

УДК 629.11

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТОКСИЧНОСТИ ДВС

А.В. Гриценко¹, А.М. Плаксин², К.В. Глемба², А.Ю. Бурцев³,
Г.Н.Салимоненко¹, М.В. Назаров¹

¹ФГАОУ ВО Южно-Уральский государственный университет,

²ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет,

³Филиал КузГТУ в г.Белово

Актуальность. В настоящее время без исключения во всех странах мира разрабатываются и успешно претворяются в жизнь мероприятия по снижению загрязнения атмосферы выбросами автотракторных двигателей [1, 2, 3]. Одним из основных средств, обеспечивающих эффективное снижение выбросов вредных веществ, является физико-химическая обработка отработавших газов (ОГ) [4-6]. Системы нейтрализации ОГ, применяемые как дополнительное оборудование, позволяют без значительных изменений в конструкции двигателя снизить выбросы вредных веществ [7-9].

В данной работе рассматривается методика отключения цилиндров для возможности индивидуального газоанализа отдельных цилиндров ДВС [9, 10, 11].

Методика исследований.

Экспериментальные исследования проводились на базе ДВС автомобиля ВАЗ 21083, который имеет следующие характеристики: рабочий объем – 1499 см³; количество цилиндров – 4; количество клапанов – 8; диаметр цилиндра – 82 мм; ход поршня – 71 мм; мощность – 76 л.с. (56 кВт) при 5600 мин⁻¹; крутящий момент – 115 Н·м при 3800 мин⁻¹; степень сжатия – 9,9; система питания – распределенный впрыск.

Перед проведением экспериментальных исследований оценку технического состояния цилиндропоршневой группы осуществляли пневмотестером К-69М.

Для имитации неисправностей выпускного тракта был подготовлен комплект шайб (создания сопротивления на выпуске). Кроме того, подобраны: комплект форсунок с разной степенью износа в пределах +6...-6%; комплект свечей зажигания с шагом зазора от 0,3 мм до 1,7 мм. Для проведения экспериментального исследования был разработан и изготовлен прибор догрузатель ДВС.

Прибор догрузатель ДВС позволяет в широких пределах изменять нагрузку на любой цилиндр двигателя при рабочих частотах вращения, производить диагностирование составных частей по критерию работоспособности, а также повышать информативность методов, реализуемых иными средствами диагностирования [9, 10, 11].

Результаты экспериментальных исследований. В соответствии с запланированной методикой были проведены экспериментальные исследования в которых варьировали тремя параметрами при постоянном

открытии дроссельной заслонки 20%: 1. Сечение в выпускном тракте - R, мм; 2. Пропускная способность электромагнитной форсунки - F, %; 3. Зазор в свече зажигания - Z, мм. В качестве выходных параметров фиксировались значения следующих параметров при 27 возможных комбинационных вариантах: 1. Частота вращения коленчатого вала ДВС - n, мин⁻¹; 2. Концентрация углеводородов в ОГ - СН, млн⁻¹; 3. Концентрация кислорода - O₂, %. Данные экспериментальных исследований были сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные

№ п.п.	R, мм	F, %	Z, мм	n, мин ⁻¹	СН, млн ⁻¹	O ₂ , %
1	10	94	0,3	1560	30	3,5
-	-	-	-	-	-	-
27	34	106	1,1	2880	130	0,3

Взаимосвязь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки.

При исследовании данной части работы в прикладной программе для обработки статистических данных SigmaPlot 11 была исследована взаимосвязь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки. Для чего экспериментальные данные таблицы 1 были экспортированы в рабочую таблицу программы SigmaPlot 11. При предварительном анализе экспериментальных данных установлена нелинейная связь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС. В связи с чем, при обработке экспериментальных данных, использовался аппарат вычисления нелинейной регрессии. Основной целью которого, являлось вычисление уравнения регрессии имеющего вид:

$$n(R, F) = y_0 + a \cdot x + b \cdot y + c \cdot x^2 + d \cdot y^2, \quad (1)$$

где n – частота вращения коленчатого вала ДВС, мин⁻¹; R – сопротивление катализатора, мм; F – пропускная способность электромагнитной форсунки, %; y₀ – начальное значение параметра; a, b, c, d – коэффициенты; x и y – значения изменяемых факторов эксперимента.

При обработке данных получено уравнение, описывающее взаимосвязь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки, которое имеет вид:

$$n(R, F) = 18524,9999 + 237,3765 \cdot R -$$

$$-401,6969 \cdot F - 4,267 \cdot R^2 + 2,1451 \cdot F^2, \quad (2)$$

При статистической обработке данных по уравнению (2) достоверность составила 0,88, что говорит о высокой степени связи сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС.

Взаимосвязь пропускной способности форсунки, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки.

Статистическая обработка показывает на несущественную корреляцию (достоверность при обработке данных составила всего 0,05%) пропускной способности форсунки, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки.

Объясняется это существенным влиянием сопротивления катализатора на обобщенный результат.

Взаимосвязь сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки.

Уравнение, описывающее взаимосвязь сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки имеет вид:

$$n(R, Z) = 102,7353 + 237,3765 \cdot R - 850,6947 \cdot Z - 4,267 \cdot R^2 + 586,8057 \cdot Z^2, \quad (3)$$

где Z – зазор в свече зажигания, мм.

При статистической обработке данных по уравнению (3) достоверность составила 0,839, что говорит о высокой степени связи сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС. Обработанные данные представим в виде трехмерной модели взаимосвязи сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20% степени открытия дроссельной заслонки рисунок 2.

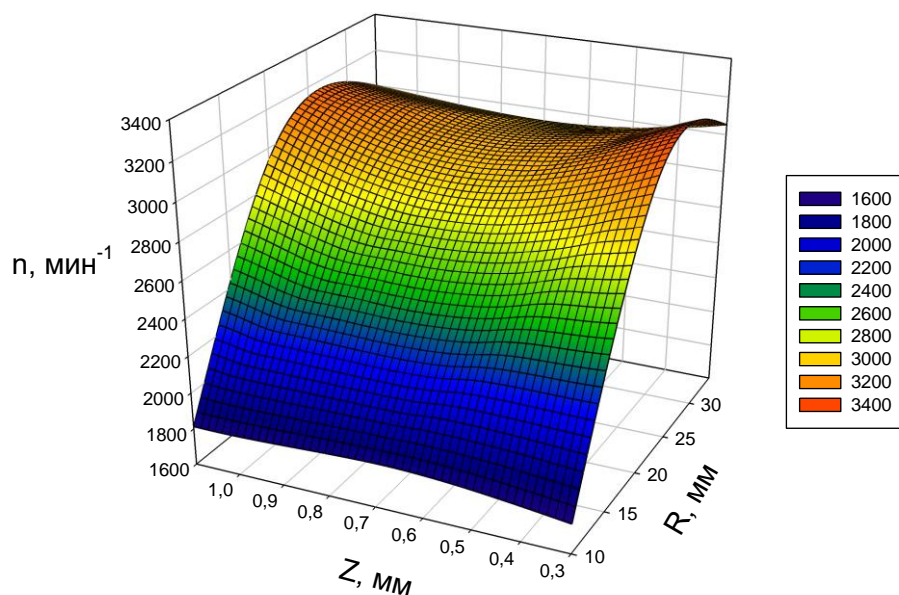


Рисунок 2 – Взаимосвязь сопротивления катализатора R , мм, зазора свечи зажигания Z , мм с частотой вращения коленчатого вала ДВС n , мин^{-1} при 20% степени открытия дроссельной заслонки

Из рисунка 2 видна существенная связь величины сопротивления катализатора с частотой вращения коленчатого вала ДВС, так при сопротивлении катализатора 34 мм в среднем частота вращения коленчатого вала ДВС составляет 3000 мин^{-1} , тогда как при сопротивлении 10 мм (увеличении в несколько раз) составляет уже меньше 1800 мин^{-1} . Данный результат очень важен для динамического контроля технического состояния ДВС. Так достаточно снять несколько режимных точек частоты вращения коленчатого вала ДВС при одинаковом положении дроссельной заслонки, чтобы определить техническое состояние катализатора.

Выводы: Установлена существенная связь величины сопротивления катализатора с частотой вращения коленчатого вала ДВС (достоверность составила 0,839), так при сопротивлении катализатора 34 мм в среднем частота вращения коленчатого вала ДВС составляет 3000 мин^{-1} , тогда как при сопротивлении 10 мм (увеличении в несколько раз) составляет уже меньше 1800 мин^{-1} .

Список литературы

1. Старцев А.В., Чепуров Д.В. Снижение токсичности отработанных газов ДВС. Вестник ЧГАУ. - 1994. - Т.8.
2. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical Underpinning of Diagnosing the Cylinder Group During Motoring. Procedia Engineering, vol. 150, 2016, pp. 1182-1187.

3. Gritsenko A., Plaksin A., Glemba K. Experimental Studies of Cylinder Group State During Motoring. *Procedia Engineering*, vol. 150, 2016, pp. 1188-1191.

4. Бакайкин Д.Д., Куков С.С., Гриценко А.В. Техническое обслуживание элементов системы топливоподачи бензинового двигателя с электронной системой управления // *АПК России*. Т 47. 2006. С. 10–13.

5. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Лукомский К.И., Волынкин В.В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем топливоподачи и смазки двигателей внутреннего сгорания. *Аграрный вестник Урала*. 2014. № 7 (125). С. 53-58.

6. Гриценко А.В., Куков С.С., Бакайкин Д.Д. Теоретическое исследование работы электромагнитной форсунки и ее влияние на процесс топливоподачи // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина*. 2012. № 3 (54). С. 40–41.

7. Гриценко А.В., Куков С.С., Бакайкин Д.Д. Результаты экспериментальных исследований пропускной способности электромагнитных форсунок бензиновых двигателей внутреннего сгорания // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина, Москва*, 2012. – №5 (56) с. 40–42.

8. Гриценко А.В., Цыганов К.А. Диагностирование электрических бензонасосов автомобилей // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2013, №4, с. 22–23.

9. Гриценко А.В. Метод диагностирования систем ДВС по тестовому контролю правильности функционирования систем. *Экономика и производство: сборник научных трудов / под ред. В.В. Ерофеева*. Челябинск: ЧРО РАЕН, 2012. С. 113–121.

10. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Бисенов С.Э., Глемба К.В., Лукомский К.И. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта. *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8-2. С. 322-326.

11. Гриценко А.В., Глемба К.В., Куков, С.С. Методические приемы повышения точности диагностирования подшипников коленчатого вала АПК России. 2010. Т. 57. С. 51-56.