

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Путято Артур Владимирович,
д.т.н., доцент, ректор Гомельского
государственного технического университета
имени П.О. Сухого.
Просп. Октября, 48, г. Гомель, 246746,
Беларусь.
Тел.: +37 523 222 46 36.
E-mail: putsyata.artur@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1828-8052>.

Шимановский Александр Олегович,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

«Техническая физика и теоретическая меха-
ника» Белорусского государственного универ-
ситета транспорта (БелГУТ).
Ул. Кирова 34, г. Гомель, 245053, Беларусь.
Тел.: +37 529 831 14 29.
E-mail: tm.belsut@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8550-1725>.

Ворожун Ирина Александровна,
старший преподаватель кафедры «Техниче-
ская физика и теоретическая механика»
БелГУТ.
Ул. Кирова 34, г. Гомель, 245053, Беларусь.
Тел.: +37 529 732 65 05.
E-mail: ivorozhun@yandex.by.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6118-1042>.

Моделі та моделювання

УДК 629.456
DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-24-30

*Інженери Радкевич М. М., Петренко В. О.,
Прокопенко П. М., Кошель О. О.
Канд. техн. наук Кара С. В.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ
РАМ ВІЗКІВ СПЕЦІАЛЬНОГО РУХОМОГО
СКЛАДУ НА БАЗІ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Ключові слова: пасажирський вагон, не-
сучі металеві конструкції, візок, рама візка,
міцність, опір втоми.

Вступ та постановка проблеми

Основна кількість металевих несучих
конструкцій вагонів спеціального рухомого
складу залізниць України на сьогоднішній
день знаходяться в критичному стані - в да-
ний час терміни експлуатації значної кілько-
сті візків спеціального рухомого складу колії
1520 мм в Україні перевищує встановлений
заводом виробником термін служби цього
вузла, у більшості випадків значно від грани-
чного. Багато в чому це пов'язано як з істот-
ним запасом міцності, який був закладений
при проектуванні у несучі металеві констру-
кції візків, так і з особливостями експлуатації
конкретного типу вагонів.

Забезпечити безпечне і своєчасне переве-
зання пасажирів і вантажів - одна з головних
задач залізничного транспорту. У зв'язку з
цим, став проявлятися дефіцит візків паса-
жирських вагонів, оскільки їх терміни експ-
луатації практично вичерпали свій плано-
вий ресурс, а в деяких випадках значно пере-
вищили його.

Дефіцит візків вагонів спеціального рухо-
мого складу теж має місце через досягненням
ними нормативного терміну служби та заку-
півлею в недостатній кількості нових візків
для їх заміни. Враховуючи зменшене заван-
таження експлуатаційною роботою спеціа-
льного рухомого складу на базі пасажирсь-
ких вагонів, у порівнянні з поїзними паса-
жирськими вагонами, зі строком служби їх
візків КВЗ-ЦНІИ (типи – I, II, M) понад 41
рік є доцільність у проведенні робіт щодо
визначення залишкового ресурсу несучих
рам цих візків та продовження строку їх
служби. Вирішення цієї задачі дасть змогу
продовжити строк експлуатації технічно
справних несучих рам візків вагонів спеціа-
льного рухомого складу, без надлишкових
витрат на їх повне оновлення [1].

Мета статті

Дослідження залишкового ресурсу рам ві-
зків типу КВЗ-ЦНІИ спеціального рухомого
складу на базі пасажирських вагонів, що зна-
ходяться у експлуатації понад 41 рік, з метою
визначення можливості та строків їх подаль-
шої експлуатації.

Об'єкт дослідження

Візки типу КВЗ-ЦНИИ спеціального рухомого складу на базі пасажирських вагонів зі строком служби понад 41 рік.

Основний матеріал досліджень

За 2020 рік фахівцями Науково-впроваджувального центру (НВЦ) філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (НДКТИ) АТ «Укрзалізниця» було виконано технічне діагностування 173 спеціальним пасажирським вагонам з 346 візками, які працювали в умовах з агресивним впливом середовища. Після аналізу отриманих результатів, було виявлено на візках більш ніж 90 дефектів що стосувалися корозії бічних балок, поперечних балок (основних), поперечних балок (малих), повздовжніх балок візків, що розташовуються під фановими трубами туалетів вагонів та підлягають постійному впливу вологи. Також, під час тех-

нічного діагностування, інколи, було виявлено тріщини по зварному шву, в місці з'єднання поперечних балок з боковими балками рам візків. Всі виявлені дефекти було усунуто згідно з діючими нормативними документами на деповський та капітальний ремонт рам візків пасажирських вагонів в АТ «Укрзалізниця».

Відбір візків вагонів спеціального рухомого складу для випробувань та обладнання їх несучих рам датчиками (тензорезисторами) виконувались на території Київського центру механізації колійних робіт (КЦМКР). На кожній з несучих рамах візків (рис. 1) було встановлено по 8 тензорезисторів (табл. 1). Всього було обладнано засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) рами двох візків одного вагону. Тобто одночасно контролювалися механічні напруження на двох рамах у 18 точках.

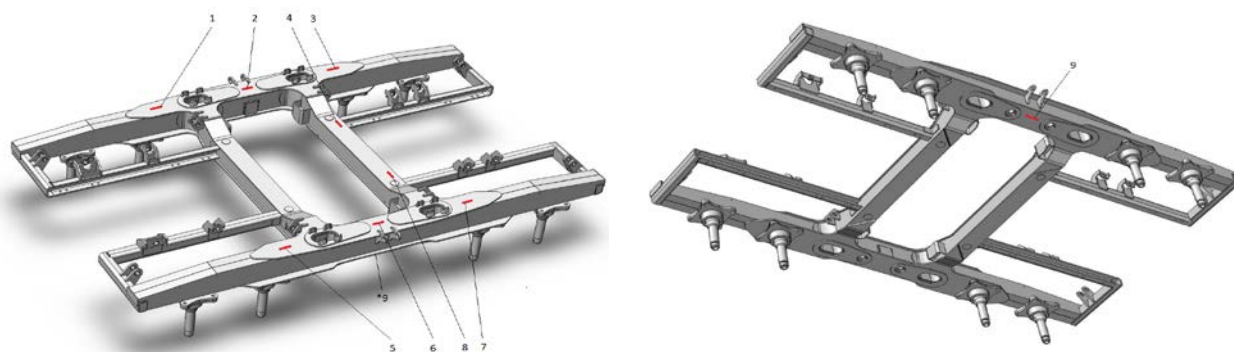


Рис. 1 – Схема встановлення тензорезисторів на несучих рамах візків вагонів спеціального рухомого складу

Табл. 1 – Місця встановлення тензорезисторів на рамах візків КВЗ-ЦНИИ

№	Назва ЗВТ	Зона встановлення ЗВТ	Позн.	Канал
На рамі візка				
1	тензорезистор	На верхній площині лівої боковини у повздовжньому напрямку між 1 КП та поперечною балкою	1 (10)	1(10)
2	тензорезистор	На верхній площині лівої боковини у повздовжньому напрямку між поперечними балками	2 (11)	2(11)
3	тензорезистор	На верхній площині лівої боковини у повздовжньому напрямку між 2 КП та поперечною балкою	3 (12)	3(12)
4	тензорезистор	На верхній площині 2 поперечної балки у поперечному напрямку з лівої сторони	4 (13)	4(13)
5	тензорезистор	На верхній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між 1 КП та поперечною балкою	2 (14)	2(14)

6	тензорезистор	На верхній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між поперечними балками	6 (15)	6(15)
7	тензорезистор	На верхній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між 2 КП та поперечною балкою	7 (16)	7(16)
8	тензорезистор	На верхній площині 2 поперечної балки у поперечному напрямку з правої сторони	8 (17)	8(17)
9	тензорезистор	На нижній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між поперечними балками	9 (18)	9(18)

Для проведення випробувань використовувались спеціалізовані засоби вимірювальної техніки - вимірювальний комплекс філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» для діагностики й випробувань залізничного рухомого складу який складається із програмно-апаратного автоматичного реєстратора, комплексу комунікаційних кабелів, комп'ютера і програмного забезпечення. Автоматизований програмно-апаратний реєстратор виконано на базі контролера NI 9012, з доданням до нього тензометричних модулів АЦП NI 9237, модулів АЦП NI 9205 та навігаційного GPS модуля.

Швидкість руху дослідного зчепу вагонів, що досліджувалися, визначалася за допомогою GPS модуля-приймача з частотою дискретизації 8 Гц, а реєстрація показань тензорезисторів виконувалась з частотою 400 Гц.

Вимірювальні тензорезистори були з'єднані в напівмостову схему Уїтстона, з одним активним та компенсаційним тензорезистором. Така схема складає вимірювальний канал, до якого доповнюється тензометричний модуль NI 9237, який здійснює масштабування миттєвих значень вхідної напруги датчика й її аналого-цифрове перетворення в цифровий код. Цифрові сигнали по внутрішній шині ЗВТ передаються з модулів NI 9237 у контролер NI 9012, з виходу якого по інтерфейсній шині Ethernet надходять у комп'ютер, де проводиться обробка, відображення й зберігання вимірювальної інформації.

Програмне забезпечення виконує функції управління процесом запису, початкового налаштування режиму реєстрації сигналів від вимірювальних каналів, керує режимами роботи автоматичного реєстратора, забезпечує математичні функції обробки, представлення і зберігання вимірювальної інформації. Воно

складається з наступних блоків: спеціалізоване програмне забезпечення, прикладне програмне забезпечення контролера NI 9012, клієнтська частина прикладного програмного забезпечення реєстратора хост-комп'ютера. Програмне забезпечення програмно-апаратного реєстратора розроблено в програмній оболонці Lab View FPGA.

Прикладне програмне забезпечення призначене для того, щоб на апаратному рівні із заданою частотою дискретизації зчитувати з обраних при випробуваннях каналів ЗВТ необхідні вимірювальні дані, вибирати тип підключення виходів первинних вимірювальних перетворювачів і встановлювати межі виміру напруги. Прикладне програмне забезпечення контролера NI 9012 складається із двох частин. Перша частина здійснює зчитування даних з тензометричних модулів АЦП NI 9237, проводить їх обробку та робить запис даних в енергонезалежну пам'ять контролера. Друга частина забезпечує передачу даних по протоколу керування передачею Transmission Control Protocol (TCP) на зовнішній комп'ютер. Програмне забезпечення комп'ютера за допомогою інтерфейсу користувача, виконує загальні керуючі функції ЗВТ при випробуваннях та відображає результати поточних вимірів на екрані монітора комп'ютера.

Після встановлення датчиків ЗВТ на дослідних візках і підключення їх до реєструючої апаратури було сформовано дослідний зчеп з локомотива та порожнього вагона (тара 60 т) з дослідними рамами візків. Тривалість запису експериментальних даних – 5 годин. Дослідна поїздка була проведена на ділянці колії за маршрутом Київ-Волинський – Ніжин – Київ-Волинський протяжністю 300 кілометрів (1 поїздка) регіональної філії «Пі-

вденно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця».

На рисунках 2 та 3 наведені гістограми діапазонів швидкостей руху дослідних візків з вагонами під час дослідних поїздок.

В таблицях 2 та 3 наведені зафіксовані максимальні напруження в контрольних точках рам візків вагонів під час їх дослідних поїздок.

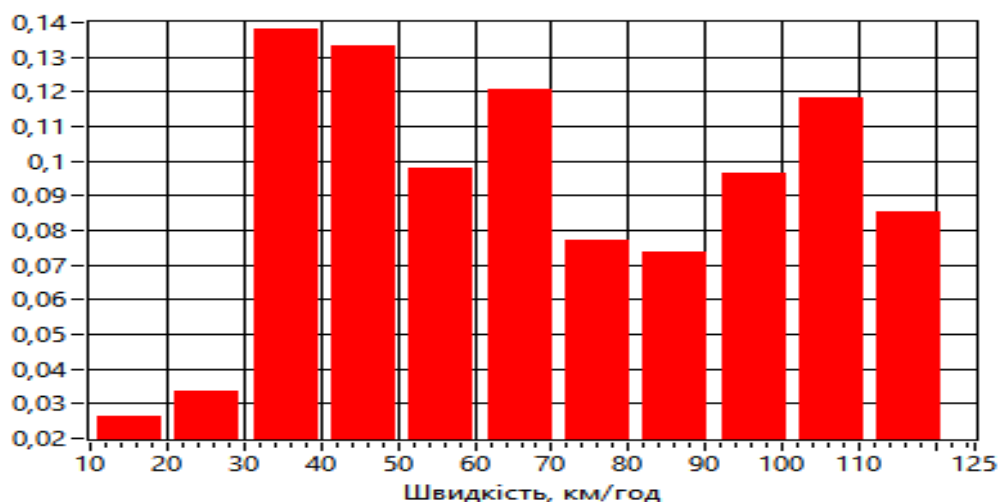


Рис. 2 – Швидкість руху дослідного вагону при дослідженнях на ділянці Київ-Волинський – Ніжин

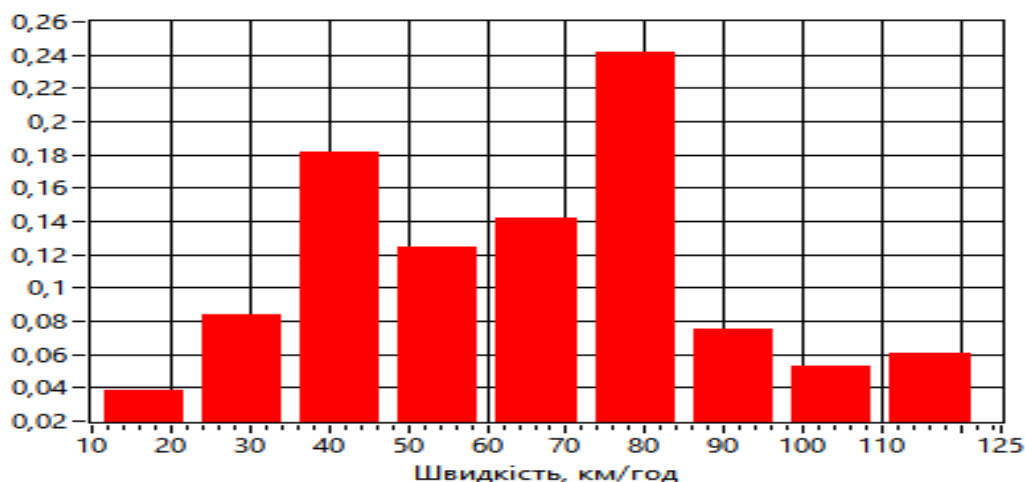


Рис. 3 – Швидкість руху дослідного вагону при дослідженнях на ділянці Ніжин – Київ-Волинський

Табл. 2 – Максимальні напруження в контрольних точках рам візків дослідного вагону на маршруті руху Київ-Волинський – Ніжин

Канал	Діапазони швидкостей руху, км/год (м/сек)																	
	0-45 (0-12,5)		45-54 (12,5-15)		54-63 (15-17,5)		63-72 (17,5-20)		72-81 (20-22,5)		81-90 (22,5-25)		90-99 (25-27,5)		99-108 (27,5-30)		108<max (30 < max)	
	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО	Max, МПа	СКО
1	3,63	0,91	6,00	1,03	3,01	0,85	3,40	0,90	3,69	0,92	6,72	1,01	36,01	1,74	5,02	1,09	4,00	1,13
2	4,14	1,09	5,41	1,29	3,85	1,04	4,23	1,08	4,72	1,12	5,25	1,22	15,61	1,50	5,59	1,40	5,19	1,44
3	4,68	1,08	6,61	1,20	3,79	1,04	5,03	1,19	5,22	1,27	7,50	1,22	8,66	1,28	5,50	1,31	5,56	1,46

4	11,08	3,15	12,83	3,09	10,49	3,18	10,42	3,18	10,44	2,91	13,45	2,94	22,81	3,10	13,42	2,85	11,65	3,28
5	5,02	1,10	9,97	1,30	3,86	1,02	4,26	1,13	5,25	1,20	32,66	1,75	41,29	2,03	9,56	1,37	5,15	1,26
6	6,76	1,04	7,76	1,12	5,98	0,97	10,15	1,22	11,53	1,33	15,57	1,43	22,01	1,61	11,85	1,43	10,26	1,42
7	3,69	0,87	4,71	0,89	3,31	0,82	4,64	0,96	4,78	1,05	8,76	1,06	8,37	1,10	6,33	1,07	4,70	1,09
8	5,64	1,43	8,45	1,53	4,99	1,48	5,39	1,52	6,58	1,46	6,55	1,45	13,95	1,60	7,50	1,51	6,69	1,72
9	10,04	1,14	20,60	1,85	10,20	1,04	10,50	1,17	10,98	1,17	19,69	1,40	32,06	1,66	11,66	1,24	6,81	1,24
10	6,52	1,11	14,01	1,47	4,33	0,99	5,80	1,18	6,08	1,19	8,74	1,22	16,65	1,38	9,13	1,23	5,56	1,26
11	5,44	1,39	8,12	1,39	4,89	1,32	5,79	1,49	5,98	1,49	7,31	1,50	11,11	1,58	7,81	1,50	5,66	1,54
12	4,93	0,97	11,43	1,20	3,59	0,94	4,91	1,19	6,11	1,29	9,06	1,30	9,78	1,31	6,06	1,17	4,67	1,23
13	6,20	1,49	13,59	1,78	5,32	1,52	5,40	1,53	6,00	1,48	33,26	2,06	22,44	1,89	12,86	1,68	6,53	1,71
14	5,45	1,20	6,31	1,14	4,24	1,12	5,15	1,33	5,71	1,33	8,95	1,28	34,35	1,93	9,09	1,29	5,57	1,35
15	5,92	1,22	5,75	1,12	5,33	1,22	6,53	1,44	7,07	1,37	9,06	1,39	16,53	1,51	8,02	1,33	6,81	1,36
16	3,98	0,93	5,57	0,97	3,41	0,92	3,92	1,07	4,50	1,13	9,07	1,11	15,24	1,27	5,13	1,01	4,29	1,13
17	7,98	2,27	9,09	2,32	7,73	2,35	7,85	2,36	8,28	2,15	8,24	2,22	12,53	2,29	8,68	2,26	9,34	2,66
18	3,26	0,76	3,48	0,67	2,79	0,73	3,26	0,86	3,42	0,86	4,63	0,85	5,69	1,00	3,96	0,97	4,12	1,12

Табл. 3 – Максимальні напруження в контрольних точках рам візків дослідного вагону на маршруті руху Ніжин – Київ-Волинський

Ка- нал	Діапазони швидкостей руху, км/год (м/сек)																	
	0-45 (0-12,5)		45-54 (12,5-15)		54-63 (15-17,5)		63-72 (17,5-20)		72-81 (20-22,5)		81-90 (22,5-25)		90-99 (25-27,5)		99-108 (27,5-30)		108<max V (30 < макс)	
	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О
1	3,03	0,78	4,01	0,79	3,93	0,96	4,50	1,05	3,46	0,96	5,85	1,01	3,76	1,03	3,64	1,02	4,16	1,02
2	4,20	1,15	4,46	1,16	4,88	1,30	5,29	1,48	5,08	1,40	6,46	1,37	5,39	1,46	5,50	1,48	5,40	1,34
3	5,56	1,26	7,17	1,24	5,46	1,31	6,76	1,56	6,27	1,41	7,61	1,37	6,02	1,40	5,78	1,41	5,51	1,39
4	9,73	2,72	10,9 2	2,61	9,81	2,63	10,3 2	2,76	10,1 5	2,78	13,3 3	3,07	10,6 4	2,85	10,3 2	2,86	10,7 2	2,86
5	3,74	0,80	4,23	0,85	4,01	1,04	5,79	1,32	4,13	1,16	7,57	1,25	4,82	1,21	4,94	1,20	6,91	1,17
6	4,35	1,00	4,54	0,96	4,83	1,17	6,09	1,30	4,21	1,16	6,33	1,17	4,70	1,18	4,89	1,22	4,87	1,14
7	4,26	1,06	4,58	1,00	4,07	1,04	4,53	1,14	4,27	1,12	5,82	1,11	4,80	1,20	4,89	1,22	5,50	1,24
8	5,29	1,28	5,30	1,29	5,07	1,32	5,86	1,41	5,29	1,41	21,9 1	1,87	6,05	1,50	5,91	1,48	6,23	1,51
9	16,3 2	2,53	19,4 3	2,81	15,6 3	2,37	13,3 9	1,98	11,1 0	1,95	16,9 2	2,55	18,6 2	3,06	18,1 3	3,00	14,8 9	2,29
10	6,87	1,15	7,64	1,25	6,60	1,21	6,13	1,20	5,09	1,09	19,4 8	1,52	7,58	1,45	6,86	1,44	7,08	1,41
11	5,74	1,17	6,30	1,25	5,52	1,22	5,64	1,32	5,36	1,28	8,24	1,32	6,06	1,52	6,71	1,69	6,79	1,62
12	6,25	1,22	7,25	1,31	6,24	1,33	8,84	1,46	5,24	1,34	10,2 4	1,47	6,81	1,56	6,52	1,67	7,44	1,63
13	4,93	1,28	13,2 3	1,41	5,29	1,33	6,77	1,46	5,06	1,37	7,47	1,53	5,61	1,45	5,49	1,43	10,8 0	1,56
14	2,89	0,72	3,48	0,82	3,81	0,93	4,71	1,07	3,77	1,01	5,62	1,03	4,15	1,10	4,28	1,22	6,02	1,28
15	3,58	0,94	3,97	0,98	3,92	0,98	4,38	1,10	4,13	1,07	5,44	1,01	4,84	1,24	5,24	1,41	7,60	1,45
16	3,73	0,99	4,02	1,01	4,07	1,03	4,73	1,11	3,96	1,08	4,09	1,03	4,76	1,28	4,89	1,34	6,73	1,40
17	7,61	2,16	7,34	2,06	6,98	2,06	7,74	2,21	7,89	2,21	9,20	2,36	8,50	2,21	7,61	2,20	8,38	2,26
18	3,20	0,87	3,40	0,91	3,22	0,90	4,06	1,08	3,78	1,03	3,49	0,96	4,38	1,23	4,42	1,33	4,71	1,32

При обробці результатів ходових міцнісних випробувань візків КВЗ-ЦНИИ вагону спеціального призначення дослідні дані групувалися за діапазонами швидкостей руху, характерними особливостями ділянки шляху (пряма, крива, стрілки, тощо), режимам руху (розгін, гальмування) дослідного вагона та визначався амплітудно-частотний склад напружено-деформованого стану в елементах конструкції несучих рам візків у діапазоні від 0,3 Гц до 30,0 Гц, з метою оцінки їх коефіцієнтів запасу опору втомі згідно стандарту ДСТУ 7774:2015 [1], за формулою:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,\varepsilon}} \geq [n], \quad (1)$$

де: $\sigma_{a,N}$ - границя витривалості (за амплітудою) натурної деталі рами візка за симетричним циклом і встановленим режимом навантажень;

$\sigma_{a,\varepsilon}$ - розрахункова величина еквівалентної амплітуди динамічного напруження у реальному режимі експлуатаційних випадкових навантажень за проектний термін служби конструкції;

$[n]$ - допустимий коефіцієнт запасу опору втомі.

Динамічна складова напружень розраховувалася наступним чином:

$$\sigma_{a,\varepsilon} = \sqrt[m]{\frac{T_P f_\varepsilon}{N_0} \sum_{j=1}^n K_{yrj} \sum_{vi}^{K_{vi}} P_{vi} \sum_{\sigma_i}^{K_{\sigma_i}} \sigma_{ai}^m P_{\sigma_i}}, \quad (2)$$

де m – показник ступеню в рівнянні кривої втомі у амплітудах коливань рами,

$$m = \frac{A}{(\bar{K}_b)_k}, \quad (3)$$

де: A – коефіцієнт, згідно стандарту [1];

$(\bar{K}_b)_k$ – середнє значення загального коефіцієнту зниження границі витривалості натурної деталі по відношенню до границі витривалості гладкого стандартного зразка;

T_P – сумарний час дії динамічних напружень,

$$T_P = B \cdot T_K, \quad (4)$$

де B – коефіцієнт переводу календарного розрахункового строку служби у роках в час неперервного руху в секундах,

$$B = 365 \frac{10^3 \cdot \bar{\zeta}_c}{V}, \quad (5)$$

де: $\bar{\zeta}_c$ – середньодобовий пробіг вагона;

V – середня технічна швидкість;

T_K – проектний строк служби деталі;

f_ε – ефективна частота процесу,

$$f_\varepsilon = \frac{a}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{CT}}}, \quad (6)$$

де: a – коефіцієнт, згідно стандарту [1];

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;

f_{CT} – статичний прогин ресорного підвішування або його еквівалент для необресорених частин візка.

Оцінки динамічної складової напружень у несучих конструкціях візків були проведені за наведеними рівняннями для всіх дослідних місць двох рам (1 – 18). Вагові коефіцієнти P_{vi} та K_{yrj} приймалися згідно рекомендацій стандарту [1]. Значення σ_{ai} та P_{σ_i} визначено з даними тензометричних вимірювань. Значення $\sigma_{a,N}$ прийнято у розмірі 102 МПа. Допустимий коефіцієнт запасу опору втомі металоконструкції прийнято $[n] = 1,7$ [2-9].

На основі отриманих напружень, приведені у таблицях 2 та 3, виміряних ефективних частот коливань проведено оцінку опору втомі дослідних місць візків, через 41 рік після їх побудови. Розраховані з використанням отриманих дослідних даних коефіцієнти запасу опору втомі несучих рам візків типу КВЗ-ЦНИИ спеціалізованих пасажирських вагонів відповідають рекомендованим рівням $[n] > 1,7$, при продовженні терміну їх служби понад 41 рік [2-9]. Це дає змогу рекомендувати поетапне продовження строків експлуатації технічно справних рам візків типу КВЗ-ЦНИИ пасажирських вагонів спеціалізованого рухомого складу, без надлишкових витрат на їх повне оновлення.

Висновки

За результатами ходових міцнісних випробувань візків типу КВЗ-ЦНИИ, що використовуються під спеціальним пасажирським рухомим складом понад 41 рік, можливе поетапне продовжування подальших термінів служби цих візків під пасажирськими вагонами спеціального призначення.

Література

1. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальнотехнічні норми для розрахування та проектування механічної частини вагонів: ДСТУ 7774:2015. – [Чинний від 2016-04-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 145 с. – (Національний стандарт України).

2. Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що виступили призначений термін, з метою його продовження: ЦД-0070. – [Нескінченне джерело]. – Київ: 2008. – 60 с. – (Галузевий нормативний документ).

3. Дьомін Ю.В. Розрахунково-експериментальний метод оцінки динамічних якостей рухомого складу / Ю.В. Дьомін, Г.Ю. Черняк // *Залізничний транспорт України*. – 2011. – № 2. – С. 7 - 11.

4. Гриндей П.О. Експериментально-розрахунковий метод оцінювання несучої здатності конструкцій рухомого складу залізниць / Гриндей П.О., Гриндей О.О., Черняк Г.Ю. / Конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології», Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції. Серія «Техніка, технологія», Київ: ДЕДУТ, 2013. – С. 25–26.

5. Расчет вагонов на прочность / Вершинский С.В. [и др.]; под ред. Л.А. Шадура. – Москва: Машиностроение, 1971. – 432 с.

6. Гриндей П.О. Порівняння методів оцінювання втомного ресурсу несучих конструкцій рухомого складу залізниць / П.О. Гриндей, О.О.Гриндей, Г.Ю. Черняк / 11-й Міжнародний симпозіум українських інженерів - механіків у Львові: тези доповідей. – Львів, 15–17 травня 2013. – С. 66 – 67 .

7. Мостович А.В. Удосконалення методів і засобів експериментальної оцінки показників безпеки руху та плавності ходу залізничного рухомого складу: дис. кандидата технічних наук: 05.22.07 / Мостович Анастасій Валентинович. – Сєвєродонецьк, 2016. – 276 с.

8. Определение усталостной прочности несущих конструкций железнодорожных вагонов по результатам ходовых испытаний / Е.П. Блохин, Ю.М. Черкашин, Л.А. Манашкин, [и др.]. Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2005. – № 4. – С. 3 - 6.

9. Радкевич М.М. Дослідження залишкового ресурсу та встановлення граничного терміну експлуатації некупейних пасажирських вагонів побудови КВЗ / М. М. Радкевич, С.Ю. Сапронова, В.П. // *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. – 2020. – Вип. 36. – С. 54 - 62.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Радкевич Микола Миколайович,
головний фахівець відділу контролю технічного стану вантажних вагонів Управління контролю технічного стану Науково-впроваджувального центру (НВЦ) філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (НДКТИ) АТ «Українська залізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: + 38 044 465 68 28.
E-mail: radkevichm1520mm@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9598-5022>.

Петренко Вячеслав Олександрович,
директор філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: +38 063 452 62 02.
E-mail: petrenko1520mm@gmail.com.

Прокопенко Павло Миколайович,
начальник науково-дослідного відділу динаміки та міцності Управління інжинірингу НВЦ філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: +38 063 021 11 97.
E-mail: prokopenko1520mm@gmail.com.

Кошель Олексій Олександрович
начальник Управління контролю технічного стану НВЦ філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: + 38 044 465 35 18.
E-mail: koshela1520mm@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7849-9361>.

Кара Сергій Віталійович,
к.т.н., начальник Управління інжинірингу НВЦ філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: +38 063 452 62 52.
E-mail: kara1520mm@gmail.com.