

УДК 621.43.001.42

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ СН И ИХ КОРРЕЛЯЦИЯ С СИСТЕМАМИ ДВС

Бурцев А. Ю.<sup>1</sup>, Старунов А. В.<sup>2</sup>, Малькова Е. В.<sup>2</sup>, Скорик Н. А.<sup>2</sup>,  
Баклагин Е. В.<sup>2</sup>,

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

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

<sup>2</sup>к.п.н., доцент, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

<sup>2</sup>аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

<sup>2</sup>аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск.

**Аннотация:** В статье рассматривается анализ одного из главных параметров токсичности – СН. Приводятся результаты сочетания тестовых методов с прямым газоанализом выхлопных газов.

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

**Abstract:** The article examines the analysis of one of the main toxicity parameters – СН. The results of combining test methods with direct gas analysis of exhaust gases are presented.

**Key words:** diagnostics, gas analysis, concentration, exhaust, СН content, technical condition.

Актуальность вопроса. В настоящий момент существенные требования предъявляются к токсичности отработавших газов современных автотракторных средств [1, 2]. За последние 30 лет наметилась тенденция непрерывного снижения токсичных компонентов до минимальных следов [3, 4, 5]. Так по ряду компонентов отработавших газов их концентрация снижена до 0,1% и ниже [6, 7, 8]. Для непрерывного тренда снижения токсичности разрабатываются новые системы, такие как: EGR, Adblue и др. [9, 10, 11]. Совершенствуются конструкции каталитических нейтрализаторов, сажевых фильтров, систем контроля эмиссии отработавших газов [12, 13, 14]. Однако, в последнее время направленность минимизации токсичности приостановилась по причине достижения предела возможной эффективности и совокупных затрат [15, 16]. С одной стороны, добиться снижения токсичности можно путем конструктивных доработок узлов и систем [17, 18]. С другой стороны, действуют многочисленные ресурсные и финансовые ограничения [19, 20]. В том числе повышается уровень сложности систем, что требует дополнительных затрат на информационные и диагностические системы [21, 22]. Вместе с тем, независимо от технического уровня исполнения ДВС существует необходимость непрерывного контроля параметров токсичности с целью достоверного диагностирования [23, 24, 25]. Одним из наиболее известных методов контроля параметров токсичности отработавших газов является метод газоанализа. Со-

временные газоанализаторы представляют собой электронные устройства с высоким уровнем подготовки и быстродействием. Намечается тенденция оснащения автотракторных средств приборами и датчиками для проведения газоанализа. В тот же момент совмещение газоанализа с тестовыми методиками позволяет расширить возможности контроля технического состояния систем ДВС. С учетом сказанного целью исследования является расширение возможностей контроля ДВС за счет анализа концентрации СН и ее взаимосвязи с техническим состоянием ДВС.

Методы и материалы. Перед проведением экспериментальных работ была разработана лабораторная установка на базе двигателя ВАЗ. Двигатель был установлен на раму с элементами навесного оборудования. Для возможности индивидуального контроля параметров токсичности с каждого отдельного цилиндра ДВС был доработан. Доработка заключалась в использовании выпускного коллектора системы выпуска отработавших газов с точками присоединения заборного зонда газоанализатора (рисунок 1). Точки контроля (рисунок 1) представляют собой приваренные к выпускному коллектору резьбовые штуцеры в которые по резьбе можно вкрутить присоединительный зонд газоанализатора. Для обеспечения дополнительного охлаждения элементов присоединяемый зонд выполняется металлическим и погружается в охладитель для контроля температуры пробы отработавших газов. По техническим данным нельзя подавать сверхнагретую пробу в приемник газоанализатора по причине возможности отказа измерительного тракта прибора. С учетом сказанного, пробу охлаждали до температуры ниже 100 °С и подавали на вход измерительного контура газоанализатора.



Рисунок 1 – Выпускной коллектор системы выпуска отработавших газов с точками присоединения заборного зонда газоанализатора

Для целей измерения концентрации отработавших газов применялся газоанализатор 0 класс с возможностью контроля 5 параметров токсичных газов – Инфраклар 5М-3Т.02. Кроме того, для отключения отдельных циклов топливopодачи и зажигания применялся тестовый прибор ДБД-4. Прибор ДБД-4 присоединялся к электрическим входам электромагнитных форсунок.

Для проведения экспериментов были приняты уровни варьирования факторов и подготовлены выбранные вариации. Одним из важнейших факто-

ров было выбрано сопротивление каталитического нейтрализатора  $R$ , мм. Рабочая величина которого варьирует в пределах  $R=34-10$  мм. Для реализации различных принятых уровней варьирования сопротивления каталитического нейтрализатора были подготовлены мерные шайбы. Последовательно различные значения шайб устанавливались в выпускной тракт, проводилась проверка герметичности и осуществлялась настройка других варьируемых параметров двигателя.

Вторым принятым в экспериментальной работе параметром является пропускная способность электромагнитной форсунки. Ее значение с учетом рекомендаций было принято на уровне  $F=94-106\%$ . Электромагнитные форсунки дорабатывались в зоне распыливающих отверстий путем запайки или разворачивания отверстий под увеличенную топливopодачу. После подготовки электромагнитные форсунки с заданными параметрами последовательно устанавливались в контролируемые цилиндры.

Третьим важным входным параметром являлся зазор свечи зажигания. Его величина варьировала в пределах  $Z=0,3-1,1$  мм. Для проведения экспериментальных опытов были подготовлены свечи зажигания с различными типоразмерами зазоров. В последовательности от большего размера к меньшему они ставились в соответствующие цилиндры двигателя согласно плану эксперимента.

Согласно разработанного плана эксперимента были произведены отдельные опыты и получены таблицы данных. По совокупности данных были построены комбинированные номограммы. Одна из них для параметра  $CH$ ,  $млн^{-1}$  представлена на рисунке 2.

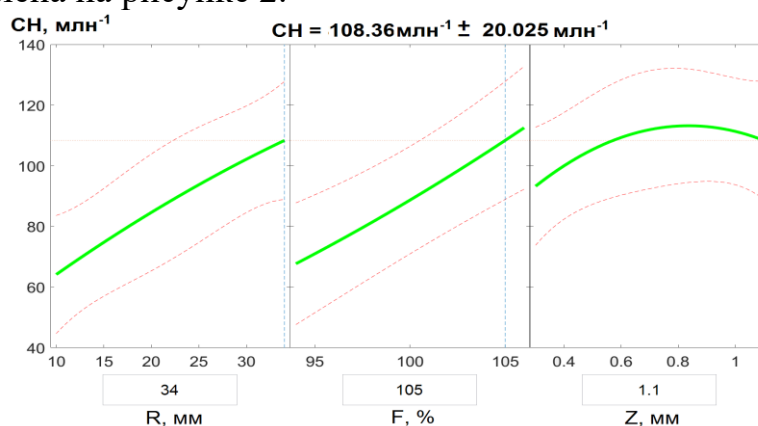


Рисунок 2 – Экспериментальная комбинированная номограмма зависимости  $CH$  от изменения сопротивления нейтрализатора  $R$ , мм (величина варьирует в пределах  $R=34-10$  мм), пропускной способности форсунки  $F=94-106\%$ , зазора свечи  $Z=0,3-1,1$  мм

Из рисунка 2 в первом секторе видно, что по мере снижения сечения мерной шайбы в системе выпуска наблюдается падение концентрации  $CH$ . Пределы изменения  $CH$  составляют  $28-30$   $млн^{-1}$ . При существенной точности контроля параметра  $CH$  газоанализатором, его можно считать чувствительным к изменению технического состояния выпускного тракта. Анализ данных

рисунка 2 (второй сектор) показывает на тренд увеличения концентрации СН с ростом пропускной способности электромагнитной форсунки. Пределы изменения СН составляют 28-33 млн<sup>-1</sup>. Однозначная на всем протяжении взаимосвязь показывает на высокий уровень корреляции СН с техническим состоянием электромагнитной форсунки. Рассмотрение третьего сектора комбинированной номограммы (рисунок 2) показывает на нелинейную связь СН с величиной зазора свечи зажигания. Обнаруживается неоднозначность поведения СН. Пределы изменения СН составляют 18-22 млн<sup>-1</sup>.

Выводы: В результате анализа установлена необходимость непрерывного контроля параметров токсичности отработавших газов автомобилей. Была подготовлена экспериментальная установка, выбраны входные факторы, реализован многофакторный эксперимент. Полученная номограмма значений концентрации СН показывает на ее значительную корреляцию с входными параметрами ДВС.

#### 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, 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 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 - агропромышленному производству: Материалы II 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 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: ЛП 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 цилиндропоршневой группы / С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-1. – С. 47-52. – EDN XALCFX.