

АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ РЕДУКТОРІВ ПРИВОДУ ГЕНЕРАТОРІВ ВІД СЕРЕДЬОЇ ЧАСТИНИ ОСІ КОЛІСНОЇ ПАРИ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНУ

Представлені результати обробки протоколів випробувань редукторів типу ВБА-32/2, ЕУК-160-1М і ЖДР-0002 у депо Одеса-Головна Регіональної філії «Одеська залізниця». Виявлені три характерні фази нагріву. Встановлено критичні значення температури і швидкості нагріву корпусу, які відповідають працездатному стану редуктора. Запропоновано ввести додатковий діагностичний параметр – швидкість нагріву корпусу редуктора, що дає можливість до 6 разів скоротити загальний період часу стендових випробувань і знизити витрати електроенергії при експлуатації випробувального стенду.

Ключові слова: енергоефективні технології, редуктор, оптимізація стендових випробувань, діагностичний параметр, швидкість нагріву, контрольна точка.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Відповідно до середньострокових пріоритетних напрямків

галузевого рівня, зокрема, в напряму освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, передбачається впровадження енергоефективних і ресурсозберігаючих технологій [1].

Пріоритетним завданням для ПАТ «Укрзалізниця» є оновлення рухомого складу. За останні 25 років Укрзалізниця відремонтувала 570 вагонів і придбала 500 пасажирських вагонів. На 2017 рік заплановано придбати 50 пасажирських вагонів і 200 - капітально відремонтувати. Найбільший дефіцит у купейних вагонах, тому найбільшу увагу в цьому році буде приділено ремонту саме цим видам вагонів [2].

Редукторно-карданні приводи від середньої частини осі встановлюють на візках пасажирських вагонів, обладнаних установками кондиціонування повітря. Редуктор такого приводу монтується на середній частині осі, обертання від якої через пару конічних шестерень передається карданному валу, муфті зчеплення і якорю генератора. Під час експлуатації вагону приводи піддаються впливу великих навантажень і тому в деталях і вузлах приводів виникають несправності, такі як деформація валів, шуми при роботі редуктора, руйнування підшипників редуктора, злами зубів шестерень, забруднення мастила і т.п. Всі несправності підлягають усуненню під час періодичних видів ремонту і технічного обслуговування пасажирських вагонів.

Головним методом контролю якості виконаного ремонту рухомого складу є випробування головних конструкційних агрегатів і вузлів, які проводяться з метою перевірки якості їх складання і відповідності вихідних параметрів вимогам технічної документації виробника, а також для забезпечення попереднього прироблення сполучених деталей, що рухаються. Випробування проводять на спеціальних випробувальних стендах різних, на яких редуктори піддаються дії навантажень, порівнянних навантаженню в реальних умовах. Так для діагностування технічного стану редуктора визначальним параметром служить температура нагріву масла в картері і підшипників кочення, а придатність до експлуатації редуктора оцінюється порівнянням з нормованими значеннями температури нагріву, зазорів і биттю корпусу редуктора [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Застосування температури в якості діагностичного параметру для редуктора дозволяє проводити моніторинг технічного стану протягом терміну експлуатації чи під час стендових випробувань. Під час здійснення температурного контролю редуктора найбільш важливою для діагностування є інформація про: абсолютне значення температури корпусу в контрольних точках, різниця температур мастильної оливи на початку і в кінці випробувань, інтенсивність наростання температури при запуску [4].

Температура t_m , до якої нагрівається масло за час T , визначається за формулою:

$$t_m = t_b + \frac{930TP(1 - \eta)}{2(G_1C_1 + G_2C_2) + K_t F_{ред} T}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

де T - фактичний час роботи редуктора;

G_1 - маса редуктора, кг;

C_1 - середня теплоємність металу;

G_2 - маса масла, кг;

C_2 - теплоємність масла;

t_b - температура навколишнього середовища, $^\circ\text{C}$;

$F_{ред}$ - площа зовнішніх поверхонь корпусу і кришки редуктора, що омиваються всередині маслом, m^2 ;

K_t - коефіцієнт теплопередачі;

η - ККД редуктора;

P - потужність, що підводиться до редуктора, кВт.

Основні причини, що викликають підвищення температури механізму:

- дефекти системи змащування: недостатня або надмірна кількість мастила; забруднення мастила; невірно обраний мастильний матеріал;
- ушкодження підшипників кочення: знос або пошкодження кілець або тіл кочення; руйнування сепаратора; провертання підшипника на валу або в корпусі;
- дефекти виготовлення і збірки: відсутність осьових зазорів; малий радіальний зазор; дефекти корпусних деталей; защемлення зовнішнього кільця підшипника;
- дефекти регулювання: підшипник сильно затиснутий; перекіс підшипника або вала; неправильне центрування електродвигуна з приводом; ушкодження ущільнювальних пристроїв;
- ушкодження системи охолодження або мастила: недостатня подача охолоджувальної води; висока температура води або масла на вході.

Для діагностування механічної передачі застосовують тепловий метод. Метод засновано на тому, що порушення нормального режиму роботи зазвичай викликає зміну температури у відповідному елементі. Так, підвищене тертя в тертьових парах передач призводить до збільшення температури в цих парах [5].

Поява деяких видів несправностей викликає підвищення температури корпусу механізму, але інерційність нагріву металевих деталей, корпусів і опор не дозволяє використовувати даний параметр для визначення раптових відмов і ушкоджень, які тільки зароджуються, і тому потребує тривалого технологічного часу на проведення стендових випробувань, що тягне за собою значні енергетичні витрати [6].

Проаналізувавши публікацію авторів [7] по дослідженнях теплових режимів механічних об'єктів було виявлено, що при постійних навантаженнях і швидкісних режимів технічний стан механізмів характеризують закономірності зміни температури. Розрізняють три часові фази нагріву (рис.1), що відповідають неупорядкованому нагріванню А (від 0 до 24 хв), регулярному тепловому режиму В (від 24 до 103 хв) і виходу на стабілізацію теплового режиму С (від 103 до 140 хв). Інтенсивність зростання температури у несправного механізму або вузла буде вище, ніж у справного. Встановлено граничне значення швидкості нагріву підшипників $\pm 0,5$ °С/хв при стабілізації теплового режиму .

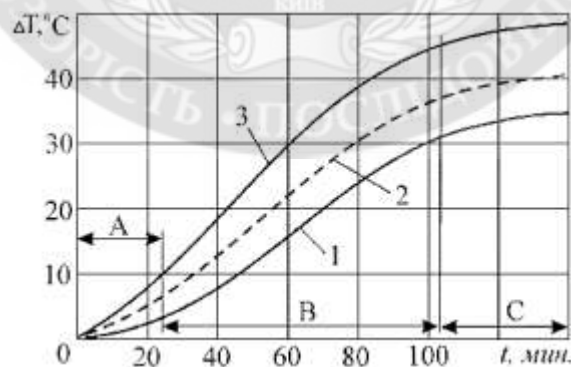


Рис. 1. Температура нагріву підшипників

З аналізу публікації авторів [8] відомо, що при дослідженні теплового режиму роботи шламового насоса в виробничих умовах перевірка системи змащення підшипників в контрольних точках показала, що швидкість зміни температури по трьом основним точкам

склала до 0,35 °C/хв. Це не перевищує допустимого значення 0,5 °C/хв, і свідчить про задовільний стан дослідного механізму. Найбільші температури, що встановилися, зафіксовані в місці установки підшипників. Залежність зміни температури від часу носить нелінійний характер і достовірно описується поліномом другого ступеня. Коливання швидкості зміни температури мають аперіодичний характер, пов'язаний зі змінами умов зовнішньої тепловіддачі (рис. 2).

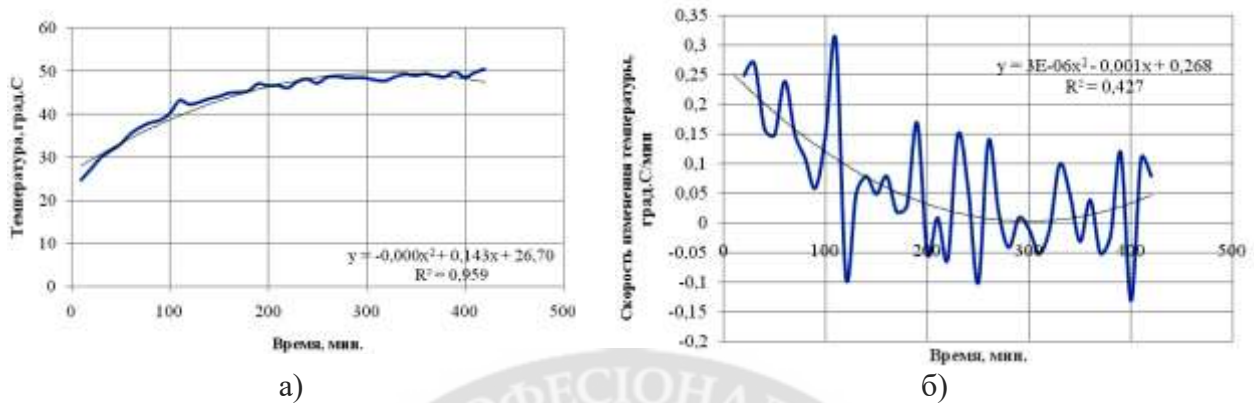


Рис. 2. Залежність зміни температури (а) і її градієнту (б) в контрольній точці насоса під час випробувань

Аналіз досліджень авторів [9] одного з дефектних станів буксового вузла показав, що початок руйнування переднього підшипника з випаданням першого ролика було зафіксовано вже на 12 хвилині після початку роботи стенду. Після зниження осьового навантаження до 0,7 тс процеси руйнування підшипника і зростання температури букси уповільнилися. У цьому напівзруйнованому стані фактично на одному задньому підшипнику буксових вузол працював 90 хв. (полога середня частина графіка) (рис.3), але після збільшення осьового навантаження до 1,3 тс (крута частина) сталося повторне заклинювання роликів переднього підшипника з виділенням диму від палаючого мастила і випадінням інших роликів переднього підшипника.

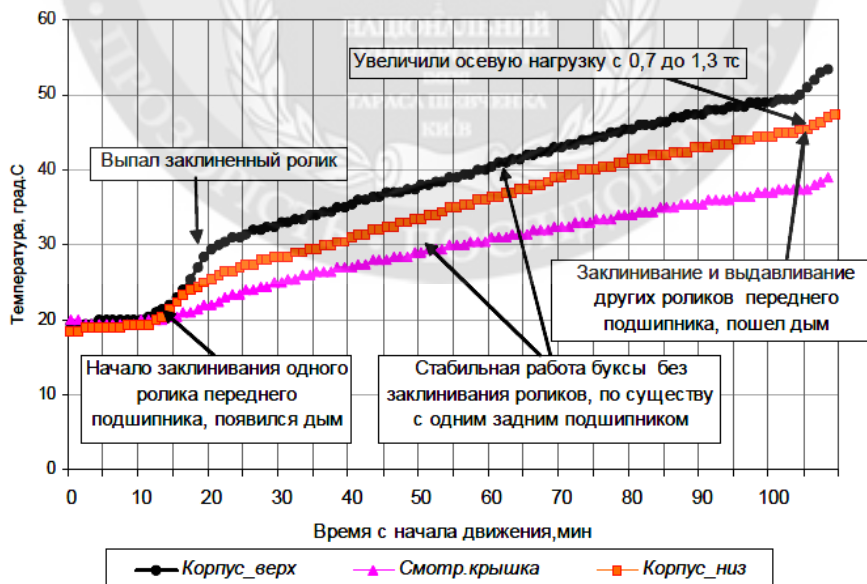


Рис. 3. Ріст температури букси з дефектним підшипником

При цьому, заклинювання роликів в даній аварійній ситуації призводить до місцевого розігріву роликів в контакт з кільцями до того моменту, поки ролик не випадає з обійми. Місцевий розігрів призводить до часткового займання мастила навколо зони контакту, появи інтенсивного диму. Але нагрів корпусу букси незначно збільшується і не перевищує налаштованого на 120°C значення «Тривога 0». Також виявлено, що весь процес від моменту початку руху вагону зі зміщенням корпусу букси до руйнування переднього підшипника укладається в 20 хвилин.

Мета досліджень - знайти енергозберігаючий метод стендових випробувань редукторів для зниження витрат електричної енергії на випробування одного редуктора.

Задачу, яку потрібно вирішити, полягає у вдосконаленні процесу стендових випробувань редукторів з урахуванням сучасних вимог до енергозбереження.

Виклад основного матеріалу. Випробування редукторів у всіх виробничих підрозділах ПАТ «Укрзалізниця» проводяться у відповідності до галузевих вимог [10] за режимом вказаним на рис. 4.



Рис. 4. Режим випробувань редукторів в ПАТ «Укрзалізниця»

Згідно [10] після кожного етапу випробувань оператор проводить вимірювання температури і робить висновок про придатність редуктора до подальшої експлуатації по допустимому значенню температури нагріву редуктора у 70°C, яке є граничним.

Тепловий метод діагностики по параметрам початкової та кінцевої температури є не достатньо інформативним та швидким у часі для прийняття рішення експертом про технічний стан редуктора. Тому у липні 2016 у ВП «Пасажирське вагонне депо станції Одеса-Головна» РФ «Одеська залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» для оптимізації загального часу проведення технологічного процесу стендових випробувань редукторів приводу генератора від середньої вісі колісних пар пасажирських вагонів, вивчення зміни температури нагріву редуктора під час випробувань, виявлення часових фаз нагріву, вивчення залежності швидкості нагріву від часу, а також впливу режимів випробувань на характер нагріву, автором були проведені натурні експериментальні дослідження у відповідності до зазначеного на рис. 4 режиму. Експериментальним випробуванням піддалися три редуктори: ВБА-32/2 серійний №23876, ЕУК-160-1М серійний №224114 і ЖДР-0002 серійний №0261, які надійшли з ремонтного цеху для контролю якості виконання ремонтних робіт. Редуктори піддалися режиму обкатки після першого об'єму ремонту без заміни відповідальних деталей і вузлів, тому загальний основний технологічний час обкатки одного редуктора тривав 2 години [10]. Випробування без навантаження тривали 20 хвилин в правому і 20 хвилин в лівому напрямку обертання колісної пари. Випробування під навантаженням 28 кВт тривали 40 хвилин в кожному напрямку з плавним регулюванням числа обертів колісної пари від 0 до 900 об/хв.



а)



б)

Рис. 5. Стенд для обкатки редукторів від середньої частини осі, який експлуатується у ВП Пасажирське вагонне депо ст. Одеса-Головна: а) загальний вигляд; б) панель управління навантаженням редуктора

До початку випробувань редуктори були перевірені на відповідність нормованим технічним вимогам [10]. Умови проведення випробувань: напруга мережі живлення – $U=380\text{В}$; частота мережі живлення – $f=50\text{Гц}$; потужність електроприводу - $N_{en} = 28\text{кВт}$; рівень шуму в приміщенні - $D_{np} = 47\text{Дб}$; температура навколишнього середовища на початок експерименту $T_{nc}=27^\circ\text{C}$.

Під час випробувань вимірювалася: температура зовнішнього повітря, температура корпусу в нижній частини картера та вихідного валу редуктора. Фіксація температури здійснювались в ручному режимі кожні 2 хвилини. Вимірювання температури редуктора проводились термометром термоелектричним цифровим ТТ-Ц016 ТУ УЗ.48-04850451-057-98 із похибкою вимірювання температури $\pm 2^\circ\text{C}$. Результати вимірів були занесені до протоколів випробувань.

Під час експерименту нагрів частин корпусу редуктора в контрольних точках не перевищив допустиме граничне значення температури у 70°C [10], що свідчить про їх задовільний технічний стан. Найбільша швидкість зростання значення температури нагріву зовнішньої поверхні корпусу виявлено в частині вихідного валу, тому для температурного контролю і подальшого аналізу було вибрана саме ця частина редуктора.

Результати температурного методу контролю технічного стану редуктора представлені у вигляді графічних залежностей - температури нагріву від часу випробування, які представлені на рис. 6 (а) і 7 (а).

Для вивчення зміни температури нагріву під час випробувань побудовані графічні залежності швидкості нагріву від часу випробувань, які представлені на рисунках 6 (б) і 7 (б).

Значення швидкості нагріву C_{np} обчислювалось за формулою:

$$C_{np} = \frac{\Delta T_{ac}}{\Delta t}, \quad (2)$$

де ΔT_{ac} - абсолютний ланцюговий приріст контрольних вимірів температури, $^\circ\text{C}$;

Δt - інтервал часу між контрольними вимірюваннями температури редуктора, хв.

Для розрахунків підвищення температури навколишнього середовища в 2 градуси, внаслідок незначності, до уваги не приймається.



а)



б)

Рис. 6. Випробування редукторів в режимі без навантаження з напрямом обертання колісної пари вправо: а) температура нагріву; б) швидкість нагріву редукторів

З рис. 6 (а) видно, що графічна залежність значення температури у часі носить нелінійний характер і достовірно описується поліномом другого ступеня. Коливання швидкості зміни температури мають аперіодичний характер, пов'язаний з інерційністю теплообміну та неоднорідністю технічного стану деталей і вузлів складної механічної системи. Максимальне зростання абсолютного значення температури припадає на діапазон від 4 до 16 хвилин.

Абсолютний базовий приріст температури по кожному із редукторів складає $\Delta T = 9^\circ\text{C}$. Швидкість зміни температури склала в межах від $0,5$ до $1,5^\circ\text{C}/\text{хв}$ і відповідає задовільному технічному стану усіх редукторів, які піддалися випробуванню (рис.6 (б)).

Швидкість нагріву значно зростає, починаючи з 10 хвилини. Пік швидкості нагріву корпусу редуктора приходиться на 14 хвилину, але починаючи із 18 хвилини зростання швидкості температури уповільнюється і надалі є стабільним.

При обкатці без навантаження з напрямом обертання вліво зміни температури у часі носять лінійний характер. Абсолютний базовий приріст температури по кожному із редукторів складає $\Delta T = 3^\circ\text{C}$. Швидкість зміни температури склала $0,15^\circ\text{C}/\text{хв}$ і відповідає задовільному технічному стану усіх редукторів, які піддалися випробуванню.



а)



б)

Рис. 7. Випробування редукторів в режимі навантаження з напрямом обертання колісної пари вправо: а) температура нагріву; б) швидкість нагріву редукторів

З рис. 7 (а) видно, що графічна залежність значення температури у часі також носить нелінійний характер і достовірно описується поліномом другого ступеня. Коливання швидкості зміни температури у часі мають аперіодичний характер. Максимальне зростання значення температури нагріву припадає с 12 до 24 хвилини. Абсолютне зростання температури по кожному із редукторів складає: $\Delta T_{ВВА}=7^{\circ}\text{C}$; $\Delta T_{EUK}=7^{\circ}\text{C}$ і $\Delta T_{ЖДР}=8^{\circ}\text{C}$.

Швидкість зміни температури складала в межах від 0,5 до 1,0 $^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ і відповідає задовільному технічному стану усіх редукторів, які піддалися випробуванню (рис. 7 (б)). Пік швидкості нагріву корпусу редуктора приходить на 14 та 22 хвилину, але починаючи із 32 хвилини зростання швидкості температури уповільнюється і надалі є стабільним.

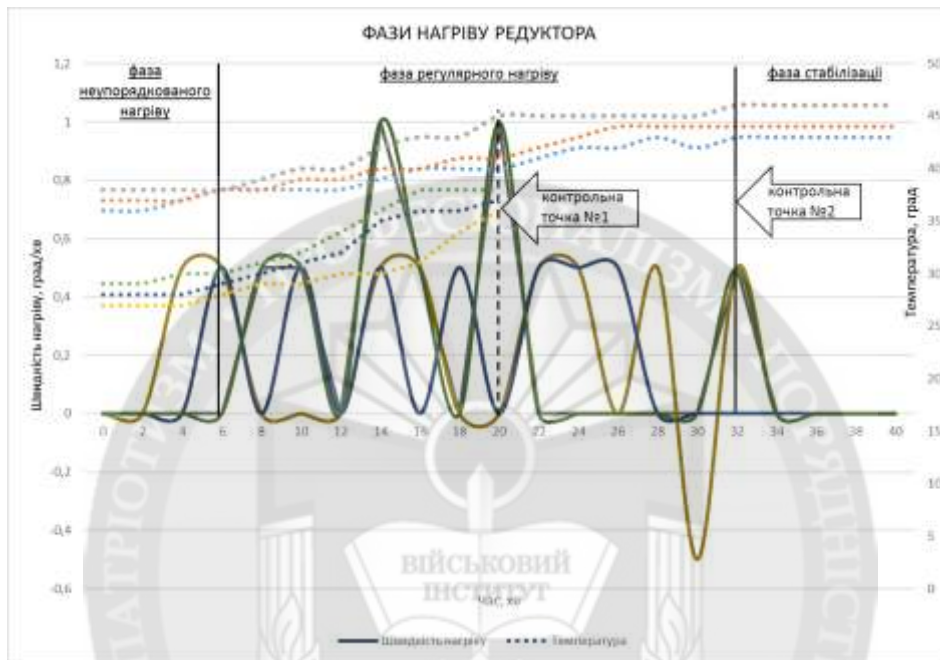


Рис. 8. Три фази нагріву редукторів

При обкатці з навантаженням з напрямом обертання вліво зміни температури у часі носять лінійний характер. Абсолютний базовий приріст температури по кожному із редукторів складає відповідно для: $\Delta T_{ВВА}=2^{\circ}\text{C}$, $\Delta T_{EUK}=2^{\circ}\text{C}$ і $\Delta T_{ЖДР}=3^{\circ}\text{C}$. Швидкість зміни температури складала 0,07 $^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ і відповідає задовільному технічному стану усіх редукторів, які піддалися випробуванню.

З метою виявлення чітких границь і розподілу у загальному часі випробування трьох фаз нагріву корпусу редуктора були побудовані на єдиній зведеній платформі графічні залежності абсолютних значень температури нагріву і швидкості її зростання для усіх редукторів, які випробувалися в режимах без навантаження і з навантаженням.

На рис. 8 чітко вбачається три годинні фази нагріву редукторів: фаза неупорядкованого нагріву (з 0 до 6 хвилини), фаза регулярного нагріву (з 6 до 32 хвилини) і фаза стабілізації (з 32 до 40 хвилини).

При випробуваннях редуктора під навантаженням в другій фазі вбачається підвищення температури до 47 $^{\circ}\text{C}$, а при випробуваннях без навантаження – до 38 $^{\circ}\text{C}$. На жаль ця інформація не відображує динаміку процесу нагріву, яка має місце. Більше інформації дає інший показник – значення швидкості нагріву редукторів. У другій фазі суттєве підвищення

значення швидкості нагріву (0,5-1°C/хв..) зафіксовано в проміжку часу від 12 до 20 хвилини, а суттєве зниження значення швидкості нагріву (1-0°C/хв..) зафіксовані з 20 по 32 хвилину.

Стабілізація теплового режиму у часі наступає у третій фазі, коли значення швидкості нагріву редукторів поступово знижується і досягається теплова рівновага (0,5-0°C/хв). Тому найбільший інтерес для теплового методу неруйнівного контролю за технічним станом редуктора представляє друга фаза.

Експериментальним шляхом встановлено, що при стендових випробуваннях в першій фазі (до 6 хвилини) відбувається вихід на номінальний режим обкатки. А в умовах стабілізації навантаження і швидкості обертів вихідного валу редуктора, значення швидкості регулярного нагріву корпусу редуктора, починаючи з 6 хвилини, залежить тільки від технічного стану редуктора.

Отримані підсумкові результати експерименту представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Підсумкові результати експерименту

Режим випробування	Температура, °C		Інтервал часу, в якому вбачається стрімке зростання температури, хв.	Значення швидкості зростання значення температури, °C/хв.	Інтервал часу, в якому вбачається максимальне значення швидкості нагріву, хв.	Час, в якому вбачається стабілізація температури, хв
	Абсолютний базовий приріст	Наприкінці випробування				
Вправо без навантаження	9	38	4-20	0,5-1,5	10-20	20
Вліво без навантаження	3	41	0-20	0,15	0-20	0-20
Вправо з навантаженням	7-8	47	2-32	0,5-1	12-22	32
Вліво з навантаженням	2-3	50	0-20	0,07	0-40	0-40

Отримано наступні результати. Режим на початку нагріву у фазі неупорядкованого нагріву має випадковий характер і для діагностування непридатний. Фаза стабілізації, при якій досягається теплова рівновага, хоча і дає найбільш точну інформацію про стан редукторів, проте незручна технологічно через тривалість часу нагріву (більше 32 хв). Тому діагностування доцільно проводити в фазі регулярного нагріву (рис. 8). З метою оптимізації і скорочення технологічного часу на проведення випробувань, пропонується застосувати додатково проміжні контрольні точки на 20-тій і 32-гій хвилині у загальному часі випробування (рис. 8).

На 20 хвилині обкатки без навантаження необхідно робити проміжні контрольні заміри температури для прийняття рішення про доцільність подальшого проведення обкатки. Згідно з отриманими під час експерименту даними, для технічно справних редукторів температура в контрольних точках другої фази не повинна перевищувати:

- на 20 хвилині без навантаження $\leq 38^{\circ}\text{C}$, з навантаженням $\leq 47^{\circ}\text{C}$;
- на 32 хвилині без навантаження $\leq 41^{\circ}\text{C}$, з навантаженням $\leq 50^{\circ}\text{C}$.

При цьому, швидкість нагріву технічно справних редукторів не повинна перевищувати $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{хв}$.

Пропонується для технічно справних редукторів отримані значення температури та швидкості нагріву вважати нормованими, які відповідають граничному стану придатних до подальшої експлуатації редукторів.

Пропонується при випробуваннях на стендах з ручним управлінням та виміром температури робити два проміжних контрольних виміри значення температури на 20 і 32 хвилинах, які порівнюються із пропонованими нормованими значенням температури в цих контрольних точках. Для автоматизованих стендів в контрольних точках робити порівняння значення швидкості нагріву з нормованим. Якщо отримані фактичні значення температури перевищують нормовані, то оператор зупиняє процес подальшого випробування. Це надає змогу оператору скоротити загальний технологічний час на випробування редукторів з 120 до 20 хвилин, або з 180 до 32 хвилин, в залежності від режиму випробувань.

Виходячи із отриманих результатів можна зробити висновок, що при тепловому методі неруйнівного контролю технічного стану редуктора застосування в якості визначального параметру швидкості нагріву корпусу редуктора у часі дозволяє скоротити технологічний час на випробування і містить достатньо інформації для прийняття експертного рішення. На цій підставі можна зробити узагальнені **висновки**:

1. Найбільші значення температури зафіксовані в місці установки підшипників в частині вихідного валу редуктора.

2. Нагрів корпусу редуктора протягом всього часу випробування цілком залежить від технічного стану редуктора і не залежить від типу редуктора.

3. Залежність зміни значення температури у часі носить нелінійний характер і достовірно описується поліномом другого ступеня. Коливання значення швидкості зміни температури мають аперіодичний характер. Значення швидкості зміни температури у часі для технічно справних редукторів може досягати 1°C/хв, що є нормою для придатного редуктора. Серед трьох фаз найбільш суттєві коливання значень швидкості нагріву (до 1°C/хв) зафіксовані у другій фазі (з 12 до 20 хв). Тому при тепловому методі неруйнівного контролю редукторів діагностування доцільно проводити в фазі регулярного нагріву.

4. Подальша перспектива вбачається в удосконаленні існуючого методу стендових випробувань редукторів, який базується на тепловому методі діагностування технічного стану, за рахунок введення додаткового діагностичного параметру - швидкості нагріву корпусу редуктора у часі, що дозволить значно (до 6 разів) скоротити загальний технологічний час і зекономити електричну енергію на живлення випробувального стенду.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 р. № 1056. «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2017-2021 роки». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1056-2016-%D0%BF>.

2. В «Укрзалізнице» анонсировали масштабное обновление вагонов [Електронний ресурс] // Информационное агентство «IP News». 30.01.2017. – Режим доступу : <https://www.ipnews.in.ua/news/ukraine/121877-v-ukrzaliznytse-anonsirovali-masshtabnoe-obnovlenie-vagonov>.

3. Машины и стенды для испытания деталей / Под ред. Д. Н. Решетова. – М. : Машиностроение, 1979. – 343 с.

4. Хорешок, А.А. О диагностике редукторов экскаваторов по фактическому состоянию на основе изменения температуры масла (на материалах ОАО «УК КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ») / А. А. Хорешок, А.В. Кудреватих // Горный информ.-аналит. бюллетень (научно-техн. журн.). – 2011. – № S5. – С. 234-245.

5. Технические средства диагностирования : Справочник / В. В. Клюев, П. П. Пархоменко, В. Е. Абрамчук [и др.] ; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, – 1989. – 672 с.

6. Бобровицкий, В. И. Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт / В. И. Бобровицкий, В.А. Сидоров. – Донецк : Юго-Восток, – 2011. – 238 с.
7. Сидоров, В.А. Бесконтактное измерение температуры узлов промышленного оборудования / В. А. Сидоров // Наукові праці ДонНТУ. – 2008. – № 8 (123). – С. 120-129.
8. Герике, Б.Л. Диагностика горно-транспортного оборудования / Б. Л. Герике, П. Б. Герике // Горный информ.-аналит. бюллетень (научно-техн. журн.). – 2009. – № 12 (10). – С. 213-224.
9. Миронов, А.А. Кинетика разрушения роликовых подшипников и обнаружение неисправностей букс средствами тепловой диагностики / А.А. Миронов, В.Л. Образцов, А.В. Занкович, Н. Г. [и др.] // Сб. научн. Трудов УрГУПС №38 (121). – 2005. – С. 71-85.
10. Інструкція з ремонту редукторно-карданних приводів пасажирських вагонів. ЦЛ-0078 [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 31.03.09. № 219-С / Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укрзалізниця. Головне пасажирське управління – К., – 2010. – 191 с.

REFERENCES:

1. Cabinet of Ministers of Ukraine (2016), "Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine Some questions of the definition of medium-term priorities of the innovation on the national level 2017-2021 years", available at: <http://zakon3.rada.gov.ua> (Accessed 28 December 2016). (*In Ukrainian*).
2. V "Ukrzaliznyce" anonsirovali masshtabnoe obnovenie vagonov [In "Ukrzaliznytsya" announced scale update wagons], available at: <https://www.ipnews.in.ua/news/ukraine/121877-v-ukrzaliznytse-anonsirovali-masshtabnoe-obnovenie-vagonov> (Accessed 30 January 2017). (*In Russia*).
3. Reshetov, D. (ed.) (1979). Mashiny i stendy dlja ispytaniya detalej. [Machinery and stands for testing of parts], *Moscow, Mashinostroenie Publ.*, 343 p. (*In Russia*).
4. Horeshok, A., Kudrevatih A. (2011). O diagnostike reduktorov jekskavatorov po fakticheskomu sostojaniju na osnove izmenenija temperatury masla (na materialah OAO "UK KUZBASSRAZREZUGOL") [On a diagnostics for reducers of excavator on the actual condition on the basis of changes oil temperatures (on material of OAO "KUZBASSRAZREZUGOL")]. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' [Mountain information-analytical bulletin], no. S5 , pp. 234–245. (*In Russia*).
5. Kljuev, V. (ed.) (1989). Tehniceskie sredstva diagnostirovanija. [Technical facilities diagnostics], *Moscow: Mashinostroenie Publ.*, 672 p. (*In Russia*).
6. Bobrovickij, V., Sidorov V. (2011). Mehanicheskoe oborudovanie: tehniceskoe obsluzhivanie i remont [Mechanical equipment: Maintenance and repair], *Doneck : Jugo-Vostok Publ.*, 238 p. (*In Russia*).
7. Sidorov, V. (2008). Beskontaktное измерение температуры узлов промышленного оборудования [Non-contact temperature measurement for industrial equipment nodes]. Naukovi praci DonNTU [Scientific papers of Donetsk National Technical University], no. 8 (123), pp. 120–129. (*In Russia*).
8. Gerike, B., Gerike P. (2009). Diagnostika gorno-transportnogo oborudovanija [Diagnostics of mining - transport equipment]. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' [Mountain information-analytical bulletin], no. 12 (10), pp. 213-224. (*In Russia*).
9. Mironov, A., Obrazcov, V., Zankovich, A., Pigalev, N., Balabanov, E., Pavljukov, A. (2005). Kinetika razrushenija rolikovyh podshipnikov i obnaruzhenie neispravnostej buks sredstvami teplovoj diagnostiki [Kinetics of destruction of roller bearings and axle boxes detection of faults by means of thermal diagnostics]. Sb. nauchn. Trudov UrGUPS [Collection of scientific works Ural State University of Railway Transport], no. 38 (121), pp. 71-85. (*In Russia*).
10. Ukrzaliznyca (2010). Instrukcija z remontu reduktorno-kardannyh pryvodiv pasazhyrs'kyh vagoniv. CL-0078 [Instruction on repair reducers - the cardan drives passenger carriages]. : Затв.: Nakaz Ukrzaliznyci 31.03.09. no. 219-S, Derzhavna administracija zaliznychnogo transportu Ukrainy. Ukrzaliznycja. Golovne pasazhyrs'ke upravlinnja, Kyiv, 191 p. (*In Ukrainian*).

Рецензент: д.т.н., доц, **Боряк К.Ф.**, завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення Одеської державної академії технічного регулювання та якості, директор науково-дослідного інституту проблем стандартизації, сертифікації та експериментальної метрології

Н.А. Перетяка

**АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ РЕДУКТОРОВ ПРИВОДА
ГЕНЕРАТОРА ОТ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ОСИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ПАССАЖИРСКИХ
ВАГОНОВ**

Представлены результаты обработки протоколов испытаний редукторов типа ВБА-32/2, ЕUK-160-1М и ЖДР-0002 в депо Одесса-Главная Регионального филиала «Одесская железная дорога». Установлены три характерные фазы нагрева. Установлены критические значения температуры и скорости нагрева корпуса, которые соответствуют работоспособному состоянию редуктора. Предложено ввести дополнительный диагностический параметр - скорость нагрева корпуса редуктора, что позволяет в 6 раз сократить общий период времени стендовых испытаний и снизить расход электроэнергии при эксплуатации испытательного стенда.

Ключевые слова: энергоэффективные технологии, редуктор, оптимизация стендовых испытаний, диагностический параметр, скорость нагрева, контрольная точка.

Peretyaka N.A.

**ANALYSIS OF EXPERIMENTAL TEST THE REDUCERS FROM THE MIDDLE PART OF
THE AXLE PASSENGER COACHES**

Presents results protocols processing test reducers ВБА-32/2, ЕUK-160-1М и ЖДР-0002 in the depot of the Odessa-Main Regional branch of "Odessa railroad." Installed three characteristic phases of heating. The critical temperature and heating rate of the body that correspond to known good state of the gearbox. It is proposed to introduce an additional diagnostic parameter - the rate of heating of the gearbox housing, which allows up to 6 times to reduce the total time of bench tests and reduce power consumption during test stand operation.

Keywords: energy efficient technologies, reducer, optimization bench tests, diagnostic parameter, the heating rate, the reference point.