

Выпускники овладевают методологическим подходом здоровьесохранения, когда они возвращаются в свои организации с новым подходом к своим обязанностям, проявляя заботу о работающих и их физическом состоянии, когда научились доносить, что риски ухудшения «нормальности» и «комфортности» уменьшаются и ликвидируются специальными службами и руководством организации, что эти видимые и психологические факторы повышают внутреннюю ответственность и дисциплинированность работающих, их личную мотивацию на безопасный труд, повышают культуру безопасности и приводят к так нужному «нулевому травматизму».

Список использованной литературы

1. Охрана труда в учреждениях образования: пособие для слушателей учреждений, обеспечивающих дополнительное образование взрослых : метод. рек. / сост. В.Н. Петраков; ГУО «Республиканский институт высшей школы». – Минск : РИВШ, 2022. – 180 с.

Summary. Managing employees' intrinsic motivation for safe work and compliance with occupational health and safety requirements has recently become quite widespread: workers understand that risks are manifold: tools and equipment, materials and substance used, and the nature of production processes.

УДК 621.43.068.4 : 621.43.06

Белохвостов Г.И.¹, кандидат технических наук, доцент;

Слонская С.В.¹, кандидат химических наук, доцент;

Арабей С.М.¹, доктор физико-математических наук, доцент;

Серебряков И.А.², кандидат технических наук, доцент;

Дубовик Д.А.³, доктор технических наук, доцент;

Климук А.С.³, старший научный сотрудник, начальник отдела;

Янович Д.Л.³, научный сотрудник;

Сидоревич В.И.⁴, старший научный сотрудник,
первый заместитель директора - главный инженер

¹ Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет, г. Минск, Республика Беларусь,

² Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,

³ ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь,

⁴ ЗАО «Амкодор-Пинск», г. Пинск, Республика Беларусь

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ВЫПУСКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. Описаны основные токсические компоненты, содержащиеся в отработавших газах поршневых двигателей внутреннего сгорания. Обсуждаются

современные экологические нормы, ограничивающие выброс вредных веществ. Основное внимание уделено методам снижения токсичности выхлопных газов. Выделены направления фундаментальных исследований, нацеленные на получение наибольшего экологического эффекта при выпуске отработавших газов.

Abstract. The main toxic components contained in the exhaust gases of reciprocating internal combustion engines are described. Modern environmental regulations limiting the release of harmful substances are discussed. The main focus is on methods to reduce exhaust gas toxicity. The directions of fundamental research aimed at obtaining the greatest environmental effect in exhaust gas production are highlighted.

Ключевые слова. экология, двигатели внутреннего сгорания, отработавшие газы, вредные вещества, методы снижения токсичности.

Keywords. ecology, internal combustion engines, exhaust gases, harmful substances, methods of reducing toxicity.

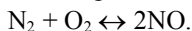
Выбросы отработавших газов (ОГ) поршневых двигателей внутреннего сгорания (ПДВС) автомобильного транспорта и внедорожной (в том числе и сельскохозяйственной) техники являются одним из видов загрязнения окружающей среды вредными веществами. Считается, что основными токсичными компонентами ОГ двигателей являются оксиды азота (NO_x), монооксид углерода (CO), сажа (C) и углеводороды (C_nH_m), соотношение которых в выхлопных газах зависит от параметров рабочих процессов (РП) двигателей [1-6]. Ограничение выбросов вредных компонентов ОГ регламентируется современными экологическими нормами, принятыми в Евросоюзе (Euro для автодорожного транспорта, Stage для внедорожной техники), США (Tier для внедорожной техники) и других странах. Действующие нормы в первую очередь направлены на существенное сокращение выбросов NO_x и сажи, а также на ограничение содержания C_nH_m и CO в ОГ [7]. В перспективе мировое сообщество нацелено на разработку экологических норм, которые уравнивают требования для дорожной и внедорожной техники. Что касается Республики Беларусь, то выброс вредных веществ, содержащихся в ОГ двигателей тракторов, ограничивается техническим регламентом Таможенного союза [8].

Снижение токсичности выхлопных газов ПДВС традиционно решаются двумя путями. Первый связан с совершенствованием современного двигателестроения путем оптимизации РП в камере сгорания ПДВС (оптимизация процесса сгорания топлива, переход на альтернативные виды топлива и др.). Второй путь – снижение токсичности ОГ непосредственно в системе их выпуска путем использования химических и механических методов очистки токсичных выхлопных газов. Баланс между этими подходами – совершенствованием РП двигателя и сложностью технологии очистки ОГ – в настоящее время постепенно склоняется в сторону активного внедрения новых систем и методов эффективной нейтрализации вредных веществ ОГ [9]. Важно

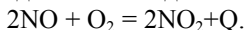
отметить, что система выпуска ОГ является устройством, работающим в условиях больших температур и высоких скоростей движения ОГ, что создает серьезные проблемы для удержания токсичных компонент, их нейтрализации и очистки до момента вывода ОГ из системы выпуска в атмосферу.

Уменьшение выбросов наиболее значимых токсичных компонент ПДВС, газообразных оксидов азота (NO_x) и дисперсных частиц (сажи), является первостепенной и достаточно трудной задачей.

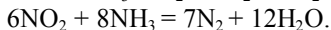
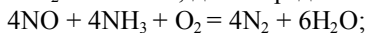
При сжигании любого топлива в ПДВС при высокой температуре и давлении образуется преимущественно оксид азота NO , как результат окисления атмосферного азота кислородом:



Кроме того, в этих же условиях образуются и другие оксиды азота NO_x (NO_2 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5). В объеме отработавших газов доля NO составляет (80-90 %), NO_2 (10-20 %), а образование других оксидов азота незначительно. Ситуация усугубляется тем, что при выбросе в атмосферу монооксид азота, взаимодействуя с молекулярным кислородом, окисляется до более токсичного диоксида азота с выделением теплоты:



Традиционный метод снижения уровня образования оксидов азота NO_x в составе ОГ, основанный на совершенствовании РП двигателей и оптимизации управления режимами его работы, не позволяет достичь желаемого результата. Применение системы рециркуляции отработавших газов (EGR) для уменьшения образования NO_x , ухудшает экономичность двигателя и способствует возрастанию выброса C_pH_m , что снижает целесообразность его использования [10]. В настоящее время развивается несколько эффективных способов снижения концентрации NO и NO_2 , основанных на нейтрализации этих токсичных газов в системе выпуска до их выброса в атмосферу [11], т.е. путем применения селективной каталитической редукции (SCR). Методы сводятся к каталитическому восстановлению оксидов азота до образования молекулярного азота. Процесс восстановления реализуется взаимодействием оксидов азота с газами-восстановителями (подаются в систему выпуска ОГ) на поверхности катализатора. Выбор восстановителей достаточно широк – как правило, это метан, CO , H_2 , аммиак (NH_3), мочевины ($\text{CO}(\text{CH}_2)_2$) и другие газы. Эффективными катализаторами служат металлы платиновой группы – Pt , Pd , Rh , Ru , а также более дешевые металлы (Ni , Cu , Cr , Fe) и их сплавы. Ниже приведен пример реакций селективного каталитического восстановления NO и NO_2 аммиаком, до безвредного азота и воды:



Что касается снижения выбросов монооксида углерода и углеводородов, то для преобразования СО используется каталитическое окисление, а для уменьшения C_nH_m в выхлопных газах применяют каталитические нейтрализаторы. Для ПДВС эффективно используются гибридная система очистки (трехкомпонентные системы, в которых каталитический нейтрализатор с катализатором из благородных металлов работает в комбинации с каталитическими окислителями), при использовании которой одновременно происходит окисление СО и C_nH_m до CO_2 и H_2O , и восстановление NO_x до N_2 [9].

В многокомпонентной газообразной смеси ОГ ПДВС присутствуют множество дисперсных твердых частиц, основным компонентом которых является сажа, а также оксиды серы, альдегиды, продукты конденсации и полимеризации. Частицы сажи представляют собой аллотропные формы углерода С (в основном, это аморфный углерод), имеют линейные размеры 0,1-100 мкм и неправильную форму [12]. Наиболее опасны для здоровья человека мелкодисперсные частицы углерода размером меньше микрона, которые могут проникать глубоко в легкие и накапливаться там. В нормах Stage уже введены новые ограничения по содержанию твердых частиц сажи в ОГ двигателей.

Для снижения выбросов сажевых частиц в атмосферу используют сажевые фильтры разных конструкций (DPF – Diesel Particulate Filter). Сажевый фильтр имеет два этапа работы: фильтрация выхлопных газов и периодическая очистка от отложений (регенерация) самого фильтра. Для очистки ОГ от сажи применяют пористые металлические и керамические фильтры, имеющие сетчатую или ячеистую структуру. Как правило, регенерацию осуществляют путем сжигания сажевых частиц (превращение С в CO_2), после чего фильтр восстанавливает пропускную способность.

В заключение следует отметить, что научно-исследовательские работы по снижению токсичности выхлопных газов автомобильного транспорта и внедорожной техники не только не потеряли своей актуальности, но и интенсивно развиваются в мировых научных центрах и конструкторских лабораториях ведущих автомобилестроительных компаний. Все работы устремлены и нацелены на получение наибольшего экологического эффекта при выпуске ОГ ПДВС. Среди перспективных направлений фундаментальных исследований следует выделить разработку нанокатализаторов нового поколения: оксид алюминия (Al_2O_3) с удельной поверхностью 150–200 m^2/g ; активные наночастицы платины (2–5 нм) на оксиде алюминия с технологией атомно-слоевого осаждения; керамические катализаторы с повышенной термостойкостью и др., которые, прежде всего нацелены на снижение содержания дорогостоящих металлов-катализаторов. Параллельно развиваются технологии

нейтрализации ОГ, основанные на новых физических принципах и альтернативных подходах: использование плазменных активаторов для интенсификации каталитических реакций; разработка фотокаталитических систем очистки; применение электростатических фильтров для улавливания частиц сажи и др. Не прекращаются научные работы по использованию альтернативных видов топлива с минимальным выбросом токсических веществ, по исследованию возможности применения присадок к топливу. Интересными и многообещающими являются биомиметические решения, в основу которых закладывается имитация природных процессов очистки.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Государственной программы научных исследований 6. «Механика, машиностроение, роботизированные, беспилотные и интеллектуальные системы», подпрограммы 6.1 «Механика, машиностроение, электротранспортные, роботизированные и беспилотные системы» (задание 6.1.10 «Улучшение газодинамических, аэроакустических и экологических характеристик систем выпуска отработавших газов поршневых двигателей внутреннего сгорания»).

Список использованной литературы

1. Кульчицкий, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей / А. Р. Кульчицкий. – Владимир: Изд-во Владимирского гос. Ун-та, 2000. – 256 с.
2. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 376 с.
3. Экология автомобильных двигателей внутреннего сгорания /В. А. Звонов [и др.]. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2004. – 268 с.
4. Байбарин, В.А. Влияние отработавших газов двигателей МЭС на экологию и их состав / В.А.Байбарин, А.В.Божко // Вестник аграрной науки Дона. – 2014. – 4(28) – с.81-86.
5. Кухарёнок, Г. М. Улучшение экологических показателей дизеля / Г. М. Кухарёнок, В. И. Березун. – Минск: БНТУ, 2019. – 149 с.
6. Куанышев Е.К. Повышение экологических показателей инжекторных двигателей по составу отработавших газов // Международный научный журнал «Вестник науки», 2021, № 2 (35) Т.2, с.87-90.
7. Белоусов, В.А. Экологические стандарты, регулирующие содержание вредных веществ в отработавших газах двигателей тракторов /А. В. Белоусов, Д. В. Белоусов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов / гл. редактор В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 333-340.
8. Приложение 5 к техническому регламенту Таможенного союза "О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним" (ТР ТС 031/2012): принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20.07.2012 года №60 (с изменениями на 12.04.2024).
9. Heck, R. Catalytic Air Pollution Control / R. Heck, R. Farrauto, S. Galati. – NEW York, John Wiley & Sons, 2002. – 391 p.

10. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов. Учебник для вузов / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян [и др.] – М.: Высшая школа, 2007. – 479 с.

11. Решетнёв, Я.М. Оксиды азота и их восстановление: «NO и NO₂» / Я.М. Решетнёв, Н.В. Бирюкова // The scientific heritage. – 2021. – No. 67. – P.3-8.

12. Поливаев, О.И. Фильтр-нейтролизатор отработавших газов / О.И. Поливаев, В.А. Байбарин, А.В. Божко // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 3. – С.59-61.

Summary. An analysis of the environmental characteristics of the exhaust system of reciprocating internal combustion engines has been performed and methods for reducing emissions of the most significant toxic components, gaseous nitrogen oxides and dispersed carbon particles, have been considered.

УДК 331.45:373

Ионас Е.Л., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Сергеева И.И., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Цайц М.В., кандидат технических наук, доцент
*Учреждение образования «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь*

ТИПИЧНЫЕ НАРУШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОХРАНЫ ТРУДА УЧРЕЖДЕНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КОНТРОЛЬНЫХ ПРОЦЕДУР

Аннотация. В статье на основе анализа нормативных правовых актов Республики Беларусь и практики их применения в учреждениях образования выявлены наиболее распространённые ошибки при организации обучения, инструктажей, проверки знаний и расследования несчастных случаев. Предложены пути совершенствования системы охраны труда, включая внедрение единых цифровых журналов, автоматизацию контроля сроков и унификацию инструктажей для смежных видов деятельности.

Abstract. Based on an analysis of regulatory legal acts of the Republic of Belarus and their application in educational institutions, this article identifies the most common errors in organizing training, briefings, knowledge assessments, and accident investigations. It also proposes ways to improve the occupational safety system, including the introduction of unified digital logs, automated deadline monitoring, and the standardization of briefings for related activities.

Ключевые слова: охрана труда, учреждение образования, инструктаж, проверка знаний, несчастный случай, цифровизация, типичные нарушения.

Key words: Occupational safety, educational institution, instruction, knowledge testing, accident, digitalization, typical violations.

Охрана труда в учреждениях образования представляет собой многоуровневую систему, включающую обучение и проверку знаний работни-