

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК [624.21:745.1-027.45/.047.36]

О. О. ДАВИДЕНКО

* Кафедра «Мости та тунелі», Національний транспортний університет, вул. Суворова 1, Київ, Україна, 01010, тел. +38 (050) 471 33 99, ел. пошта alexsandros@inbox.ru, ORCID 0000-0003-0176-3256

МОНІТОРИНГ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ УКРАЇНИ

Мета. Надати узагальнений огляд національної нормативно-методичної бази експлуатації автодорожніх мостів, наукові засади в сфері управління надійністю і довговічністю автодорожніх мостів України та аналіз їх технічного стану в 2010-2014 рр. **Методика.** Теоретичне дослідження. **Результати.** Виконаний в рамках цього дослідження аналіз даних з оцінки і прогнозу технічного стану залізобетонних автодорожніх мостів дає підставу стверджувати, що прийнята в ДСТУ-Н гіпотеза про постійну швидкість деградації не підтверджується. **Наукова новизна.** Вперше виконано моніторинг експлуатації автодорожніх мостів, який служить підґрунтям для перевірки прийнятих теоретичних засад оцінки технічного стану та формулювання нових. **Практичне значення.** Отримані результати являються практичним інструментом управління надійністю і ресурсом залізобетонних автодорожніх мостів.

Ключові слова: автодорожні мости; довговічність; життєвий цикл; залишковий ресурс

Вступ

Стаття присвячена проблемі контролю і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів України. В останні 15-20 років проблема безпечної експлуатації мостів загострилася у зв'язку з низкою несприятливих чинників. Серед них – недостатнє фінансування дорожньої галузі, слабо розвинена система експлуатації автодорожніх мостів, криза в економіці.

За розвитком дорожньої мережі Україна посідає одне із останніх місць в Європі. Так, наприклад, показник кількості доріг з твердим покриттям на 1000 жителів у Франції складає 14,2 км, в Україні – 3,2 км. В цих умовах мости виявляються найбільш слабкою ланкою транспортного ланцюга. Реконструкція або капітальний ремонт моста паралізує відносно велику частку транспортної мережі, порушує товарообіг з Європою, значно впливає на економіку, як правило, великого за площею прилеглого регіону. Сьогодні автодорожні мости мають бути предметом особливої уваги як потенційне джерело економічної і соціальної небезпеки.

Вважається, що довговічність залізобетонних мостів, запроектованих відповідно чинних нормативних вимог, має складати, в залежності від типу прогонової будови, не менше 70-100

років. В дійсності приходиться констатувати, що середній термін служби залізобетонних прогонових будов мостів України не перевищує 50-55 років. Поряд з цим, слід наголосити, що 10-12 років тому, галузь транспортного будівництва мала застарілу нормативну базу, яка за своїм теоретичним базисом суттєво відставала від європейської. Державних будівельних норм з експлуатації транспортних споруд в Україні раніше не було взагалі. Були відомчі інструкції, які не могли в нових умовах задовольнити потреб галузі.

Останнім часом положення докорінно змінилося. Станом на початок 2010 р. науковці кафедри «Мости і тунелі» Національного транспортного університету, Державного дорожнього науково-дослідного інституту ім. М. Шулгіна, Інституту електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України склали повну нормативну [2, 5, 6, 7, 8] і методичну [11, 12, 17, 18, 19] базу системи експлуатації мостів, яка ґрунтується на новітніх наукових засадах [1, 3, 4, 13-23].

Метою цієї статті є надати узагальнений огляд наукових розробок останніх років, спрямованих на створення національної нормативної бази експлуатації автодорожніх мостів та методики управління мостами, що знаходяться

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

в експлуатації. Поряд із науковим теоретичним надбанням останніх років, в сфері управління надійністю і довговічністю автодорожніх мостів, надається аналіз технічного стану автодорожніх мостів України в 2010-14 рр.

Мета дослідження

Глобальною метою представленого дослідження є узагальнений огляд національної нормативно-методичної бази експлуатації автодорожніх мостів, наукові засади в сфері управління надійністю і довговічністю автодорожніх мостів України та аналіз їх технічного стану в 2010-14 рр. Ставиться завдання підтвердження можливості для створення високоефективної європейської системи експлуатації автодорожніх мостів на основі програмного комплексу АЕСУМ.

Формулювання завдання дослідження

Центральною науковою проблемою системи експлуатації мостів є проблема оцінки та прогнозу технічного стану залишкового ресурсу мостів, яка стала особливо актуальною в останні 20 років. Чинні до 2002 року будівельні норми України не надавали ні методології оцінки залишкового ресурсу ні критеріїв оцінки технічного стану мостів, що знаходяться в експлуатації.

Сьогодні, вперше на терені країн СНД, ми маємо пакет нормативних документів з оцінювання і прогнозування технічного стану мостів. Центральне місце в системі експлуатації займає документ ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2013 «Настанова

з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» [12], початком становлення якого було надання чинності в 2002 р. відомчому нормативному документу ВБН В.3.1-218-174-2002 «Оцінка технічного стану автодорожніх мостів, що експлуатуються» [2]. Теоретичною базою нормативного документу є новітня модель оцінки та прогнозу залишкового ресурсу елементів мостів, сформульована в роботах [13, 14, 15, 16].

Наступні гіпотези становлять теоретичну базу моделі.

А. Критерієм технічного стану елемента є *числовий параметр надійності* який в моделі виконує дві функції:

- служить кількісною інтегральною оцінкою технічного стану споруди в процесі експлуатації;
- дає можливість прогнозувати технічний стан в майбутньому, тобто прогнозувати залишковий ресурс елементів споруди.

Б. Ідейною основою є поділ елементів споруди на дискретні стани їх деградації та визначення надійності елементів в кожному із станів.

Процес деградації елемента протягом життєвого циклу описується моделлю, яка базується на теорії випадкових марковських процесів. Життєвий цикл елемента поділено на 5 дискретних станів, які наведені в табл. 1. Кожен із станів описується добіркою якісних та кількісних показників деградації, що характеризують ієрархію відмов елемента [19].

Таблица 1

Номер і назва експлуатаційного стану	Загальна характеристика стану
1. Справний	Елемент відповідає всім вимогам проекту та чинних норм експлуатації.
2. Обмежено справний	Елемент частково не відповідає вимогам чинних норм, проте не порушуються вимоги ані першої, ані другої груп граничних станів.
3. Працездатний	Елемент частково не відповідає вимогам проекту і чинних норм, не порушуються вимоги першої групи граничних станів. Можливе часткове порушення вимог другої групи граничних станів, якщо це не обмежує нормального функціонування споруди.
4. Обмежено працездатний	Елемент експлуатується в обмеженому режимі і вимагає спеціального контролю за його станом. Потребується капітальний ремонт.
5. Несправний	Елемент має ознаки порушень вимог першої групи граничних станів і з'ясовується неможливість їх запобіганню та необхідність припинення експлуатації елемента.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Задача оцінки надійності споруди формулюється як визначення ймовірності переходу системи з дискретного стану S_i в S_{i+1} , $i = 1, 2, \dots, 5$ за умови, що час переходу є неперервна функція. В такій постановці знос елементів споруди трактується, як *дискретний марковський процес з безперервним часом*.

Ймовірності марковського ланцюга (матриця перехідних ймовірностей) $p_1(t)$, $p_2(t)$, ..., $p_n(t)$ – функції часу, визначаються розв'язком системи диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\frac{dp_{ij}(t)}{dt} = \sum_k \lambda_{ik} p_{kj}(t), \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

при початкових умовах $p_{ij}(0) = \delta_{ij}$, де δ_{ij} – символ Кронекера.

Матриця перехідних ймовірностей дає можливість визначити надійність елемента в кожному із експлуатаційних станів [2, 12] за відомою швидкістю деградації (інтенсивністю відмов) λ . Визначається швидкість деградації за даними результатів обстежень споруди, на основі експертної класифікації експлуатаційного стану.

Модель деградації елемента, тобто перехід з одного експлуатаційного стану до іншого, описується як процес Пуассона з дискретними станами та неперервним часом:

$$P_i = 1 - 0,00833(\lambda t)^5 \exp(-\lambda t), \quad (2)$$

де P_i – надійність елемента в i -му експлуатаційному стані – ймовірність того, що елемент перейде в стан k протягом часу $t < T_k$; λ – параметр, швидкість деградації; t – час.

Залежністю (2), при заданій швидкості деградації λ , встановлюється зв'язок між надійністю елемента P_i в i -му стані та часом t , що пройшов від початку експлуатації до стану $i = 2, \dots, 5$.

Розв'язок рівняння (2), відносно невідомої t – часу експлуатації, може бути отриманим при відомому параметрі λ який знаходиться для елемента з рівняння (2), як його розв'язок при відомих початкових умовах [17]. Таким чином, залежність (2) дає змогу знайти час переходу з одного стану в інший при заданому параметрі

λ . Вперше цей підхід було запропоновано 1999 р. в роботі [16].

Залишковий ресурс елемента визначається із рівняння деградації (2), за відомою в i -тому стані надійністю елемента – $P_{t,i}$ та параметром інтенсивності відмов елемента λ_i . Вихідними даними для визначення залишкового ресурсу є надійність елемента $P_{t,i}$ та час, що пройшов від початку експлуатації до стану i – t_i . Ці дані отримуються експертом на підставі оглядів і обстежень та класифікації дискретного стану згідно рекомендацій ДСТУ-Н [12].

Методичне забезпечення системи експлуатації автодорожніх мостів

Ядром методичного забезпечення системи експлуатації автодорожніх мостів є нормативний документ ДСТУ-Н [12] та програмний комплекс Укравтодору «Аналітична експертна система управління мостами» (ПК АЕСУМ). В умовах сьогодення ПК АЕСУМ розглядається як універсальний інструмент системи експлуатації мостів, їх моніторингу і підтримання в безпечному для експлуатації стані [1]. Розроблений на новітніх наукових засадах та сучасному нормативному забезпеченні системи експлуатації автодорожніх мостів ПК АЕСУМ нині став класичним зразком застосування сучасних інформаційних технологій для моніторингу технічного стану мостів, прогнозу ресурсу та безпеки експлуатації, обґрунтування стратегій ремонтів і реконструкції в умовах обмеженого фінансування.

Від широкого впровадження ПК АЕСУМ очікується значний соціально-економічний ефект за рахунок оптимального використання коштів на ремонт та реконструкцію, контролю безпечної експлуатації споруд, подовженню їх залишкового ресурсу і, тим самим, збільшення пропускної спроможності транспортної мережі України.

Глобальною метою АЕСУМ є автоматизація процесу *управління мостами*, тобто комп'ютерної реалізації сучасної інформаційної методології планування, керівництва, координації людських і матеріальних ресурсів, пошуку оптимальної стратегії фінансування експлуатаційних заходів протягом життєвого циклу моста, спрямовану на ефективне

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

підтримання мостів в безпечному для експлуатації стані.

Програмний комплекс АЕСУМ запроєктовано як систему рівня мережі. Комплекс містить, окрім повних даних рівня елементів споруди, всю необхідну інформацію відносно доріг та передбачає інформаційний зв'язок з програмними комплексами управління дорогами та дорожнім одягом доріг Укравтодору. В програмному комплексі реалізовано все нормативне забезпечення, розроблене в останні 5-6 років. Функціонально це експертна програма, яка генерує інформацію для прийняття управлінських рішень в системі експлуатації мостів.

Передбачається, що програмний комплекс експлуатується на всіх рівнях управлінської вертикалі експлуатації мостів Укравтодору. Це означає, що система використовується в апараті Укравтодору, в обласних та районних дорожніх організаціях. Структура банку, формати даних, набір функцій користувача є незмінним і не залежить від рівня користувача ПК АЕСУМ. Банк даних складається з великої кількості графічної, текстової, числової інформації [1].

Програмний комплекс сьогодні містить близько 40 функцій двох груп: інформаційні та аналітичні експертні, якими генеруються рекомендації з управління мостами. Домінуючими в ПК АЕСУМ є аналітичні експертні функції. Головні з них:

- формалізована оцінка експлуатаційного стану автодорожніх мостів;
- прогноз залишкового ресурсу споруди;
- формалізована експертна оцінка (рейтинг), що служить для ранжування мостів у рамках дорожньої мережі за потребою ремонту або реконструкції;
- оцінка безпеки руху по споруді;
- аналіз вантажопідйомності мостів та можливості пропуску понаднормативних вантажів;
- генерація рекомендації з стратегії експлуатації та оптимізація витрат на ремонт і реконструкцію;
- економічний прогноз, моделювання соціальних наслідків закриття мосту на ремонт.

Сьогодні ПК АЕСУМ містить всю необхідну інформацію для вискоєфективного управління технічним станом автодорожніх мостів України, регулювання фінансовими ресурсами галузі, оптимізації витрат на ремонт і реконструкцію.

Аналіз технічного стану автодорожніх мостів України

Тут представлено дані технічного стану отриманні з вибірки 2012 року – 3965 од. та вибірки станом на 01.01.2015 – 6820 од. автодорожніх мостів. За статистикою на 01.01.2013 в Україні є 16 187 од. (загальною довжиною 384,3 км) автодорожніх мостів підпорядкованих Укравтодору. Технічна оцінка частини мостів, які не відповідають чинним нормативним вимогам експлуатації наведена в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика експлуатаційного стану автодорожніх мостів

Потребують першочергової реконструкції або капітального ремонту	шт.	1 957
	п. м.	54 040
В стадії будівництва, реконструкції або капітального ремонту	шт.	124
	п. м.	9 954

Сьогодні констатується суттєве погіршення стану автодорожньої мережі України в цілому, особливо мостів. Кількість мостів, що потребують ремонту збільшується загрозливими темпами (рис. 1), так в очікуванні ремонту або реконструкції в 2000 році було 274 од. мостів. В 2015 році кількість мостів, що очікують ремонту або реконструкції зросла до 2287 од, тобто в 8 разів.

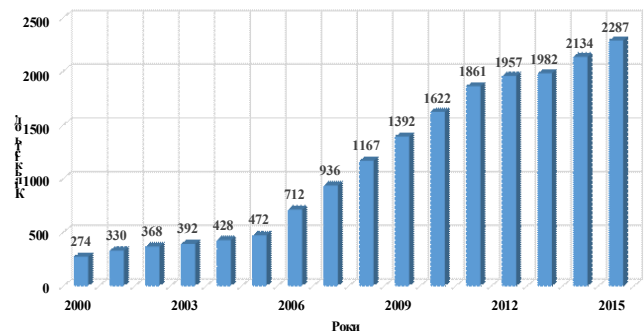


Рис. 1. Динаміка росту кількості мостів, що очікують термінового ремонту

На рис. 2 наведено розподіл за експлуатаційними станами бази АЕСУМ за 2012 та 2014 роки.

Технічний стан залізобетонних мостів характеризується фактичними даними представленими в табл. 3, 4, 5 і 6.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

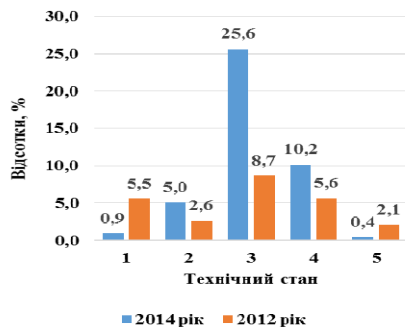


Рис. 2. Розподіл за станами у відсотках, від загальної кількості мостів в базі АЕСУМ

Таблиця 3

Терміни служби залізобетонних мостів за вибіркою на 01.01.2015

Тип прогонових будов мостів	Середньозважене значення μ , роки	Середнє квадратичне відхилення σ , роки
Стан 2		
Монолітні	54	20
Збірно-монолітні	22	20
Збірні	37	16
Всі типи разом	37	19
Стан 3		
Монолітні	60	14
Збірно-монолітні	38	17
Збірні	45	16
Всі типи разом	47	17
Стан 4		
Монолітні	58	12
Збірно-монолітні	49	17
Збірні	49	13
Всі типи разом	52	14
Стан 5		
Монолітні	63	11
Збірно-монолітні	–	–
Збірні	51	13
Всі типи разом	53	13

В табл. 4 наведені дані зміни параметра інтенсивності відмов $\lambda(t)$ протягом середнього часу експлуатації залізобетонних автодорожніх мостів, отримані з вибірки даних АЕСУМ за 2012 та 2014 роки.

Таблиця 4

Середнє значення швидкості деградації

Стан	Монолітні мости		Збірно-монолітні мости		Збірні мости		Всі типи	
	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік
2	0,034	0,016	0,033	0,039	0,033	0,023	0,034	0,023
3	0,029	0,021	0,037	0,033	0,037	0,028	0,034	0,027
4	0,035	0,029	0,044	0,034	0,044	0,034	0,041	0,032
5	0,043	0,033	0,053	–	0,053	0,041	0,050	0,040

Таблиця 5

Середнє значення швидкості деградації

Інтенсивність відмов, λ	Ресурс від початку експлуатації до досягнення верхнього рівня стану i , років			
	Стан 2	Стан 3	Стан 4	Стан 5
Для всіх типів				
0,023	37	55	72	90
0,028	–	47	62	78
0,032	–	–	52	65
0,040	–	–	–	53

Висновки

1. Сьогодні галузь мостів України має повне нормативне і методичне забезпечення для створення високоефективної європейської системи експлуатації автодорожніх мостів.

2. Програмний комплекс АЕСУМ займає центральне місце в системі експлуатації мостів Укравтодору як ефективний інструмент моніторингу технічного стану автодорожніх мостів, управління надійністю і довговічністю, регулювання фінансовими ресурсами галузі, оптимізації витрат на ремонт і реконструкцію.

3. ПК АЕСУМ в останні роки стає достатньо повним базисом для наукових досліджень в теорії експлуатації автодорожніх мостів, служить підґрунтям для перевірки прийнятих теоретичних засад, формулювання нових.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

4. Виконаний в рамках цього дослідження аналіз даних з оцінки і прогнозу технічного стану залізобетонних автодорожніх мостів дає підставу стверджувати, що прийнята в ДСТУ-Н гіпотеза про постійну швидкість деградації не підтверджується.

Це дослідження було виконано під керівництвом доктора технічних наук, професора Лантуха-Лященко А. І. Висловлюю йому мою щирю подяку.

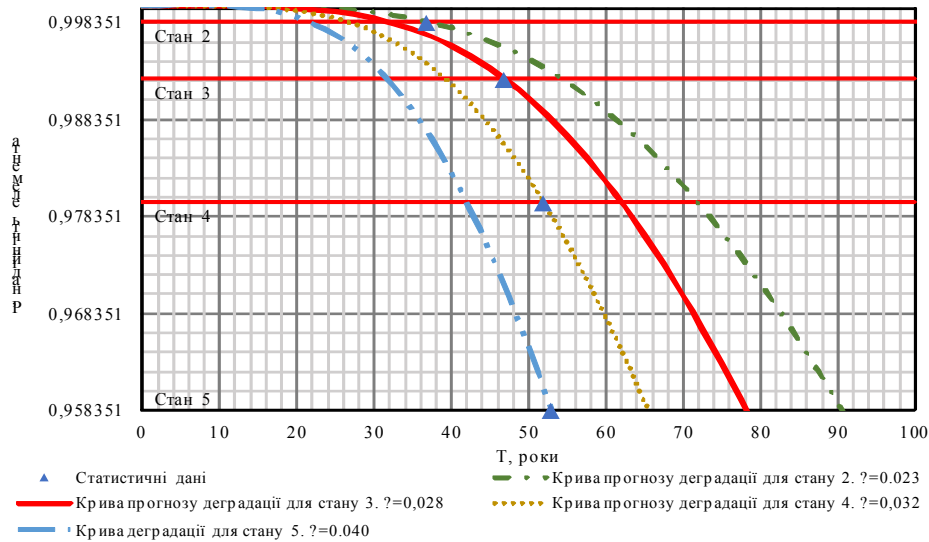


Рис. 3. Середні статистичні дані всіх мостів та прогноз життєвого циклу за вибіркою 2014 р

Таблиця 6

Розподіл залізобетонних мостів за експлуатаційними станами в залежності від типу конструкції прогновної будови

Експлуатаційний стан	Стан 1		Стан 2		Стан 3		Стан 4		Стан 5	
	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік
Монолітні, од.	-	12	85	62	463	541	231	268	77	13
Збірно-монолітні, од.	-	37	308	92	859	209	556	72	198	0
Збірні, од.	-	87	-	608	-	3052	-	1036	-	32
Разом, од.	-	136	393	762	1322	3802	787	1376	275	45

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Боднар, Л. П. Програмний комплекс АЕСУМ. Сучасний стан та концепція подальшого розвитку [Текст] / Л. П. Боднар // Дороги і мости : зб. наук. праць ДерждорНДІ. – Київ, 2010. – Вип. 12. – С. 31-39.
- ВБН В.3.1-218-174-2002 Оцінка технічного стану автодорожніх мостів, що експлуатуються [Текст]. – Київ : Укравтодор, 2002.
- Давиденко, О. О. Оцінка технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу автодорожніх мостів України [Текст] / О. О. Давиденко // Автошляховик України. – Київ, 2014. – Вип. 237. – С. 29-35.
- Давиденко, А. А. Марковские модели накопления повреждений в оценке и прогнозирования технического состояния мостов [Текст] / А. А. Давиденко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 6. – С. 40-47
- ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст]. – Надано чинності 2009-11-11. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

6. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – Надано чинності 2007-02-01. – Київ : Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.
7. ДБН В.2.3-26:2010. Споруди транспорту. Мости і труби. Сталеві конструкції. Правила проектування. Частина 1 і 2 [Текст]. – Надано чинності від 2011-10-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 104 с. і 195 с.
8. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування [Текст]. – Надано чинності 2010-03-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 42 с.
9. Дехтяр, А. С. Планування експлуатації залізобетонних мостів [Текст] / А. С. Дехтяр // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій : V Науковий міжнародний симпозіум : зб. наук. праць. – Львів, 2002. – № 5. – С. 162-168.
10. Дехтяр, А. С. Оптимальні терміни й об'єми ремонтів залізобетонних мостів [Текст] / А. С. Дехтяр // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій : зб. наук. праць. – Львів : Каменяр, 2001. – Вип. 3. – С. 83-86
11. ДСТУ Б.В.2.3-24:2009 Споруди транспорту. Труби дорожні. Обстеження та оцінювання технічного стану [Текст]. – Надано чинності 2009-12-21. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 15 с.
12. ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2013 Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [Текст]. – Надано чинності 2009-11-11. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 49 с.
13. Лантух-Лященко, А. І. До проекту державних будівельних норм з оцінки технічного стану мостів [Текст] / А. І. Лантух-Лященко // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій : зб. наук. праць. – Львів : Каменяр, 2000. – Вип. 2. – С. 78-83
14. Лантух-Лященко, А. І. Наукові розробки з нормативного забезпечення [Текст] / А. І. Лантух-Лященко // Дороги і мости : зб. наук. праць ДерждорНДІ. – Київ, 2003. – С. 76-99.
15. Лантух-Лященко, А. І. Марковські моделі деградації залізобетонних елементів мостів [Текст] / А. І. Лантух-Лященко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – Київ, 2009. – Вип. 2. – С. 22-25.
16. Лантух-Лященко, А. І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації [Текст] / А. І. Лантух-Лященко // Вісник Транспортної Академії України. – Київ, 1999. – Вип. 3. – С. 59-63.
17. СОУ 42.1-37641918 – 093:2012 Мости та труби. Варіантне проектування мостів. – Київ : Укравтодор, 2012.
18. СОУ 45.2-00018112-026:2008 Споруди транспорту. Дефекти автодорожніх мостів. Класифікація. – Київ : Укравтодор, 2008.
19. Янчук, Л. Л. Аналіз тріщиностійкості залізобетонних елементів мостів як практичний апарат прогнозу ресурсу [Текст] / Л. Л. Янчук // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 6 – С. 132-137.
20. Янчук, Л. Л. Обґрунтування моделі прогнозу життєвого циклу залізобетонних елементів мостового переходу [Текст] / Л. Л. Янчук // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка» – Львів, 2010. – Вип. 664. – С. 365-371.
21. Яцко, Ф. В. Довговічність захисного шару залізобетонних елементів мостів [Текст] / Ф. В. Яцко // Вісник Дніпропетровського нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 33. – С. 190-196.
22. Яцко, Ф. В. Прогноз довговічності залізобетонних елементів мостів. Статистичний підхід [Текст] / Ф. В. Яцко // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка» – Львів, 2010. – Вип. 664. – С. 371-378.

А. А. ДАВИДЕНКО*

* Кафедра «Мости и тоннели», Национальный транспортный университет, ул. Суворова 1, Киев, Украина, 01010, тел. +38 (050) 471 33 99, эл. почта alexsandros@inbox.ru, ORCID 0000-0003-0176-3256

МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ УКРАИНЫ

Цель. Предоставить обобщенный обзор национальной нормативно-методической базы эксплуатации автодорожных мостов, научные основы в сфере управления надежностью и долговечностью автодорожных мостов Украины и анализ их технического состояния в 2010-2014 гг. **Методика.** Теоретическое исследование. **Результаты.** Выполненный в рамках этого исследования анализ данных по оценке и прогнозу технического состояния железобетонных автодорожных мостов дает основание утверждать, что принятая в ДСТУ-Н

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

гіпотеза о постоянной скорости деградации не подтверждается. **Научная новизна.** Впервые выполнено мониторинг эксплуатации автодорожных мостов, который служит основой для проверки принятых теоретических основ оценки технического состояния и формулирования новых. **Практическое значение.** Полученные результаты являются практическим инструментом управления надежностью и ресурсом железобетонных автодорожных мостов.

Ключевые слова: Автодорожные мосты; долговечность; жизненный цикл; остаточный ресурс

A. DAVYDENKO*

* Dept. of Bridges and Tunnels, National Transport University, 1, Suvorova str., Kyiv, Ukraine, 01010, tel. +38 (050) 471 33 99, e-mail alexsandros@inbox.ru, ORCID 0000-0003-0176-3256

MONITORING OF SAFE OPERATION OF ROAD BRIDGES OF UKRAINE

Purpose. The article provided a generic overview of national regulatory and methodological framework operating highway bridges, scientific principles in the management of reliability and durability of highway bridges Ukraine and analysis of their technical state in 2010-2014 years. **Methodology.** Theoretical study. **Findings.** In the frame of this study to assess the analysis and forecast of the technical state of reinforced concrete highway bridges gives grounds to assert that adopted in ISO hypothesis of constant speed degradation is not confirmed. **Originality.** The first time the monitoring operation of road bridges, which serves as the basis for taken for testing theoretical principles and formulating new ones. **Practical value.** The results are a practical management tool reliability and resource reinforced concrete highway bridges.

Keywords: road bridges; durability; life cycle; residual life

REFERENCES

1. Bodnar L. P. Proqramnyy kompleks AESUM. Suchasnyy stan ta kontsepsiya podalshoho rozvytku [The software package AESUM. Current state and further development concept]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho dorozhnoho nauково-doslidnoho instytutu imeni M. P. Shulhina "Dorohy i mosty"* [Proc. Of State Road Research Institute named after M. P. Shulgina "Roads and bridges"], 2010, issue 12, pp. 31-39.
2. VBN V.3.1-218-174-2002. Otsinka tekhnichnoho stanu avtodorozhnykh mostiv, shcho ekspluatuyutsya [Institutional building codes V.3.1-218-174-2002. Evaluation of the technical state highway bridges exploited]. Kyiv, Ukravtodor Publ., 2002.
3. Davydenko O. O. Otsinka tekhnichnoho stanu i prohnozuvannya zalyshkovoho resursu avtodorozhnykh mostiv Ukrayiny [Assessment of technical condition and forecasting residual life of highway bridges Ukraine]. *Avtoshlyakhovyk Ukrayiny* [Avtoshlyakhovyk Ukraine], 2014, issue 237, pp. 29-35.
4. Davydenko A. A Markovskie modeli nakopleniya povrezhdeniy v otsenke i prognozirovanii tekhnicheskogo sostoyaniya mostov [Markov model of damage accumulation in the assessment and forecasting of technical condition of the bridges]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana "Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennya, praktyka"* [Proc. of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan "Bridges and tunnels: Theory, Research, Practice"], 2014, issue 6, pp. 40-87.
5. DBN V.2.3-22-2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannya [State Standard V.2.3-22-2009. Transport constructions. Bridges and pipes. Basic design requirements]. Kyiv, Minrehionbud Ukrayiny Publ., 2009. 73 p.
6. DBN V.2.3-14-2006. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannya [State Standard V.2.3-14-2006. Transport constructions. Bridges and pipes. Design rule]. Kyiv, Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury i zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Publ., 2006. 359 p.
7. DBN V.2.3-26-2010. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Stalevi konstruktsiyi. Pravyla proektuvannya [State Standard V.2.3-26-2010. Transport constructions. Bridges and pipes. Steel structures. Design rule]. Kyiv, Minrehionbud Ukrayiny Publ., 2010. 104 p. and 195 p.
8. DBN V.2.3-6-2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennya i vyprovuvannya [State Standard V.2.3-6-2009. Transport constructions. Bridges and pipes. Inspection and testing]. Kyiv, Minrehionbud Ukrayiny Publ., 2009. 42 p.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

9. Dehtyar A. S. Planuvannya ekspluatatsiyi zalizobetonnykh mostiv [Planning operating reinforced concrete bridges.]. *Zbirnyk naukovykh prats V Naukovoho mizhnarodnoho sympoziumu "Mehaniка i fizika ruynuvannya budivelnykh materialiv ta konstruksiy"* [Proc. of the 5th Scientific International Symposium "Mechanics and Physics of destruction of building materials and structures"], 2002, issue 5, pp. 162-168.
10. Dehtyar A. S. Optymalni terminy y obyemy remontiv zalizobetonnykh mostiv [Optimal timing and volumes of repair of reinforced concrete bridges]. *Diahnostyka, dovhovichnist ta rekonstruksiya mostiv i budivelnykh konstruksiy* [Diagnosis, durability and reconstruction of bridges and building structures], 2001, issue 3, pp. 83-86.
11. DSTU B.V.2.3-24-2009. *Sporudy transportu. Trubi dorozhni. Obstezhennya ta otsinyuvannya tehničnogo stanu* [State Standard B.V.2.3-24-2009. Transport constructions. Pipes Road. Examination and evaluation of technical condition]. Kyiv, Minrehionbud Ukrayiny Publ., 2009. 15 p.
12. DSTU-N B.V.2.3-23-2013. *Sporudy transportu. Nastanova z otsinyuvannya i prognozuvannya tehničnogo stanu avtodorozhnikh mostiv* [State Standard B.V.2.3-23-2013. Transport constructions. Guidance evaluation and forecasting technical condition of road bridges]. Kyiv, Minrehionbud Ukrayiny Publ., 2013. 49 p.
13. Lantuh-Lyaschenko A. I. Do proektu derzhavnykh budivelnykh norm z otsinky tehničnogo stanu mostiv [The project of state building codes to assess the technical condition of bridges]. *Diagnostika, dovhovichnist ta rekonstruksiya mostiv i budivelnykh konstruksiy* [Diagnosis, durability and reconstruction of bridges and building structures], 2000, issue 2, pp. 78-83.
14. Lantuh-Lyaschenko A. I. Naukovi rozrobky z normatyvnoho zabezpechennya [Scientific development of regulatory support]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho dorozhnoho naukovo-doslidnoho instytutu imeni M. P. Shulhina "Dorohy i mosty"* [Proc. Of State Road Research Institute named after M. P. Shulgin "Roads and bridges"], 2003, issue 3, pp. 76-99.
15. Lantuh-Lyaschenko A. I. Markovski modeli degradatsiyi zalizobetonnykh elementiv mostiv [Markov models degradation bridges concrete elements]. *Promislove budivnitstvo ta inzhenerni sporudi* [Industrial construction and engineering structures], 2009, issue 2, pp. 22-25.
16. Lantuh-Lyaschenko A. I. Otsinka tehničnogo stanu transportnykh sporud, shcho znakhodyatsya v ekspluatatsiyi [Assessment of the technical state of transport facilities that are in operation]. *Visnyk Transportnoyi Akademiyi Ukrayiny* [Bulletin of Transport Academy of Ukraine], 1999, issue 3, pp. 59-63.
17. SOU 42.1-37641918-093-2012. *Mosty ta truby. Variantne proektuvannya mostiv* [State Standard 42.1-37641918-093-2012. Bridges and pipes. Variant design of bridges]. Kyiv, Ukravtodor Publ., 2012.
18. SOU 45.2-00018112-026-2008. *Sporudy transportu. Defekty avtodorozhnikh mostiv. Klasyfikatsiya* [State Standard 45.2-00018112-026-2008. Transport constructions. Defects of highway bridges. Classification]. Kyiv, Ukravtodor Publ., 2008.
19. Yanchuk L. L. Analiz trishchynosti yak praktychnyy aparat prohnozu resursu [Analysis of crack concrete elements as a practical bridge device resource forecasting]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana "Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennya, praktyka"* [Proc. of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan "Bridges and tunnels: Theory, Research, Practice"], 2014, issue 6, pp. 132-137.
20. Yanchuk L. L. Obgruntuvannya modeli prohnozu zhytlyevoho tsykladu zalizobetonnykh elementiv mostovoho perekhodu [Justification forecast model the life cycle of concrete elements bridge]. *Visnyk natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"* [Bulletin of National University "Lviv Polytechnic"], 2010, issue 664, pp. 365-371.
21. Yatsko F. V. Dohovichnist zakhysnoho шару zalizobetonnykh elementiv mostiv [The durability of the protective layer of concrete elements bridge]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 33, pp. 190-196.
22. Yatsko F. V. Prohnoz dovhovichnosti zalizobetonnykh elementiv mostiv. Statystychnyy pidkhid [Prediction durability of concrete elements bridges. The statistical approach]. *Visnyk natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"* [Bulletin of National University "Lviv Polytechnic"], 2010, issue 664, pp. 371-378.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н, проф. А. І. Лантухом-Лященко (Україна), д.т.н., проф. Д. О. Банниковим (Україна).

Надійшла до редколегії 20.09.2015.

Прийнята до друку 28.09.2015.