

В. І. ДВОРЕЦЬКИЙ (Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України)

## НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ РОБІТ З ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Розглянуто питання нормативно-технічного регулювання робіт з підвищення ресурсу транспортних машин.

Рассмотрены вопросы нормативно-технической регуляции работ по повышению ресурса транспортных машин.

In the article there are the considered questions of the normatively-technical adjusting of works for the increases of resource of transporting machines.

В матеріалах I Міжнародної науково-практичної конференції «Підтвердження відповідності на залізничному транспорті: передовий досвід і напрямки розвитку» показана актуальність продовження призначеного строку служби несучих конструкцій рухомого складу і важливе значення нормативно-технічного забезпечення таких робіт [1].

Наведено прийняті в Інституті електрозварки ім. Є. О. Патона підходи к вирішенню наукових і технічних проблем обґрунтування і забезпечення можливості подальшої експлуатації конструкцій за призначенням, а також методика продовження нормативного строку служби несучих конструкцій, порядок виконання і оформлення робіт.

Визначені першочергові задачі подальшого розвитку цього науково-прикладного напрямку. Вимоги викладеного на прикладі тягового рухомого складу (ТРС) підходу необхідно виконувати при подовженні призначеного строку служби несучих конструкцій практично усіх серійних транспортних машин. Разом з тим їх слід адаптувати і використовувати з врахуванням тенденцій розвитку систем керування якістю, нормативно-технічного і правового регулювання, підтвердження якості стосовно до конкретних машин.

Методики продовження призначеного строку служби [1–3], мають таку особливість: вони не розповсюджуються на конструкції з передчасними пошкодженнями, котрі за чинною нормативно-технічною документацією на виготовлення і ремонт потребують вилучення їх з експлуатації. Тому ефективність результатів використання згаданих методологій в порівнянні з проектними можливо отримати лише за рахунок більш детального врахування умов експлуатації, напрацювання і технічного стану несучої конструкції на момент обстеження. Іншими словами продовження призначеного строку служби дося-

гається за рахунок більш повного використання резервів несучої здатності конструкції, котрі закладалися при проектуванні для забезпечення її безпечної експлуатації.

Конструкції, котрі по діючим вимоги підлягають вилучено з експлуатації, не володіють резервом несучої здатності. Для продовження їх призначеного строку служби такій резерв доводиться створювати, наприклад за рахунок модернізації вузлів, що пошкоджуються. Потрібен більш високий рівень науково-технічного обґрунтування і забезпечення можливості їх подальшої експлуатації за призначенням. При цьому значно зростає роль нормативно-технічного регулювання процесу виконання відповідних робіт.

Після продовження строку служби транспортні машини з безпеки експлуатації повинні відповідати міждержавним стандартам. Тому при виконанні робіт доцільно керуватися стандартом ISO17025, якій досить досконалий, давно працює в Європі і все ширше впроваджується в Україні.

Особливу увагу слід приділяти четвертому «Вимоги до керування» та п'ятому «Технічні вимоги» розділам цього стандарту. При розробці планів заходів і виконанні робіт з продовження строків служби важливо дотримуватися відповідності застосованих методик і процедур ідеології стандарту та вимогам цих розділів.

За вимогами четвертого розділу необхідно чітко уявляти роль усіх трьох складових системи керування процесом виконання науково-технічних, дослідних і практичних робіт – тобто системи якості, адміністративних і технічних систем. У цьому плані можна стверджувати, що однією з складових успішного продовження призначеного строку служби несучих конструкцій є вимога керівництва Укрзалізниці до організацій-виконавців робіт захищати проекти кожної серії ТРС на спеціалізованій Міжвідомчій технічній комісії.

Потрібно суттєве удосконалення технічних вимог до виконання робіт з продовження строків служби. Заважає цьому відсутність єдиного переліку характеристик і показників безпеки експлуатації машин з вказівкою значень, що нормуються. Вони повинні бути технічними вимогами до результатів, які повинна забезпечити організація-виконавець.

Необхідно розробити єдині вимоги до таких організацій. Треба щоб організація-виконавець відповідала Європейським нормам по професійності, досвідченості, кваліфікованості персоналу, а також за наявності необхідного атестованого обладнання та приміщень. Галузь акредитації організації-виконавця робіт по продукції та методам випробувань повинна повністю покривати такі, які необхідні для вирішення проблем продовження строку служби кожної конкретної конструкції.

Накопичений позитивний досвід застосування результатів наукових розробок ІЕЗ ім. Є. О. Патона свідчить про необхідність подальшого розвитку цього напрямку з акцентом на удосконалення несучих конструкцій, які мають передчасні втомні пошкодження або вже вичерпали призначений строк служби, у відповідності до сучасних технічних вимог.

За тоннажем згадані конструкції в теперішній час в Україні більш як на порядок перевищують такі, що заново впроваджуються в експлуатацію. При цьому приблизно 20 % будівельних та 70 % машинобудівельних конструкцій мають втомні пошкодження і вимагають значних матеріальних і технічних вкладень на підтримку в працездатному стані. Але відмовитися від їх використання практичних можливостей немає.

Найбільш доцільно проводити продовження строку служби таких конструкцій після відновлення та удосконалення на базі науково обгрунтованого підходу до забезпечення необхідного та достатнього ресурсу з врахуванням сучасних технічних вимог безпеки експлуатації і підтвердження відповідності на транспорті.

Перед усім удосконалюється розрахункова модель з визначення впливу технічних вимог до відновлення передчасно пошкодженої конструкції на втомну довговічність [4–6]. Розробляються наукові положення розрахункової оцінки залежності втомної довговічності від можливих варіантів технічних рішень по вдосконаленню конструкції при модернізації у відповідності до висунутих технічних вимог [6; 7]. Такі розробки включають визначення впливу розрахункових характеристик опору втоми і завантаженості на граничний стан зварних з'єднань по критерію накопичення відносних втомних пошкоджень.

Вирішення цієї задачі дозволяє найбільш об'єктивно обгрунтувати доцільність прийнятого технічного рішення по глибині, обсягам і терміну модернізації конструкції у взаємозв'язку з запропонованими конструктивним оформленням та технологічним виконанням кожного окремого вузла.

Як приклад на рис. 1 подано криві втоми зварних таврових зразків зі сплаву АМгб для ймовірностей руйнування 0,5 (1) і 0,05 (2) – (рис. 1, а), крива відносної пошкодженості таврових зварних з'єднань залежно від завантаженості вагонів метро пасажирями – (рис. 1, б), а також накопичення пошкоджень втоми в таврових з'єднаннях алюмінієвого кузова при різних розрахункових сполученнях характеристик опору втоми і діючих напружень залежно від основного розрахункового напруження  $\sigma_H$  – (рис. 1, в). Це дало змогу на етапі проектування знизити масу алюмінієвого кузова вагона метро по відношенню до оптимально запроєктованого сталюого на 20 % [5].

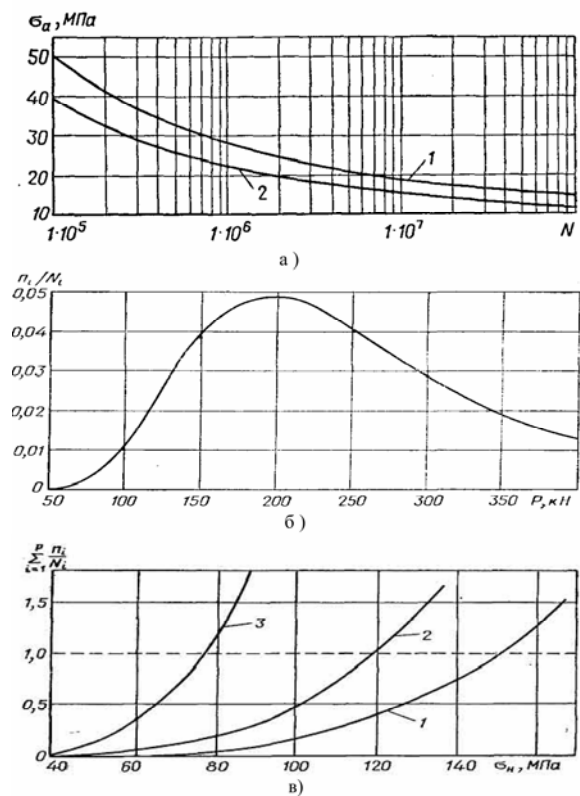


Рис. 1. Залежність накопичення пошкоджень від опору втоми зварного з'єднання:  
 а – крива втоми зварних таврових зразків зі сплаву АМгб для ймовірностей руйнування 0,5 (1) і 0,05 (2);  
 б – відносна пошкодженість таврових зварних з'єднань залежно від завантаженості вагонів метро пасажирями;  
 в – накопичення пошкоджень втоми в таврових з'єднаннях алюмінієвого кузова (1–3) при різних розрахункових сполученнях характеристик опору втоми і діючих напружень залежно від основного розрахункового напруження  $\sigma_H$

Для переходу з якісної оцінки степеня проробки та ефективності прийнятних технічних рішень, які приймають по відновленню конструкції на кількісну застосовується підхід до визначення ресурсу конструкції після відновлення по критерію опору втомі залежно від конструктивно-технологічних особливостей оформлення зварних з'єднань, елементів та вузлів.

Головна ідея досліджень полягає в тому, що в технічних рішеннях на відновлення несучої конструкції конструктивно-технологічне оформлення вузлів впливає на накопичення в них втомних пошкоджень. У порівнянні з вихідним проектом на конструкцію змінюються розрахункові характеристики опору втомі і змінні напруження. За принципом врахування досвіду експлуатації, висунутих технічних вимог і дійсної роботи конструкції повинно бути розрахунком знайдено найбільш прийнятне технічне рішення на відновлення. Однією з основ кількісного аналізу є визначення напрацювання транспортної машини [4; 8; 9].

Дані рис. 2 та табл. 1 і 2 ілюструють приклад визначення напрацювання зварних вузлів внутрішнього сосуду при продовженні призначеного строку служби автоцистерн типу ЦЖУ для транспортування двоокисі вуглецю.

На рис. 2 наведено статистичні розподіли амплітуд змінних напружень в цистернах ЦЖУ – 3,0 – 2,0 і ЦЖУ – 9,0 – 1,8 під час руху по різних типах шляхів. У табл. 1 наведено статистичні параметри завантаженості автоцистерн по

таким шляхам, а в табл. 2 – запропонований для розрахунків склад типового шляху.

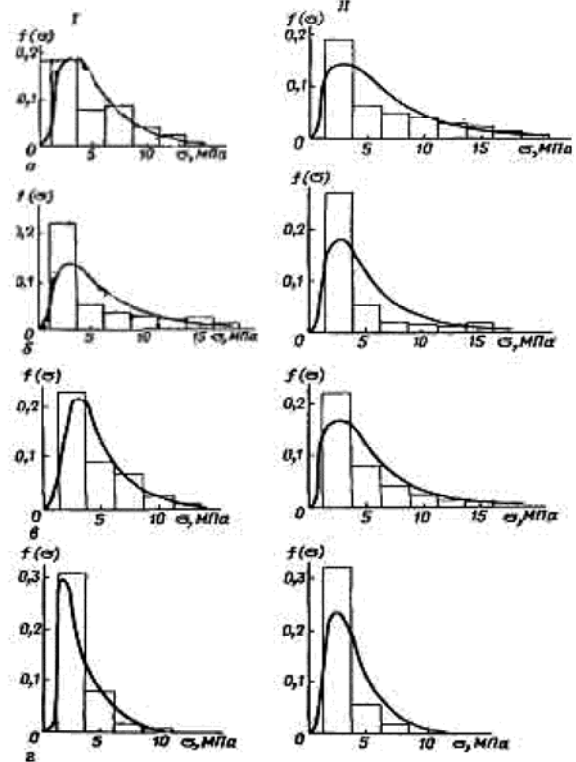


Рис. 2. Статистичні розподіли амплітуд змінних напружень:

I – цистерна ЦЖУ-3,0-2,0; II – 9,0-1,8;  
a – «бельгійська мостова»; б – вибитий булижник;  
в – профільований булижник; з – асфальт

Таблиця 1

Статистичні параметри завантаженості автоцистерн ЦЖУ-3,0-2,0 (чисельник)  
і ЦЖУ-9,0-1,8 (знаменник)

Тип дороги	Завантаження цистерни, %	Число циклів на 1 км пробігу, $\xi_j$	Параметри			
			$\overline{\ln \sigma_a}$	$S \ln \sigma_a$	$\ln \sigma$	$\hat{S} \ln \sigma_a$
«Бельгійська мостова»	100	696	1,54	0,56	1,58	0,59
		1 481	1,59	0,70	1,62	0,73
	0	831	1,45	0,52	1,49	0,55
		1 481	1,59	0,70	1,62	0,73
Вибитий булижник	100	710	1,52	0,70	1,62	0,78
		774	1,33	0,70	1,39	0,75
Профільований булижник	100	471	1,36	0,54	1,38	0,55
		1 681	1,43	0,65	1,44	0,66
Рівний булижник		301	1,20	0,57	1,23	0,59
		–	–	–	–	–
Асфальт		60	1,09	0,45	1,15	0,50
		490	1,1	0,62	1,13	0,64

Склад типової дороги

Тип покриття	Завантаження цистерни, %	Відносний пробіг $\Psi_j$ , %	
		ЦЖУ-3,0-2,0	ЦЖУ-6,0-1,8, ЦЖУ-9,0-1,8
Асфальт	0	25,0	32,5
	100	25,0	32,5
Булижник	0	12,5	10,0
	100	12,5	10,0
Ґрунт	0	12,5	7,5
	100	12,5	7,5

Узагальнення викладених вище наукових положень у вигляді єдиного системного підходу до розрахункового забезпечення необхідної працездатності відновленої конструкції дозволяє його застосування для дослідного впровадження.

Після його доопрацювання на етапі впровадження та узагальнення одержаних при цьому результатів такий підхід має трансформуватися в нормативно-технічний документ по забезпеченню необхідної втомної довговічності конструкції у відповідності до висунутих технічних вимог на експлуатацію.

Обсяги попиту на результати такої розробки складаються з необхідності відновлення з використанням зварювання або наплавлення несучих конструкцій транспортних споруд (зокрема, залізничних мостів), промислових будівель, важкого машинобудування, рухомого складу залізниць, метрополітенів, прокатного обладнання, багатовантажних самоскидів.

Як приклади ефективності застосування результатів можна навести те, що загальні витрати на відновлення однієї рами візка електровоза серії ВЛ60 на Укрзалізниці не перевищують 20 % її вартості. Витрати на відновлення рам візків вагонів Київського метрополітену, які підлягають вилученню з експлуатації, на етапі дослідного впровадження менш 30 % її вартості. У подальшому вони знижуються майже вдвічі. Потребує відновлення чисельна кількість рам візків вагонів метро та тягового рухомого складу. Більш конкретні цифри ЗАМОВНИКОМ робіт на відновлення звичайно не розголошуються.

Вагомим доказом суттєвої переваги запропонованого підходу є накопичений досвід впровадження. За їх результатами з першої спроби відновленням з модернізацією окремих вузлів забезпечено продовження строку

служби рам візків електровозів ВЛ60 не менш як на два роки, хоча відновлення по чинним 10 проектам продовжувало термін служби тільки на 2–3 місяця після чого зароджувалися тріщини втоми в дуже небезпечному перерізі поздовжніх балок.

В запропонованому варіанті тріщини виникали лише в спеціальних «динамометричних» косицях і не вражали поздовжні балки. За чинною НТД відновлення повідкових рам візків вагонів метро не дало вагомих результатів, а відновлення з використанням наукових результатів згаданих вище досліджень зняло проблему пошкодження.

Експертного висновку провідних фахівців махове колесо головного привода трубопрокатного пільгерстану підлягало вилученню з експлуатації як небезпечне, але відновлення його з використанням згаданих вище розробок за рахунок модернізації вузлів кріплення спиць до обода комбінованим зварно-болтовим засобом дозволяє продовжувати експлуатацію вже п'ять років.

Наведені приклади підвищення ресурсу конструкцій транспортних машин на основі системного підходу свідчать, що проведення робіт з нормативно-технічним регулюванням у відповідності до вимог міжнародних стандартів є досить ефективним і забезпечує цілком задовільні результати. У такому разі слід визначити процедуру проведення робіт, технічні вимоги до машини, вимоги до організації-виконання науково-технічних робіт, а також до обґрунтованості результатів, які вона одержує і впроваджує. Згадана визначеність і вирішення організаційних задач повинні розглядатися з точки зору підтвердження відповідності на транспорті.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дворецкий В. И. Нормативно-техническое обеспечение работ по продлению назначенного срока службы подвижного состава // *Залізничний транспорт України*, – 2005, – № 3/2. – С. 28–32.
2. Оценка остаточного ресурса несущих конструкций тягового подвижного состава: Методические указания. – Д.: Изд-во Днепропетр. нац. у-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 1998. – 41 с.
3. Продление срока службы резервуаров для жидкой двуокиси углерода: Методические указания. РД-26-3-86. – Волгоград: МХНМ, 1987. – 40 с.
4. Дворецкий В. И. Оценка остаточного ресурса сварных конструкций на примере автоцистерн / В. И. Дворецкий, В. Э. Филатов, Р. В. Козминский // *Автоматическая сварка*, – 1991, – № 4. – С. 15–19.
5. Дворецкий В. И. Расчетная оценка сопротивления усталости сварных узлов алюминиевого кузова вагона метро / В. И. Дворецкий, В. А. Шонин, О. Н. Гаврилов // *Автоматическая сварка*, – 1983, – № 2. – С. 17–21.
6. Труфяков В. И. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / В. И. Труфяков, В. И. Дворецкий, П. П. Михеев и др., – К.: Наук. думка, 1990. – 256 с.
7. Дворецкий В. И. Оценка остаточного ресурса сварных несущих конструкций и продление срока их службы // *Автоматическая сварка*, – 2000, – № 9, 10. – С. 37–42.
8. Лашко А. Д. Об оптимальных сроках эксплуатации тягового подвижного состава / А. Д. Лашко, В. П. Кулешов, В. И. Дворецкий // *Залізничний транспорт України*. – 2001. – № 1. – С. 2–5.
9. Бондарев А. М. Влияние эксплуатационных нагрузок на напряжения в элементах несущих конструкций электровагона ВЛ60 / А. М. Бондарев, В. Л. Горобец, И. М. Грушак, В. И. Дворецкий // *Залізничний транспорт України*, – 2002. – № 4. – С. 21–22.

Надійшла до редколегії 20.04.2006.