

# Механіка, машинознавство та електропостачання

УДК 621.311

DOI: 10.30748/zhups.2021.68.16

Г.І. Лагутін<sup>1</sup>, Ю.Д. Мусаїрова<sup>1</sup>, Д.С. Грицюк<sup>1</sup>, І.І. Кулинич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup>Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ

## ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ

*В статті проведений аналіз особливостей визначення технічного стану дизельних двигунів пересувних електростанцій систем електропостачання радіолокаційних станцій, проаналізовані функціональні зв'язки між елементами дизель-генератора як об'єкта технічної діагностики. На підставі проведеного аналізу розроблені пропозиції щодо визначення фактичного технічного стану електроагрегата з дизельним двигуном внутрішнього згоряння і генератором постійного або змінного струму паливно-потужнісним методом.*

**Ключові слова:** електропостачання радіолокаційних станцій, технічна діагностика дизельних двигунів, визначення фактичного технічного стану, паливно-потужнісний метод.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Стаття виконана в рамках розробки магістерської роботи за темою “Удосконалення засобів визначення технічного стану дизельних двигунів пересувних електростанцій систем електропостачання радіолокаційних станцій, що застосовуються при проведенні ООС”. Важливість інформації про фактичний стан дизельних двигунів засобів електропостачання радіолокаційних станцій витікає з того, що одним з основних завдань, які виконують радіотехнічні війська згідно з [1], є ведення радіолокаційної розвідки і видача бойової та розвідувальної інформації на пункти управління та командні пункти різних рівнів для забезпечення ведення бойових дій та бойового управління підрозділами і військовими частинами. Бойова робота радіолокаційних засобів ведеться від автономних джерел електроенергії, для чого до складу систем електропостачання вводяться дизельні електростанції. Порушення електропостачання через несправності дизельних двигунів автономних джерел живлення радіолокаційних станцій може призвести до невиконання основних завдань, покладених на радіотехнічні підрозділи. Існуючі системи безрозбірного діагностування дизелів призначені лише для визначення факту початку аварійного режиму та швидкого зупинення двигуна, щоб не допустити його виходу з ладу або руйнування [2], що вимагає удосконалення засобів безрозбірного діагностування дизельних

двигунів, застосування яких дозволить підвищити достовірність результатів діагностування та прогнозувати можливість їх подальшої експлуатації. З багатьох існуючих засобів діагностування дизелів інтерес викликають засоби, що дають можливість визначення паливно-потужнісним методом працездатного стану електроагрегатів з дизельними двигунами внутрішнього згоряння при профілактиці перед їх застосуванням за призначенням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз досвіду застосування сил (військ) в операції Об'єднаних Сил свідчить, що безперервне, надійне та безпечне електропостачання комплексів озброєння та військової техніки є необхідною умовою постійної бойової готовності та боєздатності Повітряних Сил під час проведення операції Об'єднаних Сил [3–7]. Це обумовлює необхідність визначення технічного стану дизельних двигунів пересувних електростанцій перед їх використанням за призначенням. Аналізуючи деякі з існуючих засобів діагностування дизельних двигунів, можна зробити висновки, що засоби діагностування за витратою масла на чад шляхом зливу трудомісткі і вимагають великої витрати часу [8–9]; використання для цієї мети витратоміра, запропонованого в [10], не забезпечують достатньої точності, що різко знижує область застосування таких засобів; для реалізації віброакустичних методів необхідна складна, дорога електронна апаратура [11].

Тому актуальним є проведення досліджень, спрямованих на розробку автоматизованих вбудованих або переносних систем технічного діагностування працездатного стану дизельних двигунів при профілактиці перед їх застосуванням за призначенням.

**Мета статті** – аналіз можливостей визначення працездатного стану електроагрегатів з дизельними двигунами внутрішнього згоряння паливно-потужнісним методом при профілактиці перед їх застосуванням за призначенням для забезпечення надійного електропостачання радіолокаційних станцій.

### Виклад основного матеріалу

На етапі експлуатації в процесі застосування дизеля за призначенням часто необхідно перевірити правильність його функціонування, виявити несправності дизеля, що порушують його нормальну роботу. При цьому зі зростанням складності дизельних двигунів розширюються вимоги до засобів технічного діагностування щодо їх надійності, а також глибини, достовірності й автоматизації контролю об'єктів діагностування [12–13].

Метою технічного діагностування, яке здійснюється при підготовці до застосування дизельного двигуна, є контроль його працездатності. Якщо встановлено, що двигун непрацездатний, то здійснюється пошук відмови для визначення місця і при необхідності причини і виду відмови [14]. Вихідною інформацією при вирішенні діагностичного завдання є симптоми відмови і ознаки нормального функціонування (ОНФ) двигуна. Симптомом відмови є інформація при відхиленнях від норм параметрів, характерні цих відхилень у часі [15]. Максимальна кількість інформації міститься у симптомі, який дозволяє однозначно визначити елемент, що відмовив.

Основні загальні вимоги, що пред'являються до

засобів та методів визначення технічного стану, визначені [16–17]. Серед засобів діагностування працездатного стану дизельних двигунів розрізняють засоби діагностування за параметрами робочих процесів (потужність, економічність, продуктивність, фази газорозподілу, тощо), за параметрами супутніх процесів (рівень вібрації і шуму, нагрівання, розгін і вибіг обертових частин тощо) та за структурними параметрами (вимірювання геометричних розмірів, взаємного переміщення деталей, тощо).

Існуючі засоби визначення технічного стану дизельних двигунів мають істотні недоліки, основні з яких є:

- низька достовірність поставлених діагнозів; відсутність можливості виявлення дійсних причин виникнення несправностей і визначення можливості подальшої експлуатації;
- великі працезатрати, пов'язані із частковим розбиранням двигуна;
- технічні засоби не уніфіковані для застосування на різних типах двигунів.

Засоби технічного діагностування автоматизованих електростанцій призначені лише для визначення початку передаварійного режиму та не забезпечують виявлення поступових відмов або прогнозування технічного стану дизельного двигуна.

Вищевикладене дозволяє зробити висновок про необхідність розробки нових засобів для безрозбірного діагностування працездатного стану дизельних двигунів військових електростанцій при профілактиці перед їх застосуванням за призначенням, використання яких дозволяло б не тільки підвищити достовірність результатів діагностування, але й прогнозувати можливість їх подальшої експлуатації.

Діагностування технічного стану будь-якого об'єкта при його технічному обслуговуванні можна представити схемою (рис. 1), на якій можна визначити середнє початкове значення контрольованого параметра  $d_0$  та його відхилення  $\pm \Delta d(t)$  при зміні контрольованого параметра  $\Delta d_0$  [18].

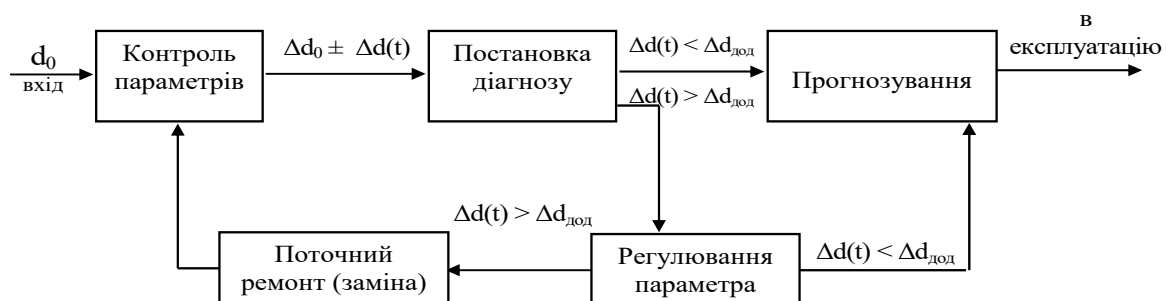


Рис. 1. Структурна схема діагностування технічного стану об'єкта

Джерело: розроблено авторами за даними [18].

У першому випадку можлива подальша експлуатація об'єкта після прогнозування його техніч-

ного стану. У другому випадку здійснюється регулювання параметра: якщо воно не дасть результату,

то вузол, технічний стан якого характеризується вимірюваним параметром, замінюють або ремонтують. За інтенсивністю зміни діагностичних показників можливо прогнозувати безвідмовну роботу дизель-електричної станції.

Ступінь достовірності оцінки технічного стану дизель-генератора залежить від того, наскільки повно контрольовані параметри відбивають його технічний стан. Кількість контрольованих параметрів має

бути достатньою для визначення фактичного стану агрегату, вузла або деталі [19]. Вибрати найбільш ефективні для діагностики параметри можна тільки на підставі ретельного вивчення функціональних зв'язків і структури об'єкта діагностики.

Для уточнення взаємозв'язків між елементами дизель-генератора подамо його у вигляді системи (рис. 2), в якій здійснюється процес перетворення енергії [20].

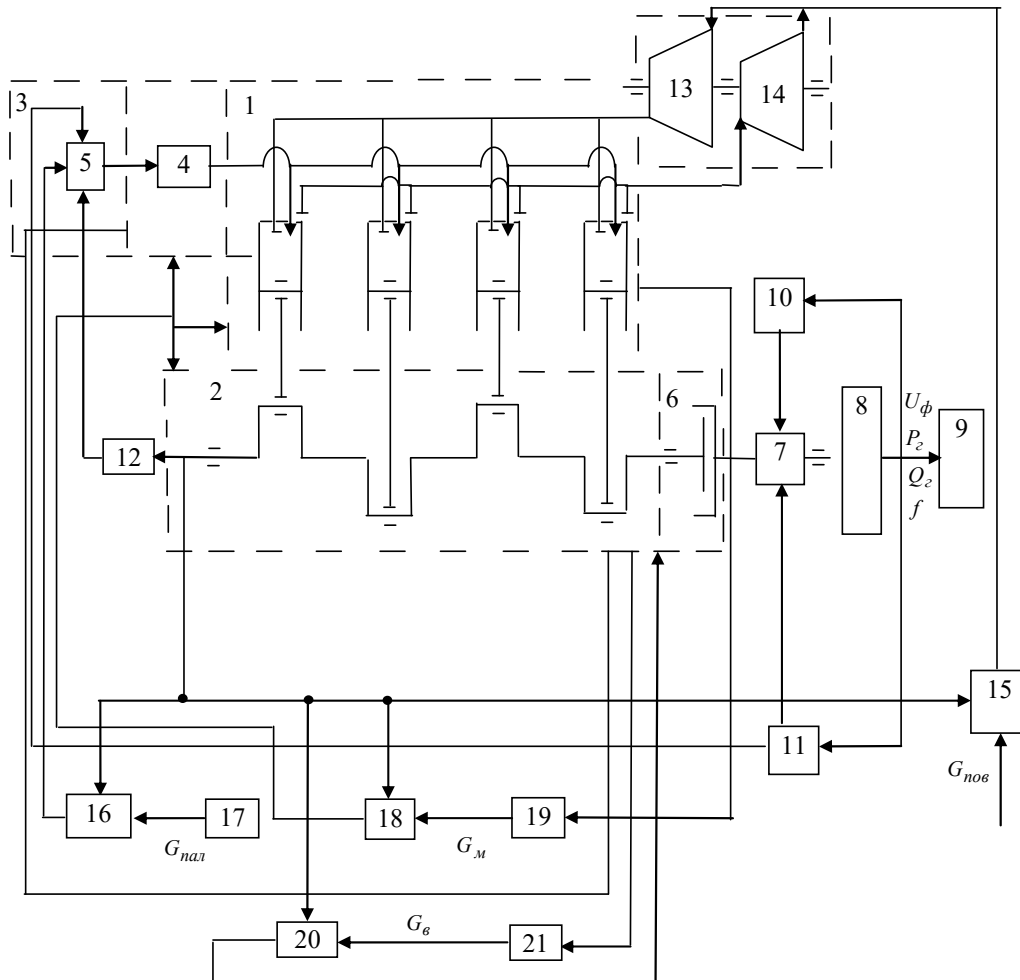


Рис. 2. Функціональна схема перетворення енергії у дизель-генераторі  
Джерело: розроблено авторами за даними [20].

На рис. 2 наведені такі позначення: 1 – циліндро-поршнева група, де показано чотири циліндри двигуна з впускними та випускними клапанами, форсунками й кривошипно-шатунним механізмом; 2 – колінчатий вал двигуна; 3 – паливна система з паливним насосом високого тиску 4 та двоімпульсним регулятором частоти обертання 5, який змінює положення рейки паливного насоса високого тиску 4 в залежності від зміни частоти обертання, що фіксується регулятором за відхиленням 12, з'єднаним з валом 2, та від зміни струму навантаження, що фіксується регулятором за збуренням 11, який вимірює навантаження 9 статорної обмотки генератора 8,

ротор 7 якого через муфту 6 з'єднаний з валом 2 двигуна, а обмотки збудження ротора 7 живляться від регулятора за збуренням 11 та від регулятора напруги 10. На рис. 2, крім того, показаний турбонаддувний агрегат у складі компресора 13 та газової турбіни 14, на яку подаються вихлопні гази, що приводять агрегат в рух. Компресор 13 подає стиснене повітря в циліндри двигуна. Попереднє стиснення повітря здійснюється вентилятором 15. Паливо в паливний насос високого тиску 4 подається через регулятор частоти обертання 5 з паливного баку 17 за допомогою паливопідкачувального насоса 16. Змашення вузлів та агрегатів двигуна здійснюється

системою змащення, до складу якої входить масляний бак 19 та масляний насос 18. Охолодження вузлів та агрегатів двигуна здійснюється системою охолодження, до складу якої входить водяний резервуар 21 та водяний насос 20. На рис. 2 показані також масляні та водяні магістралі систем змащення та охолодження. Вентилятор 15, насоси 16, 18, 20 приводяться в рух від вала 2 двигуна.

З функціональної схеми дизель-генератора витікає, що для отримання активної  $P_2$  та реактивної  $Q_2$  потужності, фазної напруги  $U_\phi$ , що змінюється з частотою  $\omega$  та подається споживачам електроенергії необхідно витратити паливо, кількість якого дорівнює  $G_{нал}$ , подати повітря, кількість якого має дорівнювати  $G_{нов}$ , забезпечив при цьому змащення (витрати масла дорівнюють  $G_m$ ) та охолодження (витрати води дорівнюють  $G_в$ ).

З'ясуємо основні зв'язки між ланками в функціональній схемі об'єкта діагностики та які показники процесу перетворення енергії можливо використати в якості діагностичних параметрів для оцінки технічного стану дизель-генератора. Будемо вважати вхідними параметрами дизель-генератора як об'єкта діагностики часові витрати палива  $G_{нал}$ , часові витрати повітря  $G_{нов}$ , часові витрати змащувального мастила  $G_m$  та часові витрати охолоджуючої рідини (води)  $G_в$ . Вихідними параметрами об'єкта діагностики слід вважати активну  $P_2$  та реактивну  $Q_2$  потужності, фазну напругу  $U_\phi$  та частоту  $\omega$ . Для загальної оцінки процесу перетворення енергії в дизель-генераторі доцільно використати його коефіцієнт корисної дії  $\eta_{\partial_2}$ , який дорівнює відношенню отриманої активної потужності  $P_2$  до затраченої за годину роботи дизель-генератора енергії:

$$\eta_{\partial_2} = \frac{P_2}{G_{нал}H_{нал}}, \quad (1)$$

де  $H_{нал}$  – нижча теплотворна здатність палива.

Розглядаючи (1) як добуток ефективного коефіцієнта корисної дії (ККД) двигуна на ККД генератора, запишемо (1) таким чином:

$$\eta_{\partial_2} = \eta_e \cdot \eta_2, \quad (2)$$

де  $\eta_e = \eta_i \eta_m$  – ефективний ККД двигуна;

$\eta_i$  – індикаторний ККД двигуна;

$\eta_m$  – механічний ККД двигуна, що характеризує механічні втрати;

$\eta_2$  – ККД, який характеризує втрати в сталі на систему збудження та втрати в міді (втрати в обмотках генератора).

На підставі вищевикладеного може бути запро-

поновано визначення фактичного технічного стану електроагрегатів паливно-потужнісним методом, в основу якого покладено те, що для оцінювання технічного стану електроагрегата використовується співвідношення між потужністю, що виробляється цим електроагрегатом, і витратою палива, яка визначає ступінь досконалості процесів перетворення хімічної енергії палива спочатку в теплову, потім в механічну і, нарешті, в електричну енергію [21]. Це співвідношення є співвідношенням для визначення коефіцієнта корисної дії процесу перетворення енергії в дизель-генераторі  $\eta_{\partial_2}$ , який дорівнює:

$$\eta_{\partial_2} = \frac{P_2}{G_{нал}H_{нал}} = \eta_e \eta_2, \quad (6)$$

де  $\eta_e = 8,314 \frac{p_e M_0 T_0}{p_0 \eta_V H_{нал}}$  – ефективний коефіцієнт корисної дії, виражений через ефективний тиск  $p_e$ , коефіцієнт наповнення  $\eta_V$ , нижчу теплотворну здатність палива  $H_{нал}$ , тиск  $p_0$  свіжого заряду паливної суміші, що поступає в циліндри, його температуру  $T_0$  та масу  $M_0$ ;

$$\eta_2 = \left( 1 - \frac{P_\Sigma}{S_2 \cos \phi_2 + P_\Sigma} \right) - \text{коефіцієнт корисної}$$

дії генератора, виражений через суму всіх втрат в генераторі  $P_\Sigma$ , його номінальну повну потужність  $S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}$  та номінальний коефіцієнт потужності  $\cos \phi_2 = P_2 / S_2$ .

Коефіцієнт корисної дії процесу перетворення енергії  $\eta_{\partial_2}$  є узагальненим діагностичним параметром, за зміною значень величини ККД можливо зробити висновок щодо зміни технічного стану двигуна і генератора, тобто про зміну технічного стану об'єкта діагностики. Порівнюючи величину витрат палива в процесі експлуатації електроагрегата з нормативною витратою палива в тому чи іншому стаціонарному режимі роботи, отриманою при випробуваннях електроагрегата на заводі-виробнику, можливо здійснити оцінку якості процесів перетворення енергії і зробити висновок щодо дійсного технічного стану електроагрегата. Оскільки умови проведення діагностування можуть бути відмінними від умов заводських випробувань, з метою отримання дійсних результатів, на які не впливають атмосферні умови, виміряне під час діагностування значення активної потужності генератора  $P_{2e}$  приводять до потужності при нормальних атмосферних умовах  $P_{2\phi}$  (атмосферний тиск 760 мм ртутного стовпчика, температура навколишнього повітря  $T = 20^\circ \text{C}$  і відносна вологість повітря 70 %), використовуючи для цього таке співвідношення [22]:

$$P_{2\phi} = P_{2\phi} \frac{748}{B - p_n} \frac{273 + T}{293}, \quad (7)$$

де  $P_{2\phi}$  – фактична потужність генератора;  $B$  – барометричний тиск, мм.рт. ст.;

$p_n$  – парціальний тиск водяних парів, мм.рт. ст.;

$T$  – реальна температура навколишнього повітря, °С.

Використання відповідно до співвідношення (6) в якості діагностичного параметра ефективного ККД і врахування при цьому ККД генератора дозво-

ляє дати узагальнену оцінку технічного стану електроагрегата, яка враховує оцінювання технічного стану елементів циліндро-поршневої групи, колінчатого валу, паливної апаратури, газорозподільного механізму та генератора постійного або змінного струму.

На рис. 3 наведена схема реалізації способу оцінювання технічного стану електроагрегата з дизельним двигуном внутрішнього згоряння і генератором постійного або змінного струму.

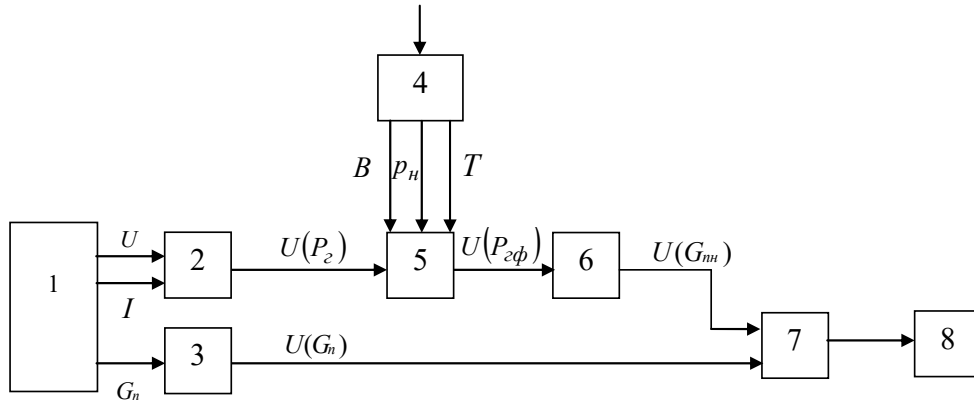


Рис. 3. Схема реалізації способу оцінювання технічного стану електроагрегата паливно-потужнісним методом

Джерело: розроблено авторами за даними [22].

На рис. 3 прийняті такі позначення: 1 – електроагрегат з дизельним двигуном внутрішнього згоряння і генератором постійного або змінного струму; 2 – вимірювач активної потужності генератора; 3 – вимірювач витрати палива; 4 – вимірювач параметрів навколишнього повітря; 5 – блок корекції; 6 – функціональний перетворювач; 7 – блок порівняння; 8 – блок індикації. Робота пристрою для оцінювання технічного стану електроагрегата з бензиновим або дизельним двигуном внутрішнього згоряння і генератором постійного або змінного струму полягає в наступному. У працюючого на незмінне навантаження електроагрегата 1 забезпечують підтримання незмінного значення напруги  $U$ , яка виробляється, підтримання стабільної кутової частоти обертання  $\omega$  та стабільного теплового стану, коли температура води, що охолоджує,  $T_g = \text{const}$  та температура масла в системі змащення  $T_m = \text{const}$ . При цьому за допомогою вимірювача 2, на вхід якого подаються значення напруги  $U$ , що виробляється, та струму  $I$ , що споживається, вимірюють активну потужність електроагрегата 1. Напруга  $U(P_2)$  на виході вимірювача 2 пропорційна потужності генератора  $P_2$ . Ця напруга подається на перший вхід блока корекції 5, на другий, третій та четвертий входи якого подаються результати вимірювань барометричного

тиску  $B$ , парціального тиску водяних парів  $p_n$  та температури навколишнього повітря  $T$ , які визначаються за допомогою вимірювача параметрів навколишнього повітря 4. В блоці корекції 5 здійснюється приведення результатів вимірювання активної потужності до нормальних атмосферних умов відповідно до співвідношення (7), і напруга  $U(P_{2\phi})$  на виході блока корекції 5 відповідає значенню активної потужності генератора, яка приведена до нормальних атмосферних умов. Напруга  $U(P_{2\phi})$  подається на вхід функціонального перетворювача 6, на виході якого визначаються нормативні витрати палива при певному значенні потужності  $U(G_{nn})$ , які відповідають результатам заводських випробувань електроагрегата з урахуванням напрацювання двигуна з початку експлуатації та внесені в пам'ять функціонального перетворювача 6. В блоці порівняння 7 здійснюється порівняння нормативної витрати палива з фактичною витратою палива, які виконуються вимірювачем 3, тобто здійснюється порівнювання напруг  $U(G_{nn})$  та  $U(G_n)$  і, якщо фактична витрата палива більше нормативної, тобто якщо  $U(G_n) > k \cdot U(G_{nn})$ , блок індикації 8 спрацьовує, що свідчить про незадовільний технічний стан електроагрегата. Коефіцієнт пропорційності  $k$  доцільно

вибирати в діапазоні від 1 до 1,05.

Значення цього коефіцієнта встановлює допустиму межу погіршення умов роботи електроагрегата і враховує можливий вплив інших чинників. Таким чином, оцінювання технічного стану електроагрегата відповідно до запропонованого способу здійснюється на підставі співставлення величини отриманої активної потужності  $P_2$  з величиною затраченої енергії  $G_{нал}H_{нал}$  та забезпечує швидке оцінювання стану елементів циліндро-поршневої групи, колінчатого валу, паливної апаратури, газорозподільного механізму та генератора електроагрегата перед його застосуванням за призначенням.

## Висновки

Проведений аналіз шляхів удосконалення засобів технічної діагностики дизельних двигунів пересувних електростанцій систем електропостачання радіолокаційних станцій показав наступне:

1. Порушення електропостачання через несправності дизельних двигунів автономних джерел живлення радіолокаційних станцій може призвести до

невиконання основних завдань, покладених на радіотехнічні підрозділи.

2. Розробка нових способів безрозбірної діагностики дизельних двигунів військових електростанцій, застосування яких дозволить підвищити достовірність результатів діагностування та прогнозувати можливість їх подальшої експлуатації, є достатньо актуальною задачею.

3. Спосіб визначення працездатного стану електроагрегатів паливно-потужнісним методом дозволяє визначити працездатний стан дизель-генераторів при профілактиці перед їх застосуванням за призначенням шляхом порівняння витрати палива при певному значенні активної потужності генератора, з нормативними витратами палива при тому ж самому значенні активної потужності генератора.

4. Використання запропонованого пристрою дозволить проводити технічне обслуговування або ремонт електроагрегата за технічним станом і уникнути непередбачених наслідків виходу його з ладу, що забезпечить надійне електропостачання радіолокаційних станцій.

## Список літератури

1. ВКП 1-00 (12).01. Доктрина "Повітряні Сили Збройних Сил України". Командування Повітряних Сил Збройних Сил України. – Вінниця: ВМД, 2020. – 40 с.
2. Кононов В.Б. Обґрунтування вимог до сучасних способів та засобів визначення загального технічного стану бензинових та дизельних двигунів військових електростанцій та силових установок зразків озброєння та військової техніки / В.Б. Кононов, О.А. Кононова, Ю.Д. Мусаїрова // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2020. – № 2(60). – С. 21-26. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz\\_2020\\_2\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2020_2_6).
3. Експлуатація та ремонт за технічним станом озброєння і військової техніки зенітних ракетних військ: проблемні питання та шляхи їх вирішення / Д.А. Гриб, Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук та ін. // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 4(24). – С. 27-31.
4. Лагутін Г.І. Аналіз способів визначення технічного стану асинхронних двигунів електромашинних перетворювачів частоти в системах електропостачання зенітних ракетних комплексів / Г.І. Лагутін, О.О. Скиба, О.О. Юр'єв // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2019. – № 2(60). – С. 133-139. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.60.17>.
5. Аналіз можливості застосування ємнісних накопичувачів енергії в дизельних електростанціях систем електропостачання комплексів озброєння та військової техніки в умовах ведення бойових дій / Г.І. Лагутін, О.М. Романов, А.М. Панченко, О.О. Юр'єв // Системи озброєння і військова техніка. – 2020. – № 2. – С. 66-72. <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.62.09>.
6. Лубко Д.В. Проектування та розробка експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів / Д.В. Лубко, О.Г. Зінов'єва, С.В. Шаров // Системи обробки інформації. – 2019. – № 1(156). – С. 15-21. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.156.02>.
7. Мислович М.В. Про деякі особливості побудови інтелектуальних багаторівневих систем технічної діагностики електроенергетичних об'єктів / М.В. Мислович, Р.К. Сисак // Технічна електродинаміка. – 2015. – № 1. – С. 78-85.
8. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей / В.Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 596 с.
9. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згоряння / А.П. Марченко. – Х.: Видавн. центр НТУ "ХПІ", 2004. – 422 с.
10. Системы управления дизельными двигателями [Електронний ресурс]. – М.: ЗАО "КЖИ За рулем", 2004. – 480 с. – Режим доступу: <http://forsunkamagazin.ru/sistemy-upravleniya-dizelnymi-dvigatelyami>.
11. Исследование вопросов диагностики двигателей УТД-20 виброакустическими методами: отчет о НИР / ВА РБ; рук. В.И. Климович. – Минск, 2006. – 106 с.
12. ДСТУ ISO 13372:2015. Моніторинг і діагностика стану машин. Словник термінів (ISO 13372:2012, IDT). – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=93010](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=93010).
13. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Видавн. стандартів, 1996. – 96 с.
14. Клюев В.В. Надежность и эффективность в технике / под общ. ред. В.В. Клюева, П.П. Пархоменко. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.
15. Поляков А.П. Обґрунтування критеріїв оцінки впливу удосконаленої системи діагностування на ефективність використання транспортних засобів / А.П. Поляков, О.З. Горбай, М.Ю. Миронюк // Вісник машинобудування та транс-

порту. – 2016. – № 2. – С. 77-81.

16. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

17. ДСТУ ISO 13379-2:2015. Моніторинг і діагностика стану машин. Інтерпретація даних і технічна діагностика. Ч. 2. – Режим доступу: <http://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1&l=17816>.

18. Трофименко І.В. Модель прогнозування показника надійності суднових агрегатів / І.В. Трофименко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2018. – № 1(55). – С. 140-145. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.55.19>.

19. Сашко В.А. Електронне та електричне обладнання автомобілів / В.А. Сашко. – К.: Каравела, 2007. – 367 с.

20. Звіт про НДР. “Обґрунтування шляхів удосконалення методів та засобів діагностики привідних двигунів військових електростанцій та силових установок зразків озброєння та військової техніки для організації технічного обслуговування та ремонту за фактичним технічним станом”. Шифр “Діагностика” № держреєстрації 0120U001019 / Лагутін Г.І., Мусаїрова Ю.Д. та ін. – Х.: ХНУПС, 2020. – 129 с.

21. Патент України на корисну модель № 140339. Спосіб оцінювання технічного стану електроагрегату з бензиновим або дизельним двигуном внутрішнього згоряння і генератором постійного або змінного струму / Б.Т. Кононов, О.А. Кононова, Ю.Д. Мусаїрова, А.О. Нечаус, В.М. Уваров. Заявлено 31.05.2019, опубл. 25.02.2020, бюл. № 4.

22. Патент України на корисну модель № 135920. Спосіб оцінювання технічного стану двигуна внутрішнього згоряння / Б.Т. Кононов, О.А. Кононова, Ю.Д. Мусаїрова, А.О. Нечаус, О.О. Ручка, В.М. Уваров. Заявлено 13.02.2019, опубл. 25.07.2019, бюл. № 14.

Надійшла до редколегії 01.02.2021

Схвалена до друку 16.03.2021

#### **Відомості про авторів:**

##### **Лагутін Геннадій Іванович**

кандидат технічних наук доцент  
начальник кафедри  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-6337-1357>

##### **Мусаїрова Юлія Дмитрівна**

ад'юнк  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-7188-2085>

##### **Грицюк Дмитрій Сергійович**

курсант  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2888-2100>

##### **Кулинич Ігор Ігорович**

старший науковий співробітник  
науково-дослідного відділу  
центру імітаційного моделювання Національного  
університету оборони України ім. І. Черняхівського,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-5543-842X>

#### **Information about the authors:**

##### **Hennadiy Lahutin**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Head of Department  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6337-1357>

##### **Yulia Musairova**

Doctoral Student  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-7188-2085>

##### **Dmitry Gritsyuk**

Cadet  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2888-2100>

##### **Igor Kulnich**

Senior Research Associate  
of Scientific Research Department  
of Simulation Center of Ivan Chernyakhivsky National  
University of Defense of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-5543-842X>

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ**

Г.И. Лагутин, Ю.Д. Мусаирова, Д.С. Грицюк, И.И. Кулинич

В статье проведен анализ особенностей определения технического состояния дизельных двигателей передвижных электростанций систем электроснабжения радиолокационных станций, проанализированы функциональные связи между элементами дизель-генератора как объекта диагностики. На основании проведенного анализа разработаны предложения по определению фактического технического состояния электроагрегата с дизельным двигателем внут-

ренного сгорания и генератором постоянного или переменного тока топливно-мощностным методом.

**Ключевые слова:** электроснабжение радиолокационных станций, техническая диагностика дизельных двигателей, определение фактического технического состояния, топливно-мощностной метод.

#### WAYS OF IMPROVING THE TECHNICAL DIAGNOSTICS MEANS OF MOBILE POWER PLANTS DIESEL ENGINES OF RADAR STATIONS POWER SUPPLY SYSTEMS

H. Lahutin, Yu. Musairova, D. Gritsyuk, I. Kulinich

*The article analyzes the features of determining the technical condition of mobile power plants diesel engines of radar stations power supply systems, analyzes the functional relationships between the elements of the diesel generator as an object of technical diagnostics. Based on the analysis, proposals for determining the actual technical condition of the electric unit with a diesel internal combustion engine and a DC or AC generator by the fuel-power method have been developed. The analysis of ways to improve the means of technical diagnostics of diesel engines of mobile power plants of radar power supply systems showed that the occurrence of malfunctions of diesel engines of radar stations autonomous power sources is one of the reasons for reducing the level of radar units' combat readiness. The development of new methods of non-disassembled diagnostics of military power plants diesel engines, the use of which will increase the reliability of diagnostic results and predict the possibility of their further operation, is a very important task. The proposed method of assessing the technical condition of electric units by fuel-power method allows to obtain high accuracy of results by comparing fuel consumption at a certain value of active power of the generator taking into account atmospheric conditions of the unit, with standard fuel consumption at the same value of active generator power, and based on the results of this comparison to determine the actual technical condition of the unit. The use of the proposed device will allow timely maintenance or repair of the unit according to its actual condition and avoid unforeseen consequences of its failure, which makes this device a universal way to assess the overall technical condition of units.*

**Keywords:** power supply of radar stations, technical diagnostics of diesel engines, determination of the actual technical condition, fuel-power method.