

УДК 629.4.083

*Канд. техн. наук Ю.М. Дацун,
А.О. Таранов*

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ МЕТОДІВ ПРИ КОНТРОЛІ СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ

Представив д-р техн. наук, професор В.Г. Пузир

Вступ. Надійність сучасних тягових електродвигунів значною мірою визначається безвідмовністю їх вузлів та деталей. Аварійні пошкодження, що виникають під час руйнування або виходу із ладу комплектуючих тягових електродвигунів, призводять до порушення цілісності системи та великих економічних витрат на ремонт та відновлення пошкоджених місць у електромашинах. Підтримання необхідного ступеня надійності обладнання у процесі його експлуатації забезпечується системою технічного обслуговування і ремонту. Необхідність удосконалення системи та традиційних методів експлуатаційного контролю електричних машин визначається їх недостатньою ефективністю та потребою виводу обладнання із експлуатації. У цьому відношенні застосування засобів інфрачервоної (ІЧ) техніки для оцінки теплового стану забезпечує отримання оперативної інформації на працюючому обладнанні.

Останні дослідження і публікації. Прилади інфрачервоної техніки отримали за останнє десятиріччя достатньо широке розповсюдження у різних галузях промисловості при оцінці теплового стану обладнання [1-3].

Технічні дані існуючого тепловізійного обладнання роблять можливим його застосування при контролі стану обладнання локомотивів. Зокрема виявлення таких дефектів, які не можуть бути встановлені ніякими іншими методами, наприклад, місцеве перегрівання з'єднань струмоведучих кабелів до обмоток тягового електродвигуна.

Постановка завдання. Визначити можливість застосування комплексів тепловізійного діагностування при оперативному контролі стану тягових електричних двигунів.

Виклад матеріалу. При заходженні локомотива в депо для проведення оглядів ТО-2 та ТО-3 виникає необхідність швидкої

й точної оцінки стану обмоток тягових електродвигунів та якірних підшипників, що неможливо зробити без спеціального обладнання.

Місцями найбільш вірогідного виникнення перегрівання в тягових електродвигунах є контактні з'єднання, обмотка двигуна, підшипникові вузли, моторно-вістові підшипники, фарфорові ізолятори щіткотримачів, щітки колекторів електричних машин (рис. 1).

Згідно з класом ізоляції, що застосовується в тягових двигунах тепловозів (для ТЕ-006 клас В), допустиме значення температури перегрівання обмоток становить: обмотки якоря 120 °С, котушки полюсів 130 °С, колектора 95 °С. Виникнення замикань в обмотках та котушках буде призводити до значних перегрівань у межах 100-1000 °С. Для виявлення несправностей тягових електричних машин за критерієм перегрівання доцільно використовувати тепловізійне обладнання.

Для отримання достовірної інформації щодо технічного стану елементів тягових електродвигунів пропонується застосування тепловізорів. Тепловізор (інфрачервона камера) – оптико-електронний вимірювальний прилад, що працює в інфрачервоній області електромагнітного спектра, "переводить" у видиму область спектра власне теплове випромінювання людей або техніки. Тепловізор нагадує цифрову фото-відеокамеру. Чутливий елемент тепловізора – матриця (решітка) мініатюрних детекторів сприймає інфрачервоні сигнали і перетворює їх в електричні імпульси, які після підсилення перетворюються у відеосигнал.

Тепловізор може використовуватися, як прилад для безконтактного вимірювання температури об'єктів і температурних полів. Розрізняють як візуальні, так і вимірювальні тепловізори. Останні, крім відображення розподілу температури в

кольорі на екрані приладу, дозволяють виконувати точні вимірювання температури в кожній точці отриманого зображення [4]. Термозображення (термограми) можуть відтворюватися на стандартному моніторі або накопичуватися у цифровій формі. На рис. 1 подано принципову схему поділу на функціональні модулі тепловізора [5].

Інфрачервоне (теплове) випромінювання від досліджуваного об'єкта через оптичну систему передається на приймач, який являє собою матрицю неохолоджуваних термодетекторів. Далі отриманий відеосигнал, за допомогою електронного блока вимірювання, реєстрації та математичної обробки оцифровується і відображається на екрані комп'ютера або дисплеї тепловізора. Тепловізор абсолютно безпечний для людини. Цей прилад тільки приймає інфрачервоне випромінювання, нічого при цьому не випромінюючи на відміну від рентгена, який має шкідливий вплив на людину. Іноді тепловізори плутають з приладами нічного бачення, які дозволяють орієнтуватися при низькому рівні освітленості, посилюючи світло, що потрапляє в об'єктив. Тепловізор виграє у приладу нічного бачення, так як не схильний до «засвічення» яскравими об'єктами, а бачить тільки випромінюване тепло (рис. 2) [4].

Для реалізації тепловізійного контролю тягових двигунів тепловозів у депо пропонується встановлення відповідного блока між рейками перед в'їздом на оглядову канаву ПТОл. Принципову схему роботи блока тепловізійного контролю зображено на рис. 3.

При заходженні локомотива на чергове ТО-2 чи ТО-3 блок автоматично сканує різницю температур між навколишнім середовищем та вузлами тягового двигуна.

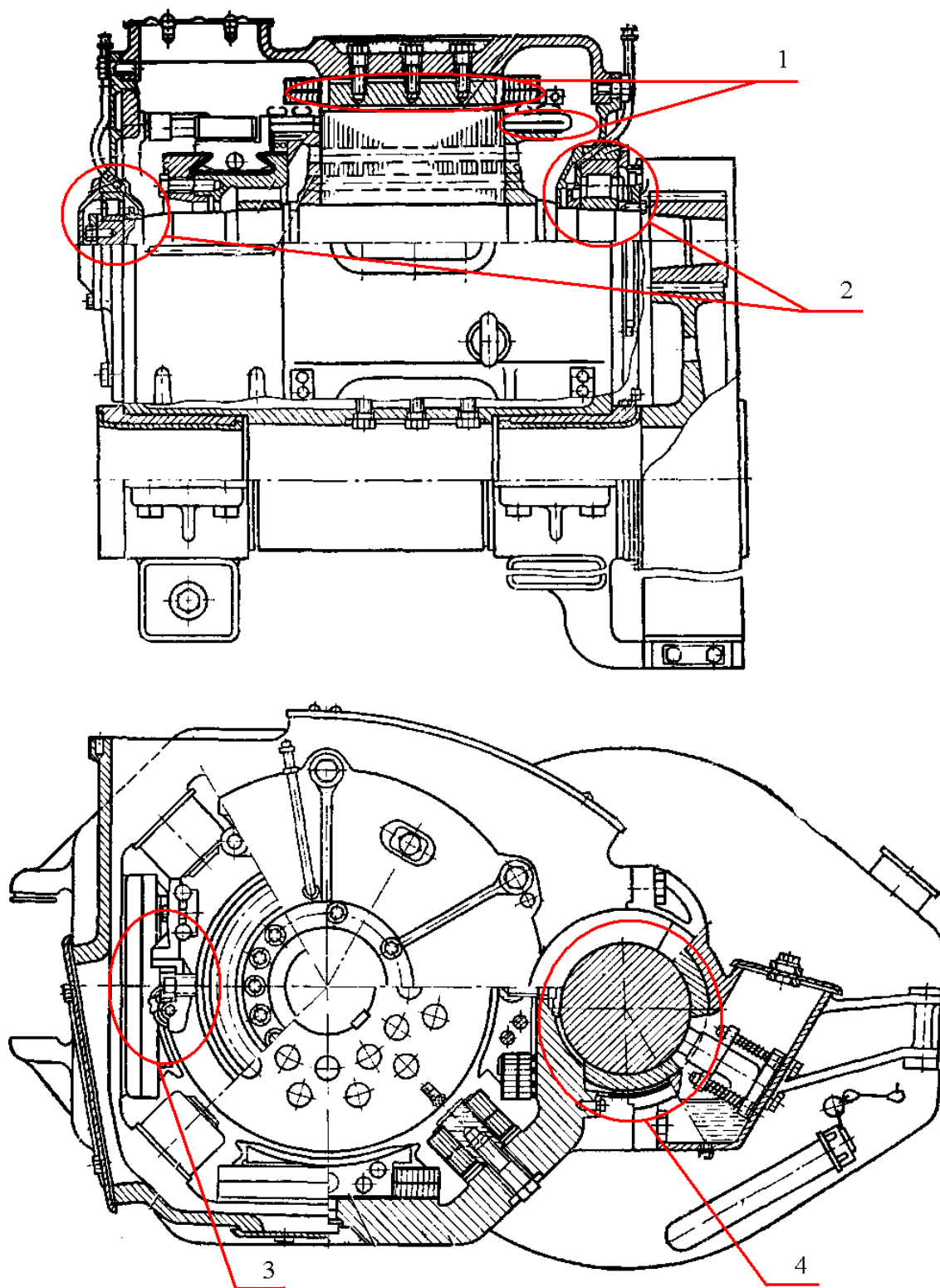


Рис. 1. Найчастіші місця перегрівання у тягових електродвигунах:
1 – обмотка двигуна; 2 – підшипникові вузли; 3 – щіточний апарат; 4 – буксові вузли
моторно-вістових підшипників

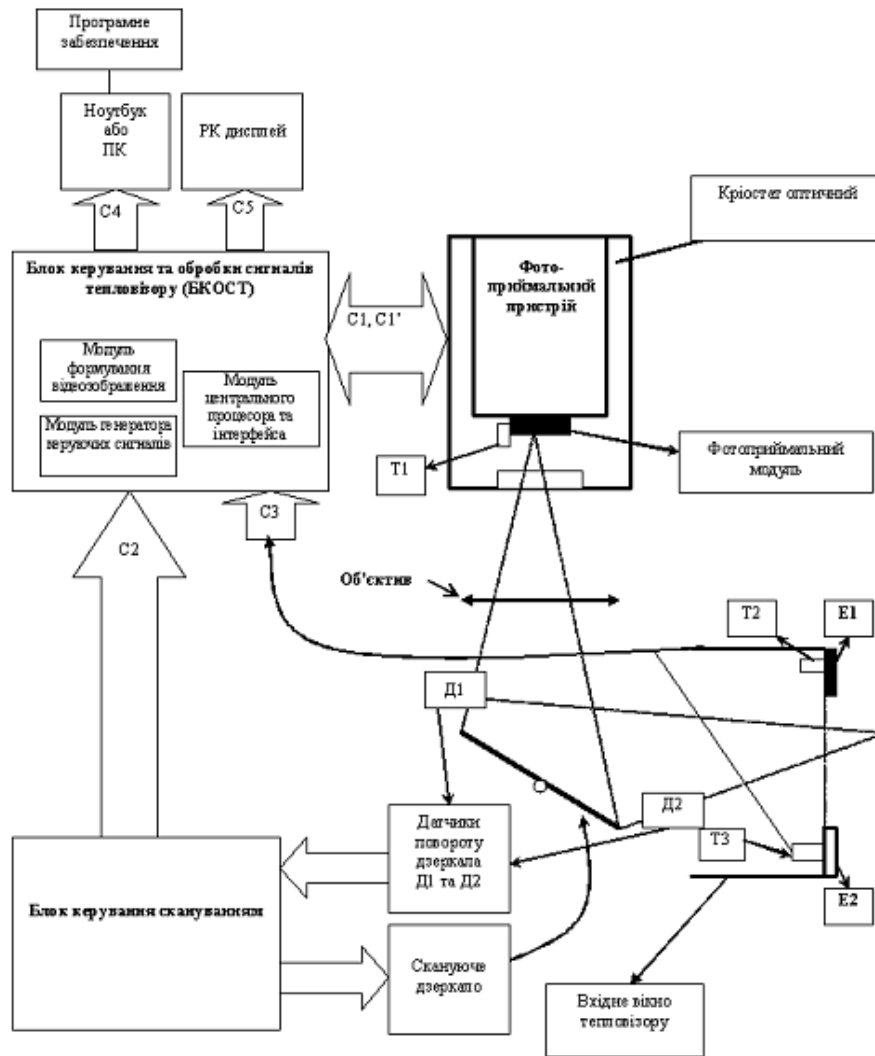


Рис. 2. Принципова схема функціональних модулів тепловізора:
 E1, E2 – температурні еталони для корекції неоднорідності чутливості фотодіодів;
 T1, T2 – датчики температури; D1, D2 – датчики початку та закінчення сканування;
 C1, C1', C2, C3, C4, C5 – сигнали взаємодії БКОСТ та основних компонентів

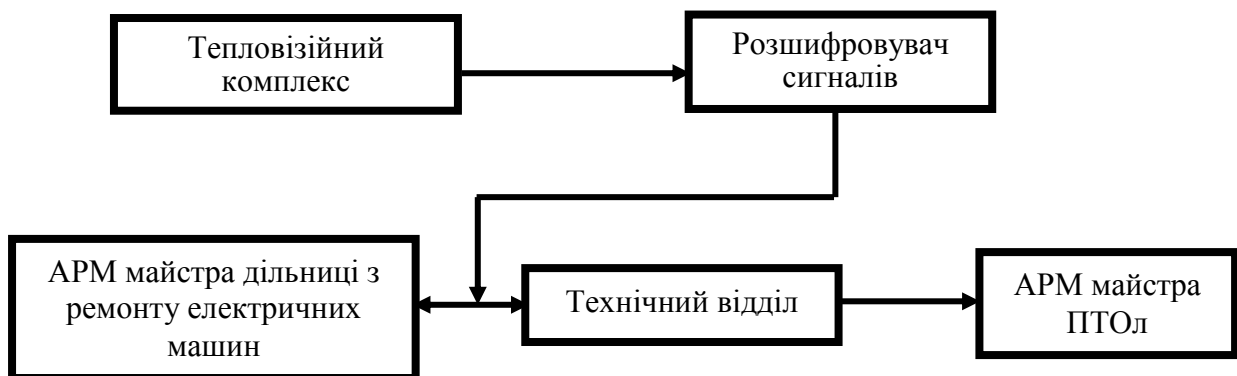


Рис. 3. Принципова схема роботи блока тепловізійного контролю

Сканований сигнал буде подаватися на розшифровувач сигналів, де різниця температур буде переведена в спеціальний графік, який разом із тепловізійним зображенням буде відправлений на АРМ майстра дільниці з ремонту електричних машин і технічний відділ. Разом сигнал буде подаватися на автоматизоване робоче місце майстра зміни, де він за отриманим графіком та зображеннями буде визначати технічний стан тягового двигуна, і в разі виявлення перегрівання приймати рішення про можливі варіанти усунення несправностей.

На отриманих у результаті тепловізійного контролю термограмах виділяють зони підвищеного нагрівання (рис. 4). Рівень тепловиділення може бути характеристикою:

- нормальної роботи (штатним рівнем тепловиділення);
- підвищеного теплового виділення внаслідок збільшеної навантаженості вузла;
- несправності вузла.

Для фіксування рівня розвитку дефекту при тепловізійному контролі використовується трирівнева система таких показників дефекту:

- «Норма»;

– «Попередження, що вимагає подальшого спостереження»;

– «Несправність, що вимагає втручання».

Розпізнавання несправностей виконується із застосуванням правил і бракувальних критеріїв.

Бракувальні критерії будують виходячи з максимальних допустимих значень температури або перевищення температури вузлів, згідно зі стандартами або нормативними керівними документами.

Обробка даних тепловізійного контролю вузлів, що мають теплову аномалію, проводиться на ПЕОМ з використанням комп'ютерної програми, що поставляється в комплекті з тепловізором, або спеціалізованих програм.

Результати тепловізійного контролю – термограми зберігаються в електронному вигляді з відповідними висновками та описом несправності.

За результатами розшифровки термограм складається протокол за результатами тепловізійного контролю вузлів локомотивів із зазначенням виду дефекту і рекомендаціями щодо його усунення [6].

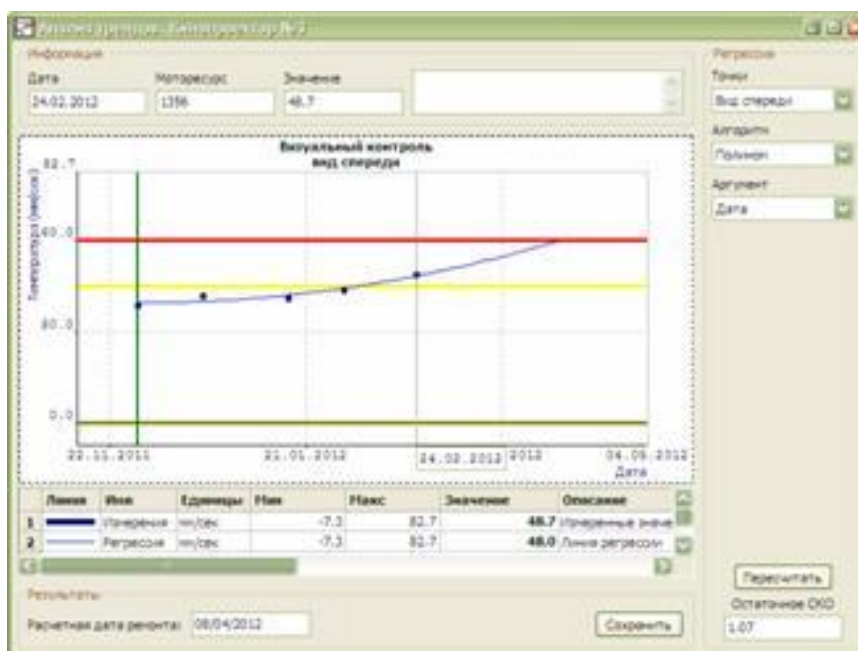


Рис. 4. Термограми обробки результатів тепловізійного контролю вузлів локомотива

Для розрахунку оптики необхідного тепловізора використовувалась залежність

$$FOV = 2 \operatorname{ArcTg} \frac{L_y}{2H},$$

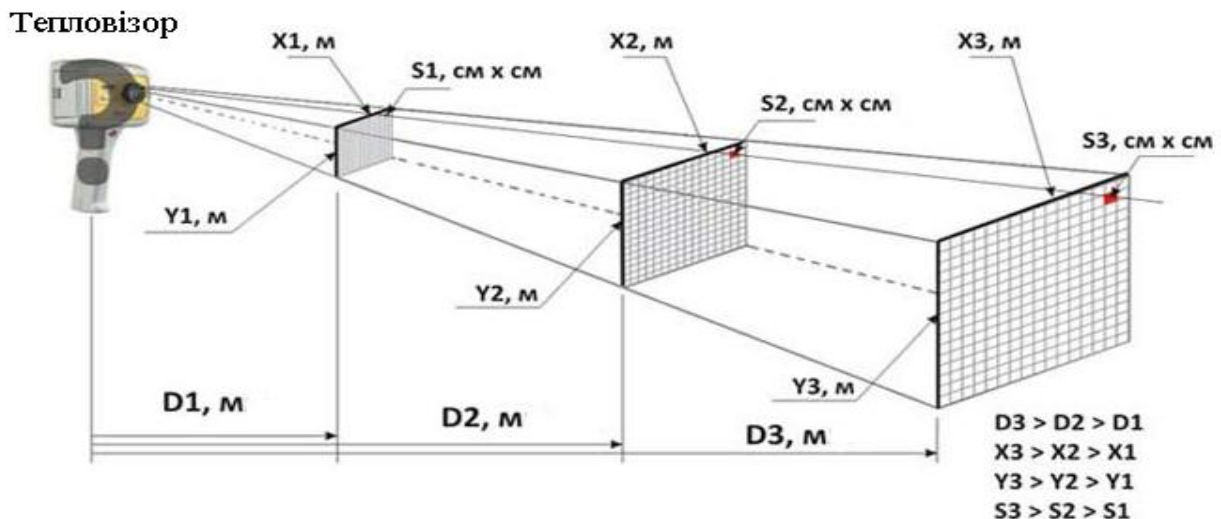
де L_y – розмір контрольованої зони по координаті Y, що визначається полем зору тепловізора;

H – відстань між об'єктом та лінзою.

Згідно з розрахунками визначено, що для тепловізійного контролю може бути застосована оптична система з кутом зору 40° .

На рис. 5 подано вид поля зору тепловізора. Фізично зображення об'єкта проектується на детекторі, при цьому чим

далі тепловізор знаходиться від об'єкта, тим більше «розмите» зображення. Тому чим більше буде в детекторі пікселів, тим чіткіше зображення ми будемо отримувати. Іноді (якщо тепловізор уже існує) його стандартне поле зору можна змінити. Для цього застосовують телеоб'єктиви. У таких об'єктах кут поля зору менше стандартного і вони ніби наближають об'єкт до тепловізора. У деяких об'єктивах тепловізорів використовується особлива конструкція лінз, яка забезпечує більш широке поле зору. Ці об'єктиви називаються ширококутними і позначаються WA (wide-angle). Такі об'єктиви застосовуються, коли немає можливості відійти на достатню відстань, щоб охопити об'єкт зміни [4].



D_1, D_2, D_3 – відстань від тепловізора до об'єкта вимірювання, мм;
 X_1, X_2, X_3 – ширина огляду по горизонталі, м;
 Y_1, Y_2, Y_3 – ширина огляду по вертикалі, м;
 S_1, S_2, S_3 – мінімальний розмір об'єкта "видимий" на заданій відстані, cm^2

Рис. 5. Вид поля зору тепловізора

Висновки. У результаті проведеного аналізу визначено можливість застосування комплексів тепловізійного діагностування

при оперативному контролі стану тягових електричних двигунів. Визначено параметри оптичної системи тепловізора.

Список літератури

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем [Текст]. В 2 кн. Кн. 1 / Ж. Аш; пер. с фр. – М.: Мир, 1992. – 480 с.
2. Вавилов, В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля [Текст]: справочник / В.П. Вавилов. – М.: Машиностроение, 1991. – 264 с.
3. Maldague, X. Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2001. – 684 p.
4. <http://www.thermoview.ru/articles/fov/>
5. Багатоелементний тепловізор з високою температурною чутливістю та телевізійною чутливістю кадрів [Текст] / Ф.Ф. Сизов, О.В. Бехтір, Є.О. Білевич [та ін.] // Наука та інновації. – 2005. – Т. 1. – № 3. – С. 20–33.
6. <http://teplovizor-tr.ru/methodi-teplovizionnogo-kontrolya-lokomotivov.htm>

Ключові слова: тепловізор, тепловізійний контроль, локомотивне господарство, локомотивне депо, тягові електродвигуни, електричні машини.

Анотації

У результаті проведеного аналізу визначено можливість застосування комплексів тепловізійного діагностування при оперативному контролі стану тягових електричних двигунів. Визначено параметри оптичної системи тепловізора.

В результате проведенного анализа определена возможность применения комплексов тепловизионного диагностирования при оперативном контроле состояния тяговых электрических двигателей. Определены параметры оптической системы тепловизора.

An article in The analysis identified the possibility of complex thermal diagnostics in operational control of the traction electric motors. The parameters of the optical system imager.