

УДК 621.43.001.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ СО₂ 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 результаты исследования одного из показателей токсичности отработавших газов – диоксида углерода. Полученные зависимости могут быть использованы в технической диагностике для идентификации неисправностей цилиндропоршневой группы.

Ключевые слова: диагностирование, газоанализ, концентрация, выхлоп, содержание CO₂, техническое состояние.

Abstract: The article presents the results of the study of one of the indicators of exhaust gas toxicity – carbon dioxide. The obtained dependencies can be used in technical diagnostics to identify malfunctions of the cylinder-piston group.

Keywords: diagnostics, gas analysis, concentration, exhaust, CO₂ content, technical condition.

Актуальность вопроса. Экологичность современных ДВС это мировой тренд машиностроения [1, 2]. За последние годы сменилось несколько различных экологических стандартов [3, 4, 5]. Так, например, в Российской Федерации на данный момент действующим стандартом является – ЕВРО-5 [6, 7, 8]. Все выпускаемые в стране автотракторные средства должны соответствовать этому экологическому стандарту [9, 10, 11]. Помимо этого, заправочные комплексы, производители масел и бензинов должны укладываться в стандарт ЕВРО-5, включая всю инфраструктуру сервиса автотракторных средств [12, 13, 14]. В тот же момент, Европейские страны, США приняли к действию стандарт ЕВРО-6 [15, 16]. К 2025 году предполагается внедрение стандарта ЕВРО-7 в странах Европы и Америки [17, 18]. Для грузовых автомобилей скорее всего стандарт ЕВРО-7 будет принят в 2027 году [19, 20]. В Российской Федерации рассматривается перспектива принятия стандарта ЕВРО-6 [21, 22]. Главной проблемой внедрения экологических стандартов является жесткое соответствие норм выпуска отработавших газов и концентрации токсичных компонентов [23, 24]. Любые отказы систем автотракторной техники сопровождаются изменением выбросов отработавших газов [25]. Контроль выбросов в эксплуатации позволяет вовремя обнаружить зреющие де-

фекты и отказы. В нашем случае, сочетание средств газоанализа и тестовых методик, позволяет расширить возможности диагностирования систем ДВС. Проведем исследование на примере контроля диоксида углерода. С учетом сказанного целью исследования является расширение возможностей контроля ДВС за счет анализа концентрации CO_2 и ее взаимосвязи с техническим состоянием ДВС.

Методы и материалы. Все экспериментальные данные были получены при контроле автомобиля Газель с безкатализаторным ДВС ЗМЗ-4062. При контроле параметров токсичности использовалось несколько приборных средств: многокомпонентный газоанализатор 0 класса и тестовый прибор ДБД-3 с возможностью встроенного контроля. При проведении опытов контроль осуществлялся по алгоритму: 1. Все работающие цилиндры при варьировании частоты вращения коленвала ДВС; 2. Один работающий цилиндр при варьировании частоты вращения коленвала ДВС; 3. Один работающий цилиндр при варьировании нагрузкой в виде отключения рабочих циклов топливоподачи ДВС.

Зонд газоанализатора подсоединялся в конце выхлопной трубы. При отключении цилиндров, воздух проходящий через отдельные цилиндры без сгорания, проходил в общий выпускной тракт. Поэтому в процессе контроля учитывался фактор подмешивания дополнительного количества воздуха при взятии пробоотбора. При подготовке к экспериментальным исследованиям были подготовлены отдельные цилиндры ДВС, в которых были подпилены компрессионные кольца для имитации износа. Степень износа контролировалась методом утечки воздуха из цилиндра при его опрессовке прибором К-69М. Множественные данные были статистически сгруппированы и обобщены в графические зависимости. Для исключения избыточности материалов – выбран анализ диоксида углерода без учета взаимовлияния других составляющих отработавших газов бензинового ДВС.

Экспериментально получена закономерность изменения CO_2 , % от частоты вращения коленвала ДВС n , мин^{-1} (рисунок 1).

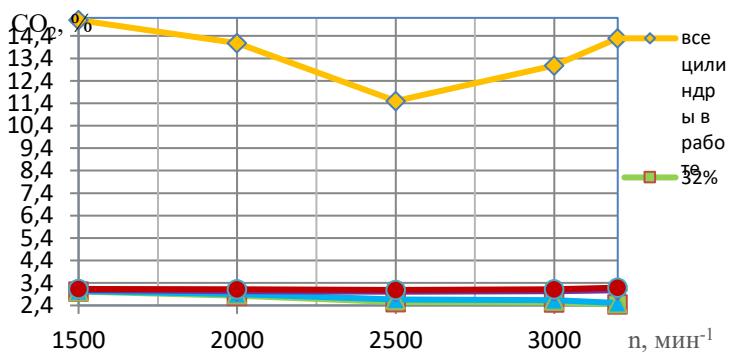


Рисунок 1 – Зависимость концентрации CO_2 , % от частоты вращения коленвала ДВС n , мин^{-1} при сечении выпускного тракта 48 мм

Из рисунка 1 виден тренд значительно отличающегося графика концентрации CO_2 при всех четырех работающих цилиндрах (пиковое значение – 15,1%). Тогда как при работе на одиночных цилиндрах показатель CO_2 резко

упал (не выше 3,4%). Чем выше степень износа ЦПГ, тем ниже концентрация CO₂.

На рисунке 2 представлена зависимость CO₂ от числа пропущенных циклов из 10 последовательно идущих.

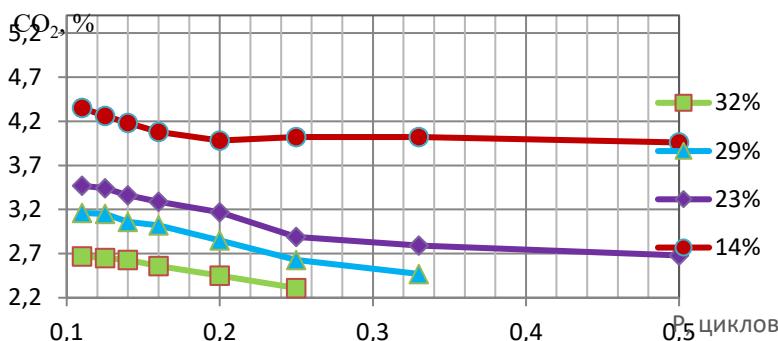


Рисунок 2 – Зависимость концентрации CO₂, % от степени отключения цилиндра Р, циклов при сечении выпускного тракта 48 мм

Анализ рисунка 2 показывает, что зависимость CO₂ имеет ниспадающий тренд практически на всем диапазоне рассмотрения. Наибольшие значения концентрации CO₂ наблюдаются при наименьших износах ЦПГ автомобиля. Так для наиболее изношенного цилиндра (степень износа 32% по проценту утечки) минимальное значение CO₂ составило – 2,31%.

После чего в выпускной тракт устанавливалась мерная шайба с сечением 28 мм и проводился контроль зависимости CO₂, % от изменения частоты вращения коленвала ДВС (рисунок 3).

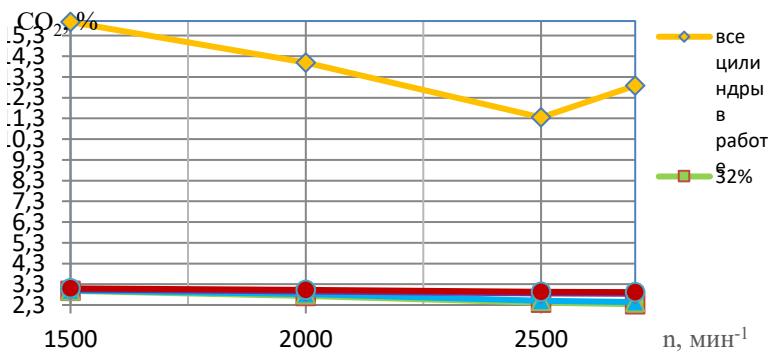


Рисунок 3 – Зависимость концентрации CO₂, % от частоты вращения коленвала ДВС n, мин⁻¹ при сечении выпускного тракта 28 мм

Как видно из рисунка 3 характеристика CO₂ при всех четырех работающих цилиндрах резко отличается от одиночных цилиндров (достигает значения 15,95%). В то время, как для одиночных цилиндров, тренд концентрации CO₂ не поднимается выше 3,1%. Контроль одиночных цилиндров дает гораздо более меньший результат по концентрации CO₂.

Выводы: Таким образом, реализовано исследование, направленное на контроль концентрации диоксида углерода. Новизной метода является сочетание газоанализа с тестовыми методиками. Эксперименты реализованы при трех вариантах нагрузления. Полученные результаты показывают на суще-

ственную связь концентрации CO₂ и степени износа ЦПГ двигателя. Полученные данные, графики, анализ могут быть использованы в дальнейших исследованиях по совершенствованию контроля ДВС. Новый метод и совокупность средств диагностирования рекомендуются к использованию в автосервисах.

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 агротехнической 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 цилиндкопоршневой 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 / 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 цилиндровых 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 ЧГАА. – 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 - агропромышленному 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 ЧГАА. – 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 агринженерной 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: ЛII 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 агронженерной 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. Кулов, А. В. Гриценко, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-1. – С. 47-52. – EDN XALCFX.