УДК 629.4

*Наталія Перетяка, к.т.н. (старший викладач кафедри метрології та метрологічного забезпечення
Одеської державної академії технічного регулювання та якості)
Костянтин Боряк, д.т.н.
(завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення
Одеської державної академії технічного регулювання та якості)*

АНАЛІЗ ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТЕНДІВ МЕХАНІЧНИХ РЕДУКТОРІВ

Стаття присвячена аналізу конструкцій та технічних характеристик випробувальних стендів для випробувань механічних редукторів. Виявлені технічні недоліки існуючих стендів та зазначені основні напрями вдосконалення існуючого обладнання, зокрема, вдосконалення конструкції електроприводу стенда та автоматизація процесу випробування, що дає змогу підвищити якість стендових випробувань механічних редукторів.

Ключові слова: редуктор, стендові випробування, автоматизація, привід частотний векторний.

Вступ. Діяльність національного перевізника Української залізниці направлена на задоволення потреб у безпечних та якісних залізничних перевезеннях вантажів та пасажирів, ефективного функціонування та розвитку залізничного транспорту тощо. Серед усіх видів транспорту українська залізниця забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень та займає четверте місце на Євразійському континенті. Оновлення пасажирського рухомого складу, безпеки руху, охорони праці, енергозбереження – це основні напрями реформування галузі та стратегії розвитку ПАТ «Укрзалізниця» [1].

Для забезпечення виходу на Європейські ринки вітчизняної продукції Кабінетом Міністрів затверджено нові Технічні регламенти, які ґрунтуються на ефективній системі європейського законодавства. Особливу увагу країни – члени Євросоюзу приділяють безпеці, в тому числі, на транспорті. Зокрема, об'єктом технічного регулювання є безпека рухомого складу залізничного транспорту, який включає: Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту [2], Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту [3] та Технічний регламент надання послуг з перевезення пасажирів та вантажів залізничним транспортом [4].

Згідно з пунктом 2 підпунктом 3 [2] до інфраструктури залізничного транспорту відносять, в тому числі, вагонні депо та пункти технічного обслуговування вагонів, а також обладнання для їх функціонування. Згідно з пунктом 7 розділу «Основні

DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-1-1

вимоги до надання послуг» [4] вказано, що виконавець залізничних перевезень повинен дотримуватись технологічних вимог регламентних технічних умов з ремонту та обслуговуванню засобів залізничного транспорту. Згідно [3] повинні виконуватися обов'язкові вимоги технологічної документації, які впливають на безпеку рухомого складу залізничного транспорту під час ремонту рухомого складу залізничного транспорту. Після ремонту рухомий склад залізничного транспорту, що підлягає обов'язковому підтвердженню придатності до використання, перед введенням в експлуатацію проходить оцінку придатності до використання у встановленому порядку.

З метою задоволення потреб вагонних депо та ремонтних підрозділів при проведенні випробувань редукторів підприємства України та інших країн СНД розробили та виготовляють багато моделей випробувальних стендів для механічних редукторів. Спільна особливість цих стендів є високе енергоспоживання та недосконалість управління режимами випробування.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. При експлуатації випробувальних стендів виникли проблеми з енергоефективністю стендів та впливу суб'єкту вимірювань на якість випробувань.

З метою перевірки працездатності всі виготовлені редуктори проходять обов'язкові випробування на спеціальних стендах, що відтворюють умови експлуатації. На стендах відкритого або замкнутого контуру з циркулюючим навантаженням за допомогою завантажувальних пристроїв випробовується і перевіряється працездатність підшипників кочення, виконуються статичні випробування зубчастих зчеплень і різних муфт тощо [5].

Відповідно до інструкції [6] усі відремонтовані редуктори підлягають обов'язковим випробуванням на атестованих стендах з повіреними, згідно [7] засобами вимірювальними техніки. Для обкатних післяремонтних випробувань редукторів приводу генераторів від середньої частини осі пасажирських вагонів установлені два види випробувань редукторів: із заміною відповідальних елементів редуктора (шестерень, підшипників, порожнистого валу або корпусу редуктора) та без їх заміни. Випробування редукторів проводяться з плавним регулюванням швидкості обертання колісної пари та плавним навантаженням. Допускається застосовувати записуючі пристрої та процесори фіксації параметрів обкатки.

Мета і завдання дослідження – аналіз конструкції випробувальних стендів для забезпечення безпеки руху пасажирських вагонів шляхом вдосконалення конструкції випробувальних стендів, методики проведення їх атестації та методи випробувань механічних редукторів.

Матеріали та методи дослідження. Редуктор підлягає періодичному або позаплановому ремонту. Для визначення несправностей в деталях редуктора колісну пару перед розбиранням ставлять на стенд для огляду та перевірки основних параметрів. Після проведення ремонтних робіт редуктори обкатують на випробувальному стенді [8]. Кожний випробувальний стенд повинен мати паспорт, керівництво з експлуатації та свідоцтво про атестацію. Методика проведення стендових випробувань розробляється згідно галузевих стандартів.

Проведений аналіз існуючих стендів для випробувань механічних редукторів показав наступні результати.

ТОВ «Копіс» (м. Санкт-Петербург, Росія) [9] розробив, запатентував і серійно виготовляє стенд обкатний універсальний серії КС-02 для коробок передач (табл. 1,

рис. 1). Стенд забезпечує контроль таких параметрів: частота обертання на вихідному валу, гальмівний момент на вихідному валу, час.

Таблиця 1. Технічні характеристики універсального обкатного стану КС-02

Характеристики	Дані
Потужність електрообладнання, кВт	45,0
Число фаз	3
Напруга, В	380
Частота, Гц	50

Рис. 1. Схема стану моделі КС-02:

1 – пульт управління, 2 – рама, 3 – шафа електрообладнання, 4 – кожух, 5 – коробка передач, 6 – електродвигун привідний, 7 – електродвигун, 8 – комп'ютер, 9 – інтерфейс

ЗАТ «НПП «МІКС Інжінг» (м. Москва, Росія) [10] виготовляє випробувальний стенд КМ-20 (табл. 2, рис. 2) призначений для випробувань авіаційних редукторів різних типів. При проведенні випробувань стенд дозволяє визначати частоту обертання валів редуктора, крутний момент на вхідному і вихідному валах редуктора, заклинювання редуктора. Конструкція стану дозволяє випробувати співвісні та з розташованими під кутом осями редукторів. Випробування на стенді проводять в автоматичному і ручному режимі.

Таблиця 2. Технічні характеристики стану КМ-20

Технічні характеристики	Дані
Переміщення підйомної тумби, град	від 0 до 220
Кут повороту приводного вузла, град	від 0 до 360
Кут повороту кута навантаження, град	від 0 до 360
Напруга електроживлення, В	220, 380
Частота мережі, Гц	50
Параметри, що вимірюються: обертаючий момент, кгс·м частота обертання валу редуктора, об/хв	(від 0 до 20) ±3% (від 0 до 500) ±10%

Рис. 2. Стенд КМ-20 для випробувань авіаційних редукторів різних типів

Також, НПП «МІКС Інжиніринг» розробив механічну частину автоматизованого стану (рис. 3) для проведення обкатки і випробувань редукторів і карданних валів в напівавтоматичному і автоматичному режимах з плавним управлінням потужністю приводу і моментом навантаження. Багатофункціональний стан має в наявності систему управління і збору даних на базі контролера та вимірювальні прилади для вимірювання крутного моменту, вимірювання частоти обертання, два первинних перетворювача температури, вимірювальні підсилювачі, контролер реального часу та спеціалізоване програмне забезпечення. Стенд призначений для кваліфікаційних випробувань редукторів і карданних валів літака АН-148.

Рис. 3. Схема стану для випробування редукторів і карданних валів літака АН-148

ТОВ «Омінвест» (м. Омськ, Росія) [11] розробив і виготовив автоматизований стан марки СИР (табл. 3), призначений для обкатки редукторів від середньої частини осі колісної пари після деповського ремонту. На стані забезпечено виконання контролю температури підшипників редуктора та буксових вузлів; корпусів двигуна і генератора; температури навколишнього повітря. Після закінчення обкатного випробування редуктора є можливість друкування протоколу з отриманими під час обкатки температурами редуктора і занесенням зазорів в підшипниках редуктора, а також збереження звіту про випробування в базі даних. Є додаткова можливість графічного представлення функції залежності температури в контрольних точках редуктора від часу.

Таблиця 3. Технічні характеристики стенду СИР

Характеристики	Дані
Тип електроприводу	асинхронний частотно-регульований
Потужності електроприводу, кВт	75
Потужність навантаження, кВт	40
Регулювання частоти обертання, об/хв	від 0 до 900 (плавне)
Навантаження редуктора, кВт	від 0 до 40 (плавне)
Кількість температурних первинних перетворювачів	8 (з магнітним кріпленням)
Передача крутного моменту	клинопасова
Передача крутного моменту з відомого валу редуктора	карданна

ТОВ «Науково-технічний центр «Технічна діагностика і прецизійні вимірювання» (м. Москва, Росія) [12] розробив і впровадив комп'ютеризований стенд ОТС-6 (рис. 4), призначений для обкатки гідромеханічних передач самоскидів, тепловозів та автомобілів БелАЗ. На валу асинхронного електродвигуна встановлений енкодер. Обертання вхідного валу гідромеханічної передачі здійснюється асинхронним електродвигуном, яким управляє перетворювач частоти. Частота обертання вихідного валу вимірюється тахометром. Покази датчиків реєструються і відображаються на екрані монітора в реальному часі.

Рис. 4. Принципова схема функціонування та управління стендом ОТС-6

ТОВ «Енергоустаткування» (м. Саратов, Росія) [13] спроектував та організував виробництво стенду для обкатки редукторів типу МАБП і ВБА 32/2 від середньої частини осі після ремонту (табл. 4). Випробування редукторів ведуться в холосту і під навантаженням. До складу стенду входять пристрій для установки колісної пари; пристрій для забезпечення необхідних режимів; індикатор годинникового типу.

Таблиця 4. Технічні характеристики стенду для перевірки редукторів типу МАБ II та ВБА 32/2

Характеристики	Дані
Потужність електродвигунів, кВт	35 і 70
Частота обертання, об/хв	від 950 до 1440
Час обкатки без навантаження, хв	15
Час обкатки з навантаженням, хв	20

ТОВ «Дизель-тест-Комплект» (м. Єкатеринбург, Росія) [14] організував виробництво стенду для обкатки та випробування редукторів типу ЕУК-160-1М і ВБА 32/2 від середньої частини осі з навантаженням після ремонту (табл. 5, рис. 5). Під час випробувань здійснюється контроль температури мастила та підшипників редуктора, є можливість визначення параметрів вібрації редуктора та буксових вузлів. Стенд працює по замкненому контуру.

Таблиця 5. Технічні характеристики стенду ТОВ «Дизель-тест-Комплект»

Характеристики	Дані
Тип електроприводу	асинхронний частотно-регульований
Потужності електроприводу, кВт	75
Потужність навантаження, кВт	40
Регулювання частоти обертання, об/хв	від 0 до 900 (плавний розгін)
Регулювання навантаження редуктора, кВт	від 0 до 40 (плавне)

Рис. 5. Стенд обкатки редукторів ТОВ «Дизель-тест-Комплект»

ТОВ «Стоїк» (м. Москва, Росія) [15] спроектував стенд (табл. 6, рис. 6) для випробування редукторів підвагонних генераторів і редукторів з автоматизованою системою управління, яка забезпечує плавне регулювання швидкості приводного двигуна; ступеневе підключення навантаження; контроль над основними параметрами випробувань; виявлення аварійних ситуацій.

Таблиця 6. Технічні характеристики стенду ТОВ «Стоїк»

Характеристики	Дані
Максимальна потужність випробовуваних генераторів, кВт	48
Максимальна частота обертання валу генераторів, об / хв	4000
Максимальний струм генератора, А	350
Максимальна напруга генератора, В	150

Рис. 6. Стенд ТОВ «Стоїк»

ВАТ науково-дослідний інститут «Ізотерм» (м. Москва, Росія) [16] спроектував і організував виробництво стендів для обкатки передніх та задніх розподільних редукторів тепловозу серії М62 зібраних після деповського ремонту (табл. 7).

Таблиця 7. Технічні характеристики стендів для обкатки редукторів тепловоза серії М62

Характеристики	Дані
Напруга, В	380
Частота, Гц	50
Потужність стенду обкатки переднього редуктора, кВт, не більше	80
Потужність стенду обкатки заднього редуктора, кВт, не більше	100
Час обкатки під навантаженням, хв, не менше	120

Машинобудівний холдинг «Інтехрос» (м. Омськ, Росія) [17] організував виробництво стенду (табл. 8, рис. 7), який призначений для обкатки редукторів в зборі з колісною парою колійних машин типу ВПР. Стенд оснащений системою числового програмного управління.

Таблиця 8. Технічні характеристики стенду для обкатки редукторів «Інтехрос»

Характеристики	Дані
Потужність електродвигуна, кВт	45
Частота обертання валу електродвигуна, об/хв	1500
Передача крутного моменту на редуктор	карданна

Рис. 7. Стенд для обкатки редукторів колісних пар машинобудівного холдингу «Інтехрос»

ТОВ «ГІС-Профі» (м. Омськ, Росія) [18] організував виробництво обкатувального стану марки КРБ ЕП-1 (табл. 9, рис. 8), який призначений для обкатки колісної пари електровоза ЕП1 після ремонту з буксами і редуктором в зборі. Випробування проводяться в трьохшвидкісному режимі.

Таблиця 9. Технічні характеристики стану марки КРБ ЕП-1

Характеристики	Дані
Напруга живлення, В	380
Потужність, кВт	22
Частота обертання, об / хв	2940
Підключення до муфти редуктора	рухливий фланець шпиндельного вузла

Рис. 8. Стенд марки КРБ ЕП-1

ТОВ «НВП Технопарк» (м. Саратов, Росія) [19] організував виробництво стану марки СОІР-01 (табл. 10) для обкатки та випробування редукторів пасажирських вагонів без навантаження та під навантаженням, з можливістю реверсу обертання та плавним розгоном і гальмуванням, безперервним контролем температури масла і підшипників редукторів та шуму.

Таблиця 10. Технічні характеристики стенду СОІР-01

Характеристики	Дані
Споживана потужність, кВт	70
Частота обертання колісної пари, об/хв	від 0 до 900
Максимальний крутний момент електроприводу, кг·м, не менше	75
Діапазон вимірюваних температур, °С	від 0 до 90
Навантаження на відомому валу редуктора, кВт	30 – 50
Час обкатки, хв	120 – 180

ВАТ «Хронотрон» (м. Санкт-Петербург, Росія) [20] виготовив стенд марки ОР-2 (табл. 11, рис. 9), який застосовується для випробувань редукторних колісних пар приводу генераторів від середньої частини осі пасажирських вагонів після ремонту згідно вимог галузевих нормативних документів. Стенд забезпечує: контроль температури і в'язкості мастила та температури підшипників редуктора; автоматичне та ручне управління; контроль вхідних та вихідних параметрів стендів. По випробуванням редукторів формується база даних.

Таблиця 11. Технічні характеристики стенду ОР-2

Характеристики	Дані
Споживана потужність, кВт	76
Потужність навантаження, кВт	до 40
Напруга живлення, В	380
Частота обертання, об/хв	від 0 до 900

Рис. 9. Стенд марки ОР-2

На Мінському вагоно-ремонтному заводі [21] застосовують стенд марки Н-1594 (табл. 12), який призначений для випробувань редукторів приводу генераторів від середньої частини осі ВБА 32/2 і МАБ-II пасажирських вагонів.

Таблиця 12. Технічні характеристики стенду Н-1594

Характеристики	Дані
Тип стенду	електромеханічний
Частота обертання на вихідному валу, об/хв	900
Рід струму	змінний
Частота, Гц	50
Напруга, В	380/220
Потужність, кВт	40

В електродепо «Кіровське» Самарського метрополітену [22] використовується стенд для випробування редукторів колісної пари (табл. 13, рис. 10).

Таблиця 13. Технічні характеристики стенду в електродепо «Кіровське»

Характеристики	Дані
Тип стенду	електромеханічний
Частота обертання на вихідному валу, об/хв	від 270 до 615; від 410 до 615
Тип приводу	електричний
Частота, Гц	50
Напруга мережі, В	380

Рис. 10. Стенд для випробувань редукторів в електродепо «Кіровське»

ЗАТ «ДМИ-редуктор» [23] розробив і виготовляє редуктор від середньої частини осі колісної пари ДМИ-44 для приводу вагонного генератора потужністю 32 кВт. На ділянці збірки редукторів ДМИ-44 розташований обкатаний стенд. Для контролю технічного стану редуктора при експлуатації розроблена і випробувана система контролю достатності рівня масла в картері і температури підшипникових вузлів редуктора.

У пасажирському вагонному депо станції Одеса-Головна (м. Одеса, Україна) [24] встановлено випробувальний стенд (табл. 14, рис. 11) для випробування редукторів колісних пар приводу генераторів від середньої частини осі пасажирських вагонів після ремонту відповідно до вимог [6]. Стенд обладнаний приладовою панеллю, на якій виконується регулювання напруги і сили струму мережі для зміни швидкості обертання колісної пари та підтримки навантаження редуктора.

Таблиця 14. Технічні характеристики стенду в пасажирському вагонному депо станції Одеса-Головна

Характеристика	Дані
Потужність електроприводу, кВт	28
Частота обертів, об/хв	900
Напруга мережі, В	$380 \pm 10 \%$
Частота мережі, Гц	$50 \pm 5 \%$
Час випробувань, хв	120, 180
Діапазон вимірювань температури, °С	від мінус 10 до 1200
Тип електроприводу	постійного струму
Передача обертання до колісної пари	текстурно-пасова

Рис. 11. Стенд в пасажирському вагонному депо Одеса-Головна

У вагонному депо станції Каховка (м. Каховка, Україна) [25] встановлено стенд для випробування редукторів ЕУК-160-1М/28, ВБА-32/2 (табл. 15, рис. 12). Стенд призначений для перевірки, налагодження та випробувань редукторів типу МАБ ІІ (ЕУК-160-1М/28), ВБА-32/2(ВБА-32/2). До складу стенду входять: станина з приводом та елементами кріплення колісної пари; генератор з пристроєм для його навантаження; контрольно-вимірювальні прилади; контролер для ступеневого регулювання частоти обертання колісної пари; приладової панелі з контрольно-вимірювальними приладами. Стенд забезпечує контроль параметрів: температура мастила в картері редуктора; напруга та струм електроприводу; напруга та струм навантажувального генератора.

Таблиця 15. Технічні параметри стенду у вагонному депо станції Каховка

Параметри	Дані
Частота обертання, об/хв	від 0 до 900
Діапазон вимірювання температури, °C	0...100 ± 5%
Напруга живлення, В	380 ± 10%
Частота живлення, Гц	50 ± 1
Потужність електроприводу, кВт	32
Час випробувань, хв	120, 180

Рис. 12. Стенд у вагонному депо станції Каховка

ПМП «Компро» (м. Одеса, Україна) [26] розробило та налагодило випуск автоматизованого стенду марки «VIP-1500» (табл. 16, рис. 13) для обкатки та випробувань редукторів типу EUK-160-1M / 28, ВБА 32/2 від середньої частини осі колісної пари. Стенд оснащений сучасними засобами вимірювальної техніки, електронним блоком управління, пакетом програмного забезпечення, шафи навантаження генератора, силовою шафою управлінням навантаженням, перетворювачем частоти векторним, аварійним захистом. Програма випробувань передбачає: контроль радіального биття редуктора; вимірювання температури редуктора та навколишнього середовища в процесі випробувань редуктора; вимірювання потужності; розрахунок ККД редуктора. Отримані результати випробувань виводяться на екран монітора, заносяться в базу даних та оформляються у вигляді протоколу випробувань.

Таблиця 16. Технічні характеристики стенду VIP-1500

Параметри	Дані
Частота обертання, об/хв	від 0 до 1200
Потужність генератора, кВт	34
Напруга живлення, В	380 ± 10%
Частота живлення, Гц	від 0 до 200
Потужність електроприводу, кВт	55
Час випробувань, хв	120, 180

Рис. 13. Випробувальний стенд ВІР-1500

Проведений аналіз існуючого технологічного обладнання для випробування редукторів показав, що переважна кількість випробувальних стендів працюють за відкритим контуром, в якому не передбачається рекуперація теплової енергії. Для навантаження редуктора використовується потужний електричний генератор, енергія з якого передається до шафи з резисторами. Це обумовлено тим, що принцип навантаження редуктора передбачає значні витрати електроенергії та перегрів навантажувача. Тривалі випробування потребують використання потужного електродвигуна для приведення в обертання колісної пари. Така конструкція стенду не є енергоефективною.

Крім того, велика кількість стендів, що працюють в вагонних депо, мають такі недоліки: живлення стенду відбувається від неефективного електроприводу постійного струму; використовуються застарілі засоби вимірювальної техніки, що не забезпечує якості контролю параметрів; регулювання навантаження ступеневе; має місце суб'єктивний фактор впливу оператора на якість проведення випробувань. Для підтримки режиму випробування, опираючись на покази засобів вимірювальної техніки, оператор постійно змінює значення сили струму і напруги, що забезпечує підтримку нормованої потужності навантаження редуктора. Також, фіксація результатів випробувань малоінформативна та здійснюється у паперовому журналі, що ускладнює простежування технічного стану редуктора на протязі його життєвого циклу.

Проте, сучасні стенди, що виробляються провідними виробниками, враховують значну кількість вказаних недоліків випробувальних стендів. Втілюється автоматизація управління стенду для підвищення якості підтримки режимів випробувань та встановлюються сучасні засоби вимірювальної техніки для підвищення якості метрологічного забезпечення. Використовується асинхронний електропривод з частотним векторним перетворювачем для створення плавного навантаження редуктора. Створюється електронна база даних по результатам випробувань, що дає змогу провести моніторинг змін технічного стану редуктора та визначення його ресурсу, а також скоротити час простою транспортних засобів і матеріальні витрати для проведення позапланового ремонту редуктора.

Висновки. З вищесказаного можна зробити висновок, що випробувальні стенди це енерговитратне устаткування за рахунок необхідності використання потужного електроприводу та тривалого часу випробувань. На випробувальних стендах з

електроприводом постійного струму не можливо забезпечити плавність навантаження редуктора через вплив індивідуально-психологічних та психомоторних особливостей людини, яка контролює процес випробування. Автоматизація системи управління, контролю параметрів випробувальних стендів та оснащення їх асинхронним частотно-регульованим електроприводом – це головні напрями для вдосконалення конструкції випробувального стенду, підвищення якості визначення метрологічних характеристик стенду та встановлення їх відповідності вимогам нормативної документації при атестації, а також створює передумови вдосконалення методики випробувань для підвищення енергоефективності стендів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Публічне акціонерне товариство «Українська залізниця» : веб-сайт. URL: http://www.uz.gov.ua/about/general_information/main_departments/main_passenger_management/ (дата звернення 20.09.2018).
2. Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 11 липня 2013 р. № 494. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-%D0%BF> (дата звернення: 20.09.2018).
3. Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1194. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-%D0%BF> (дата звернення: 20.09.2018).
4. Технічний регламент надання послуг з перевезення пасажирів та вантажів залізничним транспортом затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 193. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/193-2010-%D0%BF> (дата звернення: 20.09.2018).
5. Мироненко А. И., Спицын В. Е., Гамза Е. А., Матвеевский Д. В., Дзятко С. А. Усовершенствование редукторов производства ГП НПКГ "Зоря"-Машпроект". *Вісник НТУ "ХПІ"*. 2015. № 35 (1144). С. 95 – 100.
6. Інструкція з ремонту редукторно-карданних приводів пасажирських вагонів. ЦДІ-0078 : затв. наказом Укрзалізниці від 31.03.09. № 219-С. *Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укрзалізниця. Головне пасажирське управління*. Київ. 2010. 191 с.
7. Порядок проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів від 08 лютого 2016 року № 193. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE28408.html (дата звернення: 12.08.2018).
8. Болотин М. М., Иванов А. А. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов. Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. 336 с.
9. ООО «Копис» : веб-сайт. URL: <http://www.kopis.ru/products/140> (дата звернення: 20.09.2018).
10. ЗАО «НПП «МИКС Инжиниринг» : веб-сайт. URL: <http://www.mix-eng.ru/proekty/stend-km-20/> (дата звернення: 20.09.2018).
11. ООО «ОмИНВЕСТ» : веб-сайт. URL: <http://ominvest.ru/produce/> (дата звернення: 12.11.2012).
12. ООО «Научно-технический центр «Техническая диагностика и прецизионные измерения» : веб-сайт. URL: <http://www.diag-meas.ru/> (дата звернення: 20.09.2018).
13. ООО «Энергооборудование» : веб-сайт. URL: <http://www.sar-energo.ru/content/view/40/2/> – (Дата звернення: 14.11.2012).
14. ООО «Дизель-тест-Комплект» : веб-сайт. URL: http://ru.d-test.ru/catalog/oborudovanie_dlya_zheleznyh_dorog/stend_obkatki_reduktorov_ot_sredney_chasti_osi_s_nagruzkoj/ (дата звернення: 14.11.2012).
15. НПО «Стоик» : веб-сайт. URL: http://stoikltd.ru/support/engineering/engineering_5.html (дата звернення: 14.11.2012).
16. ОАО НИИ «Изотерм» : веб-сайт. URL: http://www.nii-izoterm.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=132&Itemid=52 (дата звернення: 14.11.2012).
17. Машиностроительный холдинг «ИНТЕХРОС» : веб-сайт. URL: <http://xn--h1akalp.xn--p1ai/nestandartnoe-oborudovanie/item/stend-dlya-obkatki-reduktorov-kolesnykh-par.html> (Дата звернення: 14.11.2012).
18. ООО «ГИС-Профи» : веб-сайт. URL: <http://gisprofi.com/catalog/items12621.html> (дата звернення: 14.11.2012).

19. ООО «НПП Технопарк» : веб-сайт. URL: https://tehpark.ru/produktsiya/isyptatelnoe_i_remontnoe_oborudovanie/stand_dlya_obkatki_i_isyptaniya_reduktorov_s_privodom_ot_tsentra_osi_soir-01.html (дата звернення: 14.09.2018).
20. ОАО «Хронотрон» : веб-сайт. URL: <http://www.chronotron.ru/index.php/gd/op2> (дата звернення: 15.11.2012).
21. Стенд для обкатки редукторов от средней части оси ВБА и МАБ : паспорт Н – 1594. ПС. Минский вагоноремонтный завод. Минск, 2004. 15 с.
22. Електродепо «Кировское» Самарского метрополитену : веб-сайт. URL: <http://wiki.nashtransport.ru/> (дата звернення: 12.06.2018)
23. ЗАО «ДМИ-редуктор» : веб-сайт. URL: <http://dmireduktor.ru/about/index.php> (дата звернення: 15.06.2018)
24. Перетяка Н. О. Аналіз експериментальних випробувань редукторів приводу генераторів від середньої частини осі колісної пари пасажирського вагону. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Київ : ВІКНУ, 2017. № 55. С. 81-92.
25. Стенд для випробування редукторів МАБ II (ЕЮК-160-1М/28), ВБА-32/2 (WBA-32/2) з приводом від середньої частини колісної пари пасажирських вагонів : паспорт. РКЛ Вагонного депо ст. Каховка Одеської залізниці. Таврійськ, 2014. 8 с.
26. Перетяка Н. О. Вдосконалення методики стендових випробувань редукторів пасажирських вагонів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця, 2017. № 2. С. 83-90.

REFERENCES

1. Publichne aktsionerne tovarystvo «Ukrainska zaliznytsia». (20.09.2018). Retrieved from: http://www.uz.gov.ua/about/general_information/main_departments/main_passenger_management/.
2. Tekhnichniy rehlament bezpeky infrastruktury zaliznychnoho transportu, zatverdzhenni postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.07.2013. No 494. (20.09.2018). Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-%D0%BF>.
3. Tekhnichniy rehlament bezpeky rukhomoho skladu zaliznychnoho transportu zatverdzhenni postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30.12.2015. No 1194. (20.09.2018). Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-%D0%BF>.
4. Tekhnichniy rehlament nadannia posluh z perevezennia pasazhyriv ta vantazhiv zaliznychnym transportom zatverdzhenni postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 01.03.2010. No 193. (20.09.2018). Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/193-2010-%D0%BF>.
5. Mironenko, A.I., Spitsyin, V.E., Gamza, E.A., Matveevskiy, D.V., Dzyatko S.A. *Usovershenstvovanie reduktorov proizvodstva GP NPKG "Zorya"- "Mashproekt"*. Kharkiv, Visnik of National Technical University " Kharkiv Polytechnic Institute". 35 (1144), 95 – 100 (In Ukrainian).
6. Instruksii z remontu reduktorno-kardannykh pryvodiv pasazhyrskykh vahoniv. TsL-0078 : Zatv.: Nakaz Ukrzaliznytsi. TsL -0078 [Instruction on repair reducers - the cardan drives passenger carriages] : Zatv.: Nakaz Ukrzaliznytsi 31.03.09. no. 219-S, Kyiv, Derzhavna administratsiia zaliznychnoho transportu Ukrainy. Ukrzaliznytsia. Holovne pasazhyrske upravlinnia.
7. Poriadok provedennia povirky zakonodavcho rehulovanykh zasobiv vymiriuvanoi tekhniki, shcho perebuvauiut v ekspluatatsii, ta oformlennia yii rezul'tativ vid 08.12.2016 No 193 [The procedure for verifying the legally regulated means of measuring equipment in operation, and the execution of its results from February 08.12.2016 No 193]. (12.08.2018). Retrieved from http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE28408.html.
8. Bolotin, M. M., Ivanov, A. A. (2016). *Sistemyi avtomatizatsii proizvodstva i remonta vagonov* [Automation systems for production and repair of cars]. Moskov, Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte (In Russian).
9. ООО «Kopis». (20.09.2018). Retrieved from <http://www.kopis.ru/products/140>.
10. ЗАО «NPP «MIKS Inzhiring». (20.09.2018 r.). Retrieved from <http://www.mix-eng.ru/proekty/stand-km-20>.
11. ООО «OmINVEST»/ (12.11.2012). Retrieved from <http://ominvest.ru/produce>.
12. ООО «Nauchno-tekhnicheskii tsentr «Tekhnicheskaya dyagnostika y pretsyziyionnie izmereniya». (20.09.2018 r.). Retrieved from <http://www.diag-meas.ru>.
13. ООО «Jenergooborudovanie». (14.11.2012). Retrieved from <http://www.sar-eng.ru/content/view/40/2/>.

14. ООО «Dizel-test-Komplekt». (14.11.2012). Retrieved from http://ru.d-test.ru/catalog/oborudovanie_dlya_zheleznyh_dorog/stend_obkatki_reduktorov_ot_sredney_chasti_osi_s_nag_ruzkoy.
15. NPO «Stoik». (14.11.2012). Retrieved from http://stoikltd.ru/support/engineering/engineering_5.html.
16. OAO NII «Izoterm». (14.11.2012). Retrieved from http://www.nii-izoterm.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=132&Itemid=52.
17. Mashynostroytelnyy kholdynh «YNTEKROS». (14.09.2018). Retrieved from <http://xn--h1akalp.xn--p1ai/nestandartnoe-oborudovanie/item/stend-dlya-obkatki-reduktorov-kolesnykh-par.html>.
18. ООО «GIS-Profi». (14.11.2012). Retrieved from <http://gisprofi.com/catalog/items12621.html>.
19. ООО «NPP Tehnopark». (14.09.2018). Retrieved from http://tehpark.ru/produktsiya/isyatelnoe_i_remontnoe_oborudovanie/stend_dlya_obkatki_i_isyitaniya_reduktorov_s_privodom_ot_tsentra_osi_soir-01.html.
20. OAO «Hronotron». (15.11.2012). Retrieved from <http://www.chronotron.ru/index.php/gd/op2>.
21. Pasport N – 1594. PS (2004). *Stend dlia obkatky reduktorov ot srednei chasty osy WBA i MAB [Stand for running gears from the middle part of the axis of the WBA and MAB]*. Minsk, Minskij vagonoremontnyj zavod (In Belarus).
22. Elektrodepo «Kirovskoe» Samarskogo metropolitenu. (12.06.2018). Retrieved from <http://wiki.nashtransport.ru/>.
23. ZAO «DMI-reduktor». (15.06.2018). Retrieved from <http://dmireduktor.ru/about/index.php>.
24. Peretiaka, N. O. (2017). *Analiz eksperymentalnykh vyprobuvan reduktoriv pryvodu heneratoriv vid serednoi chastyny osi kolisnoi pary pasazhyrskoho vahonu [The analysis of experimental tests of drive gears for generators from the middle part of the axle of the wheel coupling of a passenger car]*. Kyiv, Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, 55, 81-92.
25. Pasport. (2014). *Stend dlia vyprobuвання reduktoriv MAB II (EUK-160-1M/28), WBA-32/2 z pryvodom vid serednoi chastyny kolisnoi pary pasazhyrskykh vahoniv [Stand for test of reducers MAB II (EUK-160-1M / 28), WBA-32/2 with drive from the middle part of the wheel of passenger cars]*. Tavriisk, RKL Vahonnoho depo stantsii Kakhovka Odeskoi zaliznytsi (In Ukrainian).
26. Peretiaka, N. O. (2017). *Vdoskonalennia metodyky stendovykh vyprobuvan reduktoriv pasazhyrskykh vahoniv [Improvement of the method of bench testing of passenger railcar reducers]*. Vinnytsia, Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu, 2, 83-90.

Наталья Перетяка, к.т.н.

(старший преподаватель кафедры метрологии и метрологического обеспечения Одесской государственной академии технического регулирования и качества)

Константин Боряк, д.т.н.

(заведующий кафедрой метрологии и метрологического обеспечения Одесской государственной академии технического регулирования и качества)

АНАЛИЗ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ МЕХАНИЧЕСКИХ РЕДУКТОРОВ

Статья посвящена анализу конструкций и технических характеристик испытательных стендов для испытаний механических редукторов. Выявлены технические недостатки существующих стендов и указаны основные направления совершенствования существующего оборудования, в частности, совершенствование конструкции электропривода стенда и автоматизация процесса испытания, что позволяет повысить качество стендовых испытаний механических редукторов.

Ключевые слова: редуктор, стендовые испытания, автоматизация, привод частотный векторный.

Nataliia Peretiaka

(Senior Lecturer, Department of Metrology and Metrological Support Odessa State Academy of Technical Regulation and quality)

Konstantin Boryak

(Head of the Department of Metrology and Metrological Support Odessa State Academy of Technical Regulation and quality)

ANALYSIS OF TEST STANDS OF MECHANICAL REDUCERS

The article is devoted to the review of the design of test benches on which mechanical reducers are being tested, which are part of various vehicles for the movement of goods and passengers. The main attention is paid to test benches that are used by railway transport enterprises in the post-Soviet space. The authors focused on the analysis of the technical characteristics of test benches, on which mechanical reducers of the generator drive from the middle part of the wheelset axle of passenger cars operated on passenger railway cars running at speeds up to 160 km / h are tested. It has been established that in most cases (up to 70%) stand constructions were made using the element base and industry achievements of the 80s. This became an obstacle for further improvement of test methods with the use of outdated measuring equipment, which are built into the stands. The identified technical shortcomings of the existing test benches and the inconsistency of the quality of the tests of mechanical reducers with the updated requirements of European standards. This encourages the modernization of test benches. In the article, the authors indicate the main directions of improvement of the existing equipment for testing mechanical reducer, in particular, improving the design of the electric drive of the stand, and also proposed to automate the technological process of testing. The modernization directions proposed by the authors will improve the quality of bench tests of mechanical reducer.

Keywords: *reducer, bench tests, automation, vector frequency drive.*