

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Е. Н. Данилов, Д. М. Дудин

Научный руководитель – В. А. Крючков

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье рассматривается влияние вредных примесей в отработавших газах на сельскохозяйственную экосистему. Рассмотрены способы снижения концентрации вредных примесей в ОГ с применением систем селективного дожигания и рециркуляции ОГ.*

***Ключевые слова:** выбросы ОГ, рециркуляция отработавших газов, анализ, система дожигания, выбросы азота.*

INVESTIGATION OF METHODS AND TYPES OF EXHAUST GAS RECIRCULATION SYSTEMS

E. N. Danilov, D. M. Dudin

Scientific advisor – V. A. Kryuchkov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The article examines the impact of harmful impurities in exhaust gases on the agricultural ecosystem. Methods for reducing the concentration of harmful impurities in exhaust gases using selective afterburning and exhaust gas recirculation systems are considered.*

***Keywords:** exhaust gas recirculation, analysis, afterburning, nitrogen emissions.*

Введение

В условиях современных требований экологических норм к содержанию вредных веществ в отработавших газах (ОГ) дизельных двигателей, появляется необходимость снижения вредных примесей в продуктах сгорания. Для создания новых двигателей, удовлетворяющих экологическим нормам, необходимо значительные капиталовложения на разработку и производство, однако модернизация машины путем внедрения системы дожигания, или рециркуляции отработавших газов требует меньших затрат, и позволит снизить концентрацию вредных примесей в ОГ [1, 2].

Основная часть

Проблема выбросов вредных веществ в продуктах сгорания топлива двигателей влияет на жизнь и здоровье растений и животных. Самую большую долю вредных примесей в отработавших газах занимает азот. При высоких температурах в камере сгорания двигателя, азот окисляется, образуя токсичные соединения, которые способствуют образованию смога и кислотных дождей, оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая респираторные заболевания и другие проблемы [3, 4].

Повышенная концентрация оксидов азота и озона оказывает негативное воздействие на насекомых-опылителей – пчёл, шмелей, бабочек, мотыльков. Резко снижается как их численность, так и интенсивность опыления цветков, что может представлять опасность для урожайности культур.

Диоксид азота или двуокись азота в высоких концентрациях раздражает лёгкие и может привести к серьёзным последствиям для здоровья человека.

В форме кислотных остатков оксиды азота наносят ущерб растениям, увеличивая кислотность. Образующаяся в клетках азотистая кислота оказывает мутагенное действие и может повлиять на урожайность культур.

Для предотвращения образования вредных примесей в ОГ, на современной сельскохозяйственной технике используется система нейтрализации или рециркуляции выхлопных газов [8].

Принцип работы системы рециркуляции EGR (Exhaust Gas Recirculation) основан на идее возврата части отработавших газов во впускной коллектор, где они смешиваются со свежей топливовоздушной смесью перед поступлением в камеру сгорания. Это, в свою очередь, помогает уменьшить образование оксидов азота [6, 7].

Присутствие отработанных газов в топливовоздушной смеси может повлиять на процесс горения, большое количество сажи из выхлопных газов попадает во впускную систему двигателя, что забивает каналы и ускоряет износ поршневых колец. Дополнительной проблемой является перегрев двигателя из-за высокой температуры выхлопа, попадающего обратно в камеру сгорания. Для подобной системы приходится предусматривать систему фильтрации отработавших газов и системы их охлаждения перед работой.

В случае систем нейтрализации отработавших газов SCR (Selective Catalytic Reduction) предусматривается впрыск специальной жидкости DEF (Diesel Exhaust Fluid) в отработанные газы [2].

Для этой системы, горячие отработанные газы активируют DEF, преобразуя его в аммиак и углекислый газ, которые в свою очередь реагируют с оксидами азота в катализаторе, превращая их в безопасные азот и водяной пар. Потребление DEF составляет примерно 6 % от расхода топлива.

Позволяя уменьшить расход топлива и улучшить тяговые показатели двигателя, система нейтрализует вредоносные выбросы, но не лишена недостатков. Большая проблема заключается в стоимости мочевины, как отдельного компонента, и ее постоянном пополнении.

В ходе анализа систем нейтрализации и рециркуляции отработавших газов была составлена таблица достоинств и недостатков систем рециркуляции и нейтрализации отработавших газов (таблица 1).

Таблица 1 – Типы систем рециркуляции и нейтрализации отработавших газов

Система рециркуляции отработавших газов EGR		
Название	Оценка системы	
Пневмомеханическая система	Достоинства: простота обслуживания и конструкции, надежность, дешевизна устройства Недостатки: трудности с прогревом двигателя зимой, частая чистка клапана	
Система с учетом давления выхлопных газов	с преобразователем высокого давления	Достоинства: простота обслуживания и надежность, низкая стоимость Недостатки: трудности с прогревом двигателя зимой, частая чистка клапана, сложность конструкции
	с преобразователем низкого давления	Достоинства: простота обслуживания и надежность, дешевизна устройства Недостатки: трудности с прогревом двигателя зимой, частая чистка клапана, сложность конструкции
Электропневматическая система	Достоинства: надежность и точность работы благодаря ЭБУ Недостатки: частая чистка клапана, сложность конструкции, сложное обслуживание, дороговизна устройства (относительно вышеперечисленных)	

Система с цифровым клапаном	Достоинства: надежность и точность работы Недостатки: регулярная чистка калиброванных отверстий, сложность конструкции, сложное обслуживание, высокая стоимость устройства
Мониторинговая система с помощью ЭБУ	Достоинства: надежность и повышенная точность работы, возможность тестирования системы на проверку загрязнения Недостатки: регулярная чистка клапана, сложность конструкции, повышенная сложность обслуживания, дороговизна устройства
Система нейтрализации отработавших газов SCR	
Система нейтрализации отработавших газов SCR	Достоинства: надежность и повышенная точность работы, предотвращение замерзания мочевины за счет контроля температуры, относительная простота конструкции, отсутствие засоряемых элементов (относительно систем EGR), дешевизна устройства, отработавшие газы не попадают повторно во впускной коллектор (нейтрализация отработавших газов происходит вне двигателя) Недостатки: сложность обслуживания, дороговизна расходных компонентов (катализатора и каталитического нейтрализатора)

Заключение

В ходе анализа способов снижения концентрации вредных примесей в ОГ двигателей сельскохозяйственной техники были выявлены основные элементы продукта сгорания, которые пагубно действуют на окружающую среду и сельскохозяйственные культуры. Описаны преимущества и недостатки способов снижения токсичности ОГ. В результате, было выявлено, что использование систем рециркуляции отработавших газов и системы нейтрализации, позволит сократить концентрацию вредных примесей в выбросах отработавших газов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система адаптации дизельного двигателя для работы в помещениях с ограниченным воздухообменом / Е. В. Овчинников, А. Ю. Измайлов, С. Ю. Уютов, Р. С. Федоткин // Экология промышленного производства. – 2021. – № 1(113). – С. 46-50.
2. Федоткина, Д. С. Модернизация системы нейтрализации отработавших газов / Д. С. Федоткина, Д. М. Дудин // Сборник трудов, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции: «Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024», 20 ноября

2024 года: сборник статей. Том 4. / под ред. Л. И. Хоружий, Ю. Н. Романцевой и др. – М. : Издательство РГАУ – МСХА, 2024. – С. 327-331.

3. Шароглазов, Б. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов : учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания» / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев – Челябинск : Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

4. Кузнецов, Е. В. Основы теории и проектирования ДВС / Е. В. Кузнецов. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2021 – 323 с.

5. Федоткин, Р. С. Встречно-поршневой двигатель пониженного трения для средств малой механизации / Р. С. Федоткин, Д. В. Анашин, Д. М. Дудин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2024. – № 12.

6. Баранов, Н. И. Влияние системы рециркуляции отработавших газов (EGR) на топливно-экономические показатели бензинового двигателя / Н. И. Баранов // Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 17-18 мая 2018 года / Ответственный редактор П. В. Евтин. – Том V. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 22-24.

7. Пуляев, Н. Н. О перспективах применения газомоторного топлива в России / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 95-101.

8. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

Об авторах:

Данилов Егор Николаевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», G8A4@mail.ru.

Дудин Даниил Максимович, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», d.dudin@rgau-msha.ru.

Научный руководитель – Крючков Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», v.kryuchkov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Egor N. Danilov, master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, G8A4@mail.ru.

Daniil M. Dudin, assistant in Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, d.dudin@rgau-msha.ru.

Scientific advisor – Vitaliy A. Kryuchkov, Cand.Sc. (Engineering), associate professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, v.kryuchkov@rgau-msha.ru.