ІІ. ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

УДК 621.436

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗМІНИ СКЛАДУ СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ В ПРОЦЕСІ РОБОТИ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Гунько Ірина Василівна, к.т.н., доцент
Віце-президент ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум»
Галущак Олександр Олександрович, к.т.н., старший викладач,
Вінницький національний аграрний університет
Браніцький Юрій Юрійович, директор
Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

I. Gunko, PhD, Associate Professor
Vice-President of the All-Ukrainian Scientific and Training Consortium
O. Galushchak, PhD, Senior Lecturer
Vinnytsia National Agrarian University
J. Branitskiy, Director
Uladovo-Lyulinets experimental and breeding station. Institute of Bioenergetic Cultures and Sugar Beet.
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

У статті проведено дослідження доцільності використання біодизельного палив, а саме динамічного регулювання суміші дизельного та біодизельного палива в мобільних електростанціях. Для цього досліджувався вплив зміни складу суміші дизельного та біодизельного палив на техніко-економічні та екологічні показники дизеля, який працює в парі з генератором. Система живлення дизеля забезпечує зміну складу суміші палив з врахуванням протікання робочих процесів в циліндрах дизеля залежно від його режиму роботи.

Ключові слова: біодизель, дизель, паливна суміш, дизельний генератор, ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум».
Ф. 2. Рис. 10. Табл. 2. Літ. 13.

1. Постановка проблеми

На сьогоднішній день потреба споживачів нафтових палив в Україні не задовольняються за рахунок власного видобутку в повній мірі. Це й спричиняє залежність України від енергетичних ресурсів інших країн. Тому розвиток альтернативної енергетики є досить актуальним, та потребує значних наукових досліджень, починаючи від генерування ел. енергії, закінчуючи виробництвом альтернативних палив.

Для віддалених частин сільськогосподарських підприємств часто економічно вигідніше генерувати електроенергію самостійно, ніж прокладати та обслуговувати електромережі. Саме тому використання дизельного генератора, який працює на альтернативних паливах є перспективним питанням. Проте для забезпечення високої економічної ефективності потрібно комплексно підходити до питання використання альтернативного палива, а саме біодизельного палива (БП), для автономних джерел енергії. Такий комплексний підхід використання БП заплановано реалізувати на базі ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», оскільки його структуру входять підрозділи, які забезпечать повний цикл вирощування сировини та виробництва БП, яке і свою чергу використовується в дизельних генераторах для забезпечення енергетичну незалежності віддалених структурних підрозділів консорціуму.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Перевагою сільськогосподарських підприємств є можливість організації виробництва БП безпосередню на підприємстві. Установки для виробництва БП конструктивно прості і можуть бути різної продуктивності, що дає можливість виробляти БП в об’ємах, необхідних для потреби

підприємства. При цьому вартість палива стає рівною її собівартості, – відпадає необхідність його доставки та відсутня залежність від коливання цін на ринку палив. Підприємство отримує автономність в паливних питаннях.

Можливість та перспективність використання БП досліджувалось в багатьох роботах [1 – 5]. В результаті аналізу яких було встановлено, що для ефективного використання БП потрібно враховувати його вплив на робочі процеси дизеля, тому доцільно залежно від режимів роботи двигуна змінювати відсотковий склад суміші палив [6].

3. Мета дослідження

З метою перевірки доцільності використання динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив для дизеля автономного джерела енергії було досліджено вплив на його техніко-економічні і екологічні показники. Для розрахункового дослідження була використана математична модель «Двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив» [7, 8].

За об’єкт дослідження було обрано дизельне автономне джерело енергії, обладнане дизелем СМД – 15 з синхронним генератором трифазного стуму ГСМ – 60.

При проведенні дослідження були виконані розрахунки роботи дизеля на дизельному, біодизельному паливах їх сумішах з вмістом біодизельного палива в ній: 25 %, 50 %, 75 % та з регулюванням складу суміші палив під час роботи двигуна.

4. Основні результати дослідження

Для віддалених структурних підрозділів ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» дизельні генератори використовуються як основне джерело – в місцях, де відсутнє централізоване електропостачання, як аварійне джерело енергії та можливе його використання в якості допоміжного джерела енергії під час пікового навантаження на енергосистему.

В першому випадку графік зміни навантаження на дизельний генератор буде пропорційний навантаженню на Об’єднану енергосистему України. На рис. 1 наведено графік середнього споживання ел. енергії в робочі дні за листопад в Україні [9] з якого видно, що функція споживання електроенергії є нерівномірною, тому при використанні дизельного генератора навантаження на нього буде теж нелінійним, проте, як правило відсутні короткострокові різкі перепади навантаження.

На графіку (рис. 1) можна виділити три характерні зони: мінімального (в нічні години), середнього та максимального навантаження [10]. Зона середнього навантаження характеризується значним зростанням у ранкові години, рівномірним споживанням в середині та її спадом в кінці дня. Зона максимального навантаження характеризується піковим зростанням від середнього до максимального значення, далі – спадом до середнього. Зазвичай, присутні два максимуми навантаження: ранковий та вечірній. Другий пік, по своїй величині, завжди перевищує перший [11].

Для розрахункового дослідження було враховано особливості споживання ел. енергії Уладово-Люлинецькою дослідно-селекційною станцією Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, яка входить в структуру ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» та складено графік зміни навантаження на дизельний генератор протягом доби (рис. 2) із врахуванням рекомендацій по його експлуатації.

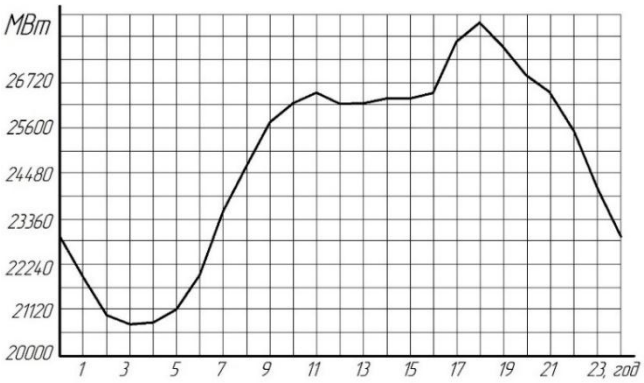

Рис. 1. Графік середнього споживання електроенергії в Україні в робочі дні за листопад

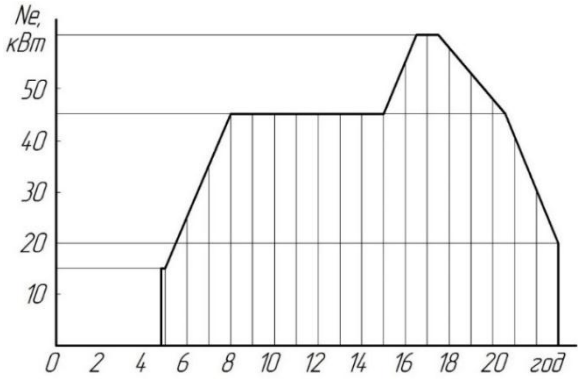

Рис. 2. Зміна навантаження на дизельний генератор

За рекомендаціями, навантаження на дизельний генератор потрібно збільшувати поступово через певні проміжки часу: в літній період кожні 5 – 7 хв., в зимовий – кожні 10 – 12 хв. Після запуску дизельного генератора подається 25 % навантаження. Через відповідні проміжки часу – 50 %, далі 75 % та 100 %. Не рекомендують експлуатувати дизельний генератор при навантаженнях на нього менше 30 % від зазначених у технічних характеристиках установки, оскільки при експлуатації дизельного генератора на малих навантаженнях значно знижується ККД та збільшується витрата палива. Оптимальним навантаженням є 40 – 75 %.

Характеристики дизеля СМД – 15, який використовується в розрахунковому дослідженні наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики двигуна СМД – 15

№	Показник	Значення
1.	Номінальна частота обертання колінчастого валу, об/хв	1800
2.	Крутний момент при номінальній частоті обертання, Н·м	312
3.	Потужність номінальна, кВт (к.с.)	61,1 (83)
4.	Число циліндрів	4
5.	Положення циліндрів	рядне
6.	Порядок роботи циліндрів	1-3-4-2
7.	Діаметр циліндра, мм	120
8.	Хід поршня, мм	140
9.	Робочий об’єм, л	6,33
10.	Ступінь стиснення	17
11.	Мінімальна частота обертання колінчастого валу на холостому ходу, не більше об/хв	600
12.	Максимальна частота обертання колінчастого валу на холостому ходу, не більше об/хв	1950
13.	Питома витрата палива в режимі номінальної потужності, г/кВт·год (г/к.с.·год)	248 (183)
14.	Тиск початку впорскування, МПа	17,5 -18
15.	Кут випередження впорскування, градусів	22

Розглянемо алгоритм роботи дизельного генератора. На початок розрахункового дослідження прийнято, що дизель вже працює на режимі холостого ходу. Для збільшення частоти обертання колінчастого валу до необхідного рівня для коректної роботи генератора збільшується циклова подача палива доки частота обертання колінчастого валу не досягне 1500 об/хв, після цього циклова подача палива зменшується до рівня, який забезпечує роботу дизеля з заданою частотою обертання колінчастого валу. Після чого на генератор подається навантаження, рівне 25 % від максимального, що становить 15 кВт. На такому режимі дизельний генератор працює 10 хв. За цей час дизель прогрівається, після чого навантаження змінюється відповідно до графіку, наведеного на рис. 2. При зміні складу суміші палив в запуск, прогрів та зупинка дизеля відбувається на дизельному паливі.

На рис. 3 наведено графік залежності годинної витрати суміші палив від години доби під час роботи дизельного генератора із заданим навантаженням з використанням суміші палив різного складу та з регулюванням складу суміші дизельного та біодизельного палив під час роботи двигуна. На рис. 4 наведено частину графіку, на якому детальніше видно залежність годинної витрати суміші палив від моменту запуску дизеля до моменту подачі навантаження на генератор.

Залежність зміни годинної витрати суміші палив та кожного з її компонентів від години доби під час роботи дизельного генератора наведено на рис. 5.

Стрибок годинної витрати суміші палив після запуску дизеля (рис. 3, 4) спричинено збільшенням циклової подачі суміші палив при зростанні частоти обертання колінчастого валу дизеля з 600 об/хв до 1500 об/хв. При досягненні значення частоти обертання колінчастого валу 1500 об/хв, годинна витрата суміші палив зменшується до рівня, на якому забезпечується ефективний крутний момент, який, в свою чергу, компенсує момент механічних втрат. Далі, зі збільшенням навантаження на колінчастий вал дизеля, для збереження його частоти обертання на рівні 1500 об/хв,

зростає годинна витрата суміші палив, яка залежить від відсоткового складу ДП та БП (рис. 5). Запуск та зупинка дизеля, при використанні динамічного регулювання відсоткового складу суміші палива, відбувається на ДП.

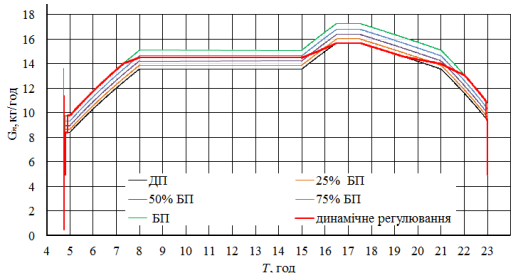

Рис. 3. Залежність годинної витрати суміші палив G_n від години доби T під час роботи дизельного генератора

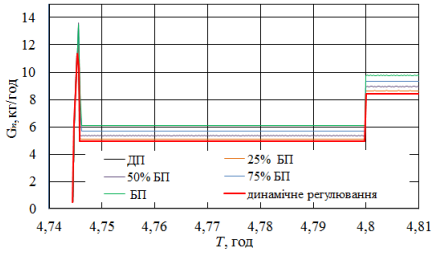

Рис. 4. Залежність годинної витрати суміші палив G_n від години доби T під час роботи дизельного генератора (детальніший)

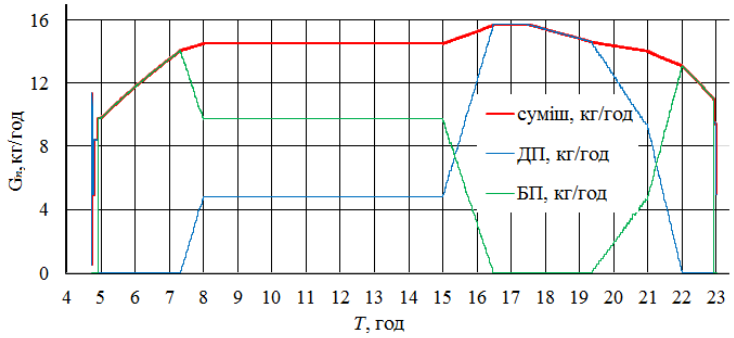

Рис. 5. Залежність годинної витрати суміші палив G_n та кожного з її компонентів від години доби T під час роботи дизельного генератора

Економічні показники роботи дизеля (табл. 2) оцінюються за сумарною витратою суміші палив $G_{ПΣ}$, ДП $G_{ДПΣ}$ та БП $G_{БПΣ}$ за час його роботи, яка визначається за формулою:

$$G_{ПΣ} = \sum_{i=1}^{n} i_ц \cdot \frac{n_{д(i-1)} \cdot q_{ц(i-1)} + n_{дi} \cdot q_{цi}}{14400},$$

$$G_{ДПΣ} = \sum_{i=1}^{n} i_ц \cdot \frac{n_{д(i-1)} \cdot q_{цДП(i-1)} + n_{дi} \cdot q_{цДПi}}{14400}, \qquad (1)$$

$$G_{БПΣ} = \sum_{i=1}^{n} i_ц \cdot \frac{n_{д(i-1)} \cdot q_{цБП(i-1)} + n_{дi} \cdot q_{цБПi}}{14400}.$$

де $n_{дi}$, $n_{д(i-1)}$ – частота обертання колінчастого валу на даному та попередньому етапі розрахунку; $q_{цi}$, $q_{ц(i-1)}$ – циклова подача суміші палив на даному та попередньому етапі розрахунку, г/цикл; $q_{цДПi}$, $q_{цБПi}$, $q_{цДП(i-1)}$, $q_{цБП(i-1)}$ – циклова подача дизельного та біодизельного палива на даному та попередньому етапі розрахунку, г/цикл.

Таблиця 2

Результати розрахунку витрати суміші палив за час роботи дизельного генератора із заданим навантаженням (рис. 2)

Склад суміші палив	Витрата суміші палив		Витрата по компонентах		Витрати на придбання палива, грн	Зменшення витрат, %.
	Всього, кг	Збільшення витрати палив, %	ДП, кг	БП, кг		
ДП	240,75	–	240,75	–	6741	
25% БП	246,12	2,23	184,59	61,53	6399,12	5,07
50% БП	252,59	4,918	126,3	126,3	6062,4	10,07
75% БП	260,21	8,08	65,05	195,16	5724,6	15,08
БП	268,69	11,61	–	268,69	5373,8	20,28
Динамічне регулювання	254,94	5,89	120,63	134,31	6063,84	10,05

З табл.2 та рис. 3 – 5 видно, що зі збільшенням відсоткового вмісту БП в суміші палив, пропорційно зростає її витрата.

Визначення відсоткового складу суміші палив відбувається з врахуванням впливу на протікання робочих процесів [12, 13] відповідно до алгоритму [8], де для оцінки ефективності протікання робочих процесів в циліндрі дизеля обрано їх тривалість, яка оцінюється за тривалістю процесів впорскування, випаровування та згоряння палива. Оскільки, допустиме значення тривалістю цих процесів буде змінюватись, залежно від кута випередження впорскування суміші палив, то для зручності, доцільно оцінювати ефективність протікання робочих процесів в циліндрі дизеля за значенням кута п.к.в. дизеля при закінченні горіння суміші палив $\varphi_{зг}$:

$$\varphi_{зг} = 360^{O} - \theta_{впр} + \varphi_{впр} + \varphi_{г}, \qquad (2)$$

де $\theta_{впр}$ – кут випередження впорскування палива; $\varphi_{впр}$ – тривалість впорскування; $\varphi_{г}$ – тривалість горіння суміші палив.

На рис. 6 наведені графіки залежності ефективного крутного моменту M_e, відсоткового складу суміші палив $n_{БП}$ та значення кута п.к.в. при закінченні горіння суміші палив в циліндрі дизеля ($\varphi_{зг}$) від години доби. Розглянемо графік детальніше.

- Після запуску дизеля момент навантаження на нього відсутній. Зростання циклової подачі палива призводить до збільшення ефективного крутного моменту, який перевищує момент механічних втрат. Значення $\varphi_{зг}$ зростає до 440° п.к.в. Частота обертання колінчастого валу збільшується з 600 до 1500 об/хв, після чого для збереження частоти обертання колінчастого валу на рівні 1500 об/хв відбувається зменшення циклової подачі палива, що спричиняє зниження ефективного крутного моменту, значення $\varphi_{зг}$ (до 400° п.к.в). Двигун працює на ДП.

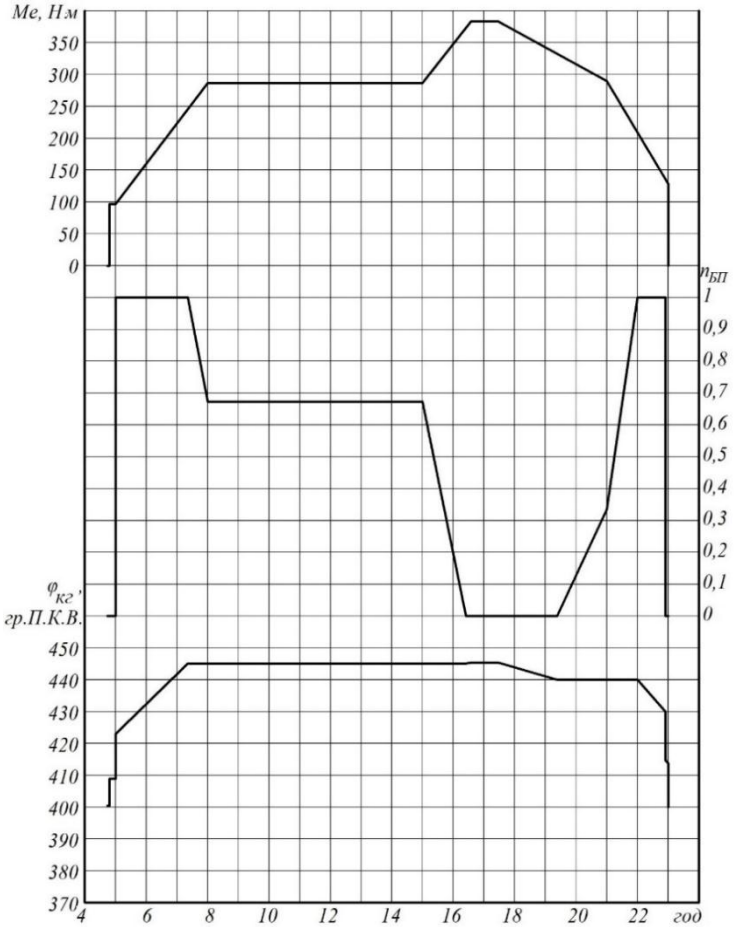

Рис. 6. Графік залежності ефективного крутного моменту M_e, відсоткового складу суміші палив $n_{БП}$ та значення кута повороту колінчастого валу при закінченні горіння суміші палив $\varphi_{зг}$ в циліндрі дизеля від години доби

- Момент навантаження збільшується до 95,5 Н·м, значення $\varphi_{зг}$ до 409° п.к.в., після чого залишається незмінним. На даному режимі дизель працює на ДП протягом 10 хв. Далі система живлення переходить на роботу на суміші палив з динамічним регулюванням її відсоткового складу. Протягом 30 с відсотковий склад суміші палив змінюється з 100 % ДП, 0 % БП на 0 % ДП, 100 % БП. Це спричиняє зростання значення $\varphi_{зг}$ з 409° п.к.в. до 422° п.к.в.
- Протягом 3-х годин роботи дизеля момент навантаження лінійно збільшується з 96 до 287 Н·м, значення $\varphi_{зг}$ зростає з 422° п.к.в. до максимально допустимого значення 445° п.к.в. При досягненні максимального значення $\varphi_{зг}$ відбувається поступове зменшення вмісту БП в суміші палив до 67 % (33 % ДП, 67 % БП), що, при збільшенні навантаження, забезпечує постійне значення $\varphi_{зг}$ на рівні 445° п.к.в.
- Протягом 7-ми годин дизель працює на сталому режимі: момент навантаження рівний 287 Н·м, значення $\varphi_{зг}$ 445° п.к.в. при відсотковому вмісті БП в суміші палив 67 % (33 % ДП, 67 % БП).
- Протягом однієї години дизель працює на сталому режимі: момент навантаження рівний 382 Н·м, значення $\varphi_{зг}$ 445° п.к.в. при відсотковому складі суміші палив 100% ДП, 0 % БП.
- Протягом 3,5 години момент навантаження лінійно зменшується з 382 до 287 Н·м. Відсотковий склад суміші палив не змінюється (100% ДП, 0 % БП) поки значення $\varphi_{зг}$ не зменшиться до 440° п.к.в. (діапазон в 5° п.к.в. задано для запобігання зміни відсоткового складу суміші палив при незначних коливаннях $\varphi_{зг}$). Постійне значення $\varphi_{зг}$ на рівні 440° п.к.в., при зменшенні навантаження, забезпечується за рахунок зміни відсоткового складу суміші палив з 100 % ДП (100 % ДП, 0 % БП) до 34 % БП (66% ДП, 34 % БП).
- Протягом 1 год. 55 хв. момент навантаження лінійно зменшується з 287 до 133 Н·м, відсотковий вміст БП в суміші палив збільшується з 34 % (66 % ДП, 34 % БП) до 100 % БП (0 % ДП, 100 % БП). Значення $\varphi_{зг}$ залишається на рівні 440° п.к.в. При досягненні 100 % БП в суміші палив (0 % ДП, 100 % БП) відбувається зменшення значення $\varphi_{зг}$ з 440° п.к.в. до 429° п.к.в.
- За 5 хвилин до зупинки дизеля, який ще працює під навантаженням, відсотковий вміст БП в суміші палив зменшується до 0 % (100 % ДП, 0 % БП). Зміна відсоткового складу суміші палив відбувається протягом 30 с, значення $\varphi_{зг}$ зменшується з 429° п.к.в. до 416° п.к.в. Момент навантаження продовжує лінійно зменшуватись з 133 до 127 Н·м, значення $\varphi_{зг}$ далі зменшується до 415° п.к.в.
- Дизель працює на ДП. Момент навантаження стає рівним нулю, значення $\varphi_{зг}$ рівне 340° п.к.в. Дизель зупиняється.

На рис. 7 наведено графік залежності концентрації сажі від години доби під час роботи дизельного генератора із заданим навантаженням з використанням суміші палив різного відсоткового складу та з динамічним регулюванням вмісту БП в суміші.

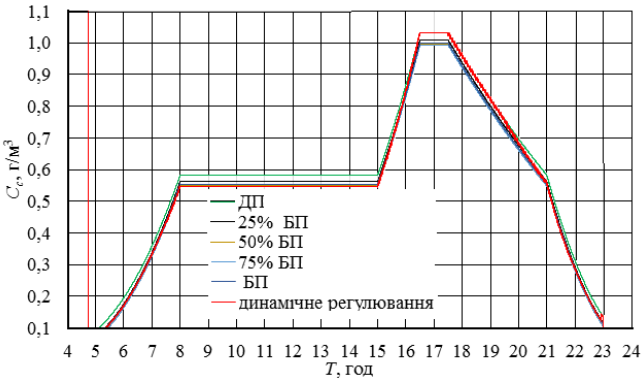

Рис. 7. Залежність концентрації сажі C_c від години доби T при роботі дизельного генератора

З графіку видно, що зі збільшенням навантаження на колінчастий вал дизеля зростає димність відпрацьованих газів. Використання суміші палив спричиняє зменшення димності відпрацьованих газів дизеля. При роботі на режимі холостого ходу на сумішах з вмістом БП 25 %, 50 %, 75 %, 100 %

зменшення відбувається на 37,95 %, 56,86 %, 56,72 %, 37,55 % відповідно, а при роботі з навантаженням 60 кВт зменшення відбувається на 2,08 %, 3,29 %, 3,62 %, 3,08 % відповідно.

Оскільки, енергетична цінність БП менша ніж ДП, то для забезпечення однакового ефективного крутного моменту потрібно збільшити циклову подачу БП. Але при роботі дизеля на максимальній потужності (з максимальною цикловою подачею) система живлення дизеля СМД-15 не дає можливості компенсувати меншу енергетичну цінність БП шляхом збільшення її циклової подачі (рис. 8), – це спричиняє зменшення ефективного крутного моменту та збільшення часу розгону колінчастого валу дизеля при використання БП (рис. 9). Із збільшенням вмісту БП в суміші палив час розгону колінчастого валу дизеля збільшується (динаміка погіршується).

При використанні сумішей з вмістом БП 25 %, 50 %, 75 % та 100 % час розгону колінчастого валу дизеля збільшується на 3,9 %, 7,5 %, 10,8 %, 13,95 % відповідно. Враховуючи те, що дизельний генератор працює постійно на сталій частоті обертання колінчастого валу, зміна динаміки розгону дизеля ніяк не вплине на його роботу.

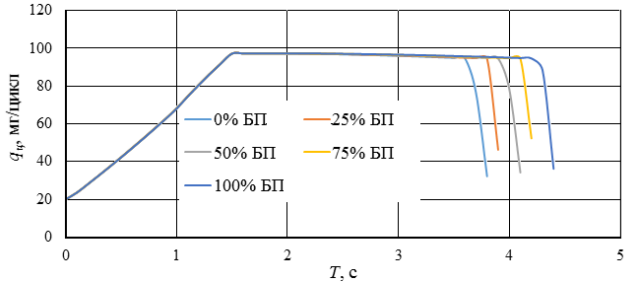

Рис. 8. Залежність циклової подачі суміші палив $q_ц$ з різним відсотковим складом від часу T при розгоні колінчастого валу дизеля

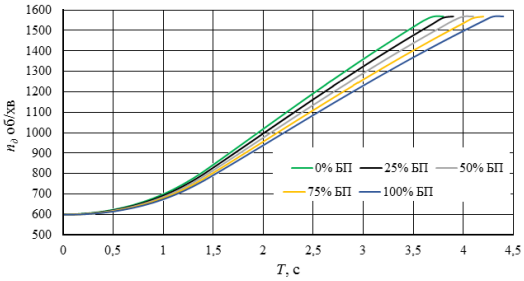

Рис. 9. Залежність частоти обертання колінчастого валу $n_д$ від часу T при розгоні його на суміші палив різного відсоткового складу

На рис. 10 наведена діаграма витрат сумішей палив різного відсоткового складу за час розгону колінчастого валу дизеля з холостого ходу до частоти обертання, обмеженої регулятором. При використанні сумішей з вмістом БП 25 %, 50 %, 75 % та 100 % збільшується годинна витрата суміші палив на 3,8 %, 9,9 %, 13,6 %, 20 % відповідно, порівняно з годинною витратою ДП.

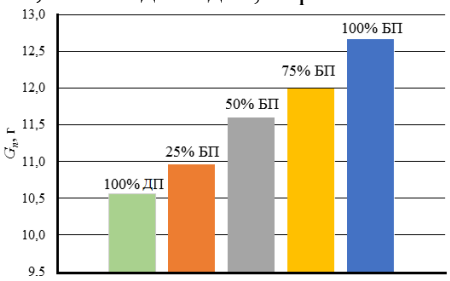

Рис. 10. Діаграма витрат сумішей палив $G_п$ за час розгону колінчастого валу дизеля

Мобільні електростанції, які застосовуються в підрозділах ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» обладнуються дизелями переважно більшої потужності ніж самі генератори і це призводить до того, що при роботі дизельного генератора на режимі максимального навантаження двигун працює на режимі часткового навантаження при частоті обертання колінчастого валу, близькій до номінальної. Відповідно, дизель буде завжди працювати на режимах за яких доцільно використовувати суміші палив з великим вмістом БП, а система живлення дизеля з динамічним регулюванням відсоткового складу суміші палив забезпечить ефективну роботу енергетичної установки на всіх її режимах роботи та легкий запуск на ДП навіть за низьких температур та усуне негативні впливи від використання БП при непрогрітому двигуні.

5. Висновки

В результаті використання динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив для дизельного генератора, потужність генератора якого близька до потужності дизеля, перевитрата суміші палив відносно використання ДП складає 5,9 %, при цьому зменшуються затрати на

закупівлю палива на 10 % та зменшення димності відпрацьованих газів складає до 57 % залежно від режиму роботи дизеля. Тому використання динамічного регулювання складу суміші дизельного та біодизельного палив для мобільних електростанцій є обґрунтованим та доцільним. Якщо використовувати мобільну електростанцію, потужність дизеля якої більша за потужність генератора, то економічний та екологічний ефекти будуть кращими.

Список використаних джерел

1. Марков В. А. Использование смесей дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла в качестве топлива для транспортных дизелей / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Нагорнов, С. С. Лобода // инженерный журнал: Наука и инновации, электронное научно-техническое издание. – М.: Наука: – 2013. – 16 с.
2. Гутаревич Ю.Ф. Дослідження впливу біодизельного палива на паливо-економічні та екологічні показники вантажного автомобіля / Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, О.О. Левківський // Вісник СевНТУ, 2012. – №13. – С. 25 – 30.
3. Калетнік Г. М. Виробництво та використання біопалив в Україні: економетричні підходи, моделювання/ Г. М. Калетнік, Н. В. Бурєннікова, Н. А. Потапова // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики / ВНАУ, 2018. - № 9 (37). - С. 7 – 23.
4. Гунько І. В. Система паливоподачі дизельного двигуна з електронним регулюванням складу дозованої паливної суміші / І. В. Гунько, С. А. Бурлака, А. А. П'ясецький. // Техніка, енергетика, транспорт АПК, 2017. – №2 (97). – С. 139–144.
5. Murugesan A. Biodiesel as an alternative fuel for diesel engines / A. Murugesan, C. Umarani, R. Subramanian, N. Nedunchezhian // A review. Renew sust energy rev, 2009. – P. 653 – 662.
6. Поляков А. П. Методика визначення показників автомобіля з дизельним двигуном при використанні системи живлення з динамічним регулюванням відсоткового складу суміші палив / А. П. Поляков, О. О. Галущак, Д. О. Галущак// Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 10 (1119). – С. 59 – 64.
7. Поляков А. П. Математична модель системи «Двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив» / А. П. Поляков, О. О. Галущак // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ" – Луцьк, 2014. – Випуск №45. – С. 438-443.
8. Галущак О. О. Методика управління системою живлення дизеля під час використання динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив [Електронний ресурс] // Наукові праці Вінницького національного технічного університету, 2015. – №3 Режим доступу: http://praci.vntu.edu.ua/index.php//praci/ /article/view/10.
9. НЕК «Укренерго» Режими роботи ОЕС України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrenergo.energy.gov.ua.
10. Маляренко В. А. Нерівномірність графіка навантаження енергосистеми і способи його вирівнювання. / В. А. Маляренко, І. Д. Колотило, І. Є. Нечмоглод // Энергосбережение. Енергетика. – Х.: Энергоаудит, 2011. – №5. – С. 19 – 22.
11. Гуртовцев А. Выравнивание графика электрической нагрузки энергосистемы [Електронний ресурс] / А. Гуртовцев, Є. Забелло // Режим доступу: http://www.energetika.by/arch/~page__m21=10~news__m21=169.
12. Вырубов Д. Н. О расчете смесеобразования / Д. Н. Вырубов. – М. : Машиностроение, 1973. – №11. – С. 86 – 90.
13. Мазур В. А. Вплив на екологічні показники роботи дизельних двигунів за використання біодизеля. / В. А. Мазур, В. С. Мамалига, І. С. Поліщук, О. В. Мазур // Сільське господарство та лісівництво, 2018. - №11. - С. 16 – 25.

References

[1] Markov, V., Devyanyn, S., Nahornov, S.,. Loboda, S. (2013) *Vykorystannya sumisnoho dyzelnoho palyva i metylovoho efiru pidsolenoho masla v yakosti palyva dlya transportnykh dyzeliv [The use of mixtures of diesel and methyl ether of sunflower oil as a fuel for transport diesel engines]* Moscow: Inzhenernyy zhurnal: Nauka ta innovatsiyi: Elektronne naukovo-tekhnichne vydannya [in Russian].

[2] Hutarevych, Y., Korpach, A., Levkivskyy, O. *Doslidzhennya vplyvu biodyzelnoho palyva na palyvo-ekonomichni ta ekolohichni pokaznyky vantazhnoho avtomobilya [Investigation of the impact of biodiesel fuel on fuel-economic and environmental performance of a truck],* 13, 25 – 30, Sevastopol: Visnyk SevNTU [in Ukrainian].

[3] Kaletnik, H., Buryennikova, N., Potapova, N. (2018) *Vyrobnytstvo ta vykorystannya biopalyva v Ukrayini: ekonometrychni pidkhody, modelyuvannya [Production and use of biofuels in Ukraine: econometric approaches, modeling],* 9 (37), 7 – 23, Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktual'ni pytannya nauky i praktyky: Vinnytsya: VNAU [in Ukrainian].

[4] Hunko, I., Pyasetskyy, A., Burlaka, S. (2017) *Systema palyvopodachi dyzelnoho dvyhuna z elektronnym rehulyuvannyam skladu dozovanoyi palyvnoyi sumishi [Fueling system of the diesel engine with electronic regulation of the composition of the metered fuel mixture],* 2 (97), 47 – 51 Vinnytsya (VNAU):Tekhnika, enerhetyka, transport APK – Engineering, Energy, Transport of Agro-Industrial Complex. [in Ukrainian].

[5] Muruhesan, A., Umarani, S., Subramanian, R., Nedunchezhyan, N. (2009) *Biodiesel as an alternative fuel for diesel engines,* 653 – 662, A review. Renew sust energy rev.

[6] Polyakov, A., Galushchak, O., Galushchak, D. (2015) *Metodyka vyznachennya pokaznykiv avtomobiliv z dyzelnoho dvyhuna pry vykorystanni systemnoyi dynamichnoyi rehulyatsiyi vidsotkovoho skladu sumishey palyva [Method of determination of indicators of a car with a diesel engine with the use of a power supply system with dynamic regulation of the percentage composition of fuels]* 10(1119), 59 – 64. Kharkiv: Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «HPI». Zbirnyk naukovykh prats. Seriya: Avtomobile- ta traktorobuduvannya. [in Ukrainian].

[7] Polyakov A.P., Galushchak O.O. (2014) *Matematychna model systemy «Dvyhun – systema zhyvlennya sumishshyu dyzelnoho ta biodyzelnoho palyv» [The mathematical model of the system "Engine - a power supply system with a mixture of diesel and biodiesel fuels*"], 45, 438 – 443, Lutsk: Mizhvuzivskyy zbirnyk "NAUKOVI NOTATKY" Interuniversity Collected "SCIENTIFIC NOTES". [in Ukrainian].

[8] Galushchak, O. (2015) *Metodyka upravlinnya systemoyu zhyvlennya dyzelya pid chas vykorystannya dynamichnoho rehulyuvannya vidsotkovoho skladu sumishey palyva [The method of control of the diesel power supply system when using the dynamic regulation of the percentage composition of the mixture of fuels]* Naukovi pratsi Vinnytskoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. praci.vntu.edu.ua: №3 Vinnytsya: VNTU № 2 Retrieved from http://praci.vntu.edu.ua/index.php// praci / stattya / view / 10 [in Ukrainian].

[9] NEK «Ukrenerho» [NPC "Ukrenergo"] www.ukrenergo.energy.gov.ua. Retrieved from http://www.ukrenergo.energy.gov.ua [in Ukrainian].

[10] Malyarenko, V., Kolotylo, I., Nechmohlod, I. (2011) *Neyronnist hrafiky navantazhuye enerhosystemy ta sposoby yoho vymiru [The unevenness of the loading schedule of the power system and methods of its alignment],* 5–X, 19 – 22, Kharkiv: Énerhosberezhenye. enerhetyka – Enerhoaudyt. [in Ukrainian].

[11] Hurtovtsev, A., Zabello, Y. *Vyravnyvanye hrafyka elektrychnoyi navantazhennya enerhosystemamy [Alignment of the schedule of the electric load of the power system]* www.energetika.by: Retrieved from http: //www.energetika.by/arch/~page__m21=10~news__m21=169.

[12] Vyrubov D.N. (1973) *O raschete smeseobrazovanyya [About the calculation of mixing]* 11, 86–90 Moscow: Mashynostroenye. [in Russian].

[13] Mazur, V., Mamalyha, V., Polishchuk, I., Mazur, O. (2018) *Vplyv na ekolohichni pokaznyky roboty dyzel'nykh dvyhuniv za vykorystannya biodyzelya [Impact on the environmental performance of diesel engines for the use of biodiesel],* 11, 16 – 25, Tekhnika, enerhetyka, transport APK – Engineering, Energy, Transport of Agro-Industrial Complex: Vinnytsya: VNAU [in Ukrainian].

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА СМЕСИ ДИЗЕЛЬНОГО И БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКОК

В статье проведено исследование целесообразности использования биодизельного топлива, а именно динамического регулирования смеси дизельного и биодизельного топлива в мобильных электростанциях. Для этого исследовалось влияние изменения состава смеси дизельного и биодизельного топлива на технико-экономические и экологические показатели

дизеля, который работает в паре с генератором. Система питания дизеля обеспечивает изменение состава смеси топлив с учетом протекания рабочих процессов в цилиндрах дизеля в зависимости от режима работы.

Ключевые слова: биодизель, дизель, топливная смесь, дизельный генератор.
Ф. 2. Рис. 10. Табл. 2. Лит. 13.

FEASIBILITY STUDY OF REGULATION PERCENTAGE COMPOSITION DIESEL AND BIODIESEL MIXTURE IN THE PROCESS OF MOBILE POWER PLANT

There are studies the expediency of using biodiesel fuels, namely the dynamic regulation of a mixture of diesel and biodiesel fuel in mobile power plants in the article. For this purpose, the influence changes of the composition of the mixture of diesel and biodiesel fuel on the techno-economic and ecological parameters of the diesel engine, which works in tandem with the generator, was studied. The diesel fuel supply system provides for a change the composition of the fuel mixture, taking into account the working processes in the cylinders of diesel engine, depending on its mode of operation.

Key words: biodiesel, diesel, fuel mixture, diesel generator.
F. 2. Fig. 10. Tab. 2. Ref. 13

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гунько Ірина Василівна – кандидат технічних наук, доцент, віце-президент ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).
Галущак Олександр Олександрович – кандидат технічний наук, старший викладач кафедри «Загальнотехнічних дисциплін та охорони праці» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: Galushchak.gs@gmail.com).
Браніцький Юрій Юрійович – директор Уладово-Люлінецької дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (вул. Семноловська, 15, с. Уладівське, Калинівський район, Вінницька область, Україна, e-mail: branits'kyi@vsau.vin.ua)

Гунько Ирина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, вице-президент НУПК «Всеукраинский научно-учебный консорциум» (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: irynagunko@vsau.vin. ua).
Галущак Александр Александрович – кандидат технический наук, старший преподаватель кафедры «Общетехнических дисциплин и охраны труда» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: Galushchak.gs@gmail.com).
Браницкий Юрий Юрьевич – директор Уладово-Люлинецькой опытно-селекционной станции Института биоэнергетических культур и сахарной свеклы Национальной академии аграрных наук (ул. Семноловская, 15, с. Уладивське, Калиновський район, Винницкая область, Украина, e-mail: branits'kyi@vsau.vin.ua)

Iryna Gunko – PhD, Associate Professor, Vice-President of the All-Ukrainian Scientific and Training Consortium (3, Sonychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: irynagunko@vsau.vin. ua).
Oleksandr Galushchak – PhD, Senior Lecturer of the Department “General Technical Subjects and Safety” of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: Galushchak.gs@gmail.com).
Branitskiy Yuriy – Head of the Uladovo-Lyulinetsky Research and Selection Station at the Institute of Bioenergetic Cultures and Sugar Beet at the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (15 Semnolovskaya Str., Uladivske Village, Kalinovsky District, Vinnytsia Region, Ukraine, e-mail:branits'kyi@vsau.vin.ua).