширяется перечень контролируемых параметров и возрастает кратность опроса этих параметров в процессе функционирования систем автотракторной техники [6, 7, 8]. Таким образом, можно постоянно контролировать работу систем и корректировать ее с позиции лучшей эффективности [9, 10, 11]. Так, например, в некоторых ДВС разделяются выпускные патрубки и в них устанавливаются дополнительные λ -зонды для непрерывного контроля содержания кислорода в выхлопных газах [12, 13, 14]. Однако, как показывает практика диагностирования, контроль только одного параметра O_2 недостаточен [15, 16]. На некоторые модели автотракторных средств устанавливают системы контроля NO_x [17, 18]. Однако, есть более чувствительные параметры выхлопа для оценки технического состояния систем ДВС [19, 20]. В частности, высокой информативностью обладают параметры СО, СН, CO_2 и др. [21, 22]. Для контроля многочисленных параметров выхлопных газов требуются дополнительные системы для оценки спектра

пропускания газов [23, 24, 25]. С учетом сказанного целью исследования является расширение возможностей контроля ДВС за счет анализа концентрации СО и ее взаимосвязи с техническим состоянием ДВС.

Методы и материалы. В качестве экспериментального двигателя был выбран 3МЗ-4062 и на нем реализованы все опыты. Кроме того, в качестве диагностического прибора для обеспечения тестовых нагрузок выбран прибор – ДБД-3 с возможностью поциклового отключения отдельных импульсов форсунки и свечи зажигания. В качестве средства для контроля за параметрами токсичности отработавших газов выбран газоанализатор Инфракар 5М-3Т.02 (газоанализатор автомобильный 5 компонентный 0 класса). Методика контроля заключалась в проведении опытов на всех работающих цилиндрах, на одном работающем цилиндре и на одном работающем с частичным выключением циклов. Перед проведением экспериментов были подготовлена отдельные цилиндры ДВС, в которых утечка воздуха через неплотности составила: 14, 23, 29, 32%. Оценка неплотности производилась прибором К-69М путем опрессовки цилиндров сжатым воздухом. Кроме того, устанавливались мерные шайбы в выпускной тракт для имитации сопротивления выпускной системы. Шайбы подобраны с размером 48, 28 и 8 мм. Эксперименты проводились в последовательности в начале сопротивление выпуска номинальное – 48 мм. После чего следовали опыты с установкой повышенных сопротивлений в выпускной тракт – 28 и 8 мм. При этом последовательно перебирались цилиндры с четырьмя разными значениями износа. В результате получены таблицы данных на основании которых построены графики зависимостей, представленные далее.

Экспериментально получена закономерность изменения СО, % от частоты вращения коленвала ДВС n , мин^{-1} (рисунок 1).

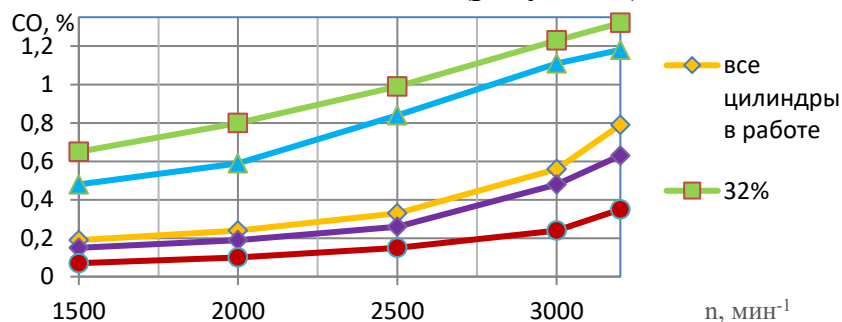


Рисунок 1 – Зависимость концентрации СО, % от частоты вращения коленвала ДВС n , мин^{-1} при сечении выпускного тракта 48 мм

Как видно из рисунка 1, при всех четырех работающих цилиндрах зависимость СО имеет какой-то усредненный вариант. Тогда как, контроль СО при работе каждого отдельного цилиндра значительно отличается от среднего уровня. На рисунке 1 видно, что чем выше износ ЦПГ, тем больше содержание СО, которое также увеличивается с ростом n .

На рисунке 2 представлена зависимость СО от числа пропущенных циклов из 10 последовательно идущих.

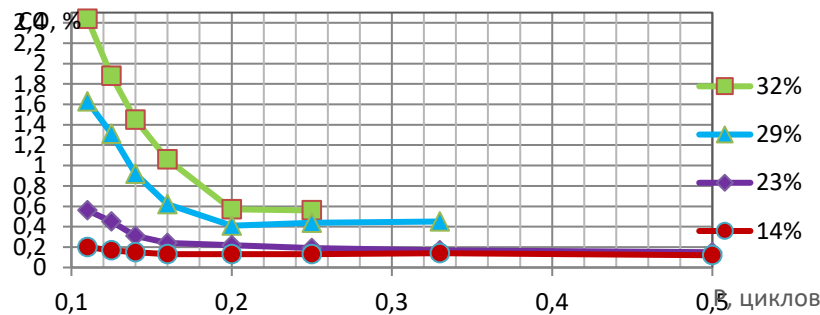


Рисунок 2 – Зависимость концентрации CO, % от степени отключения цилиндра P, циклов при сечении выпускного тракта 48 мм

Как видно из рисунка 2 зависимость CO имеет резкий ниспадающий тренд. Так как степень загрузки цилиндра с отключением циклов растет, то и процесс сгорания идет лучше с уменьшением выбросов CO. Вот почему существует методика загрузки ДВС путем отключения отдельных цилиндров и их отдельных импульсов. Преследуется цель уменьшения выбросов и снижение расхода топлива.

Далее в систему выпуска устанавливалась шайба с размером сечения 28 мм и контролировалась зависимость CO, % от изменения частоты вращения коленвала ДВС (рисунок 3).

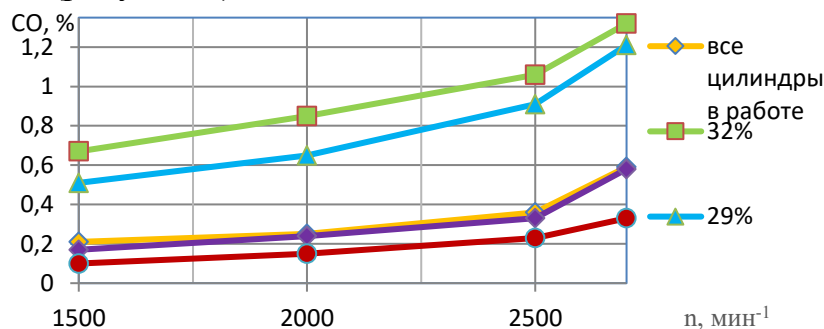


Рисунок 3 – Зависимость концентрации CO, % от частоты вращения коленвала ДВС n, мин⁻¹ при сечении выпускного тракта 28 мм

Зависимость на рисунке 3 меняется подобным образом, как и на рисунке 1. Только тренд работы цилиндра продолжается до 2700 мин⁻¹. Более высокие значения частот вращения коленвала ДВС не развивает, т.к. действует ограничение по выпуску газов.

Выводы: Таким образом, представлены результаты тестового диагностирования отдельных цилиндров ДВС. Увеличение сопротивления выпускного тракта приводит к снижению рабочего диапазона частоты вращения коленвала ДВС. Причем как по нижней границе, так и по верхней границе.

Список литературы

1. Гриценко, А. В. Разработка эффективных средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Вестник ЧГАА. – 2011. – Т. 58. – С. 111-117. – EDN OZPEXD.

2. Гриценко, А. В. Методические приемы повышения точности диагностирования подшипников коленчатого вала / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, С. С. Куков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной 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 SGRUWJ.
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 / 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 МГАУ 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 цилиндрических нагрузок / А. В. Гриценко // Вестник ЧГАА. – 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 ЧГАУ. – 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: ЧГАА, 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 - агро-

промышленному производству: Материалы LI Международной научно-технической конференции, Челябинск, 26–28 января 2012 года / Под редакцией Н.С. Сергеева. Том Часть III. – Челябинск: ЧГАА, 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 ЧГАА. – 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 ЧГАА. – 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 ЧГАА. – 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 SHRHOL.

20. Глемба, К. В. Диагностирование коренных и шатунных подшипников кривошипно-шатунного механизма / К. В. Глемба, А. В. Гриценко, О. Н. Ларин // Вестник ЮУрГУ. 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: LII Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том 3. – Челябинск: ЧГАА, 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 агроинженерной 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.