

С. А. БУРЛАКА

ORCID ID: 0000-0002-4079-4867

e-mail: ipserhiy@gmail.com

В. М. ЯРОПУД

ORCID ID: 0000-0003-0502-1356

e-mail: yaropud77@gmail.com

Н. Г. ЗДИРКО

ORCID ID: 0000-0001-5968-3502

e-mail: natasha@vsau.vin.ua

Вінницький національний аграрний університет

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОПАЛИВА

В статті наведено рекомендації щодо оцінки та визначення впливу біопалива на двигун так як його використання дуже спірне, складне і неоднозначне питання. Проведено встановлення залежностей роботи двигуна на біопаливі і його вплив на різні показники енергетичного агрегату так як мало приділено уваги тому, що різні види біопалива є абсолютно відмінними з точки зору їх впливу на машини, паливну апаратуру і далеко не всі задовольняють вимогам, що пред'являються до них при роботі в умовах агропромислового комплексу.

Ключові слова: двигун, біопаливо, рекомендації, оцінка, показники.

S. BURLAKA,

V. YAROPUD,

N. ZDIRKO

Vinnytsia National Agrarian University

## RECOMMENDATIONS FOR EVALUATION AND DIAGNOSIS OF DIESEL ENGINE WHEN USING BIOFUELS

The practical use of biofuels is a very controversial, complex and ambiguous issue. Biofuels are considered to be a means of getting rid of many problems. It has gained this reputation due to the lack of attention paid to the complex processes of production of biofuels and raw materials from which it is produced, as well as the great difficulties that arise in its use. Unfortunately, little attention is paid to the fact that different types of biofuels are completely different in terms of their impact on cars, engines, fuel equipment and not all meet the requirements for them when working in the agro-industrial complex. In fact, it is already clear that the daily unregulated use of biofuels will lead to numerous failures of diesel engines and huge repair costs.

Each family of biofuels is produced using different technologies. Despite this, work in this direction is being actively pursued, there are still no standards for various types of biofuels, as well as for the raw materials used, production and technological processes and environmental standards. In practice, this may mean that different biofuel producers will sell under the same name fuels with very different physical and chemical characteristics, not to mention that they contain potentially hazardous substances. In addition, its effect on engine mechanics, whether biofuel in a mixture with conventional or pure biofuel, whatever it may be, has not been sufficiently studied. Biofuel itself can be a strong solvent and gradually clog the injectors with dissolved substances. Biofuels made from ethanol can be hygroscopic, and the moisture dissolved in them affects the corrosion of engine parts. Components of such fuels can also adversely affect engine gaskets and seals, as well as fuel supply systems made from organic materials. Simply put, there is a clear incompatibility between the materials of modern diesel engines and biofuels when used in high concentrations.

Key words: engine, biofuel, recommendations, assessment, indicators.

### Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Недолік конструкцій, способів діагностування та можливостей регулювання при використанні різних видів біопалива є причиною того, що поряд зі скороченням викидів вуглекислого газу, деякі з них можуть привести до забруднення навколишнього середовища іншими, не менш небезпечними речовинами, стандартів на які поки немає [1]. Як наслідок не представляється можливим провести повну всеосяжну діагностику всіх видів шкідливих викидів при використанні біопалива. На тлі вже усталеного в сучасному світі розподілу палива на бензин і дизельне, абсолютно незрозумілим залишається позиціонування біопалива. Біопаливом називають в наші часи будь-яке паливо, вироблене з матеріалів рослинного або тваринного походження [2].

### Аналіз досліджень та публікацій

Європейський стандарт EN590 на дизельне паливо допускає присутність в ньому до 5% біодобавок. Однак на відміну від етанолу, який додається в бензин, в дизельному паливі можуть бути різні добавки. У будь-якому випадку, при перевищенні допустимих 5% починаються проблеми з двигуном [3, 4].

Найчастіше в якості сировини для біопалива використовується насіння ріпаку, що вирощується в Європі, пальмова олія з Індонезії і Малайзії або соя, на яку в основному покладаються в США. Хімічний склад олій, одержуваних з різних видів сировини, буде різним. При недостатньому ступені рафінування олій з різної сировини будуть містити різні побічні продукти в різній кількості. Всі вони можуть чинити негативний вплив на продуктивність і надійність роботи двигуна та призводити до погіршення якості палива з плином часу під впливом тепла і світла [5].

Від такої ж проблеми можуть страждати і автозаправні станції. На станціях розташованих біля траси де продають біопаливо у великій кількості, якість може залишатися цілком постійною. Однак в інших місцях біопаливо подовгу перебуває в підземних резервуарах де може псуватися. Якщо склад палива нестійкий і змінюється з часом, то працювати з ним буде практично неможливо. Будь-яке завдання по забезпеченню роботи двигуна з паливом перетвориться на непосильну, так як не можна буде забезпечити належну ступінь хімічної нейтральності матеріалів, якщо склад палива постійно змінюється. Налагодити двигун під оптимальний витрата палива з постійно змінюваними характеристиками згоряння також буде неможливо. Двигуни будуть постійно ржавіти і отримувати інші хімічні пошкодження, система подачі палива буде забиватися продуктами розкладання компонентів самого палива, а автовиробники будуть змушені або обмежувати пропоновані гарантії на двигуни, або розоритися на їх відпрацювання [6].

Зараз жоден з автовиробників не володіє достатньою кількістю засобів і технічних можливостей для перевірки своїх двигунів на сумісність з сучасними сортами біопалива в усьому їх різноманітті. Для них також існує ризик витратити великі гроші і тривалий час на розробку двигуна під паливо, яке проіснує лише десяток років або близько того, а потім буде витіснене паливом «другого покоління».

Паливо «другого покоління» планується створювати вже не з цільових культур і спеціально вирощеної сировини. Його будуть виробляти з відходів - харчових, лісового комплексу, інших органічних відходів [7].

В наші дні деякі виробники не дають гарантію на використання своїх двигунів з паливом B100 (повністю біологічне) [8].

### Формулювання цілей статті

Метою роботи є: розробка рекомендацій з проведенням оцінки впливу біопалива на надійності, техніко економічні та екологічні показники.

### Виклад основного матеріалу

Експерименти з використанням в якості дизельного палива рослинної олії, переробленої після використання для приготування їжі, мають досить негативні результати. Змішування незгорілого палива з моторними маслами в двигуні само по собі є проблемою звичайних автомобілів з дизельними двигунами [9]. Однак використання в якості палива рослинних олій, які не пройшли перетерифікації без поліпшувачих добавок призводить до того, що ці олії починають реагувати з мастилами, утворюючи полімери, властивості яких ніяк не сприяють нормальній роботі двигунів (рис. 1).

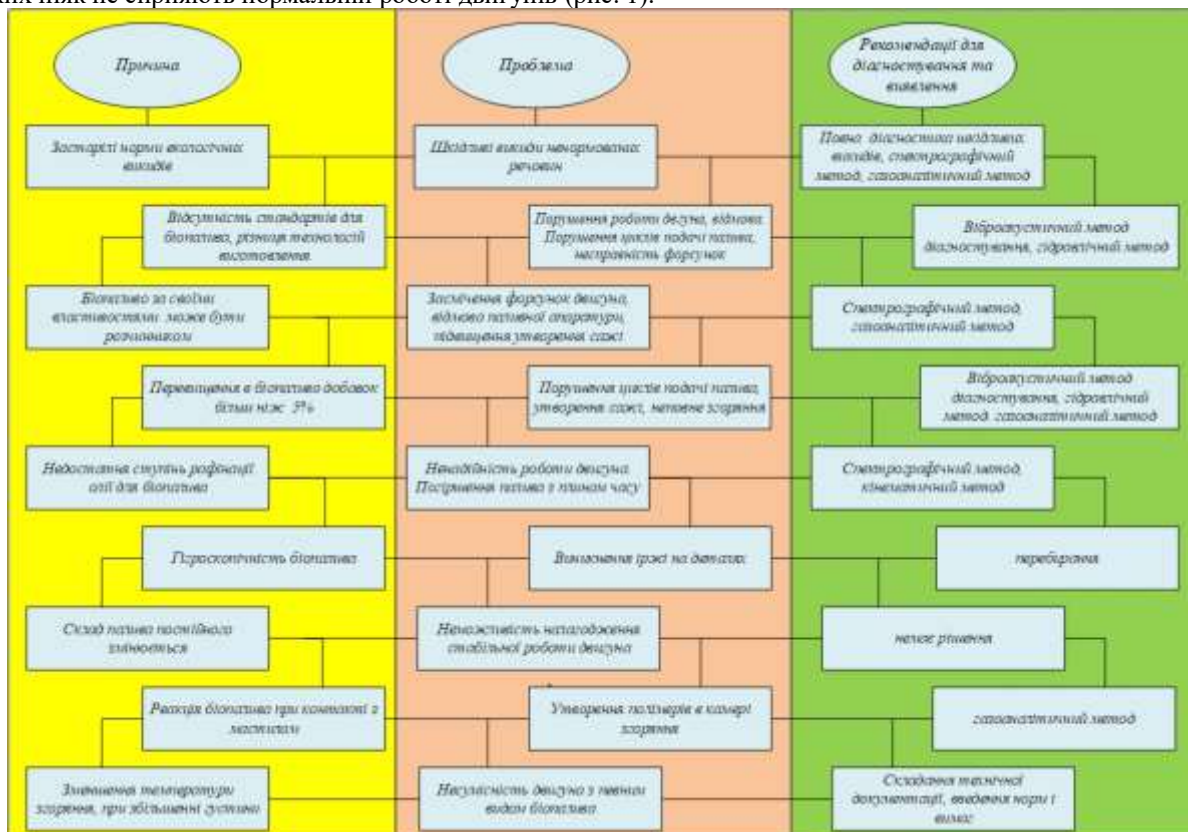


Рис. 1. Проблеми, що виникають при використанні біопалива

З метою розробки рекомендацій та оцінки впливу біопалива та біопаливних композицій на потужності, економічні та екологічні показники за приклад взято двигун Д-240 (4С11/12,5). Дослідження проводилися в умовах регуляторної характеристики з частотами обертання колінчастого валу від 1400 хв<sup>-1</sup> (режим максимального крутного моменту) до 2200 хв<sup>-1</sup> (режим номінальної потужності) з інтервалом 200 хв<sup>-1</sup> і в умовах навантажувальної характеристики з навантаженням 80 %, 90%, 100% при різних частотах

обертання колінчастого валу, а також в умовах характеристики холостого ходу з частотами обертання колінчастого валу від  $800 \text{ хв}^{-1}$  (мінімально-стійка частота обертання) до  $2330 \text{ хв}^{-1}$  (максимальна частота обертання). Показники потужності, економічності та екологічності двигуна при роботі на біопаливі та біопаливних композиціях порівнювалися на подібних режимах з відповідними показниками на товарному дизельному паливі нафтового походження.

На всіх частотах обертання колінчастого валу при 100% навантаженні найбільшу потужність двигун видає при роботі на товарному нафтовому дизельному паливі і дещо меншу на біопаливних композиціях. Причому в міру збільшення процентного вмісту метилового ефіру ріпакової олії в сумішевих паливі ця різниця зростає, але не перевищує 5% (рис. 2). На номінальному режимі максимальне зниження потужності і збільшення годинної витрати палива відзначається при роботі на суміші В75. При цьому потужність двигуна впала на 3,2% (з 56,1 кВт до 54,3 кВт), а годинна витрата палива зросла на 8,3% (з 15,02 кг/год до 16,38 кг/год). Найменше зниження потужності (на 0,7%) і підвищення годинної витрати палива (на 3%) на номінальному режимі спостерігається при роботі дизеля на сумішевих паливі В25. В умовах регуляторної характеристики дизеля при 100% навантаженні в діапазоні частот обертання від  $1400 \text{ хв}^{-1}$  до  $2200 \text{ хв}^{-1}$  максимальний тиск циклу при роботі на ДП і на всіх видах біопалива зростає. Однак зі збільшенням кількості МЕРО в сумішевому паливі максимальний тиск циклу зменшується. Так, при роботі на ДП на номінальному режимі воно склало 7,54 МПа, на суміші В25 - 2,292 МПа, на суміші В75 - 7,108 МПа і на В100 - 7,0 МПа, тобто найбільше зниження максимального тиску циклу склало 0,54 МПа (рис. 3). З точки зору екологічних показників, найменша концентрація шкідливих речовин у відпрацьованих газах на номінальному режимі відзначається при роботі двигуна на В100. У порівнянні з роботою на ДП концентрація в відпрацьованих газах оксиду вуглецю знижується на 26%, вуглеводнів - на 35%, димність (сажа) - на 14% (рис. 4,5,6).

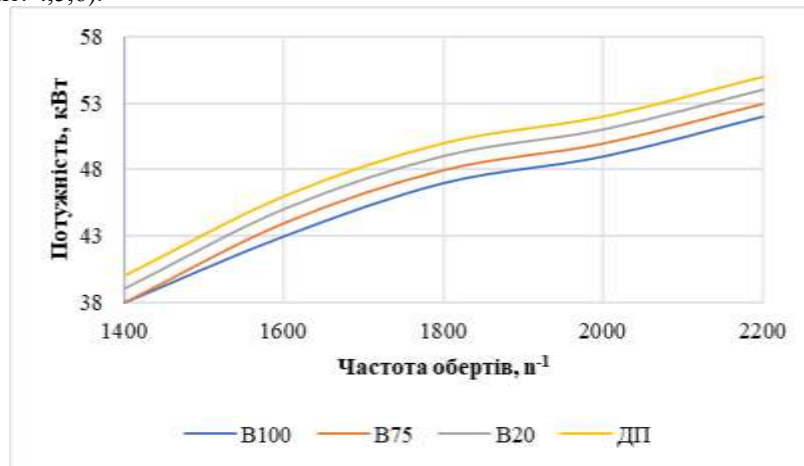


Рис. 2. Показники ефективної потужності двигуна 4С11/12,5 (Д-240) в умовах регуляторної характеристики при роботі на паливах різного складу

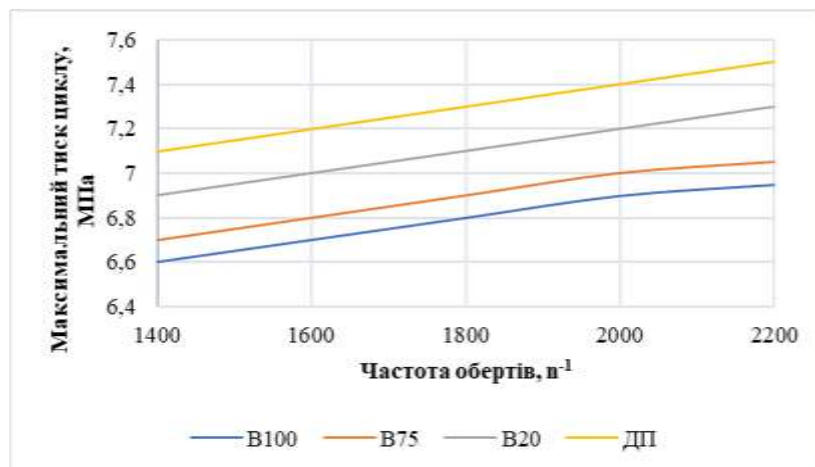


Рис. 3. Показники максимального тиску циклу двигуна 4С11/12,5 (Д-240) в умовах регуляторної характеристики при роботі на паливах різного складу

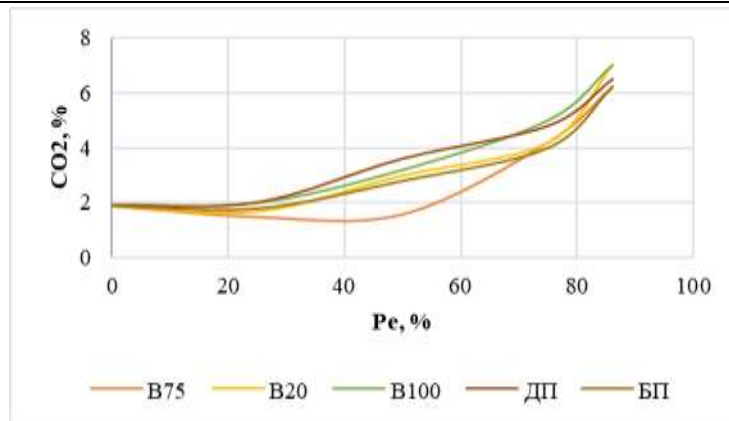
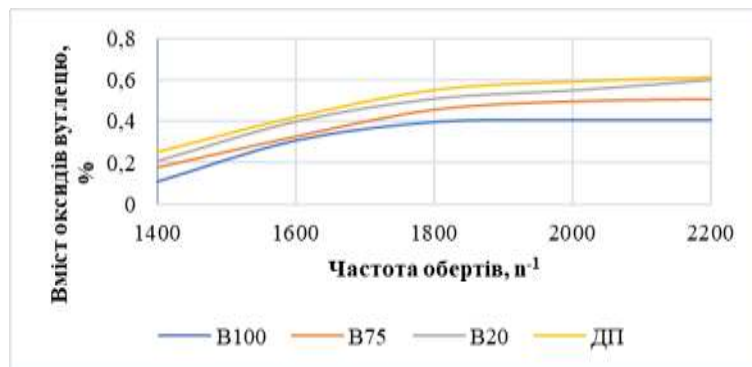
Рис. 4. Викиди CO<sub>2</sub> у відпрацьованих газах в залежності від потужності двигуна

Рис.5. Показники вмісту оксидів вуглецю двигуна 4Ч11/12,5 (Д-240) в умовах регуляторної характеристики при роботі на паливах різного складу

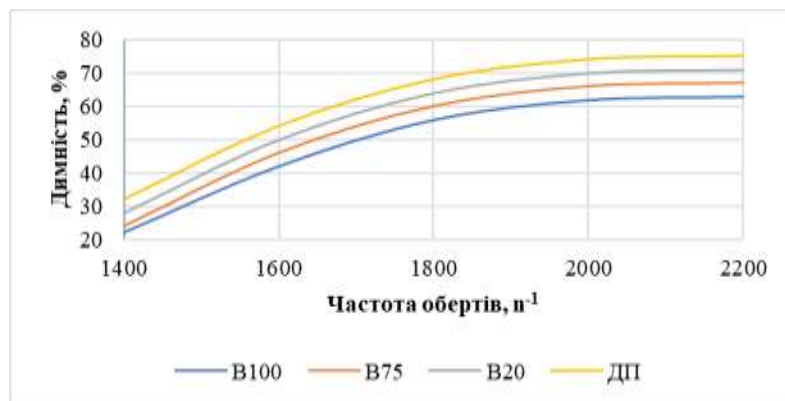


Рис. 6. Показники димності двигуна 4Ч11/12,5 (Д-240) в умовах регуляторної характеристики при роботі на паливах різного складу

Розробку рекомендацій та ефективність використання біопалива на автотракторній техніці пропонується оцінювати комплексом показників на кожному з чотирьох етапів (рис. 7). На першому етапі виконується оцінка фізико-хімічних і теплотворних властивостей біопалива, виявляється відповідність цих властивостей нафтовому (мінеральному) дизельному паливу, відбувається вибір виду палива (ріпакова олія, метиловий ефір ріпакової олії або сумішеве паливо) для двигуна з розділеною або нерозділеною формою камери згоряння, даються первинні рекомендації (напрямки) адаптації для використання біопалива. На даний момент для адаптації вітчизняних двигунів для використання біопалива без істотних конструктивних змін найбільш прийнятним альтернативним видом палива є сумішеве паливо, що представляє собою біопаливну композицію з нафтового товарного дизельного палива і ріпакової олії (або метилового ефіру ріпакової олії).

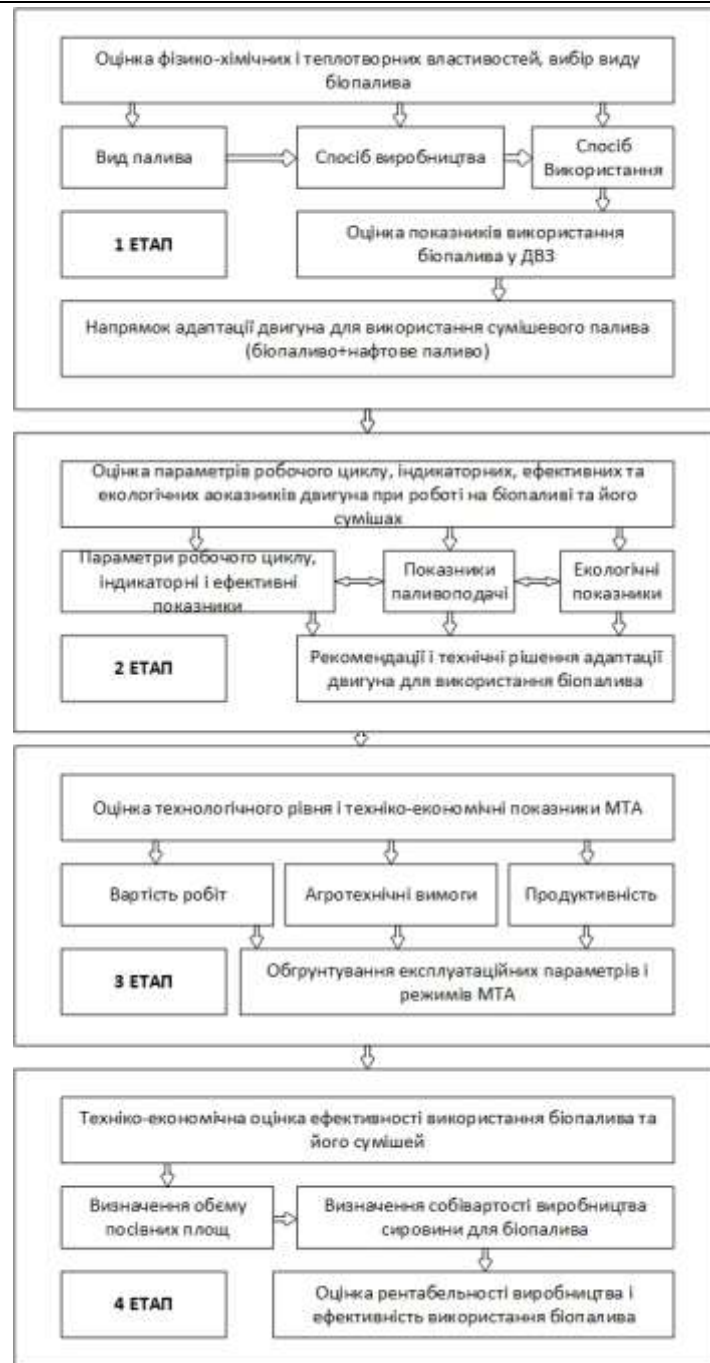


Рис. 7. Структурна схема оцінки показників ефективності використання біопалива

На другому етапі проводиться експериментальна оцінка параметрів подачі палива і робочого циклу, індикаторних, ефективних та екологічних показників двигуна. При цьому виконуються порівняльні дослідження паливної апаратури на безмоторному стенді, а також на гальмівній установці при роботі на нафтовому дизельному паливі і різних видах сумішевого палива. В результаті проведення експериментальних досліджень визначається оптимальне процентне співвідношення нафтового і біологічного палив в суміші, видаються практичні рекомендації та технічні рішення для конструктивної адаптації при використанні сумішевого палива. На третьому етапі оцінюється технологічний рівень і визначаються техніко-економічні показники машинно-тракторного агрегату (МТА) в умовах експлуатації при роботі на сумішевих паливі. При цьому встановлюються оптимальні режими виконання того чи іншого технологічного процесу, що визначають склад і робочі швидкості МТА, розраховуються продуктивність і вартість робіт. Агротехнічні властивості МТА (агротехнічний просвіт, захисна зона, середній питомий тиск рушіїв на ґрунт, керованість, оглядовість з місця водія) практично не залежать від виду застосовуваного палива, так як основний вплив на них чинять конструктивні особливості машин, що входять до складу МТА. Однак якщо враховувати якість одержуваного врожаю з екологічного фактору, то при роботі МТА на сумішевих паливі шкода врожаю буде менша, ніж на нафтовому товарному дизельному паливі, через зменшений вміст у відпрацьованих газах шкідливих речовин. На четвертому етапі визначається техніко-економічна ефективність використання сумішевого палива. При цьому планується площа для посіву

біокультури з урахуванням річної потреби підприємства в біопаливі. Собівартість біопалива, а отже і сумішевого палива, буде залежати від прийнятої технології його виробництва. Основні витрати складаються з витрат на приміщення, приладове обладнання та заробітну плату, вартості насіння і електроенергії. У свою чергу вартість насіння буде залежати від вартості посадкового матеріалу, витрат на придбання посадкової, обробної і збиральної техніки, витрат на паливо, мастильних матеріалів та заробітну плату.

#### **Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Розроблені рекомендації для діагностування та виявлення причин несправності двигунів працюючих на біопаливі та його сумішах, вказані причини, проблеми та методи їх усунення.

Узагальнюючи отримані результати досліджень при роботі двигуна на біопаливі та біопаливних композиціях в порівнянні з роботою на товарному нафтовому дизельному паливі, можна зробити висновок: найкращою сумішшю, з точки зору найменшого зниження потужності і підвищення витрати палива, є біопаливна композиція B25; за екологічними показниками найкращою сумішшю є B100. На всіх досліджуваних режимах при роботі на біопаливних композиціях незначне зниження потужності (на 1,6 ... 4,8%) і підвищення годинної витрати палива (на 7 ... 11%) пояснюється меншою теплотою згоряння сумішевого палива (теплотворна здатність біопалива) компенсується великим процентним вмістом в ньому вільного кисню, який бере участь в процесі згоряння.

#### **Література**

1. Мельник В. М., Войцехівська Т. Й., Сумер А. Р. Дослідження основних техніко-експлуатаційних характеристик альтернативних видів палива для дизельних ДВЗ. Машинобудування та транспорт. 2018. № 2. С. 1-13.
2. Калетник Г.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навч. посібник. К: Аграрна наука, 2010. 327 с.
3. Гулько І.В., Бурлака С.А., Єленич А.П. Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу. Вісник Хмельницького національного університету. 2018. Том 2. № 6 (267). С. 246–249.
4. Малаков О.І., Бурлака С.А., Михальова Ю.О. Математичне моделювання та основи конструювання вібраційних змішувачів. Вісник Хмельницького національного університету. 2019. № 5 (277). С. 30-33.
5. Aliev E., Pryshliak V., Yaropud V. Research of physical and mechanical properties of oilseed crops. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. T.19. №3. P. 103-108.
6. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні: монографія. Київ: Аграрна наука, 2008. С. 227.
7. Грабар І.Г., Колодницька Р.В, Семенов В.Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: Монографія. Житомир: ЖДТУ, 2011. 152 с.
8. Анісімов В.Ф., Рябошапка В.Б., П'ясецький А.А. Рекомендації керівникам підрозділів АПК та інженерам сільськогосподарського виробництва щодо використання біодизельного палива в умовах сільськогосподарського виробництва. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки. Вінниця. 2014. Випуск 2 (85). С 200-203.
9. Mahmudul H. M., Hagos F. Y., Mamat R., Adam A.A., Ishak W.F.W., Alenezi R. Production characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review. Renewable and Sustainable Energy. Reviews. 2017. № 72. Pp 497–509.

#### **References**

1. Mel'nyk V. M., Voytsekhivs'ka T. Y., Sumer A. R. Doslidzhennya osnovnykh tekhniko-ekspluatatsiynykh kharakterystyk al'ternatyvnykh vydiv palyva dlya dyzel'nykh DVZ. Mashynobuduvannya ta transport. 2018. № 2. S. 1-13.
2. Kaletnik H.M. Biopalyva: efektyvnist' yikh vyrobnytstva ta spozhyvannya v APK Ukrayiny: navch. posibnyk. K: Ahrarna nauka, 2010. 327 s.
3. Hun'ko I.V., Burlaka S.A., Yelnych A.P. Otsinka ekolohichnosti naftovoho palyva ta biopalyva z vykorystanniam metodolohiyi povnoho zhyttyevoho tsyклу. Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu. 2018. Tom 2. № 6 (267). S. 246–249.
4. Malakov O.I., Burlaka S.A., Mykhal'ova YU.O. Matematyчне modelyuvannya ta osnovy konstruyuvannya vibratsiynykh zmishuvachiv. Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu. 2019. № 5 (277). S. 30-33.
5. Aliev E., Pryshliak V., Yaropud V. Research of physical and mechanical properties of oilseed crops. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. T.19. №3. R. 103-108.
6. Kaletnik H. M. Rozvytok rynku biopalyv v Ukrayini: monohrafiya. Kyiv: Ahrarna nauka, 2008. S. 227.
7. Hrabar I.H., Kolodnyts'ka R.V, Semenov V.H. Biopalyva na osnovi oliy dlya dyzel'nykh dvyhunyiv: Monohrafiya. Zhytomyr: ZHDTU, 2011. 152 s.
8. Anisimov V.F., Ryaboshapka V.B., P'yasets'kyu A.A. Rekomendatsiyi kerivnykam pidrozdiliv APK ta inzheneram sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva shchodo vykorystannya biodyzel'noho palyva v umovakh sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva. Zbirnyk naukovykh prats' VNAU. Seriya: Tekhnichni nauky. Vinnytsya. 2014. Vypusk 2 (85). S 200-203.
9. Mahmudul H. M., Hagos F. Y., Mamat R., Adam A.A., Ishak W.F.W., Alenezi R. Production characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review. Renewable and Sustainable Energy. Reviews. 2017. № 72. Rr 497–509.