

**IMPACTUL UTILIZĂRII
COMBUSTIBILILOR ALTERNATIVI
ASUPRA PERFORMANȚEI ECOLOGICE A
MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN
COMPRIMARE**

Student:

Balabanov Fedosei

Conducător:

**Banari Eduard
Dr., în șt. ing.
Lector universitar**

Chișinău, 2025

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul Transporturi**

**Admis la susținere
Șef departament:
Ceban Victor, conferențiar universitar, dr.**

„_____” _____ 2025

**IMPACTUL UTILIZĂRII
COMBUSTIBILILOR ALTERNATIVI ASUPRA
PERFORMANȚEI ECOLOGICE A MOTOARELOR
CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE**

Teză de master

Student:

**Balabanov Fedosei,
grupa STAITA 231 M**

Conducător:

**Banari Eduard,
lector universitar, dr.**

Chișinău, 2025

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЙ
РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА**

**Технический Университет Молдовы
Факультет Инженерной Механики, Промышленности и Транспорта
Департамент Транспорта**

Допущен к защите
Зав. департамента:
Чебан Виктор, д.т.н., конф. унив.

„_____” _____ 2025

**ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА НА
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ДВИГАТЕЛЕЙ С ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ОТ
СЖАТИЯ**

Магистерская диссертация

Студент:

**Балабанов Федосей,
группа СТАІТА 231 М**

Руководитель:

**Банарь Эдуард,
Д.т.н., препод. унив.**

Кишинев, 2025

АННОТАЦИЯ

Балабанов Федосей. „Влияние использования альтернативных видов топлива на экологические показатели двигателей с воспламенением от сжатия”. Магистерская диссертация. ТУМ, Кишинев, 2025.

Структура магистерской диссертации: введение, три главы, общие выводы, библиография из 75 страниц формата А4, 25 рисунков и 4 таблиц.

Ключевые слова: рапсовое масло, биодизель, двигатель внутреннего сгорания; выхлопные газы.

Цель работы заключается в исследовании влияния использования альтернативных видов топлива, таких как биодизель и другие возобновляемые источники энергии, на экологические показатели дизельных двигателей с воспламенением от сжатия.

Цель исследования заключается в анализе воздействия использования альтернативных видов топлива на экологические показатели дизельных двигателей с воспламенением от сжатия, с целью выявления их влияния на выбросы вредных веществ и оценкой их экологической эффективности.

Методы, примененные при проведении исследования: основным методом исследования было проведение экспериментов с различными типами альтернативных топлив, включая биодизель и его смеси с традиционным дизельным топливом. Эксперименты проводились на дизельных двигателях для определения их экологических характеристик, таких как уровень выбросов CO_2 , NO_x , твердых частиц, углеводородов и других загрязнителей.

Полученные результаты: В результате лабораторных исследований установлено, что значения плотности (при 15°C) и кинематической вязкости (при 40°C) чистого биодизеля В100 совпадают со значениями, установленные в стандарте SM STB 1657:2009 (EN 14214:2003), регламентирующий физико-химические и эксплуатационные свойства топлива для ДВС.

В результате стендовых испытаний установлено, при работе двигателя 4Ч 11,0/12,5 на биотопливе (В20, В50 и В100) приводит к снижению концентрации вредных веществ (углекислый газ CO , углеводороды C_nH_m и дымность) до 34,8% по сравнению с дизельным топливом.

ANNOTATION

Balabanov Fedosei. "The impact of alternative fuels on the environmental performance of compression ignition engines". Master's thesis. TUM, Chisinau, 2025.

The structure of the master's thesis: introduction, three chapters, general conclusions, bibliography of 75 A4 pages, 25 figures and 4 tables.

Keywords: rapeseed oil, biodiesel, internal combustion engine; exhaust gases.

The aim of the work is to study the impact of using alternative fuels, such as biodiesel and other renewable energy sources, on the environmental performance of compression ignition diesel engines.

The aim of the study is to analyse the impact of using alternative fuels on the environmental performance of compression ignition diesel engines, in order to identify their impact on emissions of harmful substances and assess their environmental performance.

Methods used in the study: The main method of the study was to conduct experiments with various types of alternative fuels, including biodiesel and its blends with traditional diesel fuel. The experiments were conducted on diesel engines to determine their environmental characteristics, such as the level of emissions of CO₂, NO_x, particulate matter, hydrocarbons and other pollutants.

Results obtained: As a result of laboratory studies, it was established that the values of density (at 15 ° C) and kinematic viscosity (at 40 ° C) of pure biodiesel B100 coincide with the values established in the SM STB 1657: 2009 (EN 14214: 2003) standard, which regulates the physicochemical and operational properties of fuel for internal combustion engines.

As a result of bench tests, it was established that when the 4Ч 11.0/12.5 engine runs on biofuel (B20, B50 and B100), the concentration of harmful substances (carbon dioxide CO, hydrocarbons C_nH_m and smoke) decreases to 34.8% compared to diesel fuel.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК АББРЕВИАТУР	6
СПИСОК ТАБЛИЦ	7
АННОТАЦИЯ.....	8
ANNOTATION.....	9
ВВЕДЕНИЕ	12
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 История развития биодизельного топлива.....	14
1.2 Тенденции мирового рынка биодизеля	16
1.3 Поколения биотоплива	20
1.4 Основа для производства биотоплива.....	23
1.5 Физико-химические свойства альтернативных видов топлив	27
1.6 Преимущество и недостатки биодизельного топлива	30
1.7 Выводы по первой главе	33
2. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	34
2.1 Программа исследований	34
2.2 Методика оценки качества топлива.....	35
2.3 Стендовые исследования ДВС	39
2.4 Технология и оборудование для получения биодизельного топлива	42
2.5 Методика экспериментальных исследований	46
2.6. Определение токсичности выхлопных газов двигателя работающего на различных видах топлива.....	48
2.7 Выводы по второй главе	51
3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	52
3.1 Исследование физико-химических и эксплуатационных свойств биотоплива.....	52
3.1.1 Общие сведения о проведении экспериментальных исследований.....	52
3.1.2 Плотность и кинематическая вязкость биотоплива.....	53
3.1.3 Температура вспышки	55
3.1.4 Температура помутнения	56
3.2 Токсичные компоненты отработавших газов	58
3.3 Анализ о исследования выхлопных газов.....	62
3.4 Рекомендации по применению биодизельного топлива	68
3.5 Выводы по третьей главе.....	69
ВЫВОДЫ	71
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	72

ВВЕДЕНИЕ

Человечество привычно использовало биотопливо на протяжении всей своей истории. Но в последние десятилетия, столкнувшись с последствиями масштабного сжигания ископаемых энергоносителей и осознавая ограниченность их запасов, люди по-новому взглянули на этот ресурс. Биотопливо заняло свое место среди возобновляемых источников энергии наряду с солнцем, ветром, теплом недр земли. Это произошло на новом витке технического развития и потребовало других подходов к получению и переработке энергетического сырья [37].

Мировая транспортная отрасль переживает огромные перемены, поскольку растет потребность в устойчивых энергетических решениях. Это изменение в основном вызвано расширением биотопливной промышленности, которая обеспечивает экологически ответственную и устойчивую замену ископаемому топливу. Использование биотоплива в транспорте становится все более важным, поскольку страны стремятся достичь климатических целей и снизить выбросы углекислого газа.

Спрос на транспорт резко вырос в результате растущей урбанизации, индустриализации и развития народонаселения. Но это расширение произошло за счет роста загрязнения, выбросов парниковых газов и истощения запасов ископаемого топлива. В результате организации и правительства во всем мире рассматривают биотопливо как реальный вариант более экологически чистого транспорта.

Биотопливо получают из органических материалов, таких как растительные масла, сельскохозяйственные отходы и животные жиры, что делает его возобновляемым и менее вредным для окружающей среды. Поскольку традиционное ископаемое топливо подвергается все большему вниманию, биотопливо представляет собой устойчивый вариант удовлетворения энергетических потребностей транспортного сектора.

Рынок биотоплива для транспорта определяет будущее устойчивой мобильности. Поскольку мир ищет более чистые альтернативы ископаемому топливу, биотопливо оказалось надежным и экологически чистым решением. Благодаря растущим инвестициям, технологическим достижениям и поддерживающей государственной политике биотопливо может сыграть значительную роль в трансформации глобальной транспортной отрасли. Инвесторы и предприятия, осознающие потенциал рынка, получают выгоду от продолжающегося перехода к возобновляемым источникам энергии.

Существует растущий интерес к использованию альтернативных источников энергии, таких как биотопливо, в качестве заменителей традиционных ископаемых топлив, таких и др.. Одним из наиболее перспективных видов биотоплива является биодизель,

который представляет собой возобновляемый экологически чистый вид топлива, получаемый из растительных масел, животных жиров или других органических источников. Биодизель активно используется в качестве добавки или полной замены традиционному дизельному топливу, особенно в транспортной и сельскохозяйственной сфере.

С увеличением цен на нефть и растущими экологическими проблемами, такими как выбросы углекислого газа и загрязнение воздуха, использование биодизеля становится более актуальным. Он обладает рядом преимуществ перед обычным дизельным топливом, таких как более низкий уровень выбросов вредных веществ, уменьшение зависимости от ископаемых источников энергии, а также способствует созданию рабочих мест в аграрном секторе. Однако для массового внедрения биодизеля в транспортные системы и промышленность необходимо преодолеть несколько технологических и экономических препятствий.

На сегодня биодизель используется в качестве экологически чистой альтернативы традиционному дизельному топливу во многих странах мира. В странах Европейского Союза, Северной Америки и Азии биодизель уже является неотъемлемой частью энергетических стратегий и активно используется в транспорте, включая автобусы, грузовики и даже морские суда. В некоторых странах производители обязаны использовать биодизель в смеси с традиционным дизельным топливом (например, смесь B5, которая состоит из 5% биодизеля и 95% обычного дизеля).

Биодизель также имеет более низкие уровни серы, углекислого газа (CO_2) и оксидов азота (NO_x) в выбросах, что делает его привлекательным с точки зрения экологических стандартов. Кроме того, использование биодизеля способствует уменьшению выбросов парниковых газов, так как углерод, поглощенный растениями в процессе фотосинтеза, компенсирует выбросы CO_2 при сгорании биотоплива.

Тем не менее, многие страны, стремящиеся к энергетической независимости и устойчивому развитию, продолжают инвестировать в технологии производства биодизеля, создавая стимулы для производства и использования этого вида топлива. В перспективе ожидается дальнейшее развитие технологий, что приведет к снижению затрат на производство биодизеля и расширению его применения в различных отраслях экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ABABII, A., DOROFTEI, V., ȚIȚEI, V., COZARI, S., ANDREOIU, A. C., GADIBADI, M., GUDIMA, A., NAZAR, B., DARADUDA, N.. The cell wall components and theoretical ethanol potential of *Macleaya cordata* (Willd.) R.br. stems. In: *Biology and sustainable development*. Ediția 21, 23 noiembrie 2023, Bacău. Bacău: 2023, pp. 60-61.
2. BANARI, E. *Argumentarea compoziției biocombustibilului pentru motoare cu aprindere prin comprimare*: tz. de doct. în șt. ingineresti, UTM, Chișinău, 2024. 132 p.
3. BANARI, E. Studiul performanțelor energetice a motorului cu ardere internă alimentat cu biodiesel obținut din uleiuri vegetale. În: *Conferința „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”*. Bălți, Moldova, 20-21 mai 2022, Ediția 6, p. 251-255.
4. BANARI, E. Evaluarea performanțelor ecologice ale motorului cu aprindere prin comprimare alimentat cu diverse tipuri de combustibili. În: *Știința agricolă*, UASM, Chișinău, 2022, nr. 1, p. 92-96, ISSN 1857-0003.
5. BANARI, E., MANCUȘ, N. Impactul ecologic al utilizării biocarburanților. În: *Ingineria Automobilului*, nr. 45 / decembrie, 2017, p. 14-16, România, ISSN 2457 – 5275.
6. BANARI, E. Performanțele energetice ale unui motor Diesel alimentat cu biocombustibil. În: *Transport: economie, inginerie și management. Conferința a IV-a științifică internațională*, 29-30 octombrie 2010. Ch.: UTM, 2010, p. 137-140, ISBN 978-9975-45-145-1.
7. BANARI, E. Impactul ecologic la utilizarea carburanților alternativi pentru autovehicule. În: *Transport: economie, inginerie și management. Conferința națională științifico-practică cu participare internațională*. 28-29 octombrie 2011. Ch.: UTM, 2011. p. 177-180, ISBN 978-9975-45-181-9.
8. BANARI, E. Influența utilizării biocarburanților asupra mediului și căile de diminuare a acestora. În: *Sisteme de transport și logistică. Materialele Conferinței Internaționale Chișinău*, 7-9 decembrie 2011. Chișinău „Evrica”, 2011, p. 95-99, ISBN 978-9975-4448-0-4.
9. BANARI, E. Unele probleme ale utilizării uleiului din produse vegetale la motoarele cu aprindere prin comprimare. În: *Lucrări științifice*, UASM. Chișinău, 2008, vol. 21, (Inginerie Agrară și Transport auto), p. 230-231, ISBN 978-9975-64-132-6.
10. BANARI, E. Parametrii fizico-chimici ai uleiului de motor alimentat cu diferite tipuri de combustibil. În: *Lucrări științifice*, UASM. Chișinău, 2013, vol. 38, (Inginerie Agrară și Transport auto), p. 279-280, ISBN 978-9975-64-125-8.
11. BANARI, E. Aspecte ecologice la utilizarea combustibililor alternativi în MAI. În: *Lucrări științifice*, UASM, Chișinău, 2015, vol. 45, (Inginerie Agrară și Transport auto), p. 315-318, ISBN 978-9975-64-276-7.
12. BENEĂ, B. C. *Cercetări privind utilizarea biocarburanților pentru motoarele de autovehicule*: tz. de doct. în tehnică, Brașov, 2014. 92 p.
13. BEȘLEAGĂ, Ig. *Performanțele energetice și ecologice ale motoarelor cu aprindere prin comprimare alimentate cu diverse tipuri de combustibili*: tz. de doct. în tehnică, UASM, Chișinău, 2011. 130 p.
14. HĂBĂȘESCU, I., et al. *Energie din biomasă: Tehnologii și mijloace tehnice*. Min. Agriculturii și Industriei Alimentare, Academia de Științe a Moldovei, Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro”. Chișinău, Bons Offices, 2009, 368 p. ISBN 978-9975-80-301-4.
15. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., ESIR, M., NOVOROJDIN, D., BANARI, E., LUPAȘCU, T., DRAGALIN, I. Indicii de performanță a motorului cu aprindere prin comprimare alimentat cu biocombustibil. În: *Energetica Moldovei. Aspecte regionale de dezvoltare*. Ediția I, 21-24 septembrie 2005, Chișinău. Republica Moldova: Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei, 2005, pp. 672-683, ISBN 9975-62-145-7.
16. LĂCUSTĂ, I., BEȘLEAGĂ, Ig., BANARI, E. Utilizarea biodieselului la alimentarea MAC. În: *Buletinul Institutului Politehnic din Iași*. Tomul LVI (LX), Fasc. 4B, Secția Construcții de mașini, Editura Politehnicum, Iași, 2010, p. 395-400.

17. LĂCUSTĂ, I., BEȘLEAGĂ, Ig., BANARI, E. Performanțele energetice ale motorului diesel alimentat cu biodiesel. În: *Agricultura Moldovei. Revistă de știință și practică*. № 7-8, 2009, p. 26-28, ISSN 0582-5229.
18. LĂCUSTĂ, I., BEȘLEAGĂ, Ig., BANARI, E. Impactul ecologic la utilizarea biocombustibilului pentru alimentarea motoarelor diesel. În: *Mediul Ambient. Revistă științifică, de informație și cultură ecologică*. № 5 (47) octombrie, 2009, p. 20-23, ISSN 1810-9551.
19. NOVOROJDIN, D., GĂINĂ, A., BANARI, E. Potențialul utilizării carburanților netradiționali pentru tractoare și automobile în Republica Moldova. În: *70 ani ai Universității Agrare de Stat din Moldova. Materialele simpozionului științific internațional*, UASM, Chișinău, 2003, p. 93-94, ISBN 9975-9624-5-9.
20. NOVOROJDIN, D., BANARI, E. Utilizări ale biocombustibilului la motoarele cu aprindere prin comprimare. În: *Impactul transporturilor asupra mediului ambient/Materialele Conferinței Științifice, 23-24 octombrie*. Chișinău „Evrica” 2008, p. 48-49.
21. NOVOROJDIN, D., BANARI, E. Particularitățile utilizării uleiului din produse vegetale la motoarele cu aprindere prin comprimare. În: *Sisteme de transport și logistică. Materialele Conferinței Internaționale Chișinău, 25-26 octombrie*. Chișinău „Evrica” 2007, p. 32-33.
22. SCLEAR, P., MELNIC, Iu., DARADUDA, N. Conversia biomasei în energie în condițiile Republicii Moldova. In: *Realizări și perspective în mentenanța utilajului agricol și a autovehiculelor*. 30 septembrie 2011, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Institutul de Științe ale Educației, 2011, pp. 221-227. ISBN 978-9975-64-218-7.
23. SLIUSARENCO, V. Instalația cu funcționare periodică pentru obținerea biodieselului. În: *Meridian ingineresc*, 2006, nr. 2, p. 35-36.
24. VOLEAC, P., GADIBADI, M., DARADUDA, N.. Rezultatele încercărilor de laborator a motorului diesel 4DC-125/110 alimentat cu combustibili alternativi. In: *Inginerie agrară și transport auto*. Vol.51, 4-5 octombrie 2018, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea Agrară de Stat din Moldova, 2018, pp. 348-352. ISBN 978-9975-64-300-9. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/96369.
25. BANARI, E. Studies abouts the energy and economic performances of the DC4 11.0/12.5 biodiesel combustion engine. În: *Ingineria Automobilului*, nr. 66 / martie 2023, p. 22-24, România, ISSN 1842 - 4074.
26. BANARI, E. Study in the field of reducing the harmfulness of a biodiesel powered engine. În: Conferința „*Life sciences in the dialogue of generations: connections between universities, academia and business community*”, 2 Chișinău, Moldova, 29-30 septembrie 2022, ISBN 978-9975-159-80-7.
27. LACUSTA, I., et al. Technology and equipment for the production biofuel from oily plants. In: *Buletinul institutului politehnic din Iași, tomul LVI (LX), FASC. 4B*. Editura Politehniun, 2010.
28. KNOTHE, G. Biodiesel fuels. In: *Progress in Energy and Combustion Science*. Vol. 58, 2017.
29. PAHL, G. Biodiesel: Growing a New Energy Economy. Chelsea Green Publishing, 2005, p. 285.
30. VAN Gerpen, et al. (2007). Biodiesel: An Alternative Fuel for Compression Ignition Engines.
31. ЛАКУСТА, И. Г., БЕШЛЯГЭ, И. И, БАНАРЬ, Э. П. Особенности теплового расчета дизельного двигателя, работающего на биотопливе. В: *Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения*. Издательство: Брянский ГАУ (Кокино) №: 1 (16), г. 2017, стр. 237-245, ISBN 5-88517-082-7.
32. МАРКОВ, В. А., и др. Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с., ил.
33. СМАЙЛИС, В. И. Проблемы снижения токсичности и дымности отработавших газов дизелей // *Двигателестроение*, 1991. – №1. - с. 3-6.
34. СЛЮСАРЕНКО, В., ГАНЯ, Г., ЛАКУСТА, И., БАНАРЬ, Е. Технологический процесс производства биотоплива. În: *Știința agricolă*, UASM, Chișinău, 2010, nr. 1, pp. 58-61.

35. ПОБЕДИНСКИЙ, В., СКЛЯР, П., ДАРАДУДА, Н. Комплексное использование возобновляемых энергоисточников в Молдове. *Конструювання, вир-во та експлуатація с.-г. машин: Загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб.* / Кіровоград. держ. техн. ун-т. – Кіровоград, 2003. – Вип. 33. – С.34-40.
36. ПОБЕДИНСКИЙ В., СКЛЯР П., ДАРАДУДА Н. Комплексное использование возобновляемых энергоисточников в Молдове. *În: Труды 3й Международной наудно-технической конференции (ГНУ ВИЭСХ), Часть 4.* Москва, 2003, с. 308-314., ISSN 0131-5277.
37. СКЛЯР, П.А., ДАРАДУДА, Н.И., БЕЖАН, М.М., РАЦУЦА, Д.А. Энергетические и экологические аспекты использования биомассы в сельскохозяйственном производстве Молдовы. *În: Задачи высшего образования в условиях перехода на двухуровневую систему подготовки кадров для аграрно-промышленного комплекса. Материалы научно-практической конференции.* Тирасполь, Изд-во Приднестр. ун-та, 2011, стр. 99-108.
38. <https://houses.ru/>
39. <https://biodiesel.com/history-of-biodiesel-fuel/>
40. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/>
41. <https://www.apk-inform.com/ru/news/1544269>
42. <https://www.ofimagazine.com/news/global-biodiesel-production-rises-to-record-level>
43. <http://energycraft.org/>
44. <https://au92.ru/index.php?route>
45. <https://petrolcards.ru>
46. [https://ttgroupworld.com/.](https://ttgroupworld.com/)
47. <https://www.trader-oil.ru/>
48. <https://www.studiplom.ru>