

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЖИДКИХ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ

К. Д. ЯКОВЛЕВА¹, бакалавр
А. Л. БИРЮКОВ¹, канд. техн. наук, доцент
Н. Ю. КУТЕРГИН², аспирант
П. Ю. МАЛЫШКИН³, ст. преподаватель

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина,
Вологда, Российская Федерация

²Вятский государственный университет,
Киров, Российская Федерация

³УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Применение альтернативных топлив для автотракторных дизелей достаточно перспективно. Актуальность использования таковых находит свое отражение в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [7].

По большей мере под альтернативными топливами для автотракторных дизелей мы понимаем жидкие смесевые топлива, которые по своим физико-химическим свойствам приближаются к традиционному минеральному ДТ, но имеют, соответственно, меньшую эмиссию вредных веществ в отработавших газах (ОГ). Положительная динамика вредных выбросов достигается тем, что в состав смесевых топлив часто входят биологические компоненты (спирты, растительные масла, эфиры и т. д.). Работа двигателя на этих топливах позволяет добиться сходных эффективных паспортных показателей, при этом снизив концентрацию в ОГ вредных веществ, таких как сажа, углеводороды, оксиды азота, углекислый газ [1–6, 8, 10, 13, 14].

Основная часть. При применении стандартных углеводородных топлив с добавками различных видов альтернативных топлив возникает проблема оптимальной организации рабочего процесса. Даже при использовании стандартного нефтяного топлива достаточно затруднительно предсказать, как и насколько изменятся параметры рабочего процесса при изменении физико-химических свойств топлива, параметров камеры сгорания, топливоподачи и т. д. Для альтернативных топлив эта проблема еще более актуальна. Таким образом, использование новых видов топлива ставит задачу оптимизации рабочего про-

цесса дизеля в зависимости от физико-химических свойств используемого альтернативного топлива.

Одним из наиболее перспективных видов альтернативных топлив являются спирты. Так, например, ученые ВятГУ проводили исследования применимости альтернативных топлив с добавками этанола [9]. Перед ними стояла задача, экспериментально исследовать влияние состава новой этанола-топливной эмульсии на их физико-химические и моторные свойства, разработать новые составы этанола-топливной эмульсии с улучшенными моторными свойствами.

В результате применение новых составов этанола-топливной эмульсии позволили приблизить характер процесса их сгорания к характеру процесса сгорания чистого ДТ. Разработан новый состав топливной эмульсии, содержащий от 5 % до 40 % этанола, от 1 % до 5 % присадки, со сниженными характеристиками жесткости сгорания. Установлено снижение часового расхода ДТ на 18,7 % и 34 % при концентрации этанола в ЭТЭ 20 % и 40 %. Одновременно установлено снижение эмиссии в ОГ дизеля суммарных оксидов азота NO_x в 1,5 раза, частиц сажи в 3,5 раза, оксидов углерода CO в 2,5 раза, диоксидов углерода CO_2 на 21 %. На 20–40 градусов снижается максимальная температура цикла и на 35–50 градусов – температура ОГ, что снижает теплонапряжённость деталей дизеля.

Некоторые ученые избрали несколько другое направление в создании альтернативных топлив для дизелей, вернее, добавление неорганического компонента – воды.

Этот подход предлагает ряд преимуществ, таких, как увеличение эффективности сгорания топлива, снижение выбросов вредных веществ и повышение экологической безопасности двигателя.

Теоретические исследования и разработки на тему использования воды в работе двигателей внутреннего сгорания ведутся уже давно. К примеру, в немецкой компании по производству автомобилей марки BMW разработали систему «Turbosteamer» (рис. 1) [11], где к основной системе охлаждения и выпуска ОГ инженеры добавили теплообменник, для рационализации использования тепловой энергии ОГ, паровой котел и паровую турбину. Тепло, которое выносилось в окружающую среду из системы охлаждения и с отработавшими газами, преобразуется в пар, который в свою очередь приводит в действие турбину, связанную с коленчатым валом.

Рабочая жидкость важна для эффективности и экономии в системах рекуперации тепла с паровым циклом Ренкина. Она повторно испаряется, расширяется и конденсируется, что играет ключевую роль.

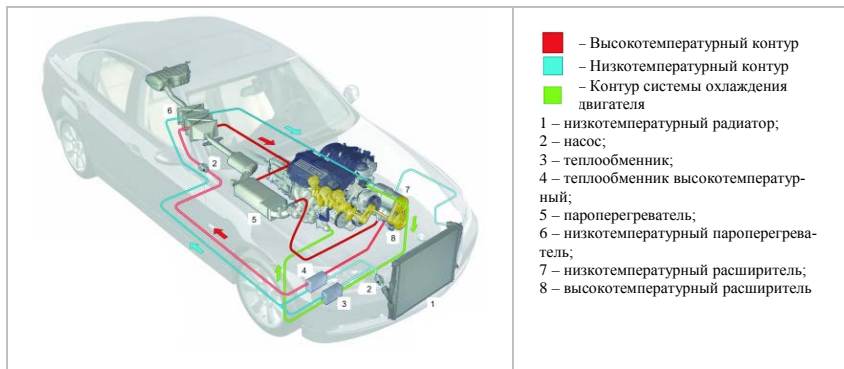


Рис. 1. Схема паровой системы «Turbosteamer»

Использование такого парового «двигателя» дает прирост мощности и крутящего момента примерно на 10 %, а также приводит к снижению расхода топлива на 15 %.

Ещё одна немецкая компания «Bosch» разработала систему водяного впрыска «WaterBoost» [15], которая предполагает впрыск воды с целью охлаждения камеры сгорания. На высоких оборотах в двигателе включается водяная помпа, которая впрыскивает в камеру сгорания небольшое количество воды перед воспламенением топливной смеси. Данный метод способен снизить потребление топлива до 13 % и выбросы CO₂ на 4 %, при сохранении мощности и крутящего момента.

Стоит учесть, что объем впрыскиваемой воды на прямую зависит от конструкции двигателя, а не только от объема камеры сгорания, также время испарения не должно превышать времени одного такта работы двигателя. Известно, что применение водной инжекции способствует увеличению эффективного КПД двигателя, удельного эффективного расхода топлива (например, теоретические исследования двигателя 4С11/12,5, (таблица)) [11].

Для достижения указанных показателей нами была разработана следующая система подачи топливно-водной смеси в двигатель внутреннего сгорания [12]. Топливо в рампу 13 (рис. 4) поступает через насос 4 по магистралям 3.

Результаты расчета эффективных показателей двигателя 4Ч 11,0/12,5

Параметры	Значения	
	4Ч11/12,5	4Ч11/12,5 с водной инъекцией
Эффективная мощность двигателя (N_e), кВт	55,15	65,84
Эффективный крутящий момент двигателя (M_e), Н×м	239	286
Среднее индикаторное давление (p_i), МПа	0,831	0,954
Среднее эффективное давление (p_e), МПа	0,633	0,756
Среднее давление механических потерь (p_m), МПа	0,198	0,198
Эффективный КПД двигателя (η_e)	0,298	0,355
КПД механических потерь (η_m)	0,762	0,792
Удельный эффективный расход топлива (g_e), г/кВт×ч	284	239

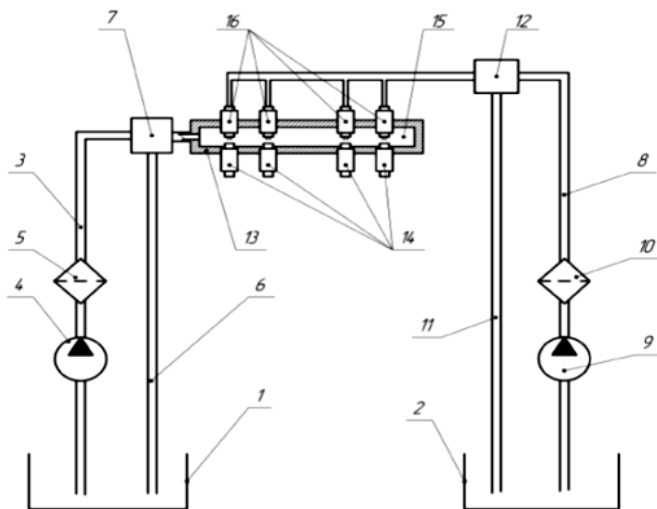


Рис. 2. Система для получения и подачи топливно-водной смеси в ДВС:

- 1 – топливный бак; 2 – водяной бак; 3 – топливная магистраль; 4 – насос; 5 – фильтр;
- 6 – обратная линия; 7 – регулятор давления топлива; 8 – водная магистраль; 9 – насос;
- 10 – фильтр; 11 – обратная линия; 12 – регулятор давления воды; 13 – топливная рампа;
- 14 – форсунки; 15 – внутренняя полость топливной рампы;
- 16 – электромагнитные форсунки

Подача регулируется регулятором 7. Вода из бака 2 поступает в форсунки через магистраль 8, используя насос 9. Когда электромаг-

нитные форсунки 16 получают управляющий импульс, они открываются, и вода поступает через форсунки 16, перемешиваясь с топливом из внутренней полости 15 топливной рампы 13. Затем топливно-водная смесь через форсунки 14 впрыскивается в поток воздуха, направляющийся в цилиндры ДВС.

Электронно-управляемые элементы обеспечивают точную дозировку компонентов топливно-водной смеси, приготавливая ее непосредственно перед впрыском и предотвращая накопление воды в топливной рампе смесителя во время эксплуатации.

Заключение. В результате исследований проанализирован и обобщен ряд исследований, посвященных использованию этанола-топливных и топливно-водных смесей для улучшения показателей двигателей внутреннего сгорания. Оказалось, что применение жидких смесевых топлив в качестве компонента топлива предлагает ряд преимуществ, включая увеличение эффективности сгорания топлива, снижение выбросов вредных веществ и повышение экологической безопасности двигателя. Исследования показали, что данные жидкие топлива в работе двигателей способны увеличить их эффективность и экономичность. Однако необходимо учесть конструктивные особенности двигателя и обеспечить точную дозировку топливно-водной смеси. Конечно, стоит учитывать и природно-климатические условия, и свойства воды, ее влияния на отдельные виды материалов.

К сожалению, в России проекты альтернативных источников энергии находятся в начальной стадии разработки, но мы надеемся, что в скором будущем эти проекты станут реальными и будут активно применяться в агропромышленном комплексе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Глушков, М. Н. Основные методы и необходимость оптимизации состава многокомпонентных топлив / М. Н. Глушков, В. А. Шаповрев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 190–193.
4. Грудович, Е. Д. Влияние на экологические показатели альтернативных видов топлива на основе растительных масел / Е. Д. Грудович, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 194–198.
5. Карташевич, А. Н. Исследование способов расширения топливной базы ДВС / А. Н. Карташевич, С. А. Плотноков // Инновационные решения в технологиях и механизации

зации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 213–220.

6. Карташевич, А. Н. Применение методики планирования эксперимента в исследованиях свойств биотоплив / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 200–206.

7. Концепция Энергетической стратегии России на период до 2030 г. // Энергетическая политика: приложение. – Москва: ГУ ИЭС, 2007. – 116 с.

8. Координирование процесса сгорания альтернативного топлива в дизельном двигателе / А. В. Плыго [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 310–313.

9. Плотников, С. А. Исследование показателей процесса сгорания новых этано-топливных эмульсий / С. А. Плотников, М. В. Смольников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2019. – Вып. 4. – С. 159–163.

10. Применение этанола в дизелях / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 151 с.

11. Романов, С. В. Повышение топливной экономичности двигателей сельскохозяйственных машинотракторных агрегатов путем применения водной инжекции: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. В. Романов. – Троицк, 2017. – 23 с.

12. Система для получения и подачи топливно-водной смеси в ДВС / А. Л. Бирюков, А. А. Молин: патент № 144071 РФ, МПК F02M 25/022.

13. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

14. Шипин, А. И. Способ создания многокомпонентного биотоплива для применения на автотракторном дизеле / А. И. Шипин, П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 239–242.

15. Farniev, A. S. Engine Water Injection System / A. S. Farniev, D. A. Kyznetsov, D. A. Sasa // Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies. – Севастополь, 2018. – С. 75–77.

Аннотация. Проведен анализ существующих методов и технологий повышения эксплуатационных свойств на основе этано-топливной и водно-топливной смеси, а также оценена эффективность с точки зрения мощностных характеристик двигателей и выбросов вредных веществ. Эти методы не распространены так широко в настоящее время, однако имеют высокий потенциал как для легковых автомобилей, так и для сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: вода, этано-топливная эмульсия, топливно-водная смесь, экология, расход топлива.