

УДК 62-503.5

UDC 62-503.5

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СТАРОГО ТОПЛИВА С БИОДИЗЕЛЕМ ПРИ МНОГОКРАТНОЙ ЗАПРАВКЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТРАКТОРА

CONSIDERATION OF THE PROCESS OF MIXING OLD FUEL WITH BIODIESEL IN MULTIPLE REFUELING OF A DIESEL TRACTOR

Гамов Артем Алексеевич
аспирант кафедры тракторов и автомобилей
РИНЦ SPIN-код: 6134-7050
WoS ResearcherID: -
Scopus AuthorID: -
e-mail: art95081@rambler.ru
*Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;
127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49*

Gamov Artem Alekseevich
postgraduate student of the Department of Tractors
and Automobiles
RSCI SPIN-code: 6134-7050
WoS ResearcherID: -
Scopus AuthorID: -
email: art95081@rambler.ru
*Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy, 127434, Russia,
Moscow, Timiryazevskaya, 49*

В данной статье рассматривается возможность использования одного топливного бака для дизельного топлива и биодизеля на примере тракторов. Суть проблемы заключается в различной теплотворной способности дизеля и биодизеля, что требует изменения подачи топлива в двигатель для сохранения заданной мощности. Рассмотрен процесс постепенного смешивания оставшегося нефтяного топлива с биодизелем при многократных заправках. Целью является определение количества заливок, необходимых для того, чтобы доля неизвестного нефтяного топлива стала пренебрежимо малой. Решение задачи представлено с использованием математической модели, основанной на геометрической прогрессии

This article discusses the possibility of using a single fuel tank for diesel and biodiesel fuel, using the example of tractors. The main issue is the different calorific values of diesel and biodiesel, which requires adjusting the fuel supply to maintain the desired power output. The article explores the process of gradually mixing the remaining petroleum fuel with biodiesel through multiple refueling sessions. The goal is to determine the number of refueling sessions required to reduce the unknown petroleum fuel content to a negligible level. The solution is presented using a mathematical model based on geometric progression

Ключевые слова: МАШИННО-ТРАКТОРНЫЙ ПАРК, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА, НЕФТЕПРОДУКТЫ, РАСХОД ТОПЛИВА, ЭКОНОМИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ПОТЕРИ ТОПЛИВА, РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Keywords: MACHINE AND TRACTOR FLEET, AGRICULTURAL MACHINERY, PETROLEUM PRODUCTS, FUEL CONSUMPTION, SAVINGS, OPERATION, FUEL LOSSES, AND OPERATING MODES OF AGRICULTURAL MACHINERY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-212-010>

Введение. Современные дизельные двигатели могут работать как на обычном дизельном топливе, так и на биодизеле. Однако, при переходе с одного типа топлива на другой, возникает необходимость в его смешивании, что приводит к постепенному уменьшению доли предыдущего нефтяного топлива в баке. Чтобы переходный процесс не

<http://ej.kubagro.ru/2025/08/pdf/10.pdf>

оказывал негативный эффект на ресурс двигателя, необходимо выбрать правильный режим работы на время переходного процесса от одного вида топлива к другому, и понять, когда процесс перехода можно считать завершенным. Поэтому требуется математически обосновать, через сколько заправок остаток старого топлива становится незначительным, и определить безопасную стратегию управления подачей в этот переходный период. В частности, в данном исследовании рассматривается ситуация, когда дизельный трактор заправляется биодизелем, при этом в его топливном баке остаётся небольшая часть неизвестного топлива с предыдущей заправки.

Цель исследований. Целью работы является определение оптимального количества заправок, после которых доля неизвестного нефтяного топлива станет настолько малой, что можно будет пренебречь его присутствием, так влияние на мощностные характеристики двигателя будет в пределах относительной погрешности.

Условия и методы. В Концепции развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 г. (утв. приказом Минсельхоза России от 25 июня 2007 г. № 342) отмечено, что одним из приоритетных направлений развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России в области механизации, электрификации и автоматизации является разработка оборудования с использованием возобновляемых источников энергии, в том числе биотоплива [1]. Согласно исследованию, все чаще наблюдается тенденция использования альтернативных видов топлива. Ведущие государства Евросоюза, а также США, Канада, Бразилия, Австралия активно развивают программы по получению и использованию биотоплива из растительного сырья. Согласно директиве ЕС от 2010 г. содержание биотоплива в нефтепродуктах должно составлять не менее 5%. До 2030 года Европейский союз планирует обеспечить 25% своих потребностей

топливом для дорожного транспорта за счет чистых и эффективных видов биологического топлива [2]. С увеличением концентрации биодизеля, в смеси с дизельным топливом КПД двигателя снижается, но при этом уменьшается дымность, но несколько увеличивается уровень выброса оксидов азота [3]. Для уменьшения уровня вредных примесей, можно осуществить регулировку по углу опережения впрыскивания топлива [4]. В предыдущих работах рассматривалась возможность использования двух топливных баков для дизельного и биодизельного топлива. Такая потребность возникает из-за того, что не на всех заправочных станциях есть биодизельное топливо. Однако такой подход требует модификации топливной системы – добавление нового бака, установку центрального насоса и т.д. Поэтому целесообразнее использовать один бак под разные типы топлива. Проблемам использования смесевых биотоплив в транспортных дизелях посвящено ряд исследований, проведенных в МГТУ им. Н.Э. Баумана и МГАУ им. В.П. Горячкина [5], Российском университете дружбы народов (РУДН) [6, 7], ГТУ «МАДИ» [8], ФНАЦ ВИМ [9, 10], НЛП «Агродизель» [11], НТУ «Харьковский политехнический институт» [12]. Вместе с тем, недостаточно изученными являются вопросы об использовании одного топливного бака под многократное изменение смеси.

Уже известно, что продолжительность горения топлива является основным показателем, который изменяется при переводе двигателя на работу на смеси ДТ и БТ [13]. То есть, чтобы использовать один топливный бак и не ухудшить характеристики дизельного двигателя, нужно контролировать выделяемую энергию значит управлять подачей топлива. Из многочисленных исследований ясно, что наибольшая теплота сгорания у дизеля, поэтому при переходе с одного топлива на другое рекомендуется перевести топливную систему в режим «Дизель». Если допустить, что в баке действительно оказалось дизельное топливо, то

потеря мощности будет в принципе отсутствовать. Если окажется, что неизвестно топливо – биодизель, то мы потеряем $\sim 9,4\%$ мощности от этого топлива. Рассмотрим другую ситуацию, что неизвестное топливо – дизельного, а топливная система работает в режиме «Биодизель». В таком случае, двигатель будет работать с перегрузкой в $\sim 9,4\%$ на неизвестном топливе, что приведет к ухудшению экологии (не все топливо будет догорать), к перегреву двигателя и в результате срок эксплуатации двигателя будет снижен. Так как лучше пренебречь потерей мощности, чем сократить срок эксплуатации двигателя, то неизвестное нефтяное топливо лучше принять за дизельное.

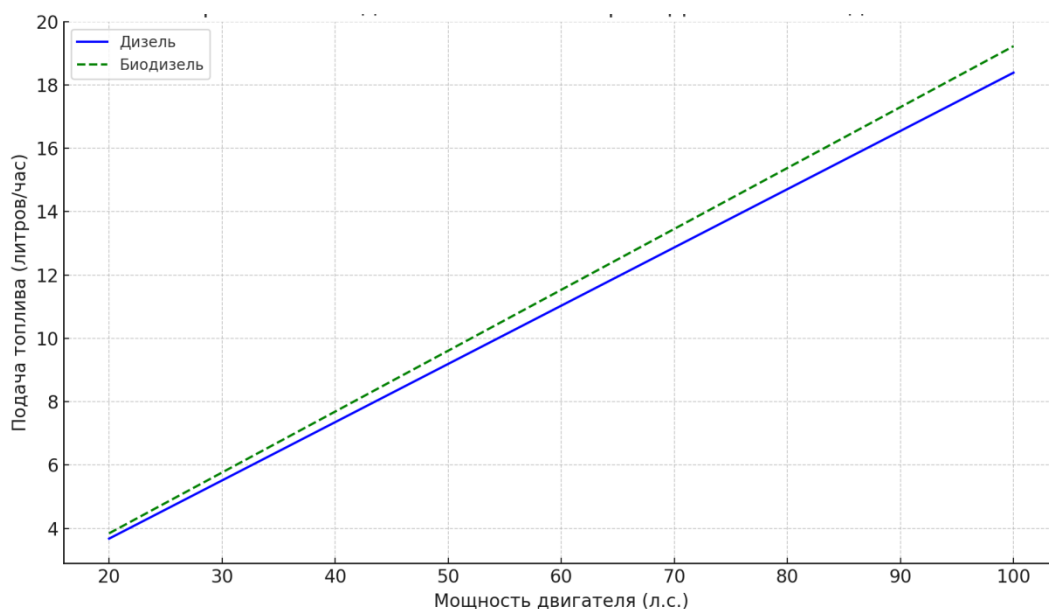


Рисунок 1. График сравнения подачи топлива дизеля и биодизеля в литрах.

На рисунке 1 отображен график изменения подачи в зависимости от выбранного топлива (режима). Биодизель (зелёная пунктирная линия) требует немного большего объёма по сравнению с обычным дизелем (синяя линия) при одинаковой мощности двигателя. Это связано с меньшей теплотворной способностью и чуть большей плотностью биотоплива.

Далее рассмотрим процесс постепенного перехода от неизвестного нефтяного топлива, которое по химическим характеристикам будем считать, что соответствует дизелю, к известному нам биодизелю. Предположим, что на первой заправке бак трактора был заполнен биодизелем, но в нем осталась небольшая доля старого дизельного топлива, составляющая 10% от общего объема. После каждой последующей заправки происходит смешивание старого топлива с новым биодизелем, и доля старого топлива постепенно уменьшается.

Если после n -й заправки доля старого топлива в баке обозначается как S_n , то можно представить процесс изменения этой доли как процесс геометрической прогрессии. Начальная доля старого топлива в баке, S_0 , равна 10%. После первой заправки старое топливо смешивается с биодизелем, и доля старого топлива в новом топливе составит 10% от 10%, то есть 1%. После второй заправки доля старого топлива составит 0,1%, и так далее.

Каждый этап можно выразить следующей формулой:

$$S_n = S_0 \times 0,1^n, \#(1.1)$$

где: S_n — доля неизвестного топлива после n -й заправки,

$S_0 = 10\%$ — начальная доля неизвестного топлива,

n — количество заправок.

Необходимо определить количество заправок, после которых доля старого топлива в баке станет настолько малой, что его можно будет считать пренебрежимо малым. Для этого введём пороговое значение доли старого топлива $S_{\text{порог}}$, ниже которого старое топливо будет считаться незначительным. В качестве примера можно взять пороговое значение 0.1%, что соответствует 0,001 от общего объема топлив в баке. Такое значение составляет меньше допустимой погрешности расчета теплотворной способности, которая в лабораторных условиях составляет

0,2%. Следовательно, 0,1% топлива можно пренебречь при расчете массы подаваемого топлива и считать, что в системе залит чистый дизель (B100).

Для того, чтобы найти, через сколько заправок старое топливо станет пренебрежимо малым, нужно решить неравенство:

$$S_n < S_{\text{порог}} \quad \#(1.2)$$

Подставим выражение для S_n

$$S_0 \times 0,1^n < S_{\text{порог}} \quad \#(1.3)$$

Теперь подставим конкретные значения:

$$10\% \times (0,1)^n < 0,1\%$$

Преобразуем неравенство:

$$(0,1)^n < \frac{0,1}{10} = 0,01$$

Чтобы решить это неравенство, примем логарифм по основанию 10 с обеих сторон:

$$n \log 0,1 < \log 0,01$$

Далее получаем:

$$n > \frac{\log 0,01}{\log 0,1} = \frac{-2}{-1} = 2$$

Таким образом, после 2 заправок доля старого топлива в баке станет меньше 0,1%, и старое топливо можно будет считать пренебрежимо малым.

Данная математическая модель также может быть использована для расчета с использованием других смесей, например, рапсовое или пальмовое масло. Использование ПМ в качестве топлива для дизелей

позволяет не только обеспечить частичное замещение нефтяных моторных топлив альтернативными биотопливами, получаемыми из возобновляемых источников энергии, и утилизацию растительных масел, не пригодных к пищевому использованию, но и улучшить показатели токсичности ОГ дизельного двигателя [14]. При заправке чистого дизеля, водитель в определенное время может добавить в дизель рапсовое масло и переключить режим работы на «РМ». В таком случае, потребуется рассчитать через сколько заправок чистым дизелем, можно будет пренебречь добавкой из рапсового масла.

Теперь рассчитаем количество подачи смесового топлива в случае, если мы пренебрегаем 10% топлива. При условии, что система работает в режиме «Дизель», в бак залили 90% дизельного топлива и 10% составило биодизельное топливо:

$$0,9 \times 1 + 0,1 \times 0,9 = 0,9 + 0,09 = 0,99$$

При условии, что система работает в режиме «Биодизель», в бак залили 90% биодизельного топлива и 10% было дизельного топлива:

$$0,9 \times 0,1 + 0,1 \times 1,21 = 0,9 + 0,121 = 1,021$$

Если не откорректировать систему, то двигатель при 10% биодизеля будет получать примерно на 0,9% меньше энергии в режиме «Дизель», чем нужно для сохранения мощности. Если система работает в режиме «Биодизель» и в баке 10% дизеля, то фактическая мощность вырастет примерно на 2,1%. Это связано с тем, что подача дизеля будет увеличена на 10% в режиме «Биодизель», при этом теплотворная способность дизеля выше 10%, отсюда получаем, что общее влияние будет $1,1 \times 1,1$, то есть 1,21. Таким образом, всегда выгоднее считать, что неизвестное топливо – дизельное, даже с учетом влияния на подачу.

Однако на практике не всегда удастся по максимуму сжечь топливо перед заправкой. По формуле 2 можно понять, что уже при 20% неизвестного топлива, потребуется минимум 3 заправки. Поэтому

рассчитаем допустимую погрешность подачи топлива. Например, для двигателя Д-245 допустимое отклонение по мощности составляет $\pm 2 \text{ кВт}$ [15]. Значит отклонение подачи будет равно:

$$Q_i = \frac{N_e}{\eta_e}, \#(1.4)$$

где N_e – допустимое отклонение мощности, η_e – КПД двигателя

Подставим значения:

$$\frac{0,02}{0,4} = 0,05$$

Отсюда получаем, что, если в баке менее 5% неизвестного нефтяного топлива, то его влиянием на подачу можно пренебречь.

Рассмотрим алгоритм подачи смесового топлива, когда в баке 50% неизвестного нефтяного топлива, соответственно заправки будут осуществляться при пустом баке наполовину. При заправке бак будет состоять из 50% известного биодизельного топлива и 50% неизвестного топлива.

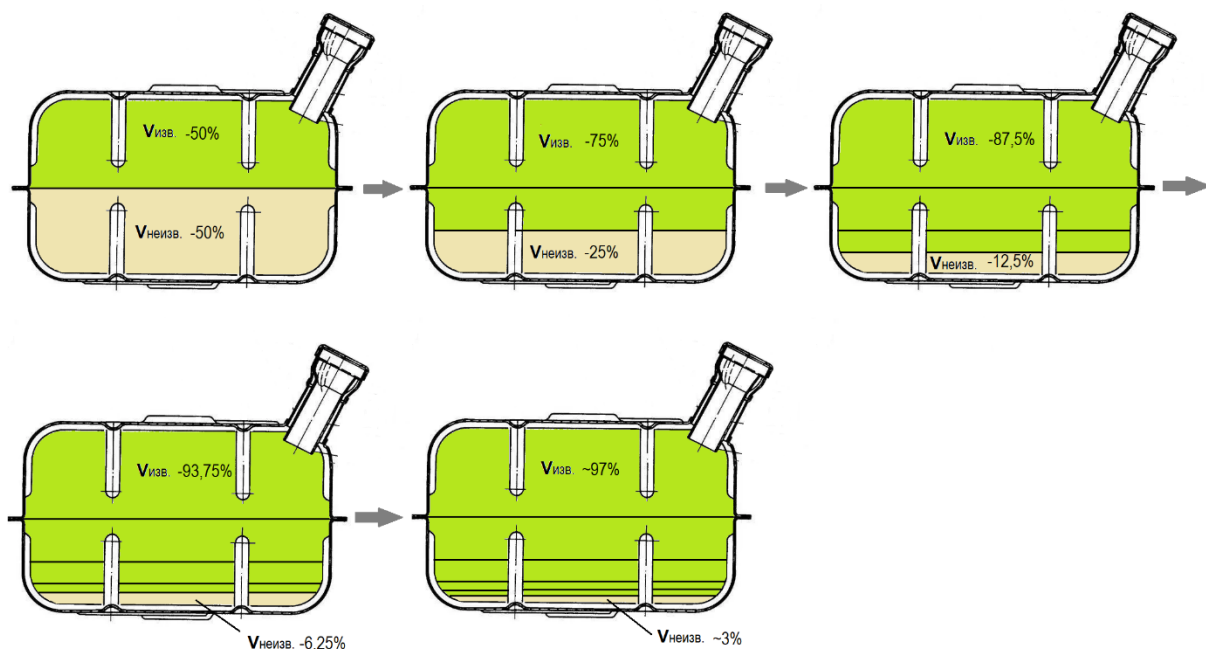


Рисунок 2. Изменение топлива в баке.

Из рисунка 2 видно, что потребуется 4 заправки, чтобы доля неизвестного топлива составила менее 5%, с учетом того, что бак будет заправлять на 50%.

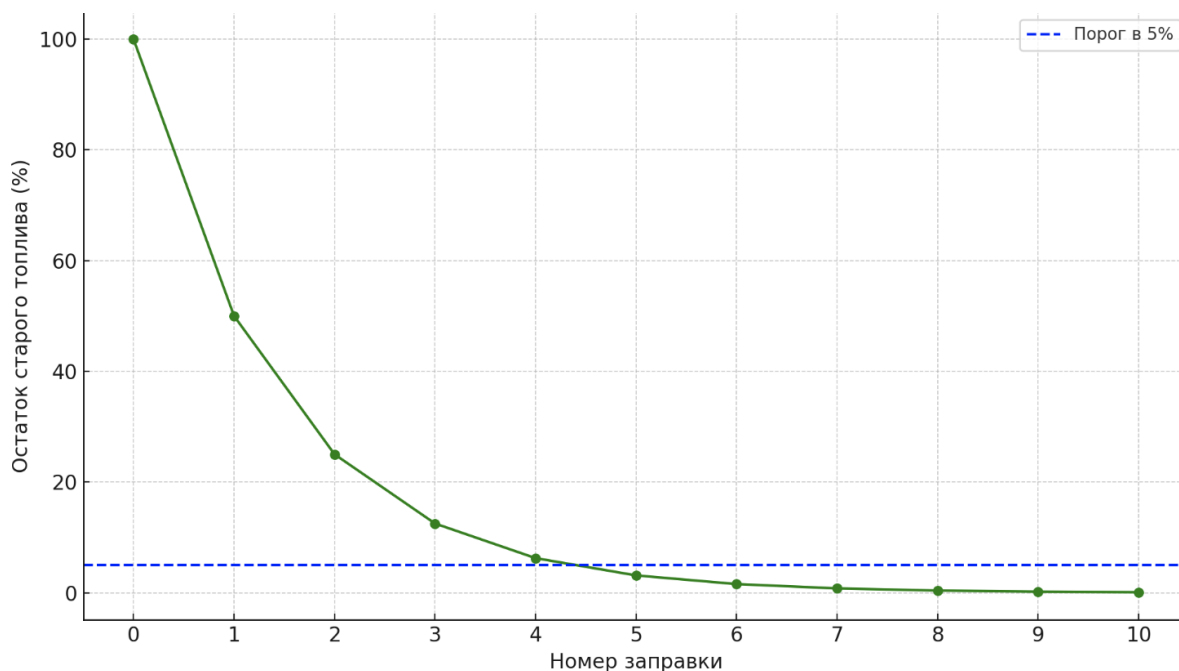


Рисунок 3. График изменения доли старого топлива.

На рисунке 3 отображен график экспоненциального убывания неизвестного топлива.

Результаты исследований. Для использования альтернативных видов топлива не обязательно модифицировать топливную систему. Самая обычная топливная система с одним баком может использоваться для разных видов топлива, если правильно рассчитать момент перехода на новое топливо. Математическая модель показала, что для того, чтобы доля старого дизельного топлива в баке стала пренебрежимо малой (менее 0,1%), необходимо провести хотя бы две заправки биодизелем. Это решение может быть полезным для тракторов и других дизельных транспортных средств, работающих на биодизеле, чтобы определить оптимальное количество заправок для эффективной замены старого топлива. С учетом информации от завода-изготовителя, допустимая потеря

мощности не должна превышать 5%, что позволяет совершить переход от одного топлива к другому даже, если в баке 20% неизвестного топлива.

Также расчет количества подаваемой смеси показал, что в случае с 10% неизвестного топлива – им можно пренебречь. Однако при повышении этого значения, стоит переводить систему в режим подачи «Дизель», чтобы не уменьшился срок эксплуатации двигателя и не оказывать негативного влияния на экологию. То есть даже на одном баке можно гибко переход с одного топлива на другое, если известен состав заправляемого топлива и количество залитых литров.

Заключение

1. Использование одного топливного бака позволяет осуществлять переход с дизельного топлива на биодизель без модификации топливной системы, если правильно оценивать остаточное топливо в баке и его влияние на параметры двигателя.

2. Процесс перехода от одного топлива к другому можно описать геометрической прогрессией, где доля остатка уменьшается экспоненциально после каждой заправки новым топливом.

3. Для начального остатка дизельного топлива 10% и полной заправки биодизелем, уже после двух заправок его доля становится менее 0,1%, что позволяет считать его влияние пренебрежимо малым.

4. Пороговое значение остатка топлива может быть выбрано в пределах 0,1...5%, в зависимости от требований к точности расчёта подачи и допустимого отклонения мощности. Например, при остатке менее 5% влияние на мощность будет не выше допустимого по нормативам.

5. Правильный выбор режима подачи топлива (например, «Дизель» при неизвестной смеси) позволяет избежать перегрузки и повысить надёжность двигателя. Предпочтительно учитывать неизвестное топливо как дизельное, даже если оно на самом деле биодизель.

6. Математическая модель даёт возможность адаптировать расчёты и к другим видам биотоплива (рапсовое, пальмовое масло), позволяя точно определить момент перехода между смесями без ущерба для двигателя.

7. Результаты могут быть использованы при проектировании адаптивных алгоритмов топливоподачи и в качестве основы для перехода на биотопливо в сельскохозяйственной технике без капитальных переделок.

Список литературы

1. О Концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года : Приказ Минсельхоза РФ N 342 от 25.06.2007.
2. Доровских, Д. В. Анализ влияния применяемых и перспективных видов биотоплива на эксплуатационные показатели дизельных двигателей / Д. В. Доровских, М. М. Глазкова, Д. Ю. Доровских // Тамбовский государственный технический университет. – 2019. – С. 2-7.
3. Гольтяпин, В. Я. Анализ топливной экономичности и углеродного следа тракторов зарубежного производства / В. Я. Гольтяпин, И. Г. Голубев, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 93-98.
4. Гамов, А. А. Автоматизация управления двигателем для экономии топлива и сокращения вредных выбросов в атмосферу в агропромышленном комплексе / А. А. Гамов, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 144-152.
5. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля / В. А. Марков, А. И. Гайворонский, С. Н. Девянин, и др. // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 1-3.
6. Исследования рабочего процесса тракторного дизеля при работе на смеси дизельного топлива и рапсового масла / Л. Н. Басистый, Луай Ахмед, И. Ю. Олесов и др. // Вестник Российского университета дружбы народов. Тепловые двигатели. – 1996. – № 1. – С. 30-36.
7. Горбунов, В. В. Экспериментальные исследования дизеля ЯМЗ-238 при его работе на смешевых топливах / В. В. Горбунов, Н. Н. Патрахальцев, А. М. Абелян // Вестник Российского университета дружбы народов. Инженерные исследования. – 2003. – № 1. – С. 5-10.
8. Лютко, В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. Лютко, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян. – М. : Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
9. Краснощеков, Н. В. Применение биомоторных топлив на энергоавтономных сельхозпредприятиях / Н. В. Краснощеков, Г. С. Савельев, А. Д. Шапкайтц // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1994. – № 11. – С. 4-7.
10. Экспресс-метод определения содержания биодизельного топлива в смеси с нефтяным топливом / В. В. Лунева, Е. А. Шарин, А. Н. Приваленко, Н. Н. Пуляев // Международный научный журнал. – 2015. – № 6. – С. 64-70.
11. Патрахальцев, Н. Н. Биотопливо для быстроходных дизелей на основе

рапсового масла / Н. Н. Патрахальцев, В. Е. Пономарев, Е. Г. Пономарев // Совершенствование мощностных и экологических показателей ДВС. – Владимир : Изд-во Владимирского государственного университета, 1997. – С. 97-98.

12. Девянин, С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. – Харьков : Изд-во «Новое слово», 2007. – 452 с.

13. Использование смесей дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла в качестве моторного топлива / В. А. Марков, С. Н. Девянин, Е. А. Улюкина, Н. Н. Пуляев // Грузовик. – 2016. – № 1. – С. 37-48.

14. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов и др. – М. : Инженер, 2011.

15. Руководство по эксплуатации двигателей Д245.7 Д245.9 Д245.12С

Spisok literatury`

1. O Koncepcii razvitiya agrarnoj nauki i nauchnogo obespecheniya APK Rossii do 2025 goda : Prikaz Minsel`xoza RF N 342 ot 25.06.2007.

2. Dorovskix, D. V. Analiz vliyaniya primenyaemy`x i perspektivny`x vidov biotopliva na e`kspluatatsionny`e pokazateli dizel`ny`x dvigatelej / D. V. Dorovskix, M. M. Glazkova, D. Yu Dorovskix // Tambovskij gosudarstvenny`j texnicheskij universitet. – 2019. – S. 2-7.

3. Gol`tyapin, V. Ya. Analiz toplivnoj e`konomichnosti i uglerodnogo sleda traktorov zarubezhnogo proizvodstva / V. Ya. Gol`tyapin, I. G. Golubev, N. N. Pulyaev // Chteniya akademika V. N. Boltinskogo : sbornik statej, Moskva, 22-23 yanvarya 2025 goda. – M. : ООО «Sam Poligrafist», 2025. – S. 93-98.

4. Gamov, A. A. Avtomatizaciya upravleniya dvigatelem dlya e`konomii topliva i sokrashheniya vredny`x vy`brosov v atmosferu v agropromy`shlennom komplekse / A. A. Gamov, N. N. Pulyaev // Chteniya akademika V. N. Boltinskogo : sbornik statej, Moskva, 22-23 yanvarya 2025 goda. – M. : ООО «Sam Poligrafist», 2025. – S. 144-152.

5. Rapsvoe maslo kak al`ternativnoe toplivo dlya dizelya / V. A. Markov, A. I. Gajvoronskij, S. N. Devyanin, i dr. // Avtomobil`naya promy`shlennost`. – 2006. – № 2. – S. 1-3.

6. Issledovaniya rabocheho processa traktornogo dizelya pri rabote na smesi dizel`nogo topliva i rapsovogo masla / L. N. Basisty`j, Luaj Axmed, I. Yu. Olesov i dr. // Vestnik Rossijskogo universiteta družby` narodov. Teplovy`e dvigateli. – 1996. – № 1. – S. 30-36.

7. Gorbunov, V. V. E`ksperimental`ny`e issledovaniya dizelya YaMZ-238 pri ego rabote na smesevy`x toplivax / V. V. Gorbunov, N. N. Patraxal`cev, A. M. Abelyan // Vestnik Rossijskogo universiteta družby` narodov. Inzhenerny`e issledovaniya. – 2003. – № 1. – S. 5-10.

8. L`otko, V. Primenenie al`ternativny`x topliv v dvigatelyax vnutrennego sgoraniya / V. L`otko, V. N. Lukanin, A. S. Xachiyani. – M. : Izd-vo MADI (TU), 2000. – 311 s.

9. Krasnoshhekov, N. V. Primenenie biomotorny`x topliv na e`nergoavtonomny`x sel`xozpredpriyatiyax / N. V. Krasnoshhekov, G. S. Savel`ev, A. D. Shapkajcz // Traktory` i sel`skoxozyajstvenny`e mashiny`. – 1994. – № 11. – S. 4-7.

10. E`kspress-metod opredeleniya sodержaniya biodizel`nogo topliva v smesi s neftyany`m toplivom / V. V. Luneva, E. A. Sharin, A. N. Privalenko, N. N. Pulyaev // Mezhdunarodny`j nauchny`j zhurnal. – 2015. – № 6. – S. 64-70.

11. Patraxal`cev, N. N. Biotoplivo dlya by`strohodny`x dizelej na osnove rapsovogo masla / N. N. Patraxal`cev, V. E. Ponomarev, E. G. Ponomarev // Sovershenstvovanie moshhnostny`x i e`kologicheskix pokazatelej DVS. – Vladimir : Izd-vo Vladimirskogo gosudarstvennogo universiteta, 1997. – S. 97-98.

12. Devyanin, S. N. Rastitel`ny`e masla i topliva na ix osnove dlya dizel`ny`x

dvigatelej / S. N. Devyanin, V. A. Markov, B. G. Semenov. – Xar`kov : Izd-vo «Novoe slovo», 2007. – 452 s.

13. Ispol`zovanie smesej dizel`nogo topliva i metilovogo e`fira podsolnechnogo masla v kachestve motornogo topliva / B. A. Markov, C. N. Devyanin, E. A. Ulyukina, N. N. Pulyaev // Gruzovik. – 2016. – № 1. – S. 37-48.

14. Ispol`zovanie rastitel`ny`x masel i topliv na ix osnove v dizel`ny`x dvigatelyax / S. N. Devyanin, V. A. Markov, V. G. Semenov i dr. – M. : Inzhener, 2011.

15. Rukovodstvo po e`kspluatacii dvigatelej D245.7 D245.9 D245.12S