

**Заключение.** В данной статье были рассмотрены способы применения воды в ДВС.

Данные решения позволяют увеличить мощность, крутящий момент и экономичность двигателя внутреннего сгорания, повысить детонационную стойкость и улучшить ряд других характеристик.

К плюсам применения воды в ДВС отнесем:

- снижение температуры впускного воздуха;
- снижение температуры в камере сгорания;
- резкое повышение детонационной стойкости топлива (в том числе некачественного и низкооктанового);
- снижение вредных выбросов на 60–80 %;
- повышение мощности на 15–20 % и крутящего момента на 25–30 %;
- снижение расхода топлива (при правильной настройке ЭБУ);
- очистку камеры сгорания и свечей зажигания.

К минусам применения воды в ДВС отнесем:

- стоимость системы;
- необходимость периодически заправлять дополнительный бачок дистиллированной водой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – С. 376.
2. Буцкий, Ю. И. Альтернативные автомобили XX века / Ю. И. Буцкий // AUDITORIА. – 2017. – С. 264.
3. Кулаков, А. Т. Особенности конструкции и эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей / А. Т. Кулаков, А. С. Денисов, А. А. Макушин // INFА-INJiNeria. – 2013. – С. 542

УДК 665.753:662.767.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ НА СМЕСЯХ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С БИОГАЗОМ

В. А. ШАПОРЕВ, аспирант

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

**Введение.** Выбросы автотракторной техники отрицательно влияют на состояние атмосферы, и на нее приходится около 70 % общего объема выбросов загрязняющих веществ. При эксплуатации силовая установка трактора выбрасывает с ОГ более 1000 токсичных компонентов,

среди них оксиды азота  $\text{NO}_x$ , угарный газ  $\text{CO}$ , сажа  $\text{C}$ , несгоревшие углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_m$  и некоторые другие. Перспективным направлением снижения дымности и токсичности выбросов является применение альтернативных видов топлива для силовых установок машин. Анализируя текущее положение дел с моторными топливами, можно сделать вывод, что их заменителями уже в ближайшее время могут быть: спирты (этанол, метанол), рапсовое масло и продукты его переработки, природный газ, генераторный газ, а также биогаз [1...3].

Биогаз – это смесь из 50...80 % метана  $\text{CH}_4$ , 20...50 % углекислого газа  $\text{CO}_2$ , до 1 % сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и незначительных следов азота  $\text{N}_2$ , кислорода  $\text{O}_2$  и водорода  $\text{H}_2$ , а также продуктов метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения, осуществляемого специфическим природным биоценозом анаэробных бактерий различных физиологических групп [4].

**Основная часть.** С целью выявления влияния смесевых видов топлива, состоящих из 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ, на экологические показатели работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S5) были проведены экспериментальные исследования на электро-тормозном стенде SAK N670 (Германия) с балансирной маятниковой машиной. Дизель 4ЧН 11,0/12,5 был укомплектован штатной системой топливоподачи, турбокомпрессором, системой принудительного охлаждения надувочного воздуха (ПОНВ) и газовой системой питания [5]. Расход топлива определялся массовым способом при помощи электронного расходомера АИР-50. Значение установочного угла опережения впрыскивания топлива определялось по мениску, т. е. с момента начала подачи цикловой дозы топлива секцией топливного насоса. Анализ проб отработавших газов (ОГ) производился с помощью автоматического газоанализатора Мапа MGT-5. Дымность ОГ измерялась с помощью дымомера СИДА-107 «АТЛАС». Все приборы прошли государственную поверку.

При проведении исследований ДТ замещалось БГ в процентном отношении по величине суммарной вводимой в цилиндры дизеля теплоты. Содержание БГ в объеме 15 % и 30 % было выбрано из условия наличия необходимого воздуха для обеспечения полноты процесса сгорания.

Влияние применения смесей, состоящих из 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ на экологические показатели работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по внешней скоростной характеристике представлены на рис. 1.

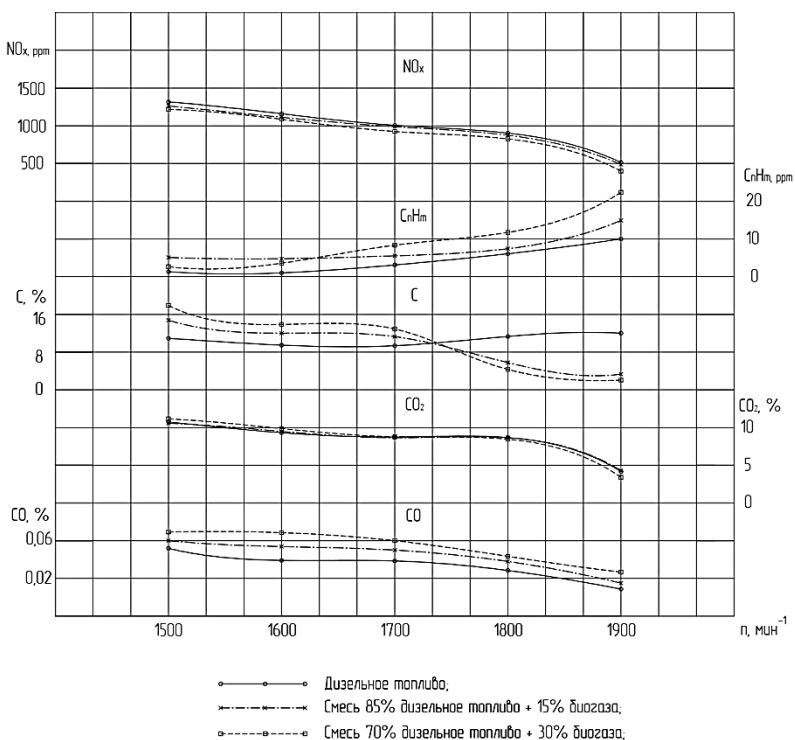


Рис. 1. Показатели токсичности и дымности дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при рациональном значении угла опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{оп.впр} = 22^\circ$  до в.м.т.

В результате исследований было выявлено, что добавление 15 % БГ и 30 % БГ в ДТ приводит к уменьшению количества оксидов азота  $NO_x$  и диоксида углерода  $CO_2$  в ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5. При номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  и работе на чистом ДТ содержание оксидов азота  $NO_x$  составляет 909 ppm, а для смесей 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ эти значения равны 889 ppm и 876 ppm. То есть содержание оксидов азота  $NO_x$  в ОГ дизеля при его работе на смесях 15 % БГ и 30 % БГ меньше, чем при работе на ДТ, на 2,2 % и 3,63 %. А выбросы диоксида углерода  $CO_2$  с ОГ незначительно уменьшаются с ростом замещения чистого ДТ биогазом, что в процентном соотношении составляет 1,2 % и 11 % для смеси 15 % БГ и 30 % БГ с ДТ. Снижение оксидов азота  $NO_x$  можно объяснить тем, что их эмиссия находится в прямой зависимости от содержания свободного кислорода в пламени при условии достаточно высокой его температуры [6]. Снижение локальной и средней температуры

цикла в случае работы дизеля на смесях с БГ непосредственно обуславливает снижение эмиссии оксидов азота.

Анализируя результаты замера выбросов оксида углерода CO и углеводородов  $C_nH_m$ , видим, что данные показатели изменяются с увеличением количества БГ и с увеличением частоты вращения коленчатого вала. Так, на номинальном режиме  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  при работе на смеси 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ выбросы CO в процентном отношении к ДТ увеличиваются на 33,3 % и 46,4 %. Выбросы углеводородов  $C_nH_m$  увеличиваются на 8,3 % и 66,4 %. Рост выбросов несгоревших углеводородов при работе дизеля с добавками БГ можно объяснить наличием в последнем плохо горящих компонентов, а рост выбросов оксида углерода CO можно объяснить снижением коэффициента избытка воздуха в топливовоздушной смеси, снижением наличия свободного кислорода [6].

С увеличением частоты вращения коленчатого вала содержание сажи С в ОГ снижается. Так, при  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$  уровень сажи в ОГ дизеля, работающего на чистом ДТ, составляет  $S = 11,2 \%$ , а при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  этот уровень уже равен  $S = 12,7 \%$ . При работе дизеля на смесях 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ и той же частоте вращения коленчатого вала выбросы сажи составляют  $S = 6,8 \%$  и  $S = 5,3 \%$ . То есть с увеличением БГ в смесевых составах при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  снижается содержание сажи на 46,45 % и 58,27 %.

**Заключение.** Показатели токсичности и дымности дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по внешней скоростной характеристике на смесевых топливах 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ относительно показателей работы дизеля на чистом ДТ на номинальном режиме  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  сопровождаются:

- снижением выбросов оксидов азота на 2,2 % и 3,63 %;
- снижением выбросов диоксида углерода на 1,2 % и 11 %;
- снижением выбросов частиц сажи на 46,45 % и 58,27 %;
- увеличением выбросов углеводородов на 8,3 % и 66,4 %;
- увеличением выбросов оксидов углерода на 33,3 % и 46,4 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Ч. 1. – Киров: Типография «Авангард», 2011. – 116 с.
2. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыга. – Киров: Типография «Авангард», 2014. – 144 с.
3. Плотников, С. А. Система питания генераторным газом ДВС и установка для его осуществления / С. А. Плотников, А. С. Зубакин, А. Н. Коротков // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных ин-

формационно-коммуникационных технологий: сб. науч. тр. по матер заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2015. – С. 66–69.

4. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.

5. Система подачи газообразного топлива в дизель: пат. 9079 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин; заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № и 20120268; заявл. 05.09.2011; опубл.: 30.04.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2. – С. 188.

6. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени / под ред. Ю. Ф. Дяткина; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.

УДК 662.767.2

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ БИОТОПЛИВА ПО ПОКОЛЕНИЯМ

Р. С. ДАРГЕЛЬ, аспирант

А. Н. МОЖАЙКО, студент

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

**Биотопливо** (биологическое топливо) – топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом. Биотопливо классифицируют по агрегатному состоянию и поколениям. По агрегатному состоянию различают: жидкую биомассу (обычно применяют для двигателей внутреннего сгорания); твердое биотопливо (способно гореть при условии, что топливо состоит из горючего, например дерева, и окислителя, которым часто служит кислород воздуха); газообразное – биогаз (газ, получаемый брожением биомассы), биоводород, метан.

Биотопливо, как правило, делится на первичное и вторичное. Первичное биотопливо используется в необработанном виде в первую очередь для отопления, приготовления пищи и электричества; в основном это топливная древесина, каменный уголь. Вторичное биотопливо можно условно разделить на три поколения (на основе различных параметров, типа технологии обработки, исходного сырья и др.); производится путем переработки биомассы и используется на транспортных средствах, в различных промышленных процессах и др.

Биотопливо разделяют на два типа: первого и второго поколения.

К биотопливам первого поколения относятся биоэтанол, произведенный из сахарного тростника, кукурузы, пшеницы и других злаковых культур, и биодизель, полученный из маслянистых культур – сои, рапса, пальмы, подсолнечника. Для их выращивания требуется использование качественных пахотных земель, много сельскохозяй-