УДК 666.96; 666.97

В. В. РИБКІН, Ю. Л. ЗАЯЦЬ, В. В. КОВАЛЕНКО, П. О. ПШІНЬКО (ДІІТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ПОПЕРЕДНЬОНАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ УКРАЇНСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Проведено аналіз експлуатаційних дефектів залізобетонних шпал та причин їх виникнення.
Ключові слова: залізобетонні шпали, колія, дефекти, довговічність

Проведен анализ эксплуатационных дефектов железобетонных шпал и причин их образования.
Ключевые слова: железобетонные шпалы, железнодорожный путь, дефекты, долговечность

The analysis of operational defects of ferro-concrete sleepers and the causes of their formation is carried out.
Keywords: concrete sleepers, railway road, defects, longevity

Шпали, з часу будівництва перших залізниць, увійшли в конструкцію верхньої будови колії у якості одного з найвідповідальніших елементів. На даний час найбільш поширеними опорними конструкціями для рейок, що використовуються на залізничних шляхах України є залізобетонні шпали.

За весь час експлуатації залізобетонних шпал був виявлений і класифікований ряд дефектів, які значно знижували термін експлуатації залізничних шпал і в ряді випадків, могли призвести до виникнення аварійних ситуацій на залізницях. До таких дефектів можливо віднести як дефекти, що виникли в наслідок силових та динамічних навантажень на шпалу, так і ті, що виникли через невідповідні фізико-механічні характеристики матеріалів, що використовувалися при виготовленні залізобетонних шпал (недостатні морозостійкість і довговічність бетону внаслідок використання складових матеріалів, непридатних для шпального бетону, невірного підбору складу бетонної суміші та поганого ущільнення її під час виготовлення шпал) та якості виготовлення залізобетонних шпал (поперечні тріщини в підрейковій частині шпал, заводські сколи бетону по тріщинам, недостатня товщина захисного шару бетону, тощо). Це призводить до значних затрат на роботи, що пов'язані з заміною дефектних шпал.

Згідно даних, що наведені в літературних джерелах до 50…70 % шпал, що вийшли зі строю під час експлуатації, були вкладені із заводськими технологічними дефектами, а 80…90 % дефектів виникають на основних етапах технологічного процесу, таких як армування, формування та термообробка водяною парою.

В рамках науково-дослідної роботи був проведений аналіз дефектів та причин їх виникнення, що спостерігались під час експлуатації колії на різних ділянках залізниці. Дані щодо появи дефектів були систематизовані для отримання статистичної оцінки частоти виявлення дефектів різного роду відповідно до класифікації, що наведена у Технічних вказівках з використання старопридатних матеріалів верхньої будови колії на залізницях України (ЦП-0150).

Основні дефекти залізобетонних залізничних шпал і причини їх виникнення класифікуються згідно до Додатку Г Таблиці Г.1 «Класифікація дефектів і пошкоджень залізобетонних шпал типу Ш-1-1» ЦП-0150.

1. Перегон Бахмач-Пас. – Халимонове Південно-Західної залізниці

З даних, що були надані фахівцями Південно-Західної залізниці, на ділянці колії, що знаходиться між станціями Бахмач-Пас та Халимонове у 2009-2010 рр. були виявлені дефекти залізобетонних залізничних шпал (рік укладання у верхню будову колії – 2005 р.). Всі дефекти, що були виявлені, в зазначений проміжок часу, на цій дистанції колії за класифікатором, що наведений в інструкції ЦП-0150, мають номер 41.2 (загальна кількість дефектних шпал дорівнює – 349 шт.).

Згідно до Додатку Г табл. Г.1 «Класифікація дефектів і пошкоджень залізобетонних шпал типу Ш-1-1» ЦП-0150, дефект під номером 41.2 – це повне руйнування структури бетону на окремі складові (щебінь, розчин) з оголюванням арматури (Показано у п. 14 табл. 1 даної роботи). Причиною виникнення цього дефекту є недостатні морозостійкість і довговічність бетону внаслідок використання складових ма-

© Рибкін В. В., Заяць Ю.Л., Коваленко В. В., Пшінько П. О., 2011

теріалів, непридатних для шпального бетону, невірного добору складу бетонної суміші й поганого ущільнення її під час виготовлення шпал.

Більшість дефектів спостерігалася в шпалах, що були виготовлені підприємством ТОВ «Україна Промресурси» (приблизно 63 %), останні дефектні шпали виготовлялися ВАТ «Коростенський завод залізобетонних шпал» (приблизно 37 % від загальної кількості дефектних шпал на цій дистанції колії), що показано на рис. 1.

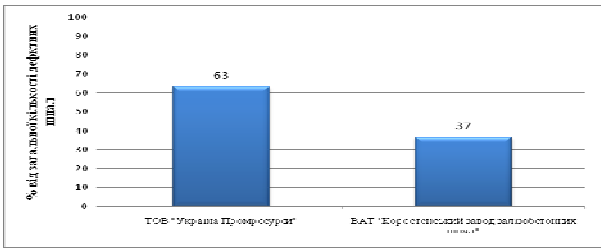


Рис.1. Діаграма розподілу дефектних залізобетонних залізничних шпал, що були виявлені на ділянці колії Бахмач-Пас.-Халимонове, поміж підприємствами-виробниками (всі дефектні шпали мали дефект № 41.2 згідно до класифікації, наведеної в ЦП-0150)

Як видно з рис. 1, на дільниці Бахмач-Пас. – Халимонове Південно-західної залізниці були укладені шпали ОАО «Коростеньський завод залізобетонних шпал», які виготовлені у 2005 році. На час перевірки виявлено значна ступінь руйнування залізобетону шпал, які вірогідно почали руйнуватися після 2 років експлуатації та цей процес нині завершується повною руйнацією. Загальний вид шпал залізничної колії представлено на рис. 2.

Рис. 2. Зруйновані шпали, що експлуатуються на Південно-західній залізниці

Характер руйнування шпал, що експлуатуються говорить про незворотні процеси, які проходять в структурі бетону. Означені процеси корозії бетону викликані структурними перебудовами цементного каменю. Вони прискорюються природними кліматичними умовами, характером навантаження та технологічними огріхами виробництва бетону та виробів з нього. Вилучені з експлуатації шпали того ж року виробництва лежать поряд з колією (рис. 3) та являють собою приклади ще більшого ступеня руйнації.

Рис. 3. Шпали 2005 року виготовлення, вилучені з експлуатації на Південно-західній залізниці

На зразках зруйнованого бетону шпал Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту проведено макроструктурний аналіз зломів та складових бетону в місцях де він у процесі експлуатації розвалився на структурні складові.

На рис. 4-8 наведено найбільш характерні структури зломів шпал, що зруйновані в процесі 2…5 річної експлуатації.

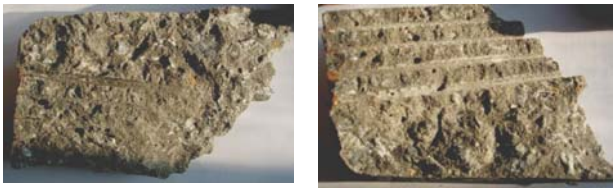


Рис. 4. Злом бетону шпал в області закладання армуючої проволоки

Шпали мають неоднорідну макроструктуру в наслідок недопроникнення щебеню розмірами більше ніж 15 мм у бетонну суміш в середині пучка армуючої проволоки та утворенню переважно розчинної частини бетонної суміші в означених ділянках шпал. Переважно розчинна структура бетону відносно загальної має меншу міцність та крім того в її частині утворюються пори діаметром до 5 мм, кількість яких відносно загальної частини бетону підвищена у декілька разів (див. рис. 4). Аналіз розміру щебеню в структурі армованого бетону показує, що в проміжках між арматурою знаходиться щебінь діаметром ≤ 10 мм. Виразні кольорові сферичні плями вказують на структурні перебудови цементного каменю в структурі бетону, що експлуатується.

Поблизу арматури в зразках зламаного бетону внаслідок взаємодії крупного щебеню з

арматурою при недосконалій вібраційній обробці та невідповідності розміру щебеню та проміжків між арматурою шпали виявляються каверни та пустоти (рис. 5).

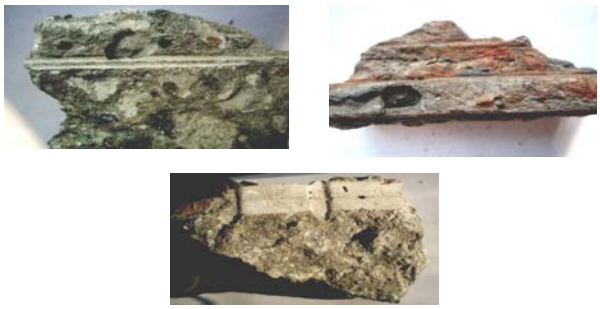


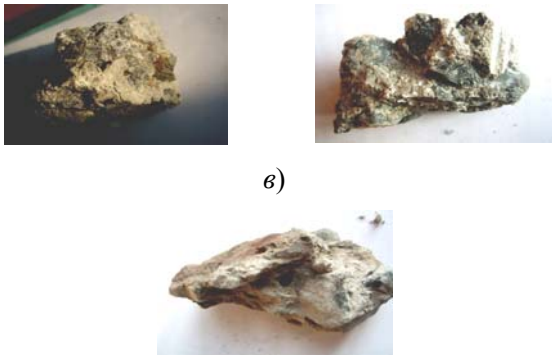
Рис. 5. Каверни та пустоти в структурі шпал, що експлуатуються

Підтвердження несорозмірності щебеню знайдено в бетоні, що розпався на структурні складові з виділенням крупного щебеню розміром більше 40 мм (рис.6).

Рис. 6. Зразок щебеню в зруйнованому бетоні

Відкриті зломи бетону шпал покриті як структурними складовими, що можуть бути продуктами лужно-кремнієвокислої реакції (рис. 7, *а*), так і виділеннями кальцієвого молочка (рис. 7, *б*, *в*).

а) *б*)



в)

Рис. 7. Зразки зломів бетону шпал

Наряду з вищезгаданими структурними виділеннями в бетоні спостерігається значний надлишок глинистих прошарків, які руйнують шпали (рис. 8).

Таким чином, макростркturним аналізом бетону зруйнованих шпал показано, що причиною руйнувань є сукупність факторів.

Рис. 8. Глинисті прошарки в структурі бетону шпал

Це такі фактори як порушення технологічних норм Додатку А ДСТУ Б.В. 2.7-71-98 «Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт», та п. 7.4 ДСТУ Б.В. 2.7-76-98 «Пісок для будівельних робіт з відсівів руйнування скальних порід гірничозбагачувальних комбінатів України», ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний природній для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.», ТУ У 26.6-30268559-174:20006 Шпали залізобетонні попередньо напружені колії 1520 мм типу СБ3 для рейок типу Р65 і Р50. при застосуванні щебеню з розмірами фракції більше ніж 40 мм, надлишок глинистих включень, які утворюють прошарки в бетоні шпал та є концентраторами напруги, застосування лужноактивних цементів та кислотноактивних пісків. Всі перераховані фактори в комплексі з незадовільною мікроструктурою цементного каменю та неоднорідністю макроструктури бетону є причиною передчасного руйнування.

Для запобігання масового передчасного виходу залізобетонних шпал з експлуатації пропонуємо зробити систему моніторингу якості сировинних матеріалів, провести науково-технічно-впроваджувальні роботи з заводами, які виробляють залізобетонні шпали з вдосконалення технологічних режимів виробництва з подальшою корекцією технічних умов на виробництво цих відповідальних виробів.

2. Ізюмська дистанція колії Південної залізниці

При модернізації парної колії перегону Савинці – Балаклея в період з 05.08.06 р. по 31.10.06 р. на ділянці протяжністю 14,1 км (з 324 км ПК5 по 338 км ПК3) були укладені залізобетонні шпали (1680 шт. на км) з типом кріплення КПП-5.

Наказом № 652 від 08.11.06 р. були встановлені додаткові щомісячні спостереження за станом рейко-шпальної решітки з записом до журналу спостережень.

В ході натурного огляду 25.02.2008 р. парної колії перегону Савинці – Балаклея був виявлений масовий та інтенсивний вихід із строю

залізобетонних шпал СБ-3 по дефектам, згідно до додатку Г табл. Г.1 ЦП-0150 та табл. 1 ЦП-0104:

12.1 (Поперечні тріщини з розкриттям до 1 мм у середній частині шпали. Узагальнена причина появи дефекту: незадовільна експлуатація колії);

22.1 (Поздовжня тріщина з розкриттям до 3 мм, що проходять через арматурні дроти на торцях і в середині шпали. Узагальнена причина появи дефекту: недостатні фізико-механічні характеристики шпального бетону);

22.2 (Розкол шпали по наскрізній поздовжній тріщині, що проходять через арматурні дроти. Узагальнена причина появи дефекту: недостатні фізико-механічні характеристики шпального бетону);

23.1 (Поздовжня тріщина з розкриттям до 3мм, що проходить через арматурні дроти на торцях в анкерній зоні шпали. Узагальнена причина появи дефекту: недостатні фізико-механічні характеристики шпального бетону);

23.2 (Розкол шпали по наскрізній поздовжній тріщині, що проходить через арматурні дроти в анкерній зоні. Узагальнена причина появи дефекту: недостатні фізико-механічні характеристики бетону).

Під час аналізу кількості випадків появи дефектів було встановлено, що найчастіше проявлялися дефекти, що пов'язані з недостатніми фізико-механічними характеристиками шпального бетону, що пов'язано з недотриманням технології виробництва залізобетонних залізничних шпал (застосування складових матеріалів для виготовлення шпального бетону, невірної термообробки шпали, корозією арматури через недостатню товщину захисного шару бетону тощо).

В період з 2008 по 2009 рр. була виконана заміна 481 дефектної залізобетонної шпали.

На рис. 9 показана діаграма частоти появи дефектів, що спостерігалася на вищезазначеній ділянці колії.

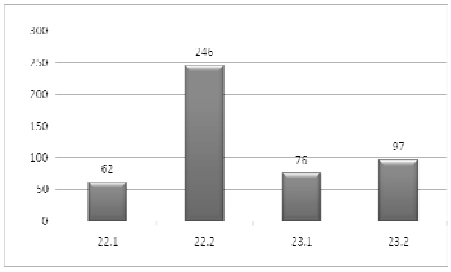


Рис. 9. Діаграма частоти появи дефектів залізобетонних залізничних шпал

На рис. 10 показана діаграма частоти появи дефектів залізобетонних шпал, відповідно до виробника, що їх виготовив.

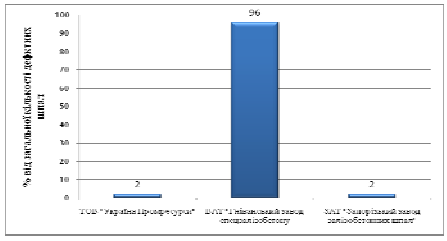


Рис. 10. Діаграма частоти появи дефектів залізобетонних залізничних шпал, в залежності від їх виробника

На рис. 11 наведено залежність кількості дефектних шпал від причини появи дефекту та заводу-виробника. Дані наведені для дефектних шпал, що були виявлені на Ізюмській дистанції колії в період з 2006 по 2010 рр.

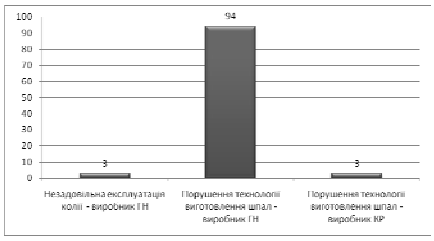


Рис.11. Залежність кількості дефектних шпал від причини появи дефекту та заводу-виробника. Дані наведені для дефектних шпал, що були виявлені на Ізюмській дистанції колії в період з 2006 по 2010 рр.

3. Перегон Ольшаниця-Карапиші Південно-Західної залізниці

На ділянці колії Ольшаниця – Карапиші, що знаходиться на Південно-Західній залізниці, спостерігалася поява дефектів залізничних залізобетонних шпал, та заміну їх у 2010 р. на нові. Всі шпали на ділянці колії були виготовлені на ВАТ «Гніванський завод спецзалізобетону» і вкладені у верхню будову колії у 2006 році. Згідно даних, що були надані фахівцями Південно-Західної залізниці, шпали мали наступні дефекти (згідно до Додатку Г табл. Г.1 «Класифікація дефектів і пошкоджень залізобетонних шпал типу Ш-1-1» ЦП-0150):

12.1 – Поперечні тріщини з розкриттям до 1 мм у середній частині шпали. Причиною виникнення даного дефекту є невірне обпирання шпали на баласт після укладання ланок, очистки щебеневої призми або внаслідок тривалої відсутності виправлення колії під час експлуатації: обпирання шпали серединою при струшених кінцях (тріщини зверху) або, навпаки, тільки при провислій (прогнутій) вниз на вели-

кій довжині середній частині шпали (тріщини знизу).

21.2 – Поздовжня тріщина з розкриттям до 3 мм, що проходить через отвір для закладних болтів. Причиною виникнення такого дефекту є передавання сил угону рейок на прикріплювачі при їхньому слабкому затягуванні.

22.2 – Розкол шпали по наскрізній поздовжній тріщині, що проходить через арматурні дротини. Причиною виникнення дефекту є розвиток мікротріщин у бетоні, які виникли через недостатню передатну міцність бетону, застосування матеріалів непридатних для виготовлення бетону для шпал, невірного режиму його термообробки. Корозія арматури через недостатню товщину і щільність шару бетону.

31.1 – Скол бетону на упорній кромці заглиблення в підрейковій площадці довжиною від 40 – 100 мм, глибиною від 10 – 20 мм. Причиною виникнення даного дефекту є відсутність, недостатня товщина, або невірне розміщення дерев'яних прокладок між рядами шпали при їхньому складуванні або транспортуванні. Удари по шпалах. Погане рихтування колії. Ослаблення затяжки закладних болтів. Знос бортиків шпальних прокладок.

На рис. 12 показана діаграма причин виникнення дефектів на даній ділянці колії.

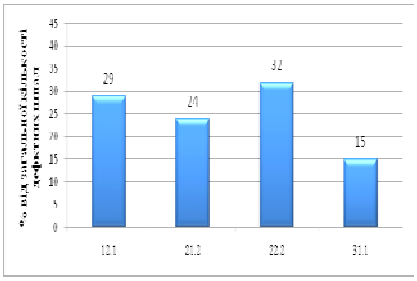


Рис.12. Діаграма, що показує кількість залізобетонних залізничних шпал, які вийшли з ладу через виникнення вищезазначених дефектів на даній ділянці колії

4. Дніпропетровська дистанція колії Придніпровської залізниці.

Як піддослідна ділянка для отримання кількісних даних щодо частоти появи експлуатаційних дефектів, були обрані наступні ділянки залізниць: Дніпропетровськ – Дніпродзержинськ, Дніпропетровськ – Чаплине, станція Дніпропетровськ та станція Баглій. Для кожної з цих ділянок були проаналізовані данні, щодо виходу залізобетонних залізничних шпал з ладу, через виявлення в них одного чи декількох перерахованих вище дефектів за період часу, що складав 9 років (з 2000 по 2009 рр.).

Після обробки отриманих даних була побудована діаграма частоти появи різних видів експлуатаційних дефектів (рис. 13).

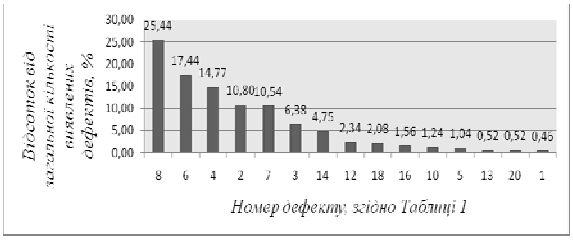


Рис. 13. Діаграма частоти появи різних видів дефектів шпал

З рис. 13 видно, що найбільш розповсюдженим видом дефектів є розкол шпали по наскрізній поздовжній тріщині, що проходить через арматурні дротини (приблизно 25 % від загальної кількості виявлених), який, в свою чергу, викликаний недостатніми фізико-механічними характеристиками бетону, як на стадії виготовлення шпали, так і на стадії її укладення у верхню будову колії. Основними причинами виникнення дефекту цього виду є: «культура» виробництва шпали; достатня товщина захисного шару бетону; якість використовуваних матеріалів для виготовлення бетонної суміші; правильність підбору складу бетону; якість перемішування, вкладання та вібрування бетонної суміші; вибором режиму її пропарювання. Якісний контроль усіх цих факторів дозволить значно зменшити частоту виникнення дефектів такого роду.

Другим найбільш поширеним експлуатаційним дефектом є розкол шпали до наскрізної поздовжньої тріщини з розкриттям понад 3 мм, що проходить через отвір для закладних болтів (приблизно 17 % від загальної кількості виявлених). Цей дефект можна віднести до таких, що виникли через неякісну експлуатацію колії. Для запобігання виникнення дефектів цього типу необхідно регулярно проводити діагностування та суцільне підтягування закладних болтів.

Третім та четвертим видами за кількістю виявлених дефектів є злам шпали в середній частині з руйнуванням бетону, розкриттям поперечної тріщини або розривом арматури та злам шпали в підрейковій частині з руйнуванням бетону, розкриттям поперечної тріщини або розривом арматури (відповідно 15 % та 11 % від загальної кількості виявлених). Ці дефекти шпал можуть виникнути як під час нового будівництва так і через незадовільну експлуатацію колії. Для запобігання прояву даного типу дефектів шпал необхідно проводити су-

цільне виправлення і піднімання колії з підбивкою шпал по всій довжини підрейкових частин, заміну непридатних зрівнювальних рейок або рейок ланкової колії, провести шліфування головки рейок шліфувальним поїздом, усунути провисання середньої частини шпал, засипати шпальні ящики баластом та перевірити планувальні прилади в колійних машинах для виключення підпору шпали всередині.

Також поширеним видом дефектів – є поздовжня тріщина з розкриттям до 3 мм, що проходить через арматурні дротини на торцях і в середині шпали (приблизно 10,5 % від загальної кількості виявлених). Цей дефект виникає через ті самі причини, що і розкол шпали по наскрізній поздовжній тріщині, через те справедливо буде казати, що і методи запобігання виникненню цього виду дефектів для них мають бути однаковими.

Менш поширеними експлуатаційними дефектами шпал є: поперечні тріщини з розкриттям до 1 мм у середній частині шпали (≈ 6 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – незадовільна експлуатація колії); повне руйнування структури бетону на окремі складові (щебінь, розчин) з оголюванням арматури (≈ 5 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – недостатні фізико-механічні характеристики матеріалів для виготовлення шпал); великі сколи бетону на ребрах і площадках шпали глибиною (h) понад 100 мм, котрі оголюють арматуру на довжині (l) понад 300 мм (≈ 2 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – незадовільна експлуатація колії); нерівномірна виробка бетону глибиною (h) до 2 мм на підрейкових площадках у місцях обпирання зламаних підкладок (≈ 1,5 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – незадовільна експлуатація колії); скол бетону по всій довжині (ℓ) і висоті (h) упорної кромки, заглиблення в підрейковій площадці (≈ 1,2 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – незадовільна експлуатація колії); поздовжня тріщина з розкриттям до 3 мм, що проходить через отвір для закладних болтів (≈ 1 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – незадовільна експлуатація колії); безліч раковин на поверхні бетону, початок руйнування бетону (лущення) в межах товщини захисного шару бетону над арматурою (≈ 0,5 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – недостатні фізико-механічні характеристики матеріалів для виготовлення шпал); неможливість витягування зі шпали пошкоджених закладних болтів внаслідок затвердіння, засмічення в каналах шпали (≈ 0,5 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – незадовільна експлуатація колії); поперечні тріщини з розкриттям до 1 мм у підрейковій частині шпали (≈ 0,5 % від загальної кількості виявлених дефектів, причина – незадовільна експлуатація колії).

Таким чином, проаналізувавши усі виявлені дефекти можна стверджувати, що основними причинами їх виникнення – є незадовільна експлуатація колії та недостатні фізико-механічні характеристики матеріалів для виготовлення залізобетонних залізничних шпал.

На рис. 14 показано діаграму розподілу загальної кількості дефектів за двома вищезазначеними причинами.

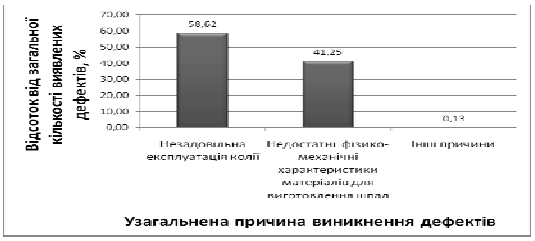


Рис. 14. Діаграма визначення причин виникнення дефектів залізобетонних залізничних шпал, під час їхньої експлуатації на Дніпропетровській дистанції колії ДП «Придніпровська залізниця»

В середині березня 2011 р. до Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна надійшли дані, що наведені в колійних журналах Ізюмської дистанції колії, починаючи з 2006 р. Всі дефектні шпали були типу СБ3.

На рис.15 наведені кількісні показники виходу з ладу залізобетонних шпал типу СБ3 і види дефектів, які спостерігалися при цьому.

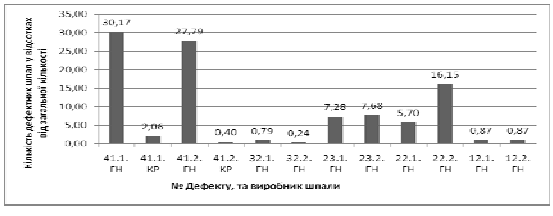


Рис.15. Діаграма, що показує кількість дефектів одного типу від загальної (1266 шт., що зазначені в колійних журналах) та виробника дефектних шпал

Згідно класифікатора дефектів шпал Ш-1-1, який умовно приймається на залізницях України і для шпал типу СБ3:

41.1 – Безліч раковин на поверхні бетону. Початок руйнування бетону (лущення) в межах захисного шару бетону над арматурою. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є порушення технології виготовлення

залізобетонних шпал. Спостерігається у 32 % випадків.

41.2 – Повне руйнування структури бетону на окремі складові (щебінь, розчин) з оголюванням арматури. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є порушення технології виготовлення залізобетонних шпал. Спостерігається приблизно у 28 % випадків.

32.1 – Сколювання бетону на ребрах і площинах шпали (крім упорних кромок) глибиною *h* не більше 60 мм з оголюванням арматури на довжині не більше 100 мм. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є незадовільна експлуатація колії. Спостерігається менше ніж у 1 % випадків.

32.2 – Великі сколювання бетону на ребрах і площинах шпали глибиною понад 100 мм, котрі оголюють арматуру на довжині понад 300 мм. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є незадовільна експлуатація колії. Спостерігаються менше ніж у 0,5 % випадків.

23.1 – Поздовжня тріщина з розкриттям до 3 мм, що проходить через арматурні дротини на торцях та в анкерній зоні шпали. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є порушення технології виготовлення залізобетонних шпал. Спостерігається у приблизно 7 % випадків.

23.2 – Розкол шпали по наскрізній поздовжній тріщині, що проходить через арматурні дротини в анкерній зоні. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є порушення технології виготовлення залізобетонних шпал. Спостерігається у приблизно 7 % випадків.

22.1 – Поздовжня тріщина з розкриттям до 3мм, що проходить через арматурні дротини на торцях і в середині шпали. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є порушення технології виготовлення залізобетонних шпал. Спостерігається у приблизно 6 % випадків.

12.2 – Злом шпали в середній частині з руйнуванням бетону, розкриттям поперечної тріщини або розривом арматури. Узагальнюючою причиною виникнення такого дефекту є незадовільна експлуатація колії. Спостерігаються менше ніж у 1 % випадків.

А також 22.2, що спостерігається у приблизно 16 % випадків та 12.1, що спостерігаються менше ніж у 1 % випадків.

На рис. 16 наведені дані, що показують кількість дефектів шпал з позначенням заводу-виробника і термін їх бездефектної експлуатації.

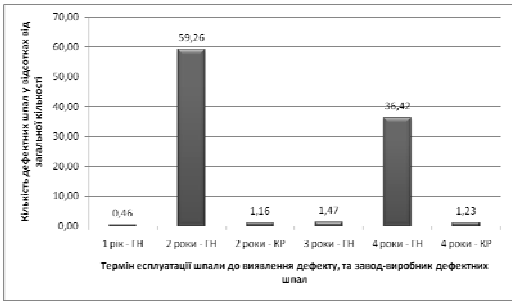


Рис. 16. Кількість дефектних шпал, що були виявлені на 1, 2, 3 та 4 роки експлуатації у відсотках від загальної кількості дефектних шпал та заводу-виробника

З рис. 16 видно, що майже 60 % від кількості дефектних шпал, що були вкладені у верхню будову колії на даній дистанції у 2006 році, вийшли з ладу на 2-ий рік експлуатації, що свідчить про порушення технології виготовлення шпал та застосування сировинних матеріалів, що непридатні для даного виробництва.

На рис. 16 наведені дані, що кількісно вказують на причини виникнення дефекту шпал, в залежності від заводу виробника.

Таким чином, з результатів аналізу видно, що руйнування залізобетонних шпал на Південній, Південно-Західній та Придніпровській залізницях обумовлено в основному технологічними недоліками їх виробництва.

Надійшла до редколегії 13.06.2011.
Прийнята до друку 27.06.2011.