УДК 624.21

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГНОЗОВАНОЇ ВАРТОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТІВ МОСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЛІТИЧНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОСТАМИ (АЕСУМ)

Боднар Л.П., *завідувач сектору управління станом мостів*
Степанов С.М., *провідний інженер сектору управління станом мостів*

Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»)

Коваль П.М., *професор, канд. техн. наук, завідувач кафедри «Архітектурні конструкції»*

Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури

Стабровський О.О., *головний інженер проектів*

Науково-виробниче підприємство «Тріада»

Мости – одна з найважливіших складових транспортної інфраструктури. Ці транспортні споруди збудовано із складних конструкцій, їх експлуатація значно затратніша у порівнянні з автомобільними дорогами. В останній період на автомобільних дорогах України суттєво зросли інтенсивність руху і вага транспортних засобів. Враховуючи значний вік більшості автодорожніх мостів (табл. 1), а також те, що розраховувались вони на нижчі у порівнянні з діючими нормами нормативні навантаження, забезпечення надійної та безаварійної їх експлуатації є першочерговою, складною і відповідальною задачею. Допомагає вирішити цю задачу Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ) [1, 2].

Таблиця 1 – Ранжирування автодорожніх мостів за віком (дані АЕСУМ)

	Вік моста					Всього
	1-20	21-40	41-60	61-80	80, більше	
Кількість мостів	548	3431	8556	1949	1668	16152
%	3,39	21,24	52,97	12,07	10,33	100

Відомо, що однією з найважливіших складових процесу експлуатації споруд є ремонти, які підтримують належний технічний стан їх конструкцій. Такі ремонти повинні бути плановими, необхідно заздалегідь визначати терміни і обсяги ремонтних робіт [3]. Щоб визначити технічний стан мостів, необхідно виконувати обстеження, під час яких виявляються дефекти, фіксуються їх обсяги, оцінюється їх вплив на експлуатаційні якості споруд [4, 5]. За результатами обстежень приймаються рішення про виконання ремонтних робіт. Враховуючи значний обсяг інформації щодо мостів, який необхідно збирати, накопичувати, аналізувати, планувати утримання іремонти, в багатьох країнах створено і розвиваються системи управління мостами [6, 7]. Ці системи дають можливість обгрунтовано приймати управлінські рішення і ефективно використовувати кошти на утримання та ремонти мостів.

Мета роботи – розробити метод визначення орієнтовної вартості ремонтів 1 м^2 мостів, який дасть змогу з використанням його в системі АЕСУМ отримувати коректні необхідні обсяги фінансування на ремонти мостів.

АЕСУМ – інформаційно-аналітична система, яка дозволяє отримувати науково обґрунтовані стратегічні програми ремонтів мостів з можливістю оцінки необхідних фінансових ресурсів та технічних показників споруд, які прогнозуються на майбутнє при втіленні певних стратегій з ремонтів. Аналіз інформації, що представлено в таблиці 2 та на рис.1, свідчить про недостатню кількість проведених ремонтів мостів в останні 10 років. У зв'язку з запровадженням з 1 січня 2018 року Державного дорожнього фонду очікується суттєве збільшення фінансування на розвиток та утримання автомобільних доріг та мостів, що сприятиме активізації ремонтно-будівельних робіт. Тому для ефективного використання державних коштів необхідно із застосуванням АЕСУМ визначити першочергові мости, які вимагають невідкладних робіт, та пріоритетні ремонтні роботи на цих об'єктах.

АЕСУМ – система, яка постійно розвивається та вдосконалюється. Один з основних напрямків останніх років щодо робіт з вдосконалення АЕСУМ є роботи над фінансово-економічним модулем. Для отримання більш коректних результатів в цьому модулі розроблено метод визначення орієнтовної вартості 1 м^2 ремонтів, як важливого вихідного параметра при прийнятті рішення щодо стратегії експлуатації мостів на мережевому рівні.

Таблиця 2 – Кількість фактично виконаних капітальних ремонтів та реконструкцій автодорожніх мостів за період 2007-2016 рр

№	Область	Фактично капітальних ремонтів та реконструкцій									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Автономна республіка Крим					1					
2	Вінницька область	6	2	1	1	1		1			
3	Волинська область	1					1				
4	Дніпропетровська область	1			1						
5	Донецька область	3	2	1			1				3
6	Житомирська область	4	1	5	1	17		2			
7	Закарпатська область	3	1	2	1						
8	Запорізька область	6				4					
9	Івано-Франківська область	3	23		2			4			1
10	Київська область		1	1	4						
11	Кіровоградська область		3								
12	Луганська область	3	1					2			
13	Львівська область		5				3				
14	Миколаївська область	1									
15	Одеська область	5	2			1					
16	Полтавська область		1		2	1	9				3
17	Рівненська область	4	4	3	22	15	8				
18	Сумська область	1		2			2				
19	Тернопільська область	3	4	3	1	1		2	4		
20	Харківська область		7			16		7			
21	Херсонська область	2	1								
22	Хмельницька область	3	1								
23	Черкаська область	1	2	1							
24	Чернівецька область	1	7	3			1				
25	Чернігівська область	1	3								
26	місто Севастополь	1									
	Разом	**53**	**71**	**22**	**35**	**57**	**25**	**18**	**4**	**0**	7
	з них реконструкція	26	27	10	11	48	12	6	4	0	1

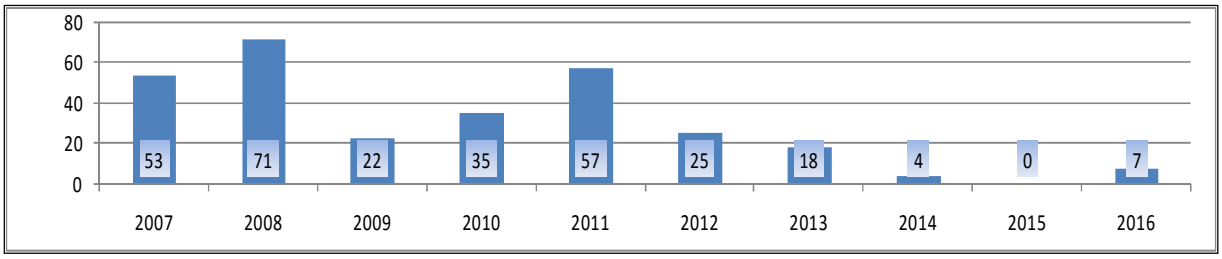


Рисунок 1 – Графік кількості фактично виконаних капітальних ремонтів та реконструкцій автодорожніх мостів за період 2007-2016 рр

Для реалізації цього методу було здійснено прив'язку кошторисних наборів робіт до фактичних дефектів мостів, виявлених в результаті обстежень/паспортизації. Завдяки цьому з'явилася можливість вирахувати вартість ремонтних робіт для усунення дефектів на мостах. Було розроблено укрупнену та детальну (рис. 2) розрахункові відомості.

Дорога 'Т-17-07' Мала Рублівка-Полтава Міст на км 3 + 718 L = 86.00 м.

Полтавська область (Котелевський район)

Група елементів	№ п.п	Дефект			Набор робіт / роботи						Прямі витрати, грн.
		Назва	Од. виміру	Стан	Назва	Од. виміру	Кіль-ть на одиницю	Ціна за одиницю, грн.	Обсяг	Кількість всього	
	6	Пошкодження тіла стояків на глибину до 70 мм з оголенням арматури на великих площах.	м2	4	Пошкодження тіла стояків на глибину до 70 мм з оголенням та корозією арматури на великих площах	м2		1167	40		46680
					ДА4-2-1 Підготовка бетонних поверхонь елементів штучних споруд, що підлягають ремонту	1 м2	1			40,00	
					ДА4-3-1 Очищення арматури та металоконструкцій за допомогою піскоструменевого апарата з улаштуванням антикорозійного захисту	1 м2	1			40,00	
					Е13-13-13 Грунтування бетонних і обштукатурених поверхонь компаундом ЕД-20, перший шар	100м2	0,01			0,40	
					ДА4-1-1 Влаштування поновленого захисного шару залізобетонних прогонових конструкцій вручну при товщині шару ремонтного матеріалу 20 мм	1 м2	1			40,00	

Рисунок 2 – Фрагмент детальної відомості розрахунку витрат на усунення дефектів

В ході створення цього методу було виявлено проблеми, а саме:

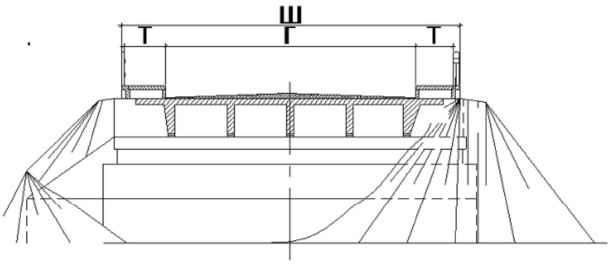
– при обстеженні/паспортизації переважно не визначаються обсяги дефектів;
– часткова невідповідність одиниць виміру дефектів одиницям виміру в наборах робіт.

Визначення точних обсягів дефектів потребує значного збільшення трудовитрат при обстеженні/паспортизації мостів і, відповідно, фінансування. Але ці обсяги змінюються в часі, тому вважаємо, що точне значення обсягів дефектів доцільно визначати при детальному обстеженні у складі проектних робіт з ремонтів мостів. Для визначення орієнтовної вартості ремонтних робіт пропонуємо при існуючій ситуації визначати усереднені обсяги дефектів, які б розраховувалися шляхом експертної оцінки.

Для ряду типових дефектів експертною групою розроблено усереднені обсяги дефектів. Фрагмент цієї роботи представлено на рис.3.

Назва дефекта	Експл. стан	Формула розрахунку обсягів
Засміченість асфальтобетоном водовідвідних трубок.	3	4 x n
Повне руйнування деформаційних швів.	5	(Г+2хТ) x n
Значна корозія водовідвідних трубок.	4	4 x n
Повне руйнування гідроізоляції.	5	L x Г
Руйнування асфальтобетонного покриття в місцях розташування деформаційних швів.	3	Г x 1 м x n
Тріщини в покритті над деформаційними швами	3	(Г+2хТ) x n
Пошкодження елементів деформаційних швів.	3	(Г+2хТ) x n
Тріщини в покритті тротуарів в стиках тротуарних плит з розкриттям до 1 мм.	2	2 x Т x l x n
Руйнування покриття на тротуарах.	3	2 x Т x L
Розладнання деформацйних швів.	4	(Г+2хТ) x n
Відсутність покриття на тротуарах.	4	2 x Т x L
Пошкодження захисного шару залізобетонної бар`єрної огорожі.	2	L x 0.5 x 2 x 50%
Відсутність секцій поручневої огорожі.	4	L x 30 %
Корозія металевої поручневої огорожі.	3	50% x L x 1.5
Пошкодження гідроізоляції проїзної частини.	4	L x Г

L - довжина моста
l - довжина прогону
n - кількість прогонів
Т - ширина тротуару
Г - габарит моста
Ш - ширина моста



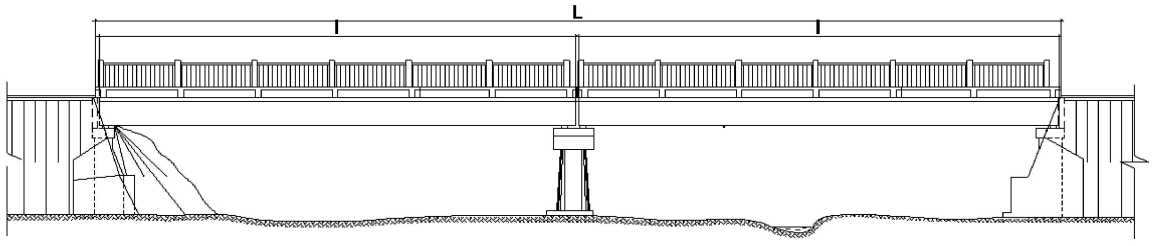


Рисунок 3 – Фрагмент відомості для розрахунку усереднених обсягів дефектів

Завдяки вищевикладеним підходам в результаті цих робіт та при подальшій ув’язці на програмному рівні об’ємів з дефектами по елементах можливо отримати максимально наближену до фактичної вартість ремонтів на об'єктному рівні, а в подальшому – більш наближену до фактичних значень одиничну вартість ремонту 1 м^2 моста на мережевому рівні. Перевага цього методу полягає в тому, що роботи (набори робіт) формуються на підставі кошторисних нормативів. В разі необхідності в програмному комплексі з розрахунку кошторисів можна розрахувати актуальну вартість робіт та перенести її, скориставшись режимом імпорту даних.

Необхідно зауважити, що відхилення орієнтовної вартості ремонтних робіт від фактичної має пряму залежність від якості та повноти складання відомості дефектів по мостах при обстеженні/ паспортизації, тому до обстеження мостів необхідно залучати висококваліфікованих фахівців з необхідним досвідом виконання таких робіт.

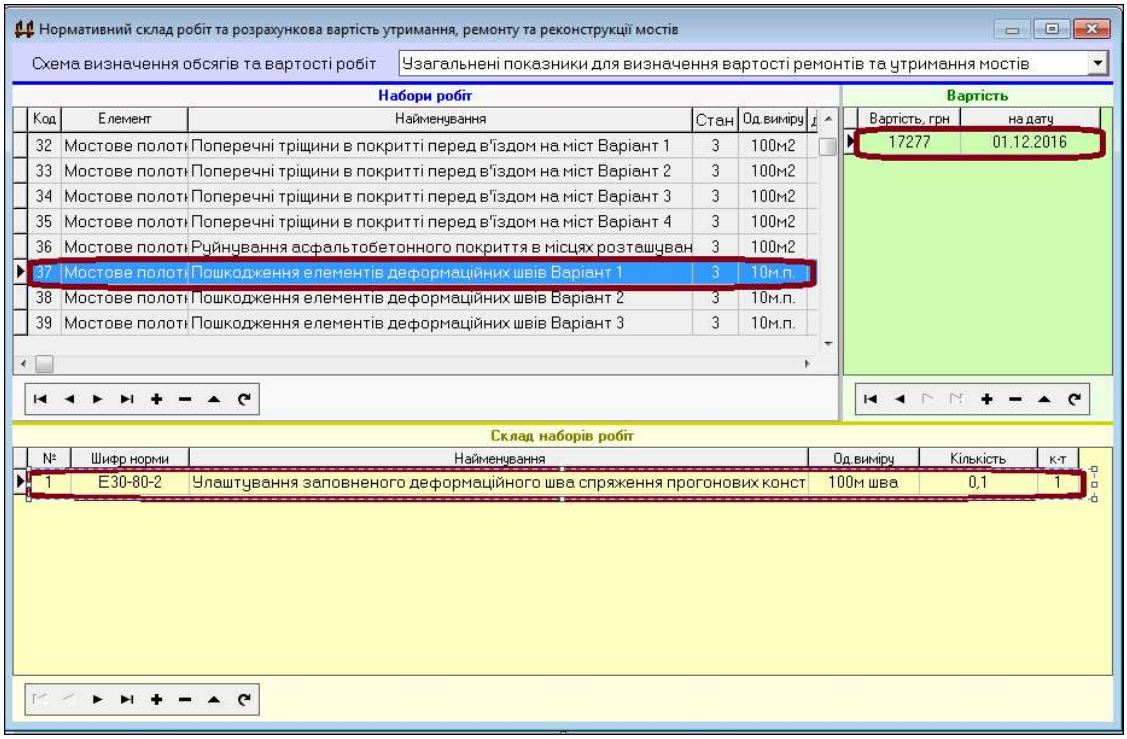
Наступним необхідним кроком вважаємо перегляд та ранжирування дефектів за їх важливістю (тобто впливом на стан споруди) та повноти їх усунення, що дозволить враховувати різні обсяги фінансування. Наприклад, визначити, який обсяг фінансування необхідний для часткового або повного усунення дефектів, що мають найбільший ступінь ваги, тобто можуть викликати аварію.

Для цього доцільно провести експертний розподіл дефектів в залежності від їх впливу на технічний стан конструкцій або споруди в цілому:

- Недопустимі. Дефекти, які відносяться до даної групи, потребують першочергового обов'язкового повного або часткового усунення, навіть в умовах обмеженого фінансування. Ігнорування цих дефектів може привести до аварійних ситуацій, тобто до руйнувань і обрушень основних несних конструкцій мостів.
- Обмежено допустимі. Дефекти цієї групи не обмежують нормального функціонування споруди, але приводять до того, що елементи моста частково не відповідають вимогам проекту і при цьому не порушуються вимоги першої групи граничних станів.
- Допустимі. Всі інші дефекти, які не ввійшли в попередні дві групи. Дефекти цієї групи не обмежують нормальне функціонування споруди, але приводять до того, що елементи моста частково не відповідають вимогам проекту, знижують довговічність споруди, і при цьому не порушуються вимоги ані першої, ані другої групи граничних станів.

Наприклад, дефекти «обрив робочої арматури» та «наскрізні пролами в плитах» пропонуємо відносити до групи «недопустимі», дефект «пошкодження захисного шару бетону» до групи «обмежено допустимі», а дефект «сітка тріщин від усадки» до групи «допустимі».

Також необхідно здійснити вибір варіантів наборів робіт з усунення дефектів в залежності від рівня фінансування. Це актуально у разі можливості усунення дефектів кількома різними наборами робіт (рис. 4).



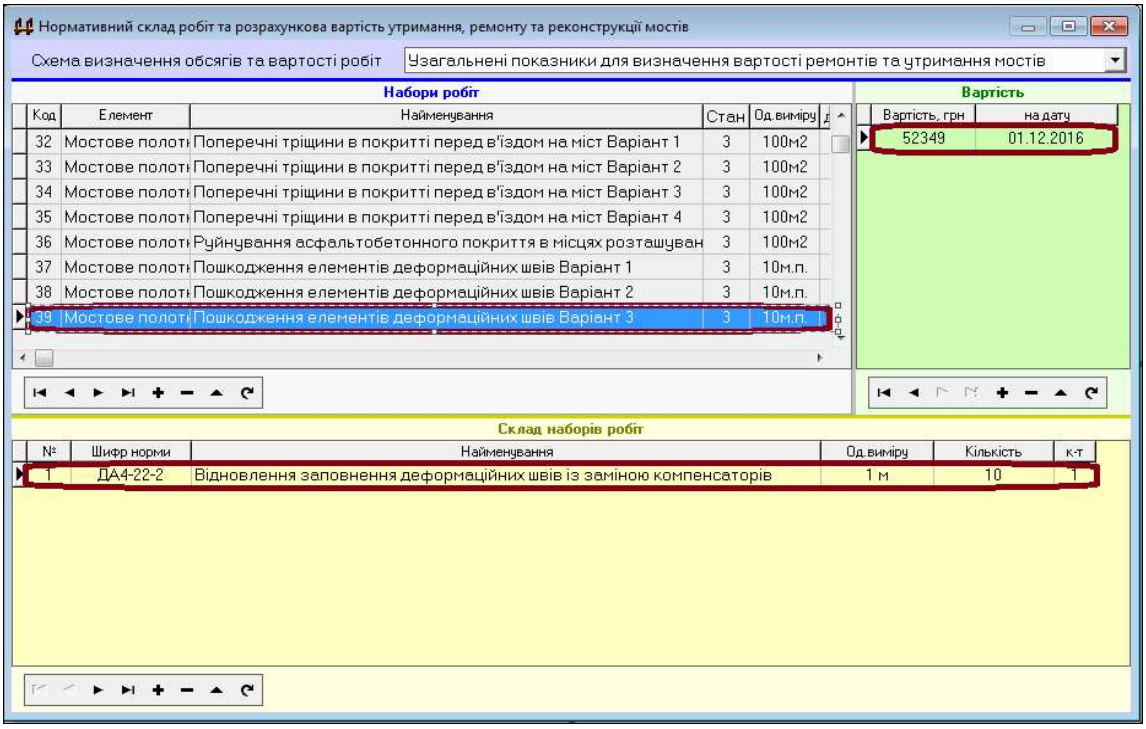


Рисунок 4 – Приклади багатоваріантності наборів робіт для усунення дефектів

На основі розрахунків за цим методом є можливість отримати більш точну одиничну вартість ремонту 1 м^2 моста на мережевому рівні з можливістю варіювання за різними ознаками, а саме: за матеріалом, за типом споруди, її конструкцією, за довжиною, за адміністративним значенням, іншими умовами експлуатації, а також за обсягом фінансування. В подальшому можливо отримувати усереднену вартість 1 м^2 на рівні всіх мостів, на рівні доріг державного, місцевого значення, в розрізі областей, окремих доріг тощо.

Для реалізації саме цього методу було здійснено імпортування наборів робіт з усунення дефектів з їх складом та розрахованою кошторисною вартістю з ПК «Будівельні технології - Кошторис» в базу даних АЕСУМ (рис.5).

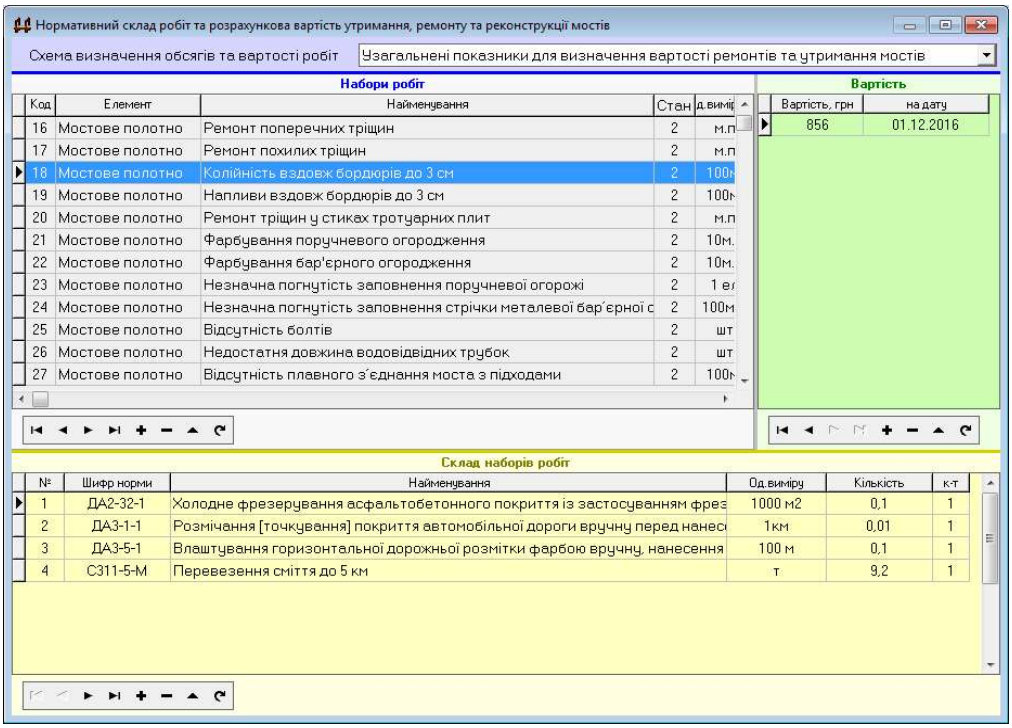


Рисунок 5 – Форма ПК АЕСУМ «Нормативний склад робіт та їх розрахункова вартість

Висновки

Для роботи фінансово-економічного модуля у складі Аналітичної експертної системи управління мостами важливим вихідним параметрам для створення стратегічних програм з експлуатації мостів на мережевому рівні є вартість 1 м^2 кожного виду ремонтів мостів. Від точності визначення цього параметру буде залежати достовірність прогнозу необхідних фінансових ресурсів для досягнення певного стану мостів за показниками надійності, рівня деградації тощо.

Запропонований метод визначення вартості 1 м^2 ремонтів мостів, заснований на визначенні складу робіт, необхідних для усунення дефектів споруди, виявлених в результаті обстеження/паспортизації, дозволить розрахувати орієнтовну вартість проведення ремонтів на об'єктному рівні. В подальшому буде можливо визначати усереднену вартість ремонтно-експлуатаційних робіт мостів більш деталізовано – окремо на рівні доріг державного, місцевого значення, в розрізі областей, окремих доріг, за матеріалом, за типом споруди, її конструкцією, за довжиною тощо.

Література

1. Боднар Л.П. Програмний комплекс АЕСУМ. Сучасний стан та концепція подальшого розвитку. «Дороги і мости»: зб. наук. пр. – К.: ДерждорНДІ, 2010. – Вип.12. – с. 31-39.
2. Боднар Л.П., Панібратець Л.Г., Завгородній С.С., Чурсін О.П. «Сучасний інструмент управління мостами». Дорожня галузь України. – 2016. - №4. – с. 46-51.
3. Дехтяр А.С. Оптимальні терміни й об'єми ремонтів залізобетонних мостів /А.С. Дехтяр // Діагностика, довговічність та реконструкція мостов и будівельних конструкцій : зб. наук. праць. –Львів : Каменяр, 2001. –Вип. 3. –С. 83-86.
4. Лантух-Лященко А.І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації/ А.І. Лантух-Лященко//Вісник транспортної академії України. – Київ, 1999. – Вип.3. – с.59-63.
5. Діагностика та методи ремонту і підсилення залізобетонних мостів /О.М. Пшінько, К.І. Солдатов, А.В. Краснюк //Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій : зб.наук.праць – Львів: Каменяр, 2009. – Вип.11. – с.146-158.
6. Линник Г.О. Шляхи удосконалення системи управління станом штучних споруд на залізницях України/ Г.О.Линник // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: зб. Наук.праць ДНУЗТ ім. акад.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип.3. – с.106-110.
7. Управление состоянием мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России //Автомобильные дороги и мосты. – 2007. – Вып. 2 – 108 с.