

УДК 629.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И СТИМУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

А. Н. КАРТАШЕВИЧ, В. С. ТОВСТЫКА

Учреждение образование

«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»

Горки, Беларусь

Для Республики Беларусь важное значение имеет снижение энергетической зависимости от нефтяного топлива, так как разработка своих запасов нефти не удовлетворяет потребностей Республики в углеводородном топливе.

Мировое сообщество давно осознало, что трактора и автомобили вносят значительный вклад в ухудшение окружающей среды. Одним из направлений снижения токсичных выбросов от использования этих машин является применение альтернативных видов топлива для их силовых установок. Практически все силовые установки тракторов и значительная часть автомобилей являются дизелями. На базе дизельного двигателя проще расширять перечень применяемых топлив, так как двигатель с принудительным воспламенением не может работать на тяжёлых топливах, которые плохо испаряются и не пригодны для карбюрации [1].

Спектр возобновляемых альтернативных видов топлива, применяемых для автотракторной техники, в настоящее время довольно широк. Среди них можно выделить следующие – это биогаз, спирты, топлива на основе растительных масел, диметиловый эфир.

Биогаз. Смесь метана и диоксида углерода при наличии небольшого количества других газов называют биогазом. Его состав: 55...80 % CH_4 ; 15...40 % CO_2 ; 0...1 % H_2S ; 0...1 % N_2 ; 0...1 % H_2 [2].

Получают биогаз практически из любых отходов (солома, зерно, отходы жизнедеятельности животных, силос, подстилка для скота, пищевые и другие отходы ферм, твердые бытовые отходы, отходы предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию). В результате переработки в биогаз отходов сельского хозяйства и других отраслей промышленности можно дополнительно получить до 10 % производимой в мире энергии [3].

В качестве моторного топлива для ДВС используют не биогаз, а полученный из него биометан. Для хранения на борту автомобиля, биометан сжимают до 20...40 МПа или сжижают. Сжижать газ наиболее перспективно. Состав сжиженного биометана и сжиженного природного газа практически одинаковы (95...98 % метана). По показателям работы двигателя биометан ничем не отличается от природного газа. И

газобаллонное оборудование, работающее на этих видах топлива, полностью идентично [4].

При применении биометана в качестве топлива для дизелей снижаются дымность и выбросы CO и NO_x с ОГ. Но в связи с низким цетановым числом и, соответственно, плохой воспламеняемостью возникают значительные трудности при организации рабочего процесса [5].

Для организации рабочего процесса в дизеле с использованием биометана требуется применение двойной системы топливоподачи, в которой порция газа воспламеняется с помощью запальной порции дизельного топлива. При этом замещается от 80 до 100 % ДТ.

Спирты. К спиртовым топливам можно отнести метанол и этанол. Они получили наибольшее распространение в качестве моторного топлива и хорошо зарекомендовали себя при использовании в качестве добавок к ДТ.

Проблемой применения спиртов как топлива для дизелей являются их низкие цетановые числа (метанол ЦЧ=5, этанол ЦЧ=8) и более чем в 4 раза высокой теплотой парообразования по сравнению с дизельным топливом, что приводит к большой продолжительности задержки воспламенения, а также к затруднению пуска дизеля. Помимо указанных выше недостатков, использование спиртов в дизелях затрудняется из-за их плохих смазывающих свойств, что ведет к повышенному износу топливной аппаратуры. В связи с высокой коррозионной активностью элементы топливной системы двигателя, изготовленные из лёгких сплавов и неметаллических материалов, должны быть заменены. Так как низшая теплота сгорания спиртов ниже нефтяного топлива, то и расход его увеличится в 1,5 раза. В связи с облегчением топлива повышается шумность дизеля [5].

Просто заменить ДТ на спирт в штатной топливной системе дизеля невозможно. Необходимо компенсировать изменение свойств этих топлив. В настоящее время исследователями выделены разнообразные способы применения спиртов в качестве топлив для дизелей [6, 7]: растворы и эмульсии спиртов в дизельном топливе; карбюрирование или впрыскивание спирта во впускную систему, а дизельного топлива в цилиндр; впрыскивание спирта и запального топлива в цилиндр; конвертация дизеля в двигатель с внешним смесеобразованием и принудительным зажиганием; впрыскивание спирта с присадкой, повышающей цетановое число.

При использовании эмульсии метилового спирта в ДТ наблюдается снижение содержания сажи и твердых частиц в ОГ дизеля, что является следствием повышенного содержания кислорода в спирте. При использовании спирта температура отработавших газов снижается, соответственно уменьшаются выбросы NO_x. Содержание CO остаётся на уровне работы на ДТ. Наблюдается незначительное повышение CO₂ и C_nH_m. Так же спиртам при сгорании свойственны повышенные выбросы альдегидов (формальдегиды для метанола и альдегиды для этанола). Но, тем

не менее, спирты возможно получать из возобновляемых источников и они расширяют спектр топлива для дизелей.

Растительные масла. Растительные масла в чистом виде были впервые испытаны в двигателе Рудольфа Дизеля в конце XIX века. В последующем их вытеснило нефтяное топливо в связи с меньшей стоимостью. Однако после повышения цен на нефть в 1977 году исследователи вновь вернулись к растительным маслам, как альтернативному возобновляемому топливу для дизельных двигателей. Научный поиск при исследовании растительных видов топлива ведётся в различных направлениях в Европе (Англия, Германия, Польша, Франция, Швеция), в Азии (Япония, Китай, Индия, Индонезия) и США.

В мировой практике сложилось два основных направления по применению топлив из растительных масел: приближение свойств масел к свойствам ДТ и адаптация дизельного двигателя к применяемым топливам. Свойства растительных масел, в основном, изменяют за счёт их переработки в эфиры, что с энергетической точки зрения является невыгодным. Предпринимаются и другие попытки приблизить свойства растительного масла к свойствам нефтяного ДТ.

Очищенное и отбеленное соевое масло подвергли термическому крекингу с применением метода перегонки нефтепродуктов. Полученное топливо назвали TCSBO. В результате такой обработки масла увеличилось его цетановое число с 38 до 43 единиц и снизилась вязкость. Моторные испытания на полученном топливе, при сравнении с ДТ, показали снижение эффективной мощности и удельного расхода топлива, увеличение максимальной скорости повышения давления в цилиндре при высоких нагрузках, снижение выбросов NO_x с ОГ, но увеличение концентрации C_nH_m [8].

Проводят также пиролиз растительных масел. При этом из продуктов разложения масел можно выделить фракции подобные по свойствам ДТ.

В качестве моторного топлива в мировой практике использовались различные растительные масла: арахисовое, хлопковое, соевое, подсолнечное, рапсовое, кокосовое, пальмовое. В Европе наиболее перспективными считают топлива, полученные из рапсового масла, так как рапс относительно зимостоек и неприхотлив при выращивании.

При возделывании рапса необходимо строго соблюдать весь технологический цикл. Рапс не выносит ледяной корки и затопления. Вероятность гибели в осенне-зимне-весенний период возрастает в результате повреждения болезнями, вредителями, холодами в момент протекания интенсивных обменных процессов в тканях растений. Длительное воздействие близких к нулю температур в осенний период может вызвать энзиматическую активность клеток, стимулируя прохождение яровизационных процессов, что снижает холодостойкость растений рапса до минус 6...8 °С. Особенно подвержены данному явлению переросшие и загущенные посевы. Весенние заморозки вызывают появление на стеблях

разрывов и трещин, что нарушает подачу питательных веществ в растения и способствует заражению грибными болезнями. Наибольшее отрицательное влияние на урожайность рапса оказывают весенние заморозки в период цветения растений. При пониженных температурах нарушается процесс оплодотворения и завязывания семян, бутоны и цветы увядают, стручки не образуются. При возделывании рапса необходимо учитывать его высокую потребность в воде на протяжении всего периода вегетации. В засушливые годы рапс сильнее остальных масленичных культур подвергается нападению многочисленных вредителей, а в годы с чрезмерным увлажнением его посева в большей степени поражаются грибными болезнями.

США является ведущей страной, производящей соевое масло. В странах Азии имеются большие сырьевые ресурсы соевого и арахисового масел, на Филиппинах – пальмовое масло, в Канаде – модифицированный рапс (канола), в Индии – ятрофа, в Африке – соя и ятрофа, в Бразилии – соя и касторовое масло. Для России перспективным представляется использование подсолнечного масла.

Кроме того, в России в последнее время начаты исследования [9] по применению рыжика – рода растений из семейства капустных. Это однолетние травы, покрытые сидячими, сердцевидными листьями. Цветки бледно- или золотисто-желтые, собранные в конечные кисти. Стручки несколько вздутые, грушевидные, гнезда многосемянные, семена мелкие, богатые маслом. До выведения в культуру во второй половине 19 века рыжик был сорным растением, а поэтому малотребователен к теплоте (холодостойкость $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ без снежного покрова) и влаге, вынослив, урожай постоянен и стабилен. Средняя урожайность рыжика в южных районах России составляет 0,12 т/га, рапса – 0,9 т/га. От насекомых практически не страдает. В семенах рыжика содержится до 47 % жирного масла.

Рыжиковое масло (РыжМ) применяется в химической, фармацевтической и пищевой промышленности и велика вероятность – в АПК.

Метиловый эфир рапсового масла. Метиловый эфир – это топливо по своим характеристикам наиболее близко к ДТ. МЭРМ или биодизель хорошо смешивается с дизельным топливом [10].

Биодизель – это эфиры соответствующих масел, которые используются как дизельное топливо. Метиловый эфир обычно получают методом известным как «трансэфиризация». Молекула глицерольного эфира жирной кислоты расщепляется на молекулы метилового эфира. При этом масла и жиры реагируют со спиртом (обычно метанол), а катализатором является натриевый или содовый гидроксид (сода, щелок, поташ или едкий натрий). В результате этой реакции получают метиловый эфир рапсового или другого масла и глицерин. В процессе реакции для получения 1 т метилового эфира расходуется 980 кг масла, 125 кг метилового спирта, 14,2 кг катализатора [11].

Метилвый эфир может подаваться в двигатель как в чистом виде, так и в смеси с ДТ через штатную топливоподающую систему. Необходима лишь замена некоторых уплотнительных материалов, к которым эфир агрессивен. По сравнению с дизельным топливом МЭРМ имеет ряд достоинств: высокое цетановое число, высокую температуру вспышки, лучшие смазывающие свойства [12].

Однако он имеет и ряд недостатков: низкая стабильность при хранении, отрицательное влияние на моторное масло. Метилвый эфир растворяет лакокрасочные покрытия и резину.

Так же при использовании смесевых топлив на основе эфира рапсового масла изменяются показатели рабочего процесса дизеля. При неизменных регулировках топливной аппаратуры с увеличением содержания эфира жёсткость и максимальное давление сгорания растут. Эти изменения заметны при работе дизеля на топливе с содержанием более 10 % МЭРМ [13].

Присутствие кислорода в метиловом эфире (до 11 %) улучшает процесс сгорания, что приводит к уменьшению выбросов C_nH_m на 10...56 %, CO на 10...43 %, CO_2 и сажи на 50...55 %. В связи с практически полным отсутствием в МЭРМ серы (10...15 ppm) и ароматических соединений в ОГ дизеля практически нет оксидов серы и ПАУ. При этом наблюдается увеличение эмиссии NO_x на 10 %. В совокупности выхлоп дизеля становится на 60...90 % менее токсичен. Однако если учесть количество углекислого газа, выделяемого в атмосферу при промышленном производстве биодизеля, то экологические преимущества получаются практически нулевыми. При учёте выбросов углеводородов во время производства метилового эфира суммарное их количество оказывается на 35 % выше, чем при применении ДТ.

Применение альтернативных видов топлива в Европе стимулируется межправительственными законодательными актами. В 2003 году в Европейском Союзе была принята Директива 2003/30/ЕС, в которой основной целью было увеличение доли возобновляемого топлива в общем топливном балансе стран. Необходимость повышения доли использования биотоплива на транспорте указано в Белой Книге ЕС по стратегии в области энергетики (1997г.). В Зелёной Книге ЕС (2000г.) подчёркивается ценность биомассы в обеспечении надёжности энергоснабжения [14].

Межправительственные соглашения в области биологического топлива были поддержаны национальной политикой отдельных стран ЕС. Шесть стран: Франция, Германия, Испания, Италия, Швеция, Австрия стали производить биотопливо на коммерческой основе.

С 1992 года Франция установила 100 % освобождение от налогов на производство биодизеля и 80 % освобождение от налогов – на небольшие проекты по этанолу. Однако Европейская Комиссия (ЕК) в 2000г. запретила такие льготы, так как объём продукции значительно вырос и составил 420

тыс.т. ЕК установила квоты на производство биотоплива на уровне 317,5 тыс.т.

Страны как Германия и Австрия не имеют ограничений на производство биотоплива. Политику по биотопливу в этой стране регулирует закон об акцизах на нефть и нефтепродукты («Mineralölsteuergesetz»). Спирт и топливо из растительного масла не попадают под действие этого закона, так как не являются минеральными видами топлива. Так же в законе указывается, что право на освобождение от налогов имеют растительные топлива с максимальным содержанием углеводов до 3 %.

В Испании существуют фискальные меры, в соответствии с которыми налоговые вычеты от инвестиций в новые капиталовложения, которые будут использовать возобновляемые источники энергии составляют 10 % от общей суммы инвестиций. Кроме того, для биотоплива в соответствии с Королевским Декретом 1165/95 уменьшены акцизные сборы. Для проектов по производству биотоплива из древесины, сельскохозяйственных и промышленных отходов существует субсидия в размере 30 %, которая заявлена в Декрете 615/1998.

В Италии с увеличением доли биодизеля в ДТ снижается акциз на топливо. Так же существует закон, который регулирует смешивание этанола с бензином (Legislative Decree 2800 от 1994 г.).

Шведское правительство освободило биотопливо от налогов на электроэнергию и от экологических налогов и сборов – «Акт о налогообложении энергии» (Акт 1994:1776). Два налога от которых освобождены биотоплива – это налог на выбросы CO₂ и серы. Кроме прямых налогов для поддержки производства и использования биотоплива в Швеции существуют косвенные механизмы – так называемые «зелёные налоги». Субсидий на использование биотоплива в Швеции нет.

В Австрии фермеры получают деньги за то, что выращивают энергетические культуры (например, рапс). Так же присутствуют налоговые льготы на биодизельное топливо. В качестве биодобавок в этой стране используют арахисовое и кокосовое масла [15].

Похожие механизмы применяются и в других странах: Бельгия, Финляндия, Дания, Греция, Ирландия, Нидерланды, Великобритания. В Финляндии в качестве топлива используется смесь содержащая 1/3 РМ и 2/3 ДТ и обозначается как R33. Фирмой «Caterpillar» в Бразилии рекомендуется к использованию смесь растительного масла (соевое, подсолнечное или из земляных орехов) с дизельным топливом в соотношении 1:9.

В настоящее время и в Республике Беларусь актуальным является вопрос применения возобновляемых источников энергии с целью обеспечения энергетической безопасности страны. Это подкреплено рядом нормативных актов: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 ноября 2005г. № 1339 «Об утверждении перечня государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований в области естественных, технических, гуманитарных и социальных наук на 2006–

2010гг.», Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 мая 2005г. № 512 «Об утверждении перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006–2010 годы», Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 7 ноября 2006г. № 1155 «Об утверждении Стратегии снижения выбросов и увеличения абсорбции поглотителями парниковых газов в Республике Беларусь на 2007–2012гг.», Указ Президента Республики Беларусь от 6 июля 2005г. № 315 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь», Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007г. № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».

Для выполнения этих нормативных документов Президента и Совета Министров необходимо проведение широкомасштабных научно-исследовательских работ по всему спектру альтернативных видов топлива, результаты которых будут внедрены в производство.

Следует отметить, что в Беларуси применяется только биотопливо (СТБ 1658-2006) с содержанием метиловых эфиров жирных кислот не более 5 %. Переработка рапсового масла на метиловый эфир является стремлением приблизить его свойства к свойствам дизельного топлива. МЭРМ получают химической обработкой РМ метанолом. Этот процесс не является экологически чистым и требует дополнительных затрат энергии. В результате прибыль энергии при сжигании МЭРМ будет почти в 2 раза ниже, чем при сжигании РМ. Метиловый эфир – это ядовитая и агрессивная по отношению к лакокрасочным покрытиям и резиновым уплотнителям жидкость, он отрицательно влияет на моторное масло и нестабилен при хранении [16].

В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии в аккредитованной лаборатории испытания двигателей внутреннего сгорания и топлив проводятся научные исследования по изучению возможности применения рапсового масла, этанола, метанола и биогаза для питания дизельных двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марков, В. А.** Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей / В. А. Марков, С. И. Козлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. – 296 с.
2. **Карташевич, А. Н.** Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХ, 2007. 264 с.
3. **Гусаков, С. А.** Работа дизеля на топливах, полученных из возобновляемых источников, и пути совершенствования его рабочего процесса / С. А. Гусаков, П. А. Вальехо // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2006. – № 3. – С. 69–71.
4. **Кириллов, Н. Г.** Сжиженный биометан – перспективное моторное топливо / Н. Г. Кириллов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 12. – С. 10–13.

5. **Льотко, В. А.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. А. Льотко, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.

6. **Лиханов, В. А.** Применение метанола-топливных эмульсий в тракторных дизелях / В. А. Лиханов, С. А. Плотников. – Киров, НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 96 с.

7. **Плотников, С. А.** Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей применением спиртосодержащих топлив / С. А. Плотников, С. Н. Гуцин. – Киров, 2003. – 162 с.

8. **Niehaus, R. A.** Cracked soybean oil as a fuel for a diesel engine / R. A. Niehaus, C. E. Goering, L. D., Sorenson S. C. // Transaction of the ASAE. – 1986. – Vol. 29. № 3. – P.683–689.

9. Биотопливо из рыжика / А. П. Уханов [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. – № 2. – С. 8–10.

10. **Митусова, Т. Н.** Дизельное топливо из альтернативных источников энергии / Т. Н. Митусова, М. В. Калинина // Охрана окружающей среды в городе : сборник докладов / Юго-Восток-сервис; редкол.: К. К. Какака [и др.]. – Москва, 2006. – С. 129–136.

11. **Аблаев, А. А.** Биодизель: мыслить за пределами нефтяной трубы / А. А. Аблаев // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2007. – № 1. – С. 61–65.

12. **Смирнова, Т. Н.** Биодизель – альтернативное топливо для дизелей / Т. Н. Смирнова, В. М. Подгаецкий // Двигатель. – 2007. – № 1. – С. 32–35.

13. Особенности рабочего процесса дизелей при применении смесового биотоплива различного состава / Г. М. Кухарёнок, [и др.] // Рапс: масло, белок, биодизель: материалы междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 25–27 сентября 2006 г. / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. М. А. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – С. 203–207.

14. **Каргиев, В. А.** Законодательные инициативы Европейского Союза по стимулированию применения альтернативных видов топлива для транспорта и энергоснабжения / В. А. Каргиев // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2005. – № 5. – С. 56–59.

15. Использование биологических добавок в дизельное топливо / В. М. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротехник», 2007. – 52 с.

16. **Пабло Вальехо.** Применение раздельной подачи топлива растительного происхождения в малоразмерный дизель с целью улучшения его экологических показателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02. / Пабло Вальехо. – Москва, 2000. – 16 с.