

Геннадій Талавіра  
Володимир Демченко  
Олександр Козуч

## ДОВГОВІЧНІСТЬ СУЧАСНИХ ПРОГОНОВИХ СПОРУД ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТІВ

*В статті подана система типизації залізобетонних прогонових споруд залізничних мостів та нова шифрована система позначення дефектів, які призначені для підвищення довговічності мостів і якості робіт поточного утримання.*

*В статье представлена система типизации железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов и новая шифрованная система обозначения дефектов, которые предназначены для повышения долговечности мостов и качества работ текущего содержания.*

*This paper presents a system typyzatsiyi concrete spans of railway bridges and new encrypted system indicate defects that prednaznachenni to improve the durability of bridges and works as a current deduction.*

**Ключові слова:** залізобетонна прогонова споруда, довговічність, дефектність, типизація.

**Постановка проблеми.** На залізницях України в даний час експлуатується більш 80000 штучних споруд, серед яких 7732 моста, у тому числі 24 позакласних і 288 великих. В основному більшість з них було побудовано 50 років тому. У даний період більше, ніж 50% від загальної кількості мостів це дефектні і слабкі, котрі з труднощами переробляють нормативне залізничне навантаження класу С14.

Останніми роками нестача коштів на будівництво нових залізничних мостів примушує відповідальніше відноситися до експлуатаційної роботи, якості її змісту і своєчасному усуненню пошкоджень. Науковці залізничної галузі наполегливо шукають шляхи подовження терміну служби залізничних мостів, завдяки застосуванню науково обґрунтованих методів. Тому значно підвищується значення якості обліку дефектів, переробки отриманої інформації з метою виявлення причин їх появи. Це може дозволити планувати своєчасне проведення ремонтів залізничних мостів, прогнозувати ймовірність їх бездефектної роботи, значно понизити витрати на проведення профілактичних ремонтів, і зробить можливим продовження довговічності. Залізничні мости складають певну долю основних виробничих засобів (ОВЗ) залізниць. Експлуатаційні якості цих споруд істотно впливають на фондівдачу і показники економічної ефективності залізниць. Необхідно сказати, що разом з цим, ці компоненти ОВЗ найбільшою мірою схильні до руйнівних дій докільля і найменшою мірою забезпечені засобами захисту від цих дій.

© Талавіра Г. М., Демченко В. О., Козуч О. Й., 2013

---

---

Неблагополучний стан, за дефектністю, залізничних мостів є причиною зниження проектної пропускної і провізної спроможності залізничних ліній і підвищення собівартості перевезень. Довжина мостів та шляхопроводів не може порівнюватись з довжиною колії, але їх питома капіталоемність набагато перевищує капіталоемність інших колійних споруд. Тому показники довговічності мостів, мають дуже значне економічне наповнення і повинні регламентуватися в такому ж ступені, як і показники експлуатаційної надійності інших колійних споруд.

Керівні документи Укрзалізниці не дозволяють оцінювати довговічність експлуатованих мостів, включаючи їх залишковий ресурс. Незважаючи на встановлений порядок проведення оглядів і фіксації виявлених дефектів, питому вагу споруд, знос яких перевищує 50% [1], з кожним роком зростає середній фактичний термін служби залізничних мостів, який на сьогодні складає 40 років, але навіть цей термін є доволі далеким до встановлених зарубіжних норм 80–100 років.

Нині проектування нових і реконструкція існуючих мостів виконуються відповідно до [2], а нагляд і експлуатація, згідно з [3]. У цих документах довговічність трактується дуже розпливчато. Згідно з цими документами, надійність і довговічність споруд захищені від дії лише чинників, які погрожують втратою міцності, жорсткості, витривалості і тріщиностійкості від дії експлуатаційних навантажень.

Але, окрім вказаних, є також чинники, які впливають в першу чергу на збереження споруди і діють на залізничний міст, який навіть не експлуатується. Це дія зовнішнього середовища та міра забезпеченості конструкцій захистом від цієї дії на момент введення в експлуатацію. Поведінка споруд в реальних умовах експлуатації обумовлена впливом ряду випадкових чинників. Тому багато фахівців вважають, що розрахунки довговічності залізничних мостів необхідно робити, базуючись на використанні імовірнісних методів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Починаючи з 1930 р., робляться спроби кількісного визначення довговічності залізничних мостів різними методами математичної статистики, а в останні роки і методами теорії надійності. Ще В.В. Болотіним [4–6] сформульовані положення, які до теперішнього часу є основними при розрахунках будівельних і мостових конструкцій імовірнісними методами. Цим питанням присвячені також роботи А.Р. Ржаницина, В.О. Осипова, В.П. Чиркова, Л.І. Юсильовського, А.А. Петропавловського, В. І. Куліша, А. І. Лантуха-Лященко, А. І. Паламаренка, В. Л. Горобця, В. І. Борщова та ін.

**Загальна проблема.** При аналізі наукових праць вищезгаданих вчених варто відмітити, що для нормування довговічності залізничних мостів потрібна наявність вичерпної інформації про матеріал, навантаження, геометричні розміри, дефекти та інші параметри залізничних мостів, які експлуатуються, зібрати їх єдину базу даних.

**Постановка завдання.** У статті зроблена спроба застосування статистичного аналізу до великого масиву даних про дефекти реально існуючих балочних залізобетонних прогонових споруд на залізницях України з дослідженням переважного впливу різних чинників на їх появу.

**Основна частина.** Надійність мостових об'єктів розглядається як комплексна властивість, яка визначається такими показниками: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереження властивостей в часі (для об'єктів, що підлягають зберіганню і транспортуванню).

Безвідмовність – це властивість об'єкта безперервно зберігати свої характеристики впродовж деякого часу.

---

---

Поняття «відмова» трактують, як подію, що полягає в порушенні працездатності об'єкта, і є аналогом терміну «настання граничного стану». Граничний стан конструкції визначається залежно від її схемо-конструктивних особливостей, режиму експлуатації і сфери використання. Граничний стан ремонтпридатних конструкцій визначається неефективністю їх подальшої експлуатації через старіння і частих відмов або збільшення витрат на ремонт. Граничний стан може також визначатися моральним старінням.

У залізничних мостових конструкціях відмови класифікуються за такими категоріями: за характером появи – раптовий, та такий, що поступово розвивається; за можливістю використання споруди після відмови – можливість використання та неможливість використання; за зв'язком з іншими можливими відмовами – незалежною та залежною; наслідок появи відмови конструкції – технологічна та експлуатаційна.

Довговічність – властивість мостової конструкції зберігати працездатність до настання граничного стану зі встановленою системою технічного обслуговування і ремонтів. Розрізняють показники довговічності, які характеризують довговічність по напрацюванню і по календарному часу служби.

Показник, що характеризує довговічність конструкції по напрацюванню, називається ресурсом. Показник, що характеризує довговічність по календарному часу, називається терміном служби. Розрізняють ресурс і термін служби: до першого капітального ремонту; між капітальними ремонтами; до вибраковування конструкції.

Довговічність мостових споруд – це граничний термін служби, впродовж якого вони зберігають необхідні експлуатаційні якості. Розрізняють довговічність моральну і фізичну. Моральна довговічність (термін морального зносу) характеризується терміном служби споруди до того моменту, коли вона перестає відповідати умовам експлуатації або режимам змінних технологічних процесів. Фізична довговічність визначається тривалістю зносу основних несучих конструкцій під дією навантажень і фізико-хімічних чинників. При цьому деякі конструктивні елементи і частини будівель і споруд можуть мати меншу довговічність і замінюватися при капітальних ремонтах.

Поведінка мостових конструкцій в реальних умовах експлуатації обумовлена впливом випадкових чинників. Тому розрахунки надійності і довговічності слід робити, ґрунтуючись на імовірнісних методах. Цій темі присвячені праці багатьох учених, які протягом багатьох років досліджують можливість розрахунків споруд методами теорії імовірності і надійності. Серед них фундаментальні праці члена-кореспондента АН СРСР В. В. Болотіна [4, 5, 6], А. Р. Ржаницина [7] в області надійності і довговічності будівельних конструкцій, якими нині керуються багато учених при розробці імовірних методів розрахунку штучних мостових споруд. Останніми роками методи теорії імовірності і надійності отримали своє застосування і при розрахунках мостів на міцність, витривалість, стійкість. Ведуться розробки по нормуванню надійності і довговічності шляхом вірогідного аналізу дефектів. Оскільки поява дефектів – процес випадкового характеру, а надійність конструкції залежить від її справного технічного стану то, виходячи з положень теорії імовірності, поява певного виду дефектів через певний час можливо прогнозувати.

Для вирішення завдань по надійності і довговічності конструкцій мосту необхідно мати велику початкову інформацію. Передусім, необхідно накопичити, проаналізувати і піддати ретельній статичній обробці інформацію про змінні чинники (навантаження, матеріал, геометричні розміри споруди), які надалі будуть використані в розрахунках.

---

---

Життєвий цикл будь-якого мосту можна розділити на три якісно різних стадії.

1. Проектування мосту. 2. Будівництво мосту. 3. Експлуатація мосту.

На підставі багаторічного досвіду обстежень і випробувань мостів, можна стверджувати, що переважне число дефектів і ушкоджень, які накопичуються до моменту припинення експлуатації моста, може належати до впливу чинників, що діють на тій або іншій стадії існування мосту, але є надзвичайно рідкісні випадки, коли причину відмови або заміни мосту неможливо встановити. Зовнішній вигляд конструкції до моменту виникнення граничного стану в концентрованій формі відбиває набір ушкоджень.

Для отримання статистично достовірних характеристик дефектів балочних залізобетонних прогонових споруд залізничних мостів необхідно провести роботу по збиранню інформації. Дані беремо із звітів про суцільні обстеження, які виконуються службами колії відділень залізниць. Такий підхід одночасно дає можливість оцінити якість системи обліку і нагляду за мостовими спорудами, прийнятою на інших дорогах. На основі отриманої інформації треба створити базу дефектів залізобетонних прогонових споруд залізничних мостів, виключаючи позакласові великопрогонові мости через їх унікальність. Тому коло досліджуваних об'єктів може бути обмежене мостами із залізобетонними прогоновими спорудами, які мають розрахункові прогони до 42 м. Сталезалізобетонні мости не розглядаються, зважаючи на їх нечисленність. У результаті, досліджувані об'єкти є балочними прогоновими спорудами із звичайного або попередньо напруженого залізобетону.

Для аналізу впливу найрізноманітніших чинників, складений перелік параметрів за кожним мостовим переходом:

**Місцерозташування мосту :**

1. Залізниця.
2. Дистанція колії.
3. Ділянка.
4. Пікет.
5. Колія (парна, непарна, одноколійна, під'їзна, станційна).
6. Назва водної перешкоди (якщо вона є).
7. Кількість прогонів.

**Загальні дані:**

8. Вантажонапруженість ділянки залізниці.
9. Кількість пропущеного тоннажу.
10. Швидкість пасажирських потягів.
11. Швидкість вантажних потягів.
12. Наявність обмеження швидкості.
13. Причина введення обмеження швидкості.

**Колія та мостове полотно:**

14. Кількість колій на мосту.
15. Подовжній ухил.
16. Радіус кривої.

**Прогонові споруди:**

17. Номер прогону.
  18. Тип прогонової споруди.
  19. Вид їзди.
  20. Тип мостового полотна.
  21. Тип поперечного перерізу.
-

- 
22. Матеріал прогонової споруди.
  23. Розрахункові норми проектування.
  24. Повна довжина прогонової споруди.
  25. Розрахунковий прогін.
  26. Розрахункове навантаження.
  27. Рік будови (виготовлення).
  28. Рік введення в експлуатацію.
  29. Клас плити баластного корита.
  30. Клас головних балок прогонової споруди.
  31. Проектна організація проектування прогонової споруди.
  32. Інвентарний номер типового проекту.
  33. Будівельна організація.

**Інші відомості:**

34. Рік останнього огляду.
35. Рік чергового огляду.
36. Ушкодження прогонової споруди, якщо було.
37. Опис ушкодження та методи його усунення.
38. Наявність технічної документації.
39. Опис технічної документації.
40. Дата проведення ремонтних робіт.
41. Характер ремонтних робіт.
42. Наявність обслуговуючого персоналу.
43. Витрати на поточне утримання.
44. Витрати на ремонти.
45. Термін експлуатації до введення обмеження швидкості через дефектність.

Система обліку і нагляду за залізничними мостами не забезпечувала накопичення даних про дефектність мостів по усій мережі залізниць України за увесь період існування цієї системи. Обмеження проводились за одним якимось обсягом даних. Виходячи з міркувань отримання теоретичних і практичних корисних результатів, потрібне створення статистичної картини дефектності на усіх залізницях і дослідження процесу накопичення дефектів мостових споруд в часі.

Узагальнюючи дані науково-технічних звітів про обстеження мостів, виконаних службами колій відділень доріг, можна представити таку картину вичерпання довговічності при незмінному експлуатаційному навантаженні:

вичерпання витривалості арматури в результаті втомних процесів, що проявляються в появі тріщин і розриві стержнів; розтріскуванні прилеглих зон бетону;

вичерпання витривалості бетону стислої зони з появою тріщин і викришуванням; вилугування бетону з появою плям, стоків і сталактитів; поява тріщин, розморожування зовнішніх шарів бетону, відкол і відшарування бетону, оголення робочої арматури, корозія арматурних стержнів або пучків;

руйнування ослабленого бетону стислої зони, розриви стержнів робочої арматури, проволоки в пучках;

карбонізація захисного шару бетону з подальшим його відшаруванням і корозією оголеної арматури.

Перші два прояви можна віднести до природної втрати довговічності. Вони залежать від рівня експлуатаційного навантаження і часу наробки прогонової споруди.

---

Таким чином, усе різноманіття вказаних вище чинників впливу на довговічність, кінець кінцем, проявляється в перевантаженості яких-небудь елементів в порівнянні з проектними даними.

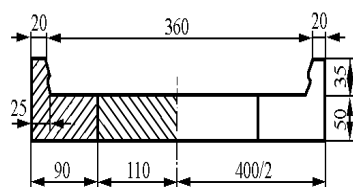
У результаті вивчення дефектів залізобетонних прогонових споруд по звітах про обстеження і відповідно до переліку в [8] складений загальний список характерних дефектів балочних залізобетонних прогонових споруд залізничних мостів, які експлуатуються на залізницях України, для подальшого їх аналізу. З метою спрощення документування, кожному виду дефектів може бути присвоєний шифр (табл. 1).

Таблиця 1. Таблиця дефектів

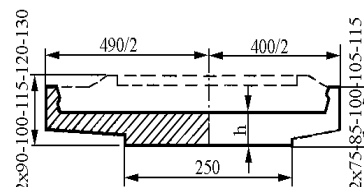
Найменування дефекту	Шифр дефекту
1	2
<b>А. Колія на мосту</b>	
Недостатня товщина баластного шару під шпалою	01
Зміщення вісі колії з віссю прогонової споруди	02
Розлад в перекритті деформаційних швів	03
Надмірна товщина баластного шару під шпалою	04
Недостатня величина деформаційних швів	05
<b>Б. Водовідведення</b>	
Відсутність або ушкодження водовідвідних трубок	06
Не закладені отвори навколо водовідвідних трубок	07
Засмічення входних отворів водовідвідних трубок	08
Недостатня довжина водовідвідних трубок	09
Застій води у баластному кориті	10
Корозія водовідвідних трубок	11
<b>В. Гідроізоляція</b>	
Окремі сухі потьoki вилуговування розчину	12
Вилуговування розчину :	
а) в зоні обпирання прогонової споруди	13
б) в стінці ребер	14
в) в зоні діафрагм	15
г) в зоні подовжнього стику	16
д) в плиті баластного корита між балками	17
е) в зовнішніх консолях плити	18
ж) в шарнірах відкидних консолей	19
Порушення гідроізоляції	
а) плити баластного корита	20
б) плити на консолях	21
<b>Г. Стан бетону</b>	
Не закладені отвори для стропування	22
Пошкодження бетону без оголення арматури	23
Пошкодження бетону з оголенням арматури	24
Недостатня товщина захисного шару бетону	25
Руйнування захисного шару з оголенням арматури	26
Руйнування бетону шарнірів відкидних консолей	27
Руйнування бортів плити баластного корита	28

Закінчення табл. 1	
<b>Д. Стан арматури</b>	
Оголення нижньої робочої арматури	29
Корозія:	
а) хомутів	30
б) робочої арматури нижнього пояса	31
в) арматури плити баластного корита	32
Обрив арматури в зоні шарнірів	33
Розрив окремих стержнів робочої арматури	34
<b>Е. Тріщини в елементах прогонових споруд</b>	
Тріщини з розкриттям до 0,3 мм	35
Усадкові тріщини	36
Поперечні тріщини в нижніх поясах прогонових споруд	
а) силові з розкриттям до 0,3 мм	37
б) силові з розкриттям більше 0,3 мм	38
Похилі тріщини в ребрі в зоні спирання ребра	39
Вертикальні тріщини в стінці ребра	40
Вертикальні тріщини ребра з переходом на плиту	41
Подовжні тріщини в консолях плити	42
Поперечні тріщини в консолях плити	43
Тріщини в плиті між ребрами	44
Подовжні тріщини в примиканні плити до ребра	45
Подовжні тріщини в нижніх поясах головних балок	46
Горизонтальні тріщини на торцях балок	47
Тріщини в зонах установки опорних частин	48
Тріщини в зонах омоноличивання елементів	49
<b>Ж. Технічна документація</b>	
Відсутність технічної документації	50
Відсутність книги штучної споруди	51
Невірне ведення технічної документації	52
Порушення термінів огляду	
а) дистанцією колії	53
б) відділом інженерних споруд служби колії	54

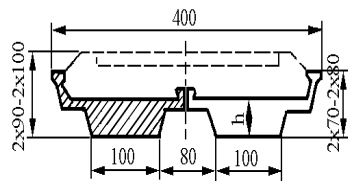
Усі різновиди балочних залізобетонних прогонових споруд необхідно класифікувати по типах (рис.1 – 3) з присвоєнням шифру. Для зручності аналізу, усі 13 типів прогонових споруд було об'єднано у 3 групи: плитні, ребристі і попередньо-напружені.



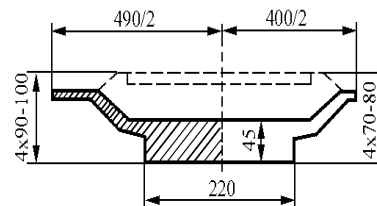
Тип 1. ЛТМП, 1937 г.



Тип 2. ЛТМП, (инв. №0474), 1941 г.



Тип 3. ЦПКБ, 1946 г.



Тип 4. ЛТМП, (инв. №4769), 1952 г.

**Рис.1. Плитні прогонові споруди**

Введення інформації по кожному мостовому переходу треба організувати в електронному вигляді таблиці Excel і для подальшого аналізу в інтегровану систему Statistica для комплексного статистичного аналізу і обробки даних в середовищі Windows.

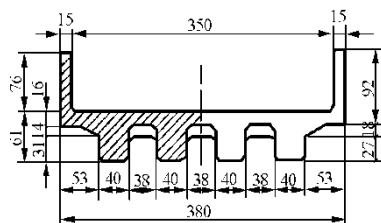
При зборі інформації відразу ж виявилася її недостатність і невисока якість. Попри те, що чинними правилами передбачена абсолютно певна бланкова система збору даних про дефекти мостів, що передбачає відповіді на типові питання по усій сукупності деталей мостів, фактично усі звіти про обстеження є короткою згадкою про помічені дефекти, причому окремому мосту присвячується всього декілька рядків. Крім того, з'ясувалося, що працівники мостовипробувальних станцій залізниць допускають ігнорування звичних дефектів, звертаючи увагу тільки на ті, які погрожують безпеці руху поїздів.

**Висновки.** За результатами аналізу документації з обстеження мостів і фіксування дефектів прогонових споруд можна стверджувати, що ця робота проходить на різних відділеннях залузниці по-різному, але варто відзначити, що помилки обстежень є випадковими і розподілені за нормальним законом:

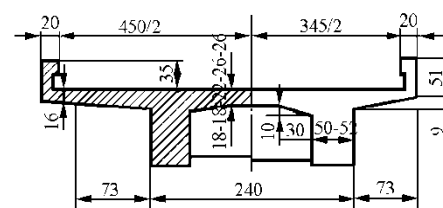
представлене розділення дефектів за характером та місцем появи та нова типізація залізобетонних прогонових споруд дозволить більш якісне планування робіт з експлуатації та подовження довговічності;

гіпотеза про наявність залежності між терміном служби, типом прогонових споруд і частотою появи дефектів підтверджується;

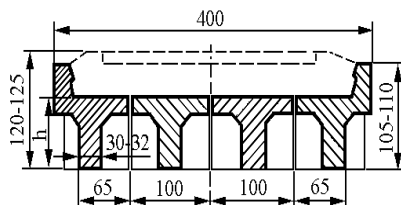
доцільне введення поданої системи позначення дефектів залізобетонних прогонових споруд для уніфікації даних по всіх залізницях України.



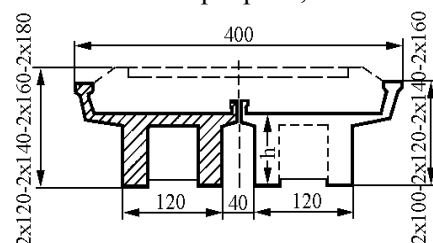
Тип 5. Ребристі п. с., 1911 г.



Тип 6. Гіпротранс, 1931 г.

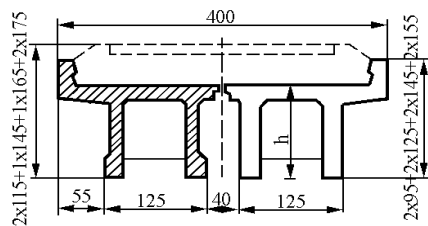


Тип 7. ЛТМП, (инв. №2076), 1945г.

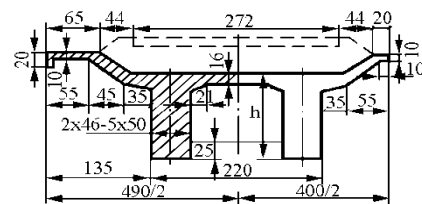


Тип 8. ЦПКБ, 1946 г.



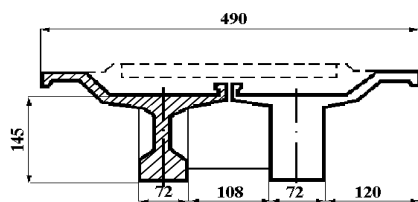


Тип 9. Главжелдорстрой,  
(инв. №3740), 1948 г.

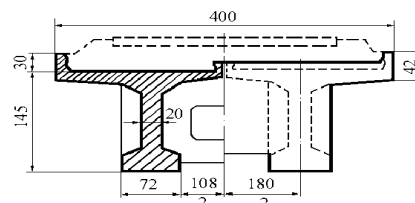


Тип 10. ЛТМП, (инв. №6503), 1954 г.

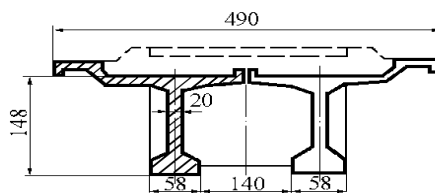
**Рис. 2. Ребристі прогонові споруди**



Тип 11. ЛТМП (инв. №5037),  
1958 г.



Тип 12. ЛТМП, 1962 г.



Тип 13. ЛТМП, 1962 г.

**Рис.3. Попередньо напружені прогонові споруди**

## ЛІТЕРАТУРА

1. Хидекелі А. Совет для починки «тришкина кафтана» // Зеркало недели. – 2001. - №8(332). – С. 12.
2. СНиП 2.03-05-91. Мосты и трубы. Нормы проектирования. – Взамен СНиП II-Д.7-62\*, СН 200-62 и СН 365 – 67; Введ. 01.01.86. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 200 с.
3. Інструкція по утриманню штучних споруд: Затверджено Головн. упр. колійного госп. Укрзалізниці 27.04.99. – К.: Транспорт України, 1999. – 96 с.
4. Болотин В. В. Статистические методы в строительной механике. – М.: Стойиздат, 1965. – 279 с.
5. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1982. – 351 с.
6. Болотин В. В. Современное состояние теории надежности и статистической механики конструкций // Проблемы надежности в строительной механике. – Вильнюс: Типография Вайздас, 1968. – С. 7 – 13.
7. Ржаницин А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.
8. Положение по оценке состояния и содержанию искусственных сооружений на железных дорогах СССР. – М.: Транспорт, 1991. – 12 с.
9. Борцов В. И., Паламаренко А. И., Соломка В. И., Вышкварок О. П. Анализ методом теории надежности дефектов и вероятности их появления в эксплуатируемых железобетонных пролетных строениях железнодорожных мостов // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2000. – № 59. – С. 12 – 21.
10. Скородумов И. Г. Определение срока службы мостов из железобетона // Исследование долговечности и экономичности искусственных сооружений. – Л.: ЛИИЖТ, 1983. – С. 121 – 125.