

**ГОРОДСКОЙ АВТОБУС: УМЕНЬШЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОГ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ ДВС****Кучук В.С.<sup>1</sup>, Афанасьев А.Н.<sup>1</sup>, Дубровина А.В.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Тольяттинский государственный университет, г.Тольятти;<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева, г.Казань**Ключевые слова:** ДВС, экология, экономичность, автобус.**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы улучшения экологичности и экономичности городских автобусов.**CITY BUS: REDUCTION OF EXHAUST GAS TOXICITY AND EFFICIENCY INTERNAL COMBUSTION ENGINES****Kuchuk V.S.<sup>1</sup>, Afanasiev A.N.<sup>1</sup>, Dubrovina A.V.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Togliatti state University, Togliatti;<sup>2</sup>Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan**Keywords:** internal combustion engine, ecology, economy, bus.**Abstract.** The paper considers ways to improve ecology and economy of city buses.

Одной из основных проблем организации транспортных перевозок в городах страны является чрезмерная загрязненность атмосферы токсичными выделениями отработавших газов (ОГ) автомобильных ДВС. Наибольшее загрязнение отмечается в районе остановок автобусов [1]. При ускорении и торможении в ОГ увеличивается содержание оксида углерода почти в 8 раз, на холостой ход приходится 40...45% всех выбросов оксида углерода и отмечается резкое увеличение канцерогенного бензо(α)пирена [1, 2]. А так как отработавшие газы транспортных средств поступают в приземный слой атмосферы, где затруднено их рассеивание, то происходит накопление вредных веществ в городском воздухе на уровне дыхания человека.

Существующие методы снижения концентрации загрязняющих веществ можно сгруппировать по трем направлениям: воздействие на рабочий процесс в цилиндрах ДВС, очистка ОГ в термических и каталитических нейтрализаторах, использование альтернативного топлива [3].

По первому направлению достаточно глубоко исследованы вопросы рециркуляции отработавших газов, расслоение топливно-воздушного заряда, обеднение топливно-воздушной смеси (ТВС) [1-3, 7].

Рециркуляция отработавших газов позволяет снизить температуру горения во фронте пламени и температуру продуктов сгорания и, тем самым, обеспечивает уменьшение концентрации оксида азота, NO. Так как балластирование продуктами сгорания свежей ТВС приводит к сужению диапазона устойчивого воспламенения и горения смеси, то применение рециркуляции ОГ возможно при стехиометрическом или несколько обогащенном составе смеси,  $\alpha$  меньше или равно 1.

Расслоение топливно-воздушного заряда позволяет получить достаточно низкие концентрации оксидов углерода и азота, а также несгоревших углеводородов. Недостатком является значительное усложнение конструкции ДВС, сложность обеспечения надежной работы на всех режимах эксплуатации автомобиля.

Обеднение смеси, даже при применении системы электронного впрыска ограничивается коэффициентом избытка воздуха 1,3. На холостом ходу двигателя при этом значении  $\alpha$  обеспечивается 2-х кратное снижение NO и 4-х кратный рост несгоревших углеводородов по сравнению с составом смеси, близком к стехиометрическому.

Применение каталитических нейтрализаторов позволяет очищать ОГ до необходимых норм при ухудшении экономичности работы ДВС от 7 до 10 процентов.

Дальнейшее снижение токсичности ОГ этим методом повлечет еще большее ухудшение экономичности ДВС.

Замена бензина на природный газ, по сравнению с карбюраторными двигателями, выброс в атмосферу CO снижает в 45 раз, углеводородов в 5...10 раз, NO в 2 раза [1]. Перевод автомобильных двигателей на газ сдерживается отсутствием газонакопительных станций, строительство которых требует больших средств и времени.

Из альтернативных топлив наиболее перспективным является водород, использование которого позволяет получить наиболее чистые ОГ. В настоящее время практически все крупные автомобильные компании разрабатывают собственный водородный автомобиль [2, 3]. Например, разработка канадской фирмы Ballard Power System и германской Daimler-Benz позволили в 1995-1998 гг. создать несколько опытных городских автобусов и успешно испытать их. В итоге создан консорциум Daimler-Benz, Ford и Ballard Power System с программой в течение 3-4 лет приступить к промышленному производству водородного транспорта [4]. Одним из основных факторов, препятствующих широкому внедрению

водородных ДВС, является отсутствие надежного малогабаритного источника водорода для установки на автомобиль, способного обеспечить пробег в несколько сотен километров.

Как показали эксперименты на тормозных стендах, а также при испытаниях в составе автомобиля использование в качестве силовой установки на легковом автомобиле ДВС с впрыском топлива и добавкой водорода в топливно-воздушную смесь при ее обеднении до коэффициента избытка воздуха 1,3...1,4 позволяет приблизиться к нормам Евро-4 и выше по содержанию токсичных веществ в отработавших газах.

Наибольшая ценность полученных результатов состоит в том, что в качестве бортового источника водорода использовался малогабаритный электролизер (200x130x400 мм), подсоединенный через аккумулятор к генератору двигателя. С учетом потерь доля эффективной мощности двигателя, затрачиваемая на работу электролизера, составляет около одного киловатта.

Кроме снижения концентрации токсичных выделений добавка водорода в ТВС обеспечивает снижение удельного расхода топлива до 10% при эксплуатации автомобиля по городскому циклу.

Нами проведен анализ эффективности использования системы добавки водорода в двигатель городского автобуса. Учитывая, что приблизительно 1/3 эксплуатационного времени двигатель автобуса работает на режимах холостого хода (остановки), разгона и торможения, где наиболее высокая концентрация токсичных выделений, общее снижение токсичности ОГ ожидается в 2-3 раза при уменьшении удельного расхода топлива на 15...20 % при движении по городу.

Достижение этого эффекта может быть обеспечено при применении в качестве источника водорода электролизера с габаритными размерами (200x400x400 мм) или металлгидридного аккумулятора водорода.

Максимальный относительный расход добавляемого водорода составит 6% от массы топлива, на режиме холостого хода. С увеличением режима относительный расход водорода будет уменьшаться.

Успешное внедрение системы добавки водорода на городских автобусах требует проведения исследований по отработке регулировки подачи топлива (обеднение ТВС) для получения минимального расхода топлива при устойчивой работе двигателя на всех режимах эксплуатации автобуса. Предполагается основную часть работы провести в процессе опытной эксплуатации автобуса, оснащенного предлагаемой системой снижения токсичности ОГ и повышения экономичности работы двигателя.

#### **Список литературы**

1. Прудников Б.И. Применение природного газа в качестве автомобильного топлива: (обзор) Автомобильные двигатели / Б.И. Прудников, Е.Г. Григорьев, В.И. Ерохов – М., 1985.
2. Пионтковская С.А. Особенности применения водорода в ДВС при различных способах формирования топливовоздушных смесей / С.А. Пионтковская, Д.А. Павлов, В.В. Смоленский // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18 – № 4-5. – С. 924-930.
3. Павлов Д.А. Исследование влияния добавок водорода на показатели ДВС при гетерогенном способе формирования ТВС / Д.А. Павлов, Л.Н. Бортников // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – № 4 (22). – С. 183-187.
4. Ференец А.В. Диагностирование двигателя грузового автомобиля на основе технологий ODX / А.В. Ференец, С.В. Плетнев, Ю.В. Крюков и др. // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2014. – № 2. – С. 58-61.
5. Пионтковская С.А. Влияние электрооборудования на безопасность автотранспортного средства / С.А. Пионтковская, В.В. Ермаков, М.А. Пьянов // Грузовик. – 2011. – № 6. – С. 39-43.
6. Пионтковская С.А. Статистический анализ измерительного процесса при использовании нового метода диагностирования электрооборудования автомобилей / С.А. Пионтковская, М.А. Пьянов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2006. – Т. 8 – № 4. – С. 1106-1113.
7. Бортников Л.Н. Применение водорода для повышения полноты сгорания ТВС на режимах пуска и прогрева / Л.Н. Бортников, Д.А. Павлов, М.М. Русаков, В.В. Смоленский // Естественные и технические науки. – 2013. – № 1 (63). – С. 346-350.

#### **Сведения об авторах:**

*Кучук Владислав Сергеевич* – магистрант, ТГУ, г.Тольятти;

*Афанасьев Андрей Николаевич* – аспирант, ТГУ, г.Тольятти;

*Дубровина Анна Вячеславовна* – магистрант, КАИ, г.Казань.