

УДК 662.768.4.

БІОДИЗЕЛЬ - АЛЬТЕРНАТИВНА ЗАМІНА ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Журенко Ю.І

Яропуд В.М

Бабин І.А.

Вінницький національний аграрний університет

Зі зростаючою стурбованістю з приводу зменшення енергетичних ресурсів в навколишньому середовищі, почав підвищуватись інтерес до вивчення альтернативних джерел енергії, зокрема палива. Таке паливо, як біодизельне, яке може стати відповідною заміною дизельного палива для двигунів внутрішнього згорання. Біодизель є дуже перспективною альтернативою дизельному паливу, так як він є відновлюваним і має схожі властивості. Біодизель характеризується як вид відновлюваного палива, отриманий з рослинних олій або тваринних жирів з властивостями, аналогічними або кращими, ніж дизельне паливо. Велика кількість науково-дослідних проектів і презентацій показали, що біодизель може бути використано в чистому вигляді або в суміші із звичайним дизельним паливом в дизельних двигунах, конструкцію, яких не потрібно змінювати. Дана стаття розглядає історію розвитку біодизельного палива, виробництва та його практичного використання. Паливо-мастильні властивості біодизеля, розглядаються в порівнянні зі звичайним дизельним паливом. Ефект використання біодизельного палива відображається на потужності двигуна. В статті проаналізовані витрата палива і теплова ефективність біодизеля, в порівнянні зі звичайним дизельним паливом. Також розглянуто показники викидів біодизельного і дизельного палива.

With a growing disturbance concerning diminishing of power resources in an environment, interest began to rise to the study of alternative energy sources, in particular fuels. Such fuel, as a biodiesel which can become the proper replacement of fuel-oil for the engines of internal combustion. A biodiesel is a very perspective alternative a fuel-oil, so as he is refurbishable and is alike characteristics. A biodiesel is characterized as a type of refurbishable fuel, got from vegetable butters or adiposes with properties, analogical or better, than fuel-oil. Plenty of research projects and presentations rotined that biodiesel it can be used in a clean kind or in mixtures with an ordinary fuel-oil in diesel engines, construction, which do not need to be changed. This article examines history of development of biodiesel fuel, production, and him the practical use. Palivo-mastil'ni of property of biodiesel, examined in comparison by an ordinary fuel-oil. The effect of the use of biodiesel fuel is represented on engine power. In the articles analysed expense of fuel and thermal efficiency of biodiesel, as compared to an ordinary fuel-oil. The indexes of extrass of biodiesel and diesel fuel are also considered.

...

Значне збільшення числа автомобілів в останні роки призвело до великого попиту на нафтопродукти. Але запасів нафти по прогнозованим оцінкам вистачить лише на декілька

десятиліть, тим самим спостерігається активний пошук альтернативних видів палива. Виснаження запасів нафти викличе істотний вплив на транспортний сектор. З різних альтернативних видів палива розглянемо біодизель, який отримують з рослинних масел. Біодизель є найбільш перспективним альтернативним паливом в порівнянні з іншими, в зв'язку з наступними причинами [1]:

- біодизель може використовуватися в існуючих двигунах без будь-яких конструктивних змін;
- біодизель виготовляється виключно з рослинних джерел, він не містить сірки, ароматичних вуглеводнів, металів і нафтових залишків;
- біодизель - є киснем палива. Викиди оксиду вуглецю та газів менші, в порівнянні зі звичайним дизельним паливом;
- на відміну від видобувного палива, використання біодизелю не впливає на глобальне потепління, викиди CO₂ (вуглекислого газу) поглинаються рослинами.
- біодизельне паливо можна класифікувати, як негорючу рідину;
- використання біодизеля може продовжити життя дизельних двигунів, тому що змащувальні властивості більші в порівнянні з дизельним паливом;
- біодизель виготовляється з відновлюваної рослинної олії (жирів тваринного походження) і, отже, підвищує паливну або енергетичну безпеку та незалежність економіки.

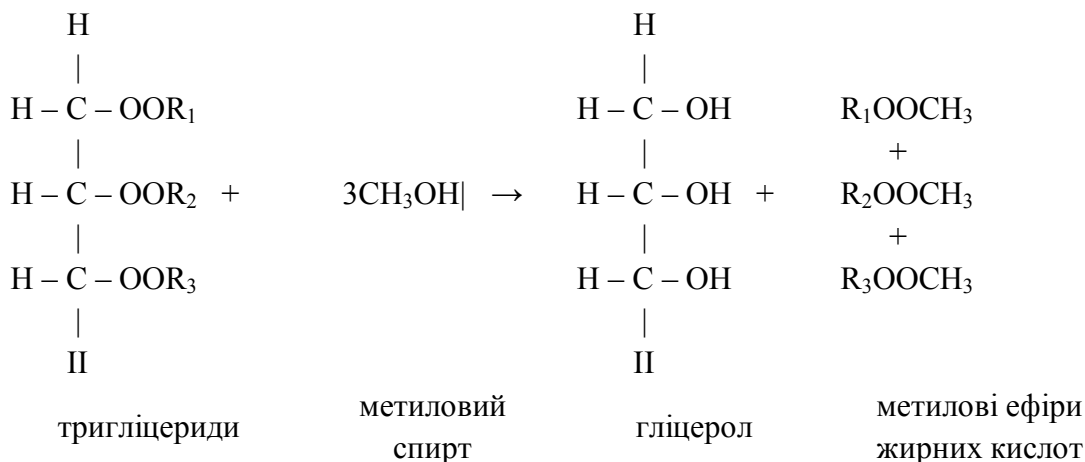
Велику кількість науково-дослідних робіт було проведено з використанням рослинної олії, як у своїй природній формі так і у зміненому вигляді [2]. Дослідження показали, що використання рослинних масел в їх природній формі можливе, але не бажане. Висока в'язкість мастила і низька летючість впливає на розпилення і поширення палива в циліндрі двигуна, що призводить до неповного згоряння і важких наслідків, наприклад залягання у канавках поршневих кілець. Такі методи, як змішування з дизельним паливом, емульгування, піролізу і переетерифікація (змішування з метанолом) використовуються для зменшення в'язкості рослинних масел. Серед них переетерифікація є найбільш використовуваним комерційним процесом отримання якісного та екологічно чистого палива [3].

Значна кількість досліджень по ефективності спалювання та подальших викидів було проведено з використанням рослинного масла і метилового (етилового) ефіру соняшникової олії, масла з рисових висівок, пальмового масла, олії сої та рапса [4]. Метою даної статті є огляд попередніх досліджень, які впроваджують в роботу біодизельний двигун і розглядають його з точки зору продуктивності, процесу згоряння палива та його викидів.

Рослинні масла є хімічно складними ефірами жирних кислот. Ці жири природним чином присутні в маслі насіння, і відомі як тригліцериди жирних кислот. Молекулярна вага цих тригліцерид становить близько 800 кг/м³ і більше. Через свою високу молекулярну вагу ці жири мають високу в'язкість, тим самим викликаючи серйозні проблеми їх використання, як палива в двигунах. Ці молекули повинні бути розділені на більш прості, так як в розділеному вигляді вони мають меншу в'язкість та інші властивості, які можна порівняти зі стандартним дизельним паливом. Зміна складу рослинного масла може бути досягнута наступними способами: піролізом, мікроемульгуванням, розведенням і переетерифікацією. Серед них переетерифікація є найбільш часто використовуваним комерційним процесом отримання якісного та екологічно чистого, світлого рослинного масла-палива, тобто біодизеля.

Тригліцериди взаємодіють зі спиртами (метиловим, етиловим або ін.) в присутності

каталізатора при контрольованій температурі та визначеному часі. Кінцевими продуктами є алкільні ефіри і гліцерол. Алкільні ефіри, які мають сприятливі властивості, як паливо для використання у біодизельних двигунах, є основними продуктами, а гліцерол є побічним [5]. Хімічну реакцію тригліцеридів з метиловим спиртом показано нижче.



Як видно з наведених вище реакцій, що один моль важкого тригліцериду і три моль метилового спирту дає один моль гліцерол та три моль метилових ефірів жирних кислот. Без використання каталізатора реакції будуть дуже повільними і неповними. Необхідна температура для проведення даної реакції становить 60-70°C [5]. Також необхідно інтенсивно перемішувати реагенти, для цього користуються механізованою мішалкою. В процесі перемішування можуть бути використані різні каталізатори. Найбільш поширеним є використання кислотних каталізаторів, як H₂SO₄ і лугів - NaOH або KOH. Для транс-етерифікації використовують спирт. Найбільше розповсюдження у використанні отримав метиловий спирт.

Паливні властивості рослинного мастила (табл. 1), показують, що його кінематична в'язкість коливається в межах 30-40 сСт при 38°C [6]. Висока в'язкість цього мастила відповідає його великій молекулярній масі в діапазоні 600-900 кг/м³. Це приблизно в 20 разів вище, ніж у дизельного палива.

Температура спалаху рослинного масла дуже висока (вище 200 °C). Теплотворна здатність знаходиться в діапазоні 39-40 МДж/кг у порівнянні з 45 МДж/кг для дизельного палива. Теплотворні значення різних рослинних масел майже на 90% відповідають дизельному паливу. Наявність вільного кисню в рослинному маслі знижує його значення теплотворності на 10%. Метанове число коливається в діапазоні 35-50 [6], що є аналогічним або близьким до дизельного палива. Вище вказані властивості рослинного палива дають нам змогу в повній мірі замінити дизельне паливо. Але у біодизеля, як описано вище є головний недолік - висока в'язкість. Сучасні дизельні двигуни мають системи впорскування палива, які є чутливими до зміни в'язкості [7]. Висока в'язкість може призвести до погіршення розпилювання палива, неповного його згоряння, забивання форсунок, карбонізації кілець і накопичення палива в мастилi. Щоб уникнути цих проблем та підвищити ефективність палива у двигуні, потрібно знизити в'язкість рослинного палива. Методи, які знижують в'язкість рослинного масла включають в себе переетерифікацію і змішування. Вони мають переваги покращення використання рослинного масла, в якості палива при мінімальній обробці і зміні двигуна.

Таблиця 1

Властивості рослинного масла

Рослина олія	Кінематична в'язкість при 38°C (сСт)	Метанове число	Теплотворна здатність (МДж/кг)	Точка помутніння (°C)	Температура застигання (°C)	Температура згоряння (°C)	Густина (кг/л)
Дизель	3.06	50	43.8	–	–16	76	0.855
Кукурудзяна	34.9	37.6	39.5	- 1.1	- 40.0	277	0.9095
Бавовняна	33.5	41.8	39.5	1.7	-15.0	234	0.9148
Катранова	53.6	44.6	40.5	10.0	- 12.2	274	0.9048
Ляна	27.2	34.6	39.3	1.7	-15.0	241	0.9236
Арахісова	39.6	41.8	39.8	12.8	-6.7	271	0.9026
Рапсова	37.0	37.6	39.7	-3.9	-31.7	246	0.9115
Сафлорова	31.3	41.3	39.5	18.3	-6.7	260	0.9144
Кунжутна	35.5	40.2	39.3	-3.9	-9.4	260	0.9133
Соєва	32.6	37.9	39.6	-3.9	-12.2	254	0.9138
Соняшникова	33.9	37.1	39.6	7.2	-15.0	274	0.9161
Пальмова	39.6	42.0	–	31.0	–	267	0.9180

Паливні властивості дизеля, рослинного метилового ефіру і його сумішей в порівнянні з дизельними властивостями показано в таблиці 2. Дані таблиці показують вплив переетерифікації та змішування на якісні властивості палива.

Таблиця 2

Паливні властивості дизеля, рослинного метилового ефіру і його сумішей

№	Паливо	Відносна густина	Кінематична в'язкість (сСт)	Теплотворна здатність (Мдж/кг)	Температура згоряння (°C)
1	Рослинна олія	0.912	27.84	34.00	205
2	B100	0.876	9.60	36.12	187
3	B20	0.848	3.39	38.28	79
4	B40	0.856	4.63	37.85	81
5	B60	0.864	5.42	37.25	84
6	B80	0.869	6.56	36.47	92
7	Дизель	0.846	2.60	42.21	52

B100, 100% біодизель; B20, 20% біодизель + 80% дизель; B40, 40% біодизель + 60% дизель; B60, 60% біодизель + 40% дизель; B80, 80% біодизель + 20% дизель.

Велику кількість експериментальних досліджень було проведено на дизельних двигунах, що працюють на біодизельному паливі. У багатьох, але не у всіх випадках експлуатаційних обмежень, тобто співвідношення повітря-паливо у пікових умовах

підтримується постійно, в порівнянні з двигунами на дизельному та біодизельному паливі. Дослідження, які проводилися за тих самих умов експлуатації показують прийнятні характеристики продуктивності, такі як витрата палива, тепла ефективність і загальне скорочення викидів в двигунах на біодизельному паливі. Однак, всупереч вище сказаного, деякі експериментальні дослідження не показали ніяких покращень теплової ефективності і підтверджують, те що викиди вихлопних газів погіршуються порівняно зі звичайними дизельними двигунами.

Вплив біодизельного палива на характеристики двигуна:

— велика робота була виконана в багатьох науково-дослідних інститутах з вивчення потенціалу біодизельного двигуна для досягнення високої теплової ефективності. Дослідники повідомляють про відсутність поліпшення теплової ефективності при використанні різних видів біодизельного палива [8].

Невелика кількість експериментів, які були проведені вченими, вказали на деякі покращення теплової ефективності при використанні біодизельного палива [8]. Вони пояснили своє спостереження збільшенням ефективності, шляхом покращення згоряння, не даючи подальших міркувань. Випробуючи лляну олію, яка має в своєму складі великий вміст сірки, змішували з дизельним паливом в одному циліндрі. Тим самим дослідний двигун (4 кВт) який широко використовуються в сільськогосподарському секторі показав збільшення теплової ефективності, особливо при низькому навантаженні (рис. 1).

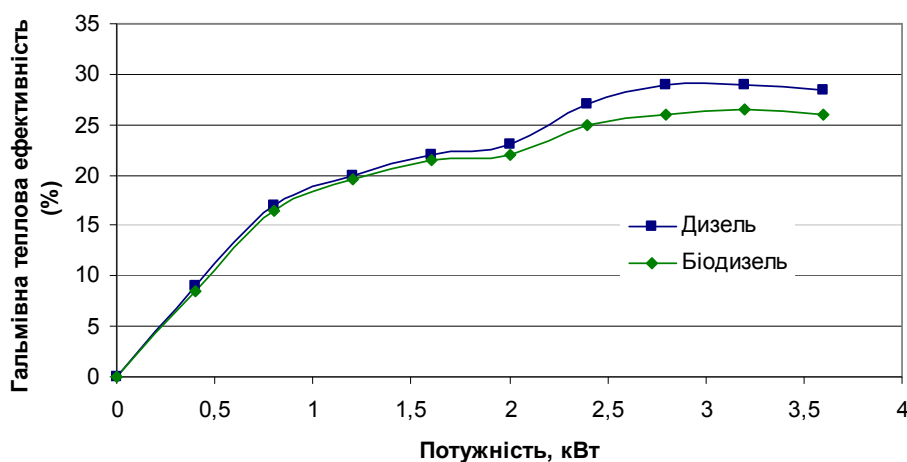


Рис. 1. Зміна гальмівної теплової ефективності з навантаженням [9].

- гальмівна питома витрата палива (ГПВП) являє собою співвідношення між масою палива і гальмівною ефективною силою, і для даного палива, вона обернено пропорційна тепловій ефективності. Питома витрата палива при використанні біодизеля залишається незмінною на певному режимі роботи двигуна, а при навантаженні вона збільшиться приблизно на 14% по відношенню до споживання з дизельним паливом.

Іншими словами, втрата теплової ефективності біодизеля повинна бути компенсована за рахунок більшої витрати палива. Дослідники повідомляють про збільшення ГПВП від 2% до 10% [9]. Більшість авторів пояснюють це збільшенням втрати теплової ефективності, хоча деякі інші віднесли її до різної густини біодизельного і дизельного палива. На рисунку 2 показано порівняння питомої витрати палива з рослинного масла і дизельного палива, отримані з дослідження SJ Deshmukh і L.B. Bhuyar [9].

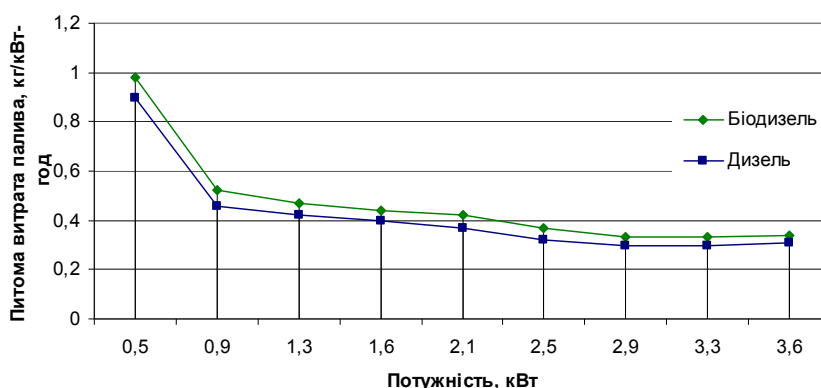


Рис. 2. Зміна питомої витрати палива, кг/кВт-год з прикладеним навантаженням [9].

- при повному навантаженні, коли педаль акселератора повністю натиснута, або при частковому навантаженні, але з однаковою витратою палива, потужність двигуна при використанні біодизеля зменшується на відмінно від дизельного палива [9]. Зокрема, багато авторів виявили, що втрата потужності нижча, ніж очікувалося, втрати крутного моменту та потужності двигуна становлять від 5% до 10%. Вчені припускають, що зниження теплотворної здатності пов'язано зі складністю розпилення палива [10].

Проте деякі дослідники виявили збільшення вихідної потужності двигунів на біодизельному паливі [10]. Вони пояснюють це збільшенням густини, в'язкості і поліпшення згорання біодизеля.

При спалюванні біодизеля виділяються такі речовини, як: вуглеводень, оксиди азоту, оксиди сірки і тверді частинки.

- незгорілі вуглеводні:

По результатам досліджень вчених помітне різке зниження неспалених вуглеводнів у біодизелі в порівнянні з дизельним паливом. В США дослідження агентством по Охороні навколишнього середовища [11] показали, що 70% - середнє зниження вуглеводнів в чистому біодизельному паливі по відношенню до звичайного дизельного (рис. 3).

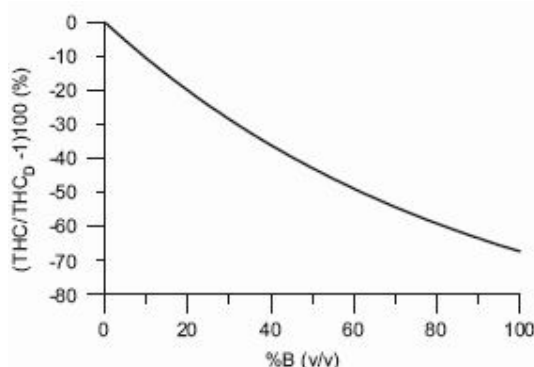


Рис. 3. Середнє зниження викидів вуглеводнів, при збільшенні кількості біодизеля в дизельному паливі (графік отриманий з роботи [11], для двигунів без рециркуляції відпрацьованих газів).

Вчені пояснюють зниження викидів вуглеводнів кращим згоранням біодизельного палива в двигунах [11]. Оскільки збільшена кількість кисню у біодизельному паливі сприяє

кращому згорянню, а це призводить до зменшення викидів. Разом з тим більшість досліджень не показали ніяких суттєвих відмінностей від дизельного палива.

— оксиди азоту утворюють ланцюг реакцій за участю азоту і кисню в повітрі. Ці реакції залежать від температури. Так як дизельні двигуни завжди працюють в режимі надлишку повітря, викиди оксидів азоту в основному мають залежність від температури газу і часу перебування в камері. Більшість ранніх досліджень показують, що викиди оксидів азоту з двигунів на біодизельному паливі, як правило, вищі, ніж в звичайних дизельних двигунах [12]. Також дослідження показали, що викиди оксидів азоту зростають зі збільшенням вмісту біодизеля в дизельному паливі, як показано на рис. 4.

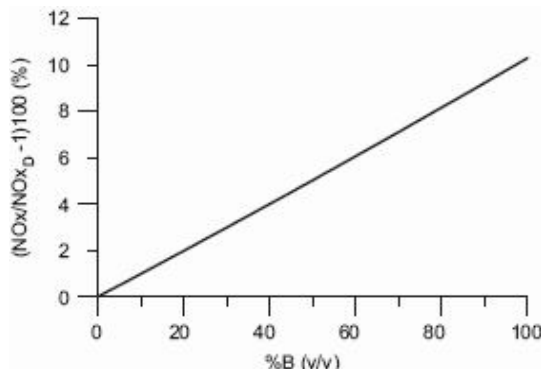


Рисунок 4. Середнє зниження викидів оксидів азоту, при збільшенні кількості біодизеля в дизельному паливі (графік отриманий з роботи [11], для двигунів без рециркуляції відпрацьованих газів).

Зниження викидів оксидів азоту пов'язано з більш високою температурою згорання і довшою тривалістю горіння біодизеля [11].

— викиди оксиду сірки і твердих частинок. Можна було б очікувати, що двигуни на біодизельному паливі будуть виробляти менше оксиду сірки і твердих частинок, ніж стандартні двигуни, з тих причин, що мають високу температуру згорання. Проте деякі автори іноді повідомляли про певне збільшення викидів твердих частинок при заміні дизельного палива на біодизельне [12]. Їх дослідження показали, що викиди твердих частинок зменшуються зі збільшенням вмісту біодизеля в дизельному паливі (рис. 5).

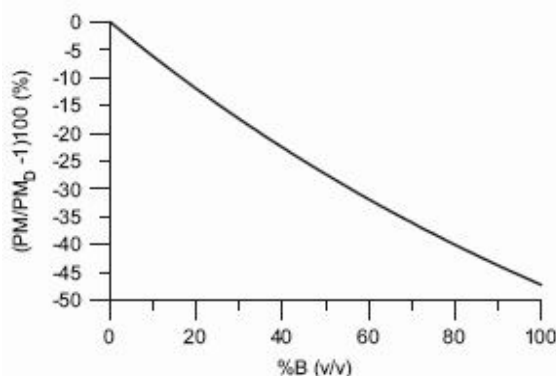


Рис. 5. Середнє зниження викидів оксиду сірки і твердих частинок, при збільшенні кількості біодизеля в дизельному паливі (графік отриманий з роботи [11], для двигунів без рециркуляції відпрацьованих газів).

Зниження викидів твердих частинок може бути пов'язано з більш повним згоранням палива і наявністю кисню в біодизелі.

Висновок

Проблеми із додаванням рослинного масла в дизельні палива в основному пов'язано з їх високою в'язкістю і низькою летючістю. В'язкість рослинних масел може бути зменшеною шляхом переетерифікації. Переетерифікація є найбільш поширеним методом і призводить до утворення моноалкільних ефірів рослинних олій і жирів, відомих як біодизельне паливо. Виробництво біодизельного палива з рослинних олій дуже простий процес. При виробництві біодизеля, необхідно відмітити, що звичайний каталізатор працює краще, ніж кислотний і різні ферменти. Біодизельне паливо має подібні властивості до дизельного палива. Також можна зазначити, що біодизельне паливо має аналогічні характеристики згорання, як дизельне, також біодизель має прийнятну продуктивність роботи.

Основна перевага у використанні біодизеля пов'язана зі зменшенням вихлопних газів: окису вуглецю, вуглеводнів і твердих часток. Біодизель вважається нейтральним по рівню емісії вуглецю, при викидах в атмосферу вуглекислого газу він поглинається рослинами і не несе шкоди навколишньому середовищу. Незважаючи на це при використанні біодизельного палива в двигунах збільшуються викиди оксиду азоту, але їх можна контролювати шляхом прийняття певних рішень, таких як додавання метанового поліпшувача, затримки впорскування, рециркуляції вихлопних газів і т.д.

Література

1. Зеркалов Д.В. Використання палива та енергії. Довідник. – К.: Основа, 2009. - 205 с.
2. Семенов В.Г., Марченко А.П., Семенова Д.У., Лінков О.Ю. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакової олії. - *Машинобудування: Вісник Харківського державного політехнічного університету*. - Збірка наук. праць. - Випуск 101. - Харків: ХДПУ, 2000. - С. 159-163.
3. Мироненко В.Г. Технології виробництва біодизеля: [курс лекцій для студентів сільськогосподарських ВНЗ / Мироненко В.Г. Дубровін 8.0., Попіщук В.М., Драгнев С.В. — К.: ХОЛТЕХ, 2009. —100 с.
4. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторек, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В. Криворучко - К.: ЦПІ «Енергетика і електрифікація», 2004. - 256 с.
5. Вільова М.І. Фізико-хімічні властивості альтернативного пального на основі рослинних олій // *Механізація та електрифікація сільського господарства*. – 2002. - № 86 – С. 23-26.
6. Семенов В.Г., Марченко А.П., Семенова Д.У., Лінков О.Ю. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакової олії. – *Машинобуд.: Вісник Харківського державного політехнічного університету*. - Збірка наук. праць. - Випуск 101. - Харків: ХДПУ, 2000. - С. 159-163.
7. Устименко В.С., Ковальов С.О., Бейко О.А. Перспективи і проблеми розширення використання біопалив автомобільним транспортом України // *Автошляховик України*. - 2003. - №2. - С.7.
8. Семенов В.Г. Аналіз показників роботи дизелів на нафтових і альтернативних паливах рослинного походження. - *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: Збірка наук. праць. Харків: НТУ «ХПІ», 2002. - № 3. - С. 177-197.
9. Deshmukh SJ, Bhuyar LB, Transesterified Hingan (Balanites) oil as a fuel for compression ignition engines, *Biomass and Bioenergy* 33 (2009) 108–112.
10. Черненко С. М., Атамась А. І. Економічні та енергетичні показники роботи дизельного двигуна при використанні біодизеля// *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Наукові праці КДПУ імені Михайла Остроградського*. – Кременчук: КДПУ імені Михайла Остроградського, 2007. – Випуск 2(43).- Частина 2. – С. 85 – 89.
11. Assessment and Standards Division (Office of Transportation and Air Quality of the US Environmental Protection Agency), *A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions (2002) EPA420-P-02-001*.
12. Munack A, Schroder O, Krahl J, Bunger J, *Comparison of relevant gas emissions from biodiesel and fossil diesel fuel, Agricultural Engineering International: 3 (2001) manuscript EE 01 001*.