

ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАНИЧНОГО СТАНУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Шикунів О. А., асистент кафедри «Вагони»,
Рейдемейстер О. Г., к. т. н., доцент, завідувачий випробувальною лабораторією «Вагони»,
Анофрієв В. Г., к. т. н., доцент, завідувачий кафедрою «Вагони»,
Кирильчук О. А., асистент кафедри «Вагони»,
Донев О. А., науковий співробітник ДНДЛ «Вагони»,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Виконано аналіз залишкового ресурсу пасажирських вагонів купейного та відкритого типів. Враховуючи усі фактори, що впливають на безпеку використання пасажирських вагонів, обґрунтовано необхідність уточнення терміну подовження їх корисної експлуатації.

Термін корисної експлуатації пасажирських вагонів складає 28 років, а для обґрунтування подальшої експлуатації вагонів проводиться технічне обстеження вагонів з аналізом їх технічного стану та призначенням терміну подовження корисної експлуатації вагона до 41 року. Проте більшість вагонів на час досягнення ними граничного терміну все ще знаходяться у стані, придатному для безпечної експлуатації, а технічне обстеження не враховує усіх факторів, що впливають на можливість безпечної експлуатації вагона.

Під час експлуатації пасажирські вагони зазнають значного впливу зовнішнього середовища та великої кількості інших чинників, що викликає пошкодження несучих конструкцій рам та кузовів. Найсуттєвішими є тріщини, деформації та корозійні пошкодження.

Виходячи з досвіду технічного діагностування пасажирських вагонів необхідно приділити особливу увагу місцям виникнення тріщин.

Деформації, що виникають в балках рами, пов'язані в першу чергу з наднормативним навантаженням та корозійними пошкодженнями.

Інтенсивність процесу корозійного зносу залежить від корозійної стійкості матеріалу, якості підготовки поверхні до фарбування, якості захисних покриттів, способу їх нанесення, можливості потрапляння вологи, тривалості та ступеня зволоження, агресивності середовища та ряду інших факторів, вплив яких призводить до зниження залишкового ресурсу вагонів і збільшує ймовірність появи пошкоджень, не сумісних з подальшою експлуатацією. Найбільш поширені зони корозійних пошкоджень указані в табл. 1.

Для оцінки ступеня корозійних пошкоджень проаналізовано карти технічного стану вагонів, заповнених співробітниками Дніпропетровського національного університету за-

лізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна під час технічного діагностування вагонів з метою подовження терміну служби.

Оброблено 128 карт технічного стану вагонів з суцільною хребтовою балкою. Дослідженню підлягали вагони 1967–1978 рр. побудови. Найбільшу увагу було приділено хребтовій, шворневій та поперечним балкам, а також нижній обв'язці бокової стіни.

Далі було проведено обробку 133 карт технічного стану вагонів без хребтової балки в середній частині кузова. Досліджувалися вагони 1965–1979 рр. побудови. Найбільшу увагу було приділено шворневій та лобовій балкам, нижній обв'язці та розкосу консольної частини рами.

Граничний стан кузова (при досягненні якого подальшу експлуатацію вагона варто припинити) доцільно визначати за двома критеріями:

- розрахункові напруження розрахункових режимів I та III не повинні перевищувати допустимі [1];
- ризик появи втомних тріщин (з урахуванням зменшення товщини несучих елементів внаслідок корозії) має бути практично відсутнім.

Для визначення напружень були розроблені скінченно-елементні моделі кузовів вагонів відкритого та купейного типів, на основі яких автоматично формується скінченно-елементна сітка із три- та чотирикутових елементів типу «пластина». Ці елементи моделюють опір матеріалу деформаціям у власній площині та деформаціям згину. Характерний розмір ребра елемента — 50 мм. Загальна кількість вузлів та елементів для моделі вагона відкритого типу — 210 тис. та 213 тис. відповідно, а для моделі купейного вагона — 190 тис. вузлів та 207 тис. елементів.

Таблиця 1

Основні місця виникнення значних корозійних пошкоджень в кузовах пасажирських вагонів

Місце розташування	Тип корозії	Примітки
Вертикальна та горизонтальна полиці шворневої балки з боку фанових труб	Суцільна	Особливо вагони побудови КВБЗ
Вертикальна та горизонтальна полиці розкосу	Суцільна	—
Консольна частина хребтової балки біля стоку опалювального котла	Суцільна	—
Обшивка на висоті до 800 мм від нижньої обв'язки	Осередкова	Особливо вагони побудови КВБЗ
Обшивка торцевої стіни біля вугільних кишень	Осередкова	Особливо вагони побудови КВБЗ

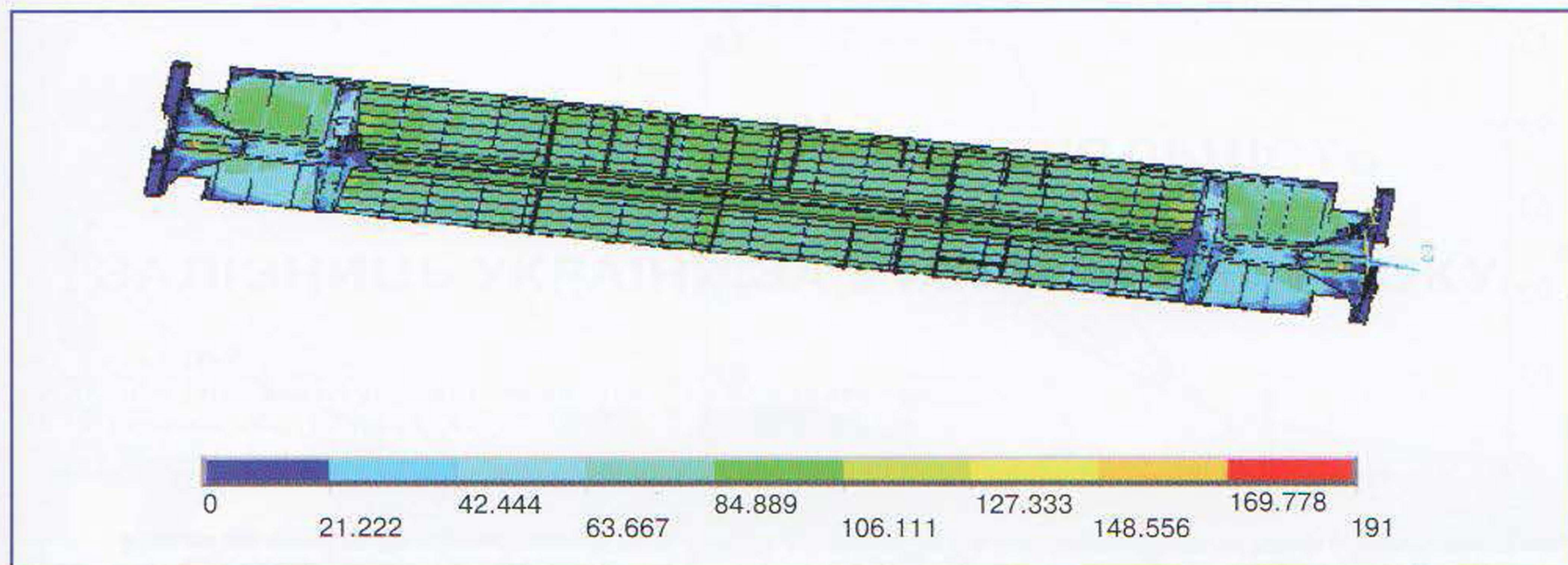


Рис. 1. Напруження в рамі нового вагона відкритого типу (розрахунковий режим I), МПа

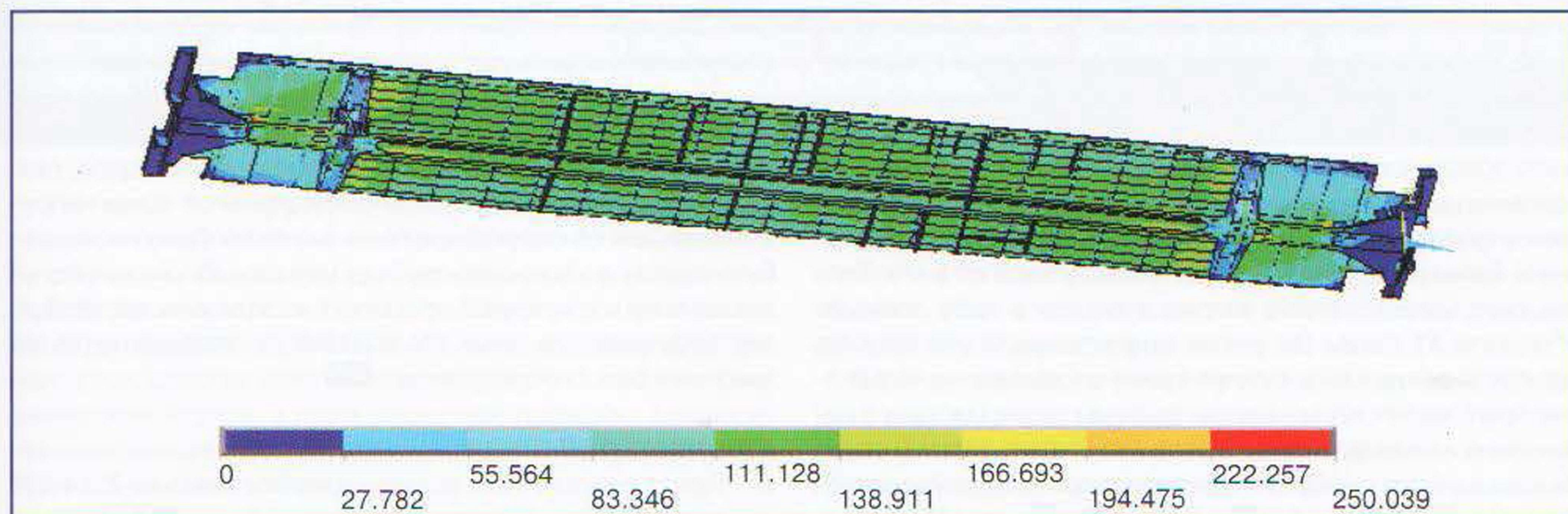


Рис. 2. Напруження в рамі вагона відкритого типу після вичерпання призначеного терміну служби (розрахунковий режим I), МПа

Розрахунок на міцність було виконано відповідно до вимог Норм [1]: для навантажень розрахункового режиму I (різке зрушування з місця, екстрене гальмування, співудари при маневровій роботі) та розрахункового режиму III (рух із конструкційною швидкістю за наявності службового гальмування) для нових вагонів визначено максимальні товщини, а для вагонів, що вичерпали термін корисної експлуатації, товщини елементів кузова зменшені з урахуванням корозійного впливу.

Напруження в кузовах нових вагонів значно менші за допустимі. Різниця становить не менше 22,6% — для вагона відкритого типу та 10,4% — для купейного вагона. Найбільші напруження розрахункового режиму I — 191 МПа для вагона відкритого типу (рис. 1) та 224 МПа для купейного вагона, режиму III — 120 МПа та 146 МПа відповідно. Напруження, найближчі до допустимих, виникають у вагоні відкритого типу в консольній частині хребтової балки, у купейному вагоні — в елементах, що підкріплюють шворневу балку зсередини вагона.

Для вагонів, що вичерпали термін корисної експлуатації, напруження в кузовах вагонів обох типів вищі за допустимі. У кузові вагона відкритого типу найбільші напруження виникають у консольній частині хребтової балки та становлять 250 МПа (рис. 2) — для розрахункового режиму I та 169 МПа — для розрахункового режиму III, перевищуючи допустимі на 0,15% та 2,42% відповідно. У кузові купейного вагона найбільші напруження виникають у листах підлоги та становлять 287 МПа — для розрахункового режиму I та 178 МПа — для розрахункового режиму III, перевищуючи допустимі на 14,8% та 7,88% відповідно. Найбільші напруження локалізовані на ділянках відносно невеликої площі, що виключає можливість виникнення значних пластичних деформацій кузова. Пластично деформовані ділянки кузова оточе-

ні ділянками, що працюють у пружній області. Така ситуація призведе до виникнення залишкових пружних деформацій та негативно вплине на опір кузова втомі, оскільки при цьому ділянки, на яких виникають великі напруження, починають працювати в області малоциклової втоми, коли до появи тріщини має пройти 10–100 тис. циклів зміни навантаження (при багатоциклової втомі до появи тріщини проходить 1–10 млн циклів).

Виконання критеріїв міцності за розрахунковими режимами I та III не гарантує відсутності втомних пошкоджень із таких причин:

- допустимі напруження розрахункового режиму I перевищують границю витривалості;
- допустимі напруження розрахункового режиму III менші за границю витривалості, отже не мали б призводити до втомних пошкоджень. Утім, оскільки поведінка матеріалу при великому числі циклів навантаження (більше десятків та сотень мільйонів — «гігациклова область») не є остаточно визначеною, то є підстави вважати, що найменші напруження, що можуть викликати втомні пошкодження, менші за границю витривалості при довільно обраній базі $N_0 = 10^7$ циклів [1], тому до появи тріщин можуть призвести й навантаження режиму III.

Для визначення рівня пошкодженості застосовано з деякими доповненнями методику, викладену в [1, п.п. 3.2.5] та [2]. Результати розрахунку втомної пошкодженості використовуються для оцінки залишкового терміну служби, тобто періоду часу, за який втомні пошкодження досягають критичного рівня, достатнього для зародження тріщин.

За результатами розрахунку побудовані залежності пошкодженості ϕ кузовів вагонів купейного та відкритого типів від терміну експлуатації T (приклади цих залежностей наведено на рис. 3 та 4).

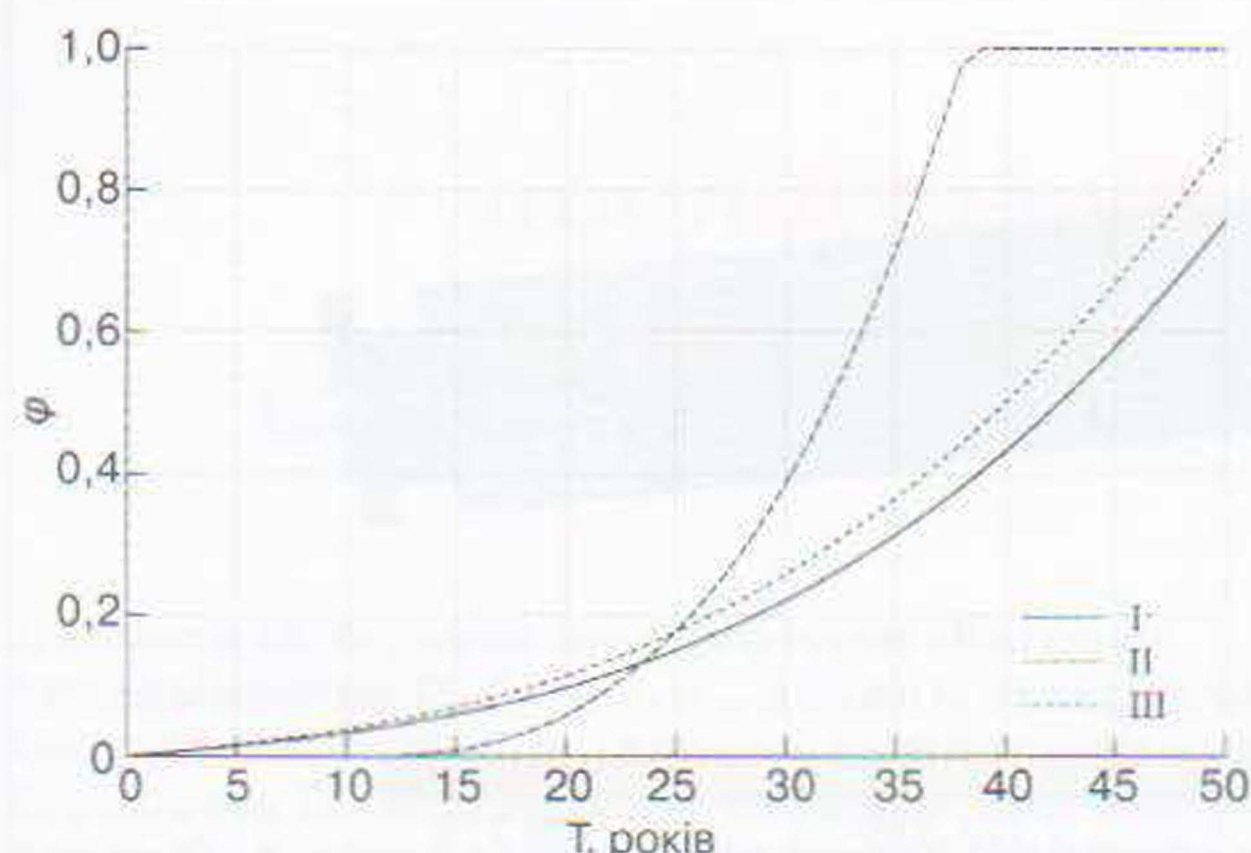


Рис. 3. Пошкодженість кузова вагона відкритого типу ф в залежності від терміну експлуатації Т: I — верхній лист шворневої балки біля місця розташування ковзуна; II — нижня обв'язка біля шворневої балки; III — з'єднання нижньої обв'язки та вертикальних стійок, розташованих біля шворневої балки

Найнебезпечнішими з точки зору виникнення тріщин ділянками конструкції є шворнева балка та нижня обв'язка біля шворневої балки. Швидкість росту втомної пошкодженості збільшується з часом, що пояснюється зменшенням товщини несучих елементів внаслідок корозії. Ризик виникнення тріщини значно зростає, якщо товщина листів шворневої балки на значних ділянках зменшується до 5 мм. Термін експлуатації кузовів вагонів відкритого типу доцільно обмежити 41 роком (за умови заміни нижньої обв'язки під час проведення КВР), кузовів купейних вагонів — 48 роками. При більших термінах стає значним ризик масового виникнення втомних тріщин. Оцінки граничного терміну служби наведені для середньої швидкості корозії та за умови відсутності механічних або зварних пошкоджень несучих елементів.

У вагонах відкритого типу при ремонті підлоги можуть з'явитися механічні або зварні пошкодження хребтової балки (підрізи), наявність яких суттєво зменшує термін служби. Так, підріз на хребтовій балці, глибина якого дорівнює його

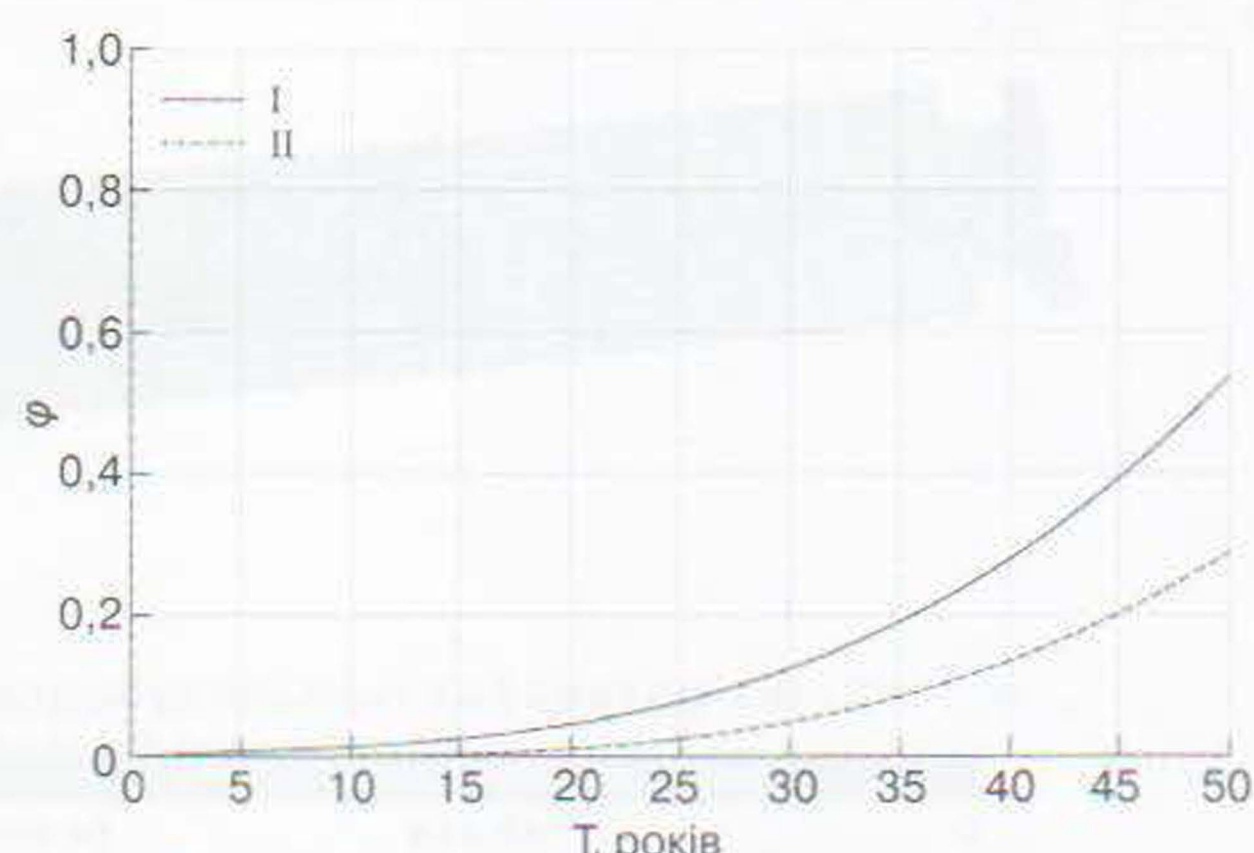


Рис. 4. Пошкодженість кузова купейного вагона ф в залежності від терміну експлуатації Т: I — верхній лист шворневої балки біля місця розташування ковзуна; II — нижня обв'язка біля шворневої балки

ширині, призводить до того, що за рік експлуатації втрачається близько 10% ресурсу кузова, а якщо глибина вдвічі більша за ширину, втомна тріщина з'явиться протягом декількох років. Відносно безпечними є неглибокі підрізи, глибина яких не перевищує 30–40% від ширини. У більш напружених місцях конструкції критичне значення відношення глибини підрізу до його ширини буде меншим. Вплив підрізу на довговічність конструкції практично не залежить від матеріалу, тому наявність таких пошкоджень, як зварний підріз, на хребтовій балці неприпустима. [8]

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [текст]. — М.: ГосНИИВ — ВНИИЖТ, 1996. — 319 с.
2. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. — М.: Мир, 1984. — 624 с.

Отримано 10.10.2012 р.

УДК 629.45

Шикун А. А., Рейдемейстер А. Г.,
Анофриев В. Г., Кирильчук О. А., Донов А. А.
Исследование предельного состояния
пассажирских вагонов

Выполнен анализ остаточного ресурса пассажирских вагонов купейного и открытого типа. Предложены ограничения срока полезной эксплуатации пассажирских вагонов.

UDC 629.45

Shikunov A., Rejdemejster A.,
Anofriev V., Kiril'chuk O., Donev A.
The Analysis of Passenger
Cars' Boundary Condition

The analysis of the residual life of compartment and open passenger cars is presented. Limitations of passenger cars' useful life are proposed.

НОВОСТИ

ТЕЛЕЖКА ПОД СПРОС

ЗАО «Трансмашхолдинг» будет производить крупное литье для тележек Barber. Объединенная вагонная компания (компания «ОВК») подписала меморандум о стратегическом сотрудничестве и лицензионный договор с Бежицким сталелитейным заводом (принадлежит ЗАО «Трансмашхолдинг»). Сумму сделки стороны не разглашают. Интеллектуальные права на использование конструкции тележки Barber на всем «пространстве 1520» принадлежит компании «ОВК», управляющей Тихвинским вагоностроительным заводом.

Согласно договоренностям крупный заказ на поставку литья для тележки Barber в 2013 г. разместит Тихвинский вагоностроительный завод, что позволит новому заводу ускорить выход на полную мощность. Также основными потребителями вагонного литья станут вагоностроительные предприятия ЗАО «Трансмашхолдинг» — ОАО «Брянский машиностроительный завод» и ОАО «Трансмаш».

Специалисты Института проблем естественных монополий сравнили доходы и расходы при эксплуатации полувагона, оборудованного тележками Barber, и вагона, оснащенного тележками модели 18-100. «Чистый экономический эффект для полувагона с тележками Barber увеличился на 44%, а благодаря сокращению ремонтных расходов, которые по результатам расчетов снизились для полувагона с тележками Barber почти вдвое, срок его окупаемости сократился на 18%», — говорит заместитель генерального директора ИПЕМ Олег Трудов.

О. Салащенко, по материалам www.gudok.ru