

Рубан¹ Д.П., Крайник² Л.В.¹ ПАТ «Черкаський автобус»² Національний університет «Львівська політехніка»**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛУ
ЛОНЖЕРОНІВ КАРКАСУ КУЗОВА АВТОБУСА В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Представлено результати експериментальних досліджень зміни структури матеріалу зразка лонжерона каркасу основи кузова поширеного автобуса «Богдан А-092» 2006 року випуску з пробігом 950 тис. км. Для досліджень використано металографічний мікроскоп. Виявлено осередки утворення корозійного розтріскування, що непомітні при огляді неозброєним оком. Доведено, що такі осередки з часом перетворюються у втомні тріщини, що призводять до поломки труб каркасу кузова автобуса.

Ключові слова: автобус, каркас кузова, корозійне розтріскування, металографічний мікроскоп, структура матеріалу.

Постановка проблеми. В Україні значна частка автобусів (понад 44 %) відпрацювали свій регламентний пробіг [1]. Відповідно при пробігу 800 тис. км – 1 млн. км на автотранспортних підприємствах (АТП) проводиться капітальний ремонт (КР) автобусів. При цьому виконується його мийка, повне розбирання та дефектація. В свою чергу підлягає і ремонту сам кузов. На основі дефектації визначаються візуально пошкоджені труби каркасу кузова котрі підлягають вирізанню та заміні. Після заміни вражених корозією деталей проводять підготовку до антикорозійного захисту, покривають грунтом, наносять відповідні лакофарбові матеріали, обробляють скриті порожнини антикорозійними засобами («Мовіль», «Резистин» тощо). І в результаті виконують повне збирання автобуса, в результаті якого автобус має досить пристойний зовнішній вигляд. Таким чином фахівці АТП стверджують про подальшу безпечну і тривалу експлуатацію відремонтованих автобусів. Однак такий КР не передбачає заміну інших деталей кузова із накопиченими осередками втомної міцності та корозійного розтріскування. Можна припустити, що такі відремонтовані кузова не забезпечать автобусам відповідність норм щодо пасивної безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 66 та № 107 [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для перевірки значень фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова було проведено дослідження на розрив семи зразків із деталей, які візуально не мають пошкоджень. Методика та результати досліджень наведені в праці [3]. Новий матеріал має наступні механічні властивості: Сталь 10 ($\sigma_T=206$ МПа; $\sigma_B=321$ МПа; $\delta=31$ %); Сталь 20 ($\sigma_T=245$ МПа; $\sigma_B=412$ МПа; $\delta=25$ %) [4].

В результаті такого експерименту встановлено, що у всіх зразках (табл. 1) спостерігається погіршення механічних властивостей, тільки у зразка № 1 на 20 % зросла границя текучості σ_T , можливо в результаті наклепу матеріалу під дією циклічних знакозмінних навантажень.

Таблиця 1 – Механічні властивості елементів каркасу кузова

Показники	Властивості нового матеріалу [4]		Властивості старих елементів кузова						
			№ випробуваного зразка						
	Сталь 10	Сталь 20	1	2	3	4	5	6	7
σ_T , МПа	206	245	293	-	-	-	-	37	143
σ_B , МПа	321	412	373	191	102	175	249	299	294
δ , %	31	25	15	2	1	5	13	16	6

Зменшення границі міцності σ_B всіх зразків на 7 – 68 % можна пояснити накопиченням втомних тріщин та осередків корозійного розтріскування, котрі візуально непомітні. Крім того у зразків № 2 - № 5 неможливо відслідкувати границю текучості. Про що і свідчить зменшення відносного подовження δ в 1,7 – 31 разів!

Враховуючи погіршення фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова, необхідно підтвердити припущення щодо накопичення втомних тріщин та осередків корозійного розтріскування, котрі візуально не можна побачити.

Тому **метою роботи** є дослідження структури матеріалу лонжеронів каркасу кузова автобуса з використанням металографічного мікроскопа для виявлення осередків втомних тріщин та корозійного розтріскування, котрі непомітні неозброєним оком.

Результати досліджень. Для проведення експериментальних досліджень застосовується металографічний мікроскоп марки ММР-2Р (рис. 1), характеристики якого наведено в [5].



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд металографічного мікроскопа ММР-2Р з допоміжним обладнанням під час експериментальних досліджень

Конструкція мікроскопа дозволяє здійснювати безпосередній перегляд зразків через оглядовий окуляр. При переключенні положення, картина спостереження виводиться на екран ПК Lenovo Z580, на якому встановлене спеціальне ліцензійне програмне забезпечення. До ПК сигнал передається за допомогою камери марки Sven ІІС-960 (2 Megapicsel).

Експериментальні дослідження проводились в два етапи. На першому етапі дослідний зразок було підготовлено відповідно до вимог [5] без травлення та проведено перегляд під мікроскопом при 80-ти та 300-кратному збільшенні. На другому етапі зразок протравлено 4 % розчином азотної кислоти згідно [5].

Враховуючи те, що автобуси малого класу «Богдан» займають на ринку України близько 50 % [1], для проведення експериментальних досліджень обрано міський автобус «Богдан А-092» 2006 р. випуску та пробігом 950 тис. км. Каркас кузова цього автобуса – несівний, ферменної конструкції виконаної із сталевих профілів замкнутого прямокутного перерізу (140x60x3, 60x40x3, 40x40x2, 40x28x1,5 28x25x1,5 мм), з'єднаних між собою електродуговим зварюванням. Матеріал труб профілем 140x60x3 мм – Сталь 20, всіх інших труб каркасу – Сталь 10. Каркас кузова складається із каркасу основи (труби профілем 140x60x3 мм), каркасів лівої і правої боковин, каркасу даху, а також каркасів передньої і задньої частин автобуса [6].

Основа каркасу кузова сприймає основну частину навантажень та є однією із відповідальних складових кузова, що забезпечують довговічність автобуса в цілому.

Для проведення експериментальних досліджень вирізано зразок, в області втомної тріщини, із лонжерона основи каркасу кузова поблизу пневматичної подушки задньої підвіски (рис. 2).



Рисунок 2 – Частина лонжерона основи каркасу кузова обраного для досліджень

В цьому місці під час експлуатації автобуса постійно виникають знакозмінні навантаження, що призводять до накопичення втомних тріщин та корозійного розтріскування. Зразок вирізано таким чином, що можна оглядати і утворену втомну тріщину та частину матеріалу, котрий візуально взагалі непошкоджений.

На рис. 3 показано місце, звідки вирізано зразок у збільшеному вигляді.

Вирізаний зразок згідно до вимог [5] було підготовлено до першої серії експерименту (очищений від іржі, прошліфований і відполірований) (рис. 3 а). Після першої серії експерименту зразок було протравлено згідно до вимог [5] (рис. 3 б).

Під час проведення експерименту було оглянуто всю площу поверхні досліджуваного зразка розмірами 60x50x3 мм. При цьому зроблено понад 100 фотознімків.



Рисунок 3 – Місце на лонжероні, звідки вирізаний зразок (у збільшеному вигляді)

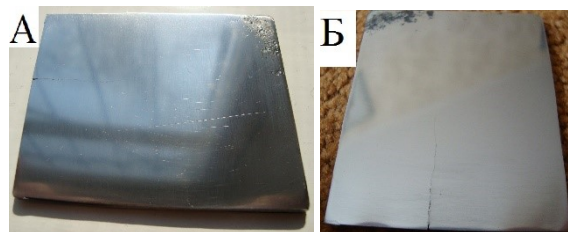


Рисунок 4 – Підготовлений зразок:

А - до першої серії експерименту (без травлення); Б - до другої серії експерименту (протравлений).

На основі експериментальних досліджень при огляді непротравленого зразка встановлено наступне.

1. Поблизу видимої втомної тріщини спостерігаються, непомітні неозброєним оком, розгалуження втомних тріщин (рис. 5).

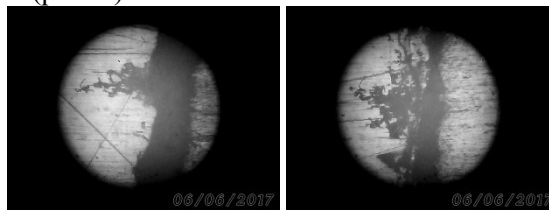


Рисунок 5 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 80 разів та виявлено розгалуження втомних тріщин, що візуально непомітні)

2. На поверхні де візуально відсутні пошкодження спостерігаються осередки утворення втомних тріщин по всій поверхні матеріалу. Спостерігається збільшення періодичності повторювання осередків до видимої втомної тріщини (рис. 6).

3. Візуально непомітне продовження тріщини чітко спостерігається при 80-кратному збільшенні. При цьому видно, що тріщина з однієї розгалужується в декілька (рис. 7).

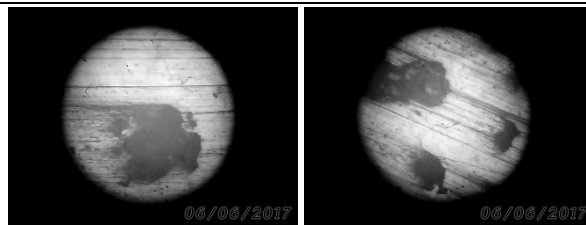


Рисунок 6 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 80 разів та виявлено осередки утворення втомних тріщин, що візуально непомітні)

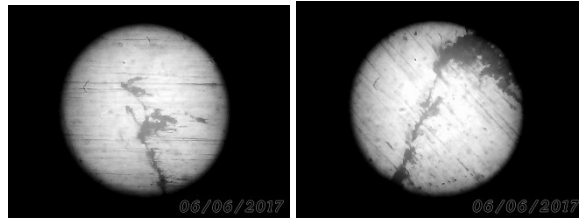


Рисунок 7 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 80 разів та виявлено продовження втомної тріщини, яке непомітне без мікроскопа)

Після протравлення зразка стало можливим спостерігати його структуру. Таким чином встановлено наступне.

1. Спостерігається періодичне змінання включень матеріалу (рис. 8).

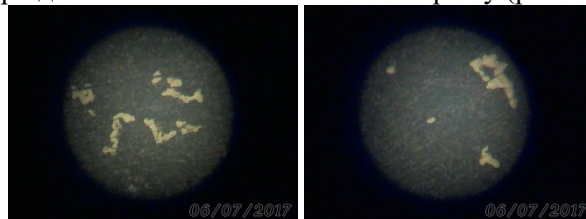


Рисунок 8 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 300 разів та виявлено змінання включень матеріалу)

2. Повторюваність зміни структури спостерігається по всій поверхні матеріалу та має максимальні значення поблизу утворення втомної тріщини.

3. Спотворення структури матеріалу дозволяє спрогнозувати утворення та подальший розвиток втомних тріщин.

Висновки. Дослідження зразків за допомогою металографічного мікроскопа пояснюють погіршення механічних властивостей елементів каркасу кузова.

Враховуючи погіршення фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова та утворення (візуально непомітних осередків накопичення корозійного розтріскування) такий «капітальний ремонт» не забезпечить повноцінне відновлення міцності каркасу кузова. І, як результат, такий автобус не буде відповідати нормам пасивної безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 66 та № 107.

Доцільною буде заміна всіх елементів кузова нижче віконних брусів із застосуванням сучасних технологій антикорозійного захисту та полімерних матеріалів. Така заміна потребує більших капіталовкладень, які окупляться більшими термінами експлуатації в порівнянні з «латковим» ремонтом, а також буде забезпечена відповідність нормам пасивної безпеки.

1. Рубан Д. П. Структура парку автобусів громадського транспорту України та аналіз ситуації / Д. П. Рубан, Г. Я. Рубан // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2016. – № 55. С. 338 – 340.

2. Горбай О.З. Міцність та пасивна безпека автобусних кузовів: монографія / О.З. Горбай, К.Е. Голенко, Л.В. Крайник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 276 с.

3. Крайник Л.В. Оцінка фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова автобуса залежно від терміну експлуатації / Л.В. Крайник, Д. П. Рубан, Г. Я. Рубан // Матеріали V міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції: Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. – Вінниця. – 2017. – с. 60 – 64.

4. Мотовилин Г. В. Автомобильные материалы: справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. / Г. В. Мотовилин, М. А. Масино, О. М. Суворов. – М. : Транспорт, 1989. – 464 с.

5. Канашевич Г.В. Дослідження макро- та мікроструктури матеріалів за допомогою металографічного мікроскопа ММР-2Р: Лабораторний практикум / Г.В. Канашевич, П.П. Дмитренко, М.В. Голуб, С.М. Мацепа – Черкаси: ЧДТУ, 2017. – 62 с.

6. Богдан А-064 / А-091 / А-09201 / А-09202 / А-09211 / А-09212 / А-092КВ / А-92 Н / А-30141 / А-301.71 / А-301.72 / С-09211 / А-092 / А-0921. Дизельные двигатели: 4.4/4.6/4.8 л. Руководство по ремонту и эксплуатации. Каталог деталей и сборочных единиц. Цветные электросхемы. – Д.: Издательство Монолит, 2009. – 370 с.

REFERENCES

1. Ruban, D. & Ruban, H. (2016) Structure of park of buses of public transport of Ukraine and analysis of situation. [Between institutions of higher learning collection the «Scientific notes»]. Lutsk, pp. 338 - 340.
2. Horbaj, O. & Holenko, K. & Kraynyk, L. (2013) Durability and passive safety of bus baskets. [Monograph. Publishing House of Lviv polytechny]. Lviv, 276 p.
3. Kraynyk, L. & Ruban, D. & Ruban, H. (2017) Estimation of physical-mechanical properties of elements to framework of basket of buses depending on the term of exploitation. [Materials of V of international research and practice Internet-conference : Modern technologies and prospects of development of car transport]. Vinnytsya, pp. 60 – 64.
4. Motovilin, G. & Masino, M. & Suvurov, O. (1989) Motor-car materials. [Reference book]. Moscow, Transport Publ. 464 p.
5. Kanashevich, G. & Dmitrenko, P. & Golub, M. & Macepa, S. (2017) Research macro and microstructures of materials by means of metallography microscope of MMP-2P. [Laboratory practical work]. Tcherkasy, 62 p.
6. (2009) Bogdan A- 064 / A- 091 / A- 09201 / A- 09202 / A- 09211 / A- 09212 / A-092КВ / А- 92 Н / А- 30141 / А- 301.71 / А-301.72 / С- 09211 / А- 092 / А- 0921. Diesel engines: 4.4/4.6/4.8 л. Guidance on repair and exploitation. [Catalogue of details and frame-clamping units. Coloured electro-charts]. Publishing House Monolith, 370 p.

Рубан Д.П., Крайник Л.В. Исследование изменения структуры материала лонжеронов каркаса кузова автобуса в условиях эксплуатации.

Представлены результаты экспериментальных исследований изменения структуры материала образца лонжерона каркаса основы кузова распространенного автобуса «Богдан А-092» 2006 года выпуска с пробегом 950 тыс. км. Для исследований использован металлографический микроскоп. Обнаружены ячейки образования коррозионного растрескивания, которые незаметны при обзоре невооруженным глазом. Доказано, что такие ячейки со временем превращаются в усталостные трещины, которые приводят к поломке труб каркаса кузова автобуса.

Ключевые слова: автобус, каркас кузова, коррозионное растрескивание, металлографический микроскоп, структура материала.

D. Ruban, L. Kraynyk. Research of change of structure of material longerons to framework of basket of bus in the conditions of exploitation.

The results of experimental researches of change of structure of material of standard of longer on are presented to framework of basis of basket of widespread bus "Bohdan A-092" in 2006 with a run 950 thousand kilometres. For researches metallography microscope. The cells of formation of the corrosive spalling are reduced, that unnoticeable at a review with naked eye. It is well proven that such cells in course of time grow into fatigue cracks that result in breakage of pipes to framework of basket of bus.

Keywords: bus, framework of basket, corrosive spalling, metallography microscope, structure of material.

АВТОРИ:

РУБАН Дмитро Петрович, кандидат технічних наук, доцент, інженер з якості, ПАТ «Черкаський автобус», e-mail: ruban_dimon@ukr.net

КРАЙНИК Любомир Васильович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Автомобілебудування», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: l.kraynyk@gmail.com

АВТОРЫ:

РУБАН Дмитрий Петрович, к.т.н., доцент, инженер по качеству, ПАО «Черкасский автобус», e-mail: ruban_dimon@ukr.net

КРАЙНИК Любомир Васильевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автомобилестроения», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: l.kraynyk@gmail.com

AUTHORS:

Dmytro RUBAN, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, engineer from quality, PJK «Tcherkasy bus», e-mail: ruban_dimon@ukr.net

Lubomyr KRAYNYK, Doctor of Science in Engineering, Professor, Professor Department of automobiles construction, National University "Lvivska Politehnika", e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 30.09.2017р.