

7. Выдающемуся ученому, педагогу С. И. Назарову – 70 лет // Советский студент. – Горки, 1998. – № 14.

8. Кармановский, Л. П. Сергею Ивановичу – 70 лет / Л. П. Кармановский // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 1. – С. 40.

9. Долгих лет Вам, Сергей Иванович // Агропанорама. – 1998. – Вып. 4. – С. 4–6.

10. С. И. Назаров – выдающийся ученый и педагог. Люди / В. Р. Петровец [и др.] // Белорусская наука. – Минск: Белорус. наука.

УДК 621.432.3

## **РАСШИРЕНИЕ МНОГОТОПЛИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**А. Н. КАРТАШЕВИЧ**, д-р техн. наук, профессор  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**С. А. ПЛОТНИКОВ**, д-р техн. наук, профессор  
Вятский государственный университет,  
Киров, Российская Федерация

Многотопливным двигателем (МД) называют двигатель внутреннего сгорания (ДВС), предназначенный для работы на различных моторных нефтяных топливах – бензине, дизельном топливе и т. д. [1]. Изначально МД стали создаваться в Германии еще в 30-х годах прошлого века. Развивающаяся военная промышленность требовала создания универсального ДВС, способного надежно работать на широкой линейке топлив, в том числе и на непереработанной нефти. Основой для производства таких моторов служили карбюраторные ДВС, но подача воздуха и топлива осуществлялась отдельно. Подача воздуха производилась традиционным путем, а подачу топлива выполнял насос с давлением около 5 МПа. Запуск двигателя производился на бензине с использованием карбюратора, который в дальнейшем выключался. Поджигание горючей смеси производилось искрой от системы зажигания. Низкий технологический уровень промышленности заставил отказаться от этого пути.

Начиная с 40-х годов прошлого века постепенно стали развиваться МД, построенные на базе автомобильных дизелей. Снижение мощности, вызываемое применением топлива с меньшим удельным весом и изменением его фракционного состава, должно было быть компенсировано изменением хода рейки насоса высокого давления при максимальной подаче, созданием надежной, исключающей парообразование топлива системы питания путем повышения давления топлива в топ-

ливопроводах низкого давления, обеспечения циркуляции топлива в системе для удаления образовавшихся паров топлива, установки надежной топливной аппаратуры.

Сложность такой конструкции и необходимость тщательного наблюдения за системой топливоподачи явились основными недостатками, не позволяющими широкого развития и производства таких МД.

Решение задачи многотопливности связано прежде всего с проблемой организации процесса сгорания, позволяющего сжигать заряд таким образом, чтобы в нем не успели образоваться очаги подготовленной к детонационному воспламенению смеси. Можно назвать ряд путей решения этой проблемы, подлежащей тщательному изучению [2]. В искровых ДВС это – форкамерно-факельное зажигание, поздний впрыск топлива непосредственно в цилиндр двигателя, значительное ускорение процесса сгорания за счет улучшения турбулентных характеристик и некоторые другие.

Применительно к дизелям проблема может быть обозначена как сохранение количества топливоздушнoй смеси в цилиндре к концу периода задержки воспламенения (ПЗВ). Количество смеси зависит от длительности самого ПЗВ и от скорости образования смеси в течение названного периода. В условиях реальной работы двигателя оба фактора взаимосвязаны. Кроме того, существенное увеличение ПЗВ, вплоть до начала хода расширения, из-за падения давления и температуры может вызвать невозможность пуска двигателя. Также могут иметь место пропуски воспламенения на частичных режимах работы и при невысоких частотах вращения [2].

Чтобы дизель мог нормально работать как на дизельном топливе, так и на различных альтернативных топливах, нужно выполнить ряд требований. Прежде всего необходимо обеспечить надежное и устойчивое самовоспламенение топлива независимо от его вида и моторных свойств на всех рабочих режимах ДВС. Современный уровень двигателестроения позволяет качественно решить эту проблему. Можно обеспечить подогрев заряда на впуске, коррекцию установочного угла опережения впрыскивания в зависимости от вида топлива, применение специальных камер сгорания. Развитие отрасли двигателестроения позволяло все более качественно и вариативно решать эти задачи.

С 1958 года и до конца 90-х годов в вооруженных силах Германии эксплуатировался автомобиль MAN 630 L2A, имевший прозвище «всеядный человек МАН» по причине установленного на нем МД [3]. Двигатель автомобиля MAN 630 L2A при отсутствии ДТ мог использовать для работы смесь ДТ-бензин, жир для жарки, чистое или ис-

пользованное моторное масло. Немало таких автомобилей до настоящего времени находится в частном пользовании.

В 1947 году промышленностью СССР был выпущен в производство дизель ЯАЗ-204, а в 1961 году – дизель ЯАЗ-206 [4]. Оба дизеля относились к серии МД. По результатам испытаний была установлена их работоспособность на ДТ, реактивном топливе, автомобильном бензине и на смесях ДТ-бензин.

В 2010 году компания Cyclone Power Technologies представила МД под аббревиатурой Waste Heat Engine (WHE) – это двигатель внешнего сгорания [5]. По принципу действия это старый паровой двигатель, только модернизированный. Сообщается, что такие двигатели, среднего размера и мощности, могут быть идеальными энергетическими установками для автомобилей и тракторов. WHE могут работать как на жидком, так и на газообразном топливе. В качестве топлива также может быть этанол (Э), дизельное топливо (ДТ), бензин, уголь, биотопливо (БТ) или их смеси, а также биомасса (бытовой мусор). Следовательно, такой двигатель может работать на самых дешевых видах топлива (рис. 1).

В условиях настоящего времени МД активно используются на танках. При этом до конца не определено преимущество газотурбинных (ГТД) и дизельных ДВС.

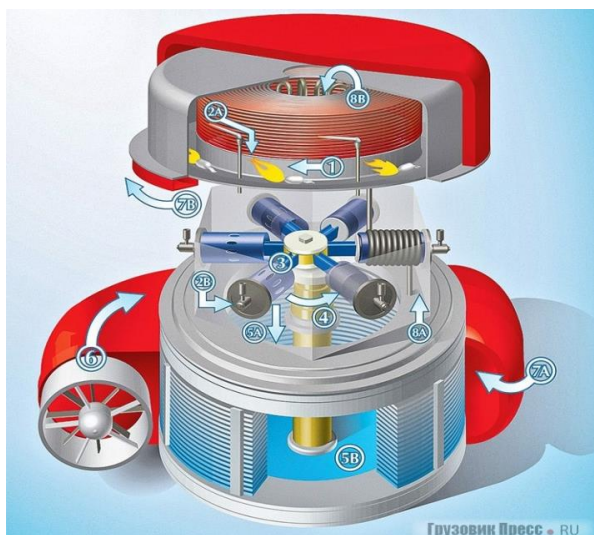


Рис. 1. Паровой многотопливный двигатель Waste Head Engine

Современные газотурбинные ГТД, как правило, многотопливные и могут работать на всем спектре топлив: бензинах всех типов, включая высокооктановый авиационный бензин, реактивном топливе, дизельном топливе с любым цетановым числом, – но номинальным топливом в мирное время для них служит авиационный керосин.

Подавляющее большинство выпускаемых дизельных двигателей снабжено системой турбонаддува, а в последние годы – и промежуточными охладителями наддувочного воздуха. Дизели имеют незначительную (на 2–9 %) потерю мощности в сравнении с ГТД, экономят топлива до 40 %, а также высокие показатели многотопливности. Кроме того, дизели легко переоборудуются для использования в качестве энергетических установок транспортных средств.



Рис. 2. Многотопливный танковый дизель В-92

На текущем этапе развития МД целесообразно не просто использовать различные виды альтернативных топлив (АТ), а адаптировать их отдельные эксплуатационные свойства, выходящие за рамки действующих стандартов, к свойствам ДТ (таблица).

#### Недостатки основных видов альтернативных топлив

Топливо	Отличительные свойства	Последствия
1. Низшие спирты (метанол, этанол)	Низкие воспламеняемость, теплота сгорания, стабильность	Потери мощности и экономичности, рост расходов на эксплуатацию ДВС
2. Промышленные газы (биогаз, генераторный газ)	Низкая теплота сгорания, молекулярное состояние	Потери мощности и экономичности, удорожание конструкции ДВС
3. Растительные масла	Высокая вязкость	Нагрузки на детали двигателя, нагар, снижение долговечности ДВС
4. Природный газ	Молекулярное состояние	Удорожание конструкции, снижение надежности ДВС

В качестве ключевых направлений научных исследований следует отметить необходимость улучшения показателей применяемости в ДВС утяжеленных, малостабильных, низкоцетановых, малокалорийных, многокомпонентных топлив, топлив с недостаточными низкотемпературными свойствами на основе растительных масел, низших спиртов, газов природного и промышленного происхождения [7].

Учеными БГСХА (Республика Беларусь) и ВятГУ (Российская Федерация) на договорной основе длительное время ведутся исследования по проблемам применения АТ в энергетических установках транспортных средств [8, 9].

На основании данных исследований впервые теоретически получен и экспериментально подтвержден способ увеличения пределов применяемости альтернативных топлив с добавками рапсового масла и биоэтанола в автотракторных дизелях.

В результате лабораторных опытов разработаны новые составы топлив, содержащие до 45 % рапсового масла, со сниженным на 22 % значением кинематической вязкости, новые составы высококонцентрированных топливных эмульсий с содержанием биоэтанола до 40 %, повышенным значением физической стабильности и улучшенными показателями воспламеняемости.

Экспериментально установлено, что работа топливоподающей аппаратуры дизеля на новых составах топлив с добавками рапсового масла до 45 % и этанола-топливных эмульсий с содержанием этанола до 40 % не вызывает отказов в ее работе.

Применение новых составов топливных эмульсий и композиций позволяет приблизить характер процесса их сгорания к характеру процесса сгорания чистого ДТ. Тем самым расширяются показатели надежности и долговечности дизеля.

Эксплуатационные испытания подтвердили целесообразность выбранного направления [10]. Энергетический КПД работы машинно-тракторного агрегата в полевых условиях равнялся  $\eta = 0,29$  при работе на ДТ и достигал  $\eta = 0,30-0,31$  при работе на новых составах топлив.

#### **Выводы:**

1. Развитие многотопливных двигателей непрерывно связано с развитием двигателестроения.
2. Многотопливные двигатели могут являться идеальными энергетическими установками транспортных средств.
3. Впервые теоретически получен и экспериментально подтвержден способ увеличения пределов применяемости альтернативных топлив в дизелях транспортных средств.
4. Увеличение пределов применяемости альтернативных топлив ведет к повышению многотопливности двигателей автомобилей и тракторов, значительно расширяет их топливную базу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/077/309.htm>
2. Плотников, С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливоподающей аппаратуры: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / С. А. Плотников. – Нижний Новгород, 2011. – 40 с.
3. [https://de.wikipedia.org/wiki/MAN\\_630](https://de.wikipedia.org/wiki/MAN_630)
4. neva-diesel.com
5. [https://Многотопливный\\_двигатель\\_Waste\\_Heat\\_Engine](https://Многотопливный_двигатель_Waste_Heat_Engine)
6. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Танковый\\_двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/Танковый_двигатель)
7. Kartashevich, A. N. Flammability of New Diesel Fuels / A. N. Kartashevich, S. A. Plotnikov // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38. – № 6. – P. 424–427.
8. Плотников, С. А. Улучшение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом для использования в тракторных дизелях / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, П. Н. Черемисинов // Двигателестроение. – 2017. – № 4. – С. 21–24.
9. Расширение многотопливности автотракторного дизеля при использовании альтернативных топлив / С. А. Плотников [и др.] // Известия МГТУ «МАМИ». – 2019. – № 3 (41). – С. 66–72.
10. Карташевич, А. Н. Исследование энергетических показателей трактора Беларус-922 при работе на топливе с добавками этанола / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Смольников // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – № 1 (120). – С. 123–128.

УДК 631.34(476)

### СПОСОБЫ ПОСЕВА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

В. В. АМЕЛИЧЕВ, аспирант

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

**Введение.** Согласно официальным данным, в Республике Беларусь ежегодно увеличивают площадь посева льна. В 2017 году площади под посев льна составляли 47,4 тыс. га, а в 2018 году – 50,1 тыс. га, что на 2,7 тыс. га больше, чем в предыдущем году [1]. В 2019 году планировалось под посев льна занять 51,4 тыс. га [2].

Это связано тем, что в нашей стране лен имеет широкое применение для получения волокна и семян. Льняное волокно идет на изготовление разнообразных тканей, обтирочного и упаковочного материала. Из семян льна получают льняное масло, которое используется как в пищевой, так и в других отраслях промышленности.

**Основная часть.** Для посева сельскохозяйственных культур используют разбросной и рядовой способы посева. В отличие от раз-