

## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО МЕТАЛОПРОКАТУ ДЛЯ КУЗОВІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Анофрієв В. Г., к. т. н., доцент, завідувач кафедри «Вагони»,  
Рейдемейстер О. Г., к. т. н., доцент, завідувач випробувальною лабораторією «Вагони»,  
Шикунов О. А., асистент кафедри «Вагони»,  
Кирильчук О. А., асистент кафедри «Вагони»,  
Мацюк А. С., науковий співробітник ГНДЛ «Вагони»,  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

**Виконано аналіз залишкового ресурсу піввагонів моделей 12-119 та 12-532 в залежності від терміну експлуатації та матеріалу кузова вагона.**

На цей час розвиток рухомого парку Укрзалізниці має декілька напрямків. Наприклад, підвищення швидкості руху та збільшення вантажопідйомності значно підвищують пропускну спроможність залізниці. Проте не слід забувати і про термін корисної експлуатації, збільшення якого дозволяє зменшити витрати на амортизацію рухомого складу.

Для визначення критеріїв до металопрокату вагонів нового покоління було проведено дослідження впливу матеріалу кузова на термін корисної експлуатації піввагона. У якості об'єкта дослідження обрані вантажні вагони моделей 12-119 та 12-532 як найпоширеніші моделі парку Укрзалізниці. Конструкція обох моделей подібна до конструкції 4-вісного піввагона з люками в підлозі, відрізняються ці моделі лише наявністю торцевих дверей (вагон моделі 12-532 має торцеві двері, а вагон моделі 12-119 має глухі торцеві стінки). Вихідними даними для дослідження, зокрема конструктивних особливостей та матеріалу кузова вагона, стали корозійні пошкодження та пошкодження, що виникають у процесі експлуатації вагонів.

Для оцінки ступеня пошкоджень, що виникають у процесі експлуатації вагонів, у т. ч. й корозійні пошкодження, проаналізовано карти технічного стану вагонів, заповнені співробітниками Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту під час технічного діагностування вагонів із метою подовження терміну служби. Для кожної моделі вагона було оброблено 100 карт.

На основі опрацьованих даних зроблені наступні висновки. Пошкодження, що порушують цілісність конструкції (наскрізна корозія, тріщини, обриви), у піввагонах зустрічаються на всіх балках рами (за виключенням хребтової), кутових та бокових стійках, переважно в місцях з'єднання окремих елементів (у т. ч. й у місцях з'єднання шворневих та проміжних балок із хребтовою). Розміри тріщин та ділянок наскрізної корозії досягають 10–20 см, розповсюдженість за окремими видами дефектів становить 10–30%. Місцеві залишкові деформації (прогини стрілою 20–40 мм) найчастіше зустрічаються на поперечних, кінцевих балках та стійках бокових стін (20–30% вагонів), є поодинокі випадки місцевих деформацій шворневих та хребтових балок.

Зменшення товщини несучих елементів піввагонів внаслідок корозії становить: 2,5–4,0 мм для верхньої полиці хребтової балки (до 0,5 мм для глухонних вагонів); 2–4 мм для нижньої обв'язки; 2,5–4,5 мм для листів шворневої балки.

Для визначення напружень були розроблені скінченно-елементні моделі кузовів вагонів із три- та чотирикутових елементів типу «пластина». Ці елементи моделюють опір матеріалу деформаціям у власній площині та деформаціям зги-

ну. Характерний розмір ребра елемента — 50 мм. Загальна кількість елементів склала 238 тис. та 367 тис. — для моделей вагонів 12-532 та 12-119 відповідно.

Розрахунок на міцність було виконано відповідно до вимог «Норм...» [1]: для навантажень розрахункового режиму I (різке зрушення з місця, екстрене гальмування, співдари при маневровій роботі) та розрахункового режиму III (рух із конструкційною швидкістю за наявності службового гальмування) для нових вагонів було взято максимальні товщини, а для вагонів, які мають пошкодження, що виникли в процесі експлуатації, товщини елементів кузова було зменшено з урахуванням корозійного впливу.

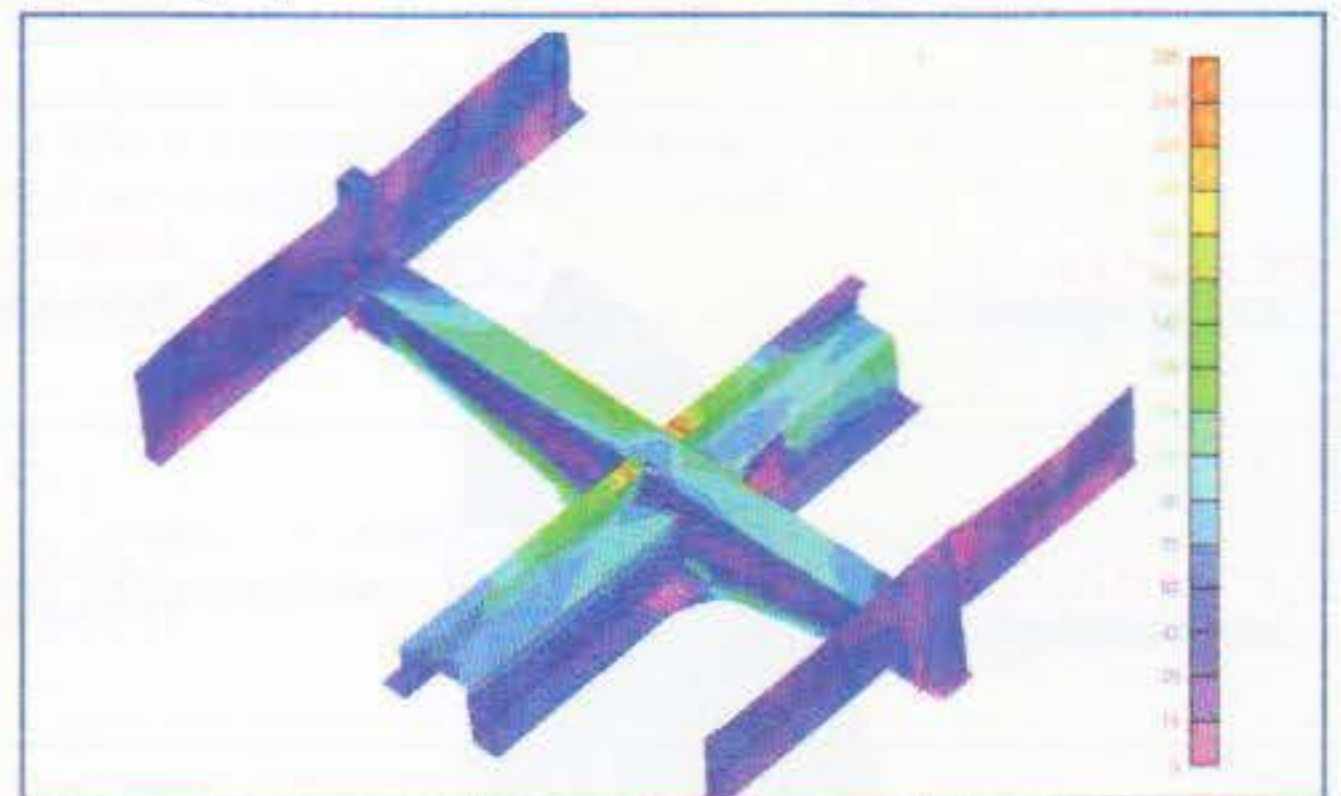


Рис. 1. Напруження у шворневному вузлі піввагона моделі 12-119 після побудови, МПа. III розрахунковий режим

Міцність вагона після побудови задовольняє вимогам [1], при цьому напруження в усіх несучих елементах значно менші за допустимі для сталей, що застосовуються при їх будівництві, — 09Г2, 09Г2С (клас міцності 295) та 09Г2С, 15ГФ, 15ХСНД (клас міцності 345) у нових вагонах (рис. 1). Однак протягом експлуатації вони значно збільшуються, перевищуючи допустимі для сталі класу міцності 295 вже після 22 років експлуатації (рис. 2). Найбільші напруження виникають у шворневих балках (186 МПа після 22 та 261 МПа після 33 років експлуатації) (рис. 3), поперечних балках (216 МПа, 258 МПа), нижній обв'язці (209 МПа, 295 МПа), стійках бокових стін (208 МПа, 239 МПа). Особливо небезпечним виглядає збільшення напружень у шворневному вузлі, інші елементи менш відповідальні та можуть бути замінені. Величини напружень через 22 роки досягають рівня допустимих для сталі класу міцності 345, а через 33 роки — для сталі класу міцності 390. У вагоні з торцевими дверима моделі 12-532 напруження дещо вищі, але загалом картина схожа.

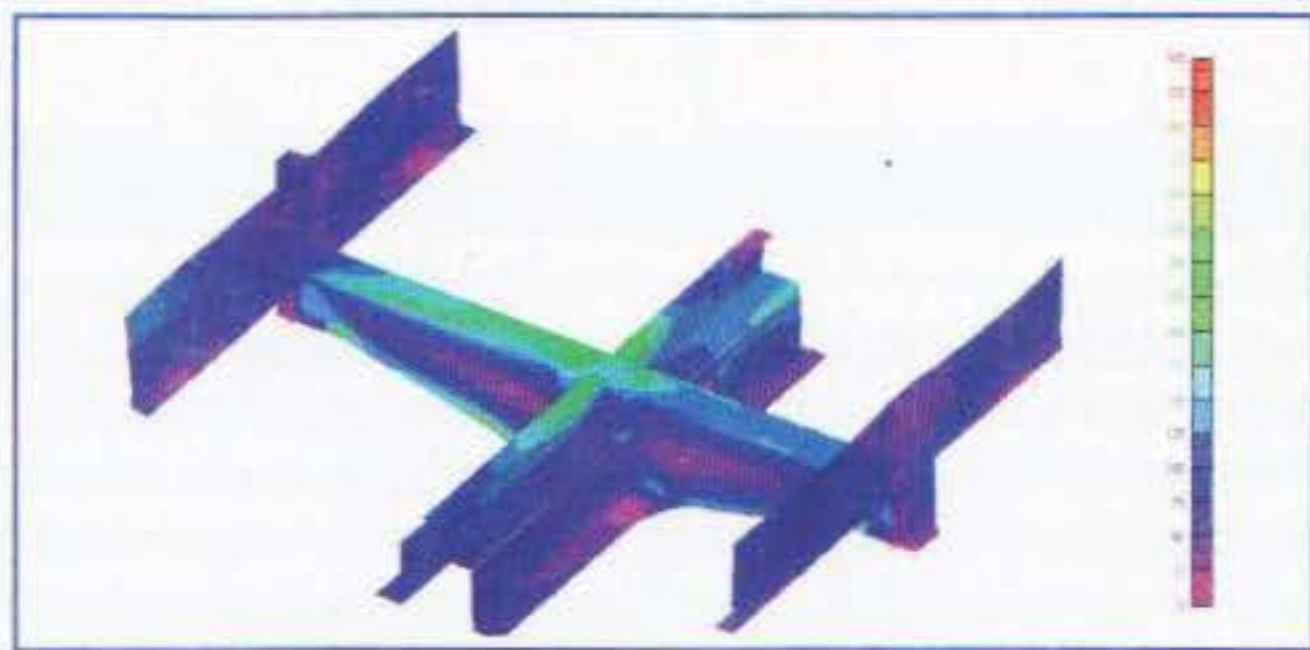


Рис. 2. Напряжения у шворневого узлі піввагона моделі 12-119 після 22 років експлуатації, МПа. Розрахунковий режим III

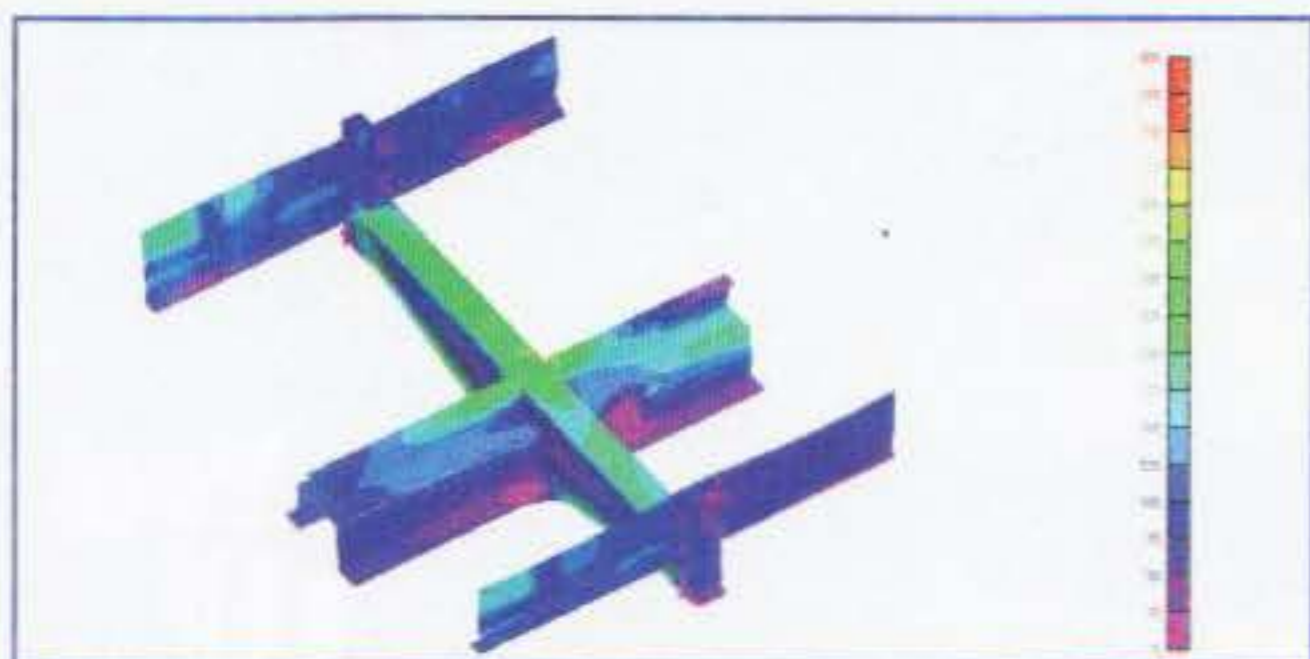


Рис. 3. Напряжения у шворневого узлі піввагона моделі 12-119 після 33 років експлуатації, МПа. Розрахунковий режим III

Одним із критеріїв граничного стану є досягнення втомними пошкодженнями критичного рівня, при якому неминуче виникнення тріщин, що призводить до порушення цілісності та втрати несучої здатності конструкції. При цьому подальша експлуатація кузова стає недоцільною. Виконання критеріїв міцності за розрахунковими режимами I та III не гарантує відсутність втомних пошкоджень із наступних 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, поведінка матеріалу при великому числі циклів навантаження (більше десятків та сотень мільйонів — «гігациклова область») не є остаточно визначеною, є підстави вважати, що найменші напруження, що можуть викликати втомні пошкодження, менші за границю витривалості при довільно обраній базі  $N = 10^7$  циклів (як у [1]), тому до появи тріщин можуть призвести й навантаження режиму III;

- під час експлуатації товщина несучих елементів зменшується, тому робочі напруження можуть із плином часу стати більшими за границю витривалості навіть при навантаженнях розрахункового режиму III.

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

За результатами багатоваріантних розрахунків опору втомі несучих елементів конструкції кузовів піввагонів в умовах діючих в експлуатації навантажень з урахуванням корозійно-

УДК 629.463.65

**Анофриев В. Г., Рейдемейстер А. Г., Шикунов О. А., Кирильчук О. А., Мацюк А. С.**  
**Определение основных технических требований к металлопрокату для грузовых вагонов нового поколения**

Выполнен анализ остаточного ресурса полувагонов моделей 12-119 и 12-532 в зависимости от срока их эксплуатации и материала кузова вагона.

го зносу визначено, що ресурс кузовів складає 29–37 років (залежно від рівня корозійних пошкоджень).

Так, втомні пошкодження, здатні викликати появу тріщин протягом 20–30 років експлуатації, накопичуються у шворневій балці, торцевій стінці, нижній частині бокової стіни (нижня обв'язка, шворневі стійки, обшивка), кутових стійках. Найнебезпечнішим є накопичення високих втомних пошкоджень у шворневій балці. Ресурс шворневої балки, виготовленої зі сталі класу міцності 295, після 22 років експлуатації становить 7–15 років (рис. 4), залежно від рівня корозійних пошкоджень. Після 33 років експлуатації (рис. 5) корозійні пошкодження набувають рівня, при якому у декількох місцях вертикального листа шворневої балки можуть з'явитися тріщини протягом наступних 1–3 років.

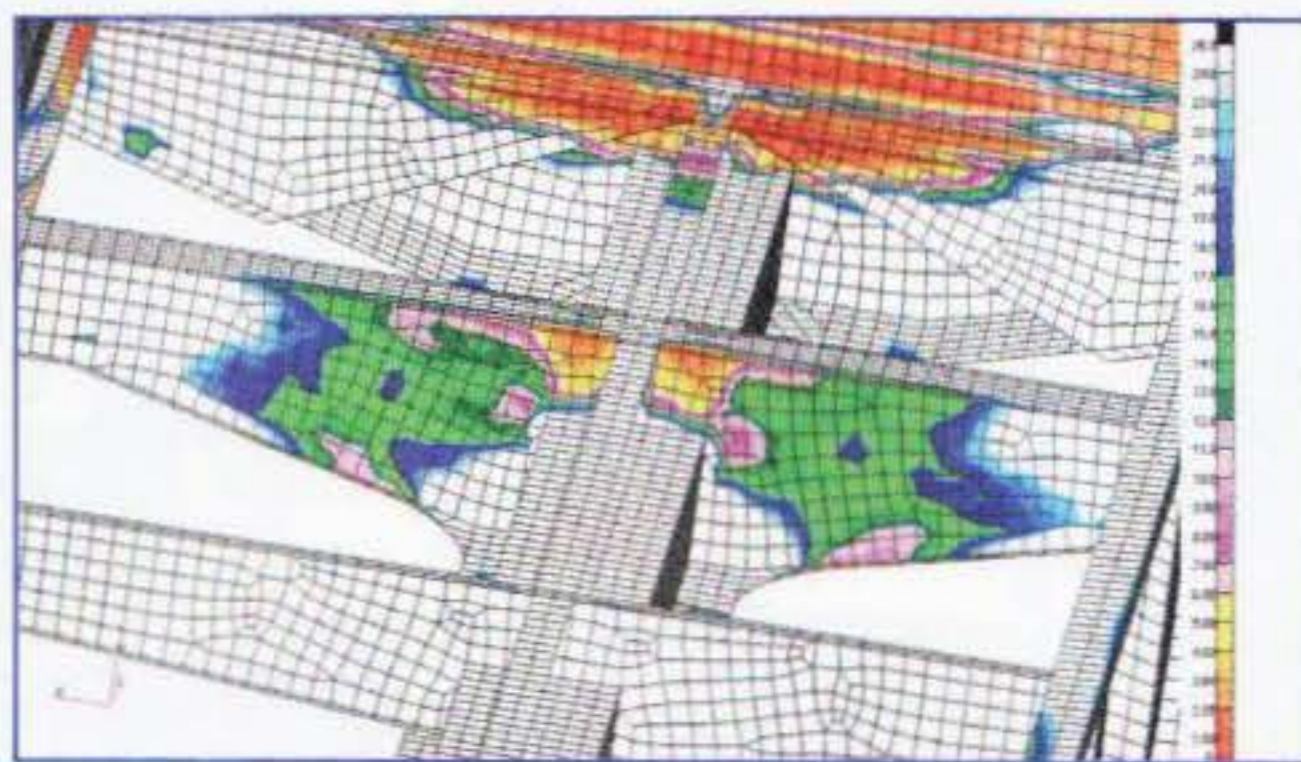


Рис. 4. Розподіл полів довговічності на елементах кузова піввагона при корозійних пошкодженнях, набутих після 22 років експлуатації, років

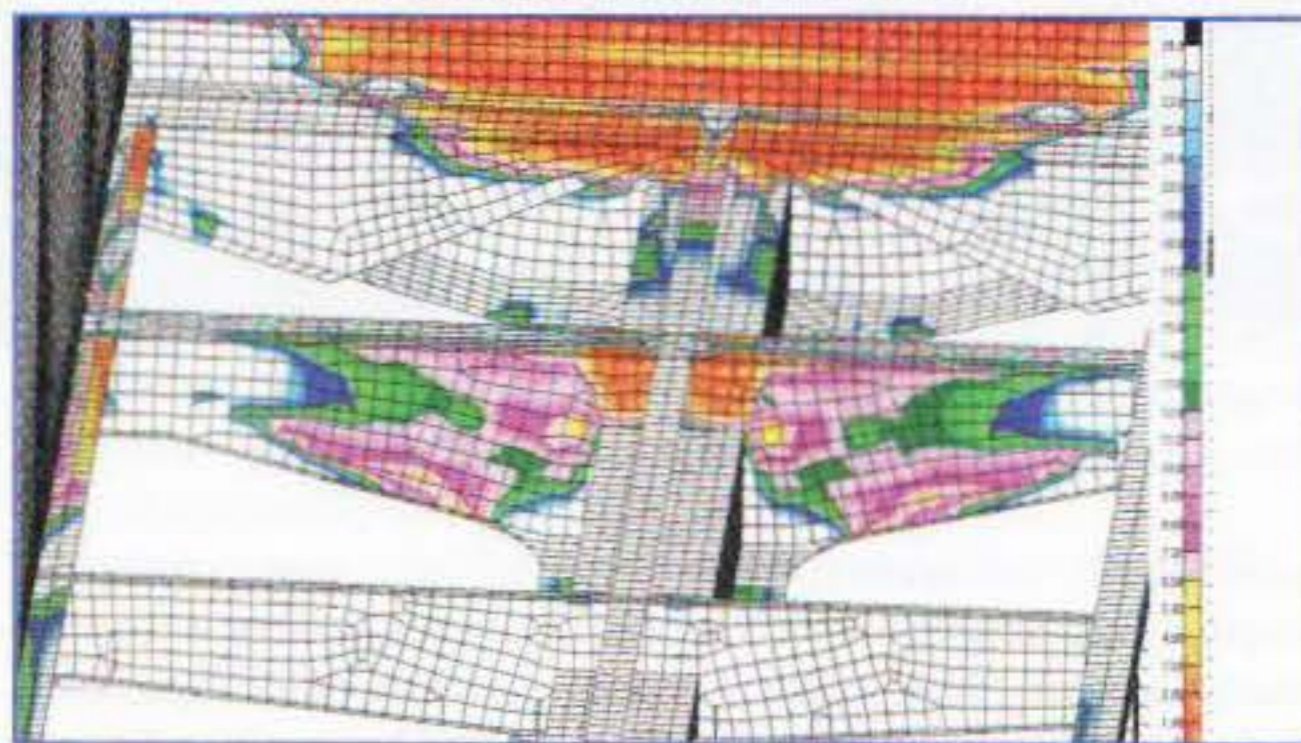


Рис. 5. Розподіл полів довговічності на елементах кузова піввагона при корозійних пошкодженнях, набутих після 33 років експлуатації, років

Якісно картина не змінюється при застосуванні сталі класу міцності 345. При підвищенні класу міцності до 390 залишковий ресурс шворневої балки зростає до 5–10 років (за умови відсутності ділянок наскрізної корозії). На піввагонах нового покоління, призначений термін служби яких має становити 32 роки, доцільне використання сталі класу міцності 390 із додатковою корозійною обробкою шворневої балки.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. *Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог колеи 1520 мм (несамоходных).* — М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
2. *Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях / Дж. Коллинз.* — М.: Мир, 1984. — 624 с.

Отримано 10.10.2012 р.

UDC 629.463.65

**Anofriev V., Rejdemejster A., Shikunov O., Kiril'chuk O., Macjuk A.**  
**Detection of Main Technical Specifications of New Generation Freight Cars' Metal-Roll**

The analysis of the residual life of 12-119 and 12-532 freight cars depending on the life and car body material is presented in the article.