

УДК 624.21:625.745.1

Цинка А.О., <http://orcid.org/0000-0002-0357-2325>

Боднар Л.П., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-4754-721X>

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

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ НА ОСНОВІ АНАЛІТИЧНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОСТАМИ

Анотація

Вступ. Державним агентством автомобільних доріг України (Укравтодор) впроваджується Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ), яка акумулює інформацію щодо мостів на дорогах загального користування України. Аналітичну інформацію з бази даних програмного комплексу АЕСУМ використовують на всіх рівнях дорожньої галузі, регулярно проводяться роботи з її наповнення АЕСУМ інформацією з обстежень, паспортизації, враховуються всі зміни в класифікації доріг, мостів тощо. Отримана з АЕСУМ інформація дає можливість узагальнити дані про технічний стан різних типів прогонових будов і опор мостів, виявити найбільш поширені дефекти цих конструкцій, оцінити розмір витрат на ремонт тощо.

Проблематика. Основна частина мостів України має вік більше 50–60 років. Зношення таких конструкцій неминуче. Ситуація ускладнюється зростанням навантаження на мости, цей процес значно прискорився в останні десятиліття. За допомогою АЕСУМ створюється можливість узагальнити інформацію та вибрати правильну стратегію ремонту та утримання мостів.

Аналіз публікацій [1], [4], [6] свідчить, що створені і реалізовані системи в різних країнах мають багато спільного: є база даних по мостах; здійснюється планування робіт; виконується ранжування об'єктів для призначення пріоритетного виконання робіт. Детальний збір інформації з обстежень мостових переходів і науковими співробітниками ДерждорНДІ дозволяє використовувати АЕСУМ з науковою метою, що вимагає постійного розвитку та вдосконалення програмного комплексу.

Мета. Розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо утримання мостових переходів і забезпечення їх надійної і безаварійної експлуатації.

Матеріали та методи. База даних АЕСУМ містить у собі біля 150 параметрів кожного моста. Тут зберігається також детальна інформація про окремі елементи мостів, такі як прогонові будови, опори, фундаменти, а також фотографії і креслення. У відомість дефектів внесено виявлені за результатами обстежень дефекти з детальним описом, обсягом розповсюдження та оцінкою їх впливу на стан елемента. В автоматичному режимі розраховується експлуатаційний стан споруди. Для кожного елемента моста є можливість визначити залишковий ресурс із побудовою кривої деградації, що дозволяє прогнозувати стан елементів споруди на певний період часу в майбутньому. Ранжирування мостів за потребою ремонтів проводиться за двома показниками – експлуатаційним станом та категорією дороги. У складі АЕСУМ розроблено модуль стратегічного управління ремонтами та експлуатаційним утриманням мостів.

Результати. На сьогоднішній день функціонал програмного комплексу АЕСУМ співрозмірний з основними зарубіжними системами управління мостами. В програмному комплексі

АЕСУМ реалізована модель деградації елементів автодорожніх мостів для управління життєвим циклом мостів що є системним науковим базисом розробки стратегії ремонтів мостів України та реалізована у нормативному документі з експлуатації автодорожніх мостів [10]. Встановлений кількісний критерій для мостів, що перебувають у п'ятому (непрацездатному) стані, який дозволяє на основі даних обліку в АЕСУМ швидко визначити доцільність капітального ремонту або реконструкції моста замість його закриття і заміни новим.

Висновки. Використання АЕСУМ, постійне вдосконалення програмного комплексу шляхом розроблення нових модулів дозволяє робити науково обгрунтовані висновки, які базуються на поглибленому аналітичному матеріалі, здійснювати наукові дослідження, виконувати інтелектуальний аналіз даних, виявляти закономірності та певні проблеми в експлуатації мостів. При цьому основною вимогою до бази даних залишається її 100-відсоткове наповнення, для чого необхідно, щоб були обстежені всі автодорожні мости і своєчасно виконувалися повторні обстеження, терміни яких призначаються відповідно до вимог нормативів з обстеження мостів залежно від стану моста і вказуються в паспорті моста.

Ключові слова: автодорожній міст, паспорт моста, система управління станом мостів, стратегії експлуатації мостів.

Вступ

Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ) — універсальний інструмент системи експлуатації мостів України на дорогах загального користування, їх моніторингу та підтримання в безпечному для експлуатації стані. Від широкого впровадження АЕСУМ очікується значний соціально-економічний ефект за рахунок оптимального використання коштів на ремонт та реконструкцію, контролю безпечної експлуатації споруд, подовження їх залишкового ресурсу та, тим самим, збільшення пропускної спроможності транспортної мережі України [1].

Метою роботи є розроблення науково обгрунтованих рекомендацій щодо утримання автодорожніх мостів і забезпечення їх надійної та безаварійної експлуатації.

Результатом впровадження програмного комплексу АЕСУМ є автоматизація отримання формалізованої оцінки технічного стану мостів, ранжування споруд за потребами, складання планів з обстежень, розроблення експертних рекомендацій у стратегії експлуатації мостів на автомобільних дорогах із метою планування фінансових ресурсів на їх ремонти та утримання.

Основна частина

Згідно з даними Аналітичної експертної системи управління мостами всього на дорогах загального користування обліковується 16 155 мостів (з них 15 392 — на підконтрольній території України), з них на дорогах державного значення — 5 845 мостів (з них 5 458 — на підконтрольній території України), на дорогах місцевого значення — 10 310 (з них 9 934 — на підконтрольній території України).

Кількість обстежених мостів на дорогах державного значення складає 4 090, це біля 70 %, кількість обстежених мостів на дорогах місцевого значення складає всього 1 538 мостів, це біля 15 % (табл. 1).

Таблиця 1

Аналіз наповнення інформацією з обстежень мостів бази даних АЕСУМ

Значення автомобільних доріг	Всього мостів		Внесено до АЕСУМ	
	шт.	м	шт.	м
державного значення	5 845	191 980,35	4 090	153 007,98
місцевого значення	10 310	192 951,14	1 538	37 757,94
Разом	16 155	384 931,49	5 628	190 765,92

Більше 10 000 мостів на дорогах загального користування не відповідають сучасним нормам (63,5 %), з них 4 204 моста – на дорогах державного значення та 6 061 міст на дорогах місцевого значення (табл. 2).

Таблиця 2

Аналіз мостів за їх відповідністю сучасним нормам

Значення автомобільних доріг	Всього мостів		Не відповідають сучасним нормам		%
	шт.	м	шт.	м	
державного значення	5 845	191 980,35	4 204	115 719,91	71,9
місцевого значення	10 310	192 951,14	6 061	97 489,23	58,8
Разом	16 155	384 931,49	10 265	213 209,14	63,5

Аналіз за експлуатаційним станом на 01.05.2020 року показує, що на дорогах державного значення у 5 непрацездатному стані перебуває 124 моста, у 4 обмежено працездатному – 1 028 мостів, у 3 працездатному – 2 377, у 2 обмежено справному – 458, у 1 справному стані – 103 споруди.

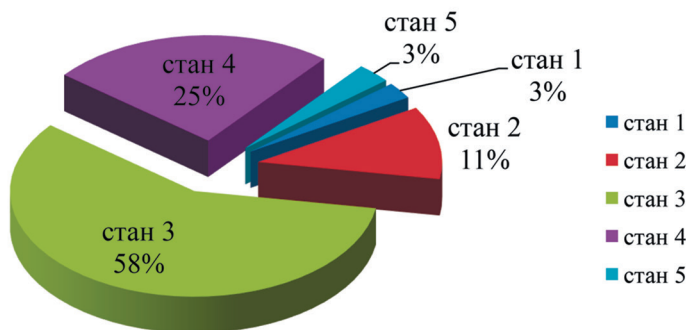


Рисунок 1 — Розподіл мостів на дорогах загального користування державного значення за експлуатаційним станом

Спостерігається стрімке зростання кількості мостів, які перебувають у 5 експлуатаційному стані. Так, станом на 01.01.2019 було зафіксовано 76 мостів на дорогах державного значення, які перебували у 5 непрацездатному стані, станом на 01.05.2020 таких мостів вже стало 124 (табл. 3). І це за умови, що за цей період було проведено біля 160 обстежень мостів на дорогах державного значення.

Таблиця 3

Зміна кількості мостів, які перебувають у 5 експлуатаційному стані за 5 років

Експлуатаційний стан	2015		2016		2017		2018		2019	
	шт	п.м.	шт	п.м.	шт	п.м.	шт	п.м.	шт	п.м.
5	57	3 213,50	62	3 755,76	66	3 766,88	76	4 790,79	126	6 770,32

За результатом аналізу інформації бази даних Аналітичної експертної системи управління мостами було з'ясовано, що 81 % мостів побудовано до 1980 року.

Середній вік мостів на дорогах державного значення наразі складає 53 роки, на дорогах місцевого значення — 57 років, в цілому на дорогах державного значення середній вік мостів складає 56 років (рис. 2).

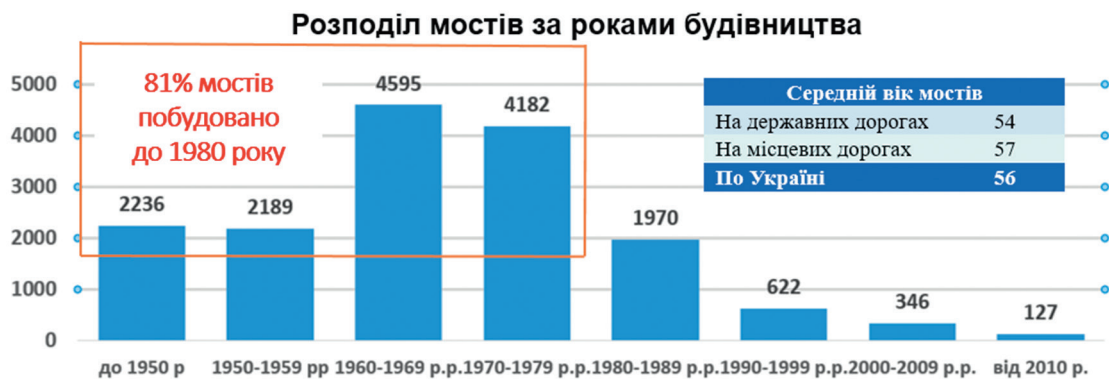


Рисунок 2 — Розподіл мостів за роками будівництва

Згідно з [2] проектний строк служби автодорожніх мостів складає від 70 до 100 років залежно від конструкції прогонової будови, але це за умови належного утримання. Необхідно враховувати, що за останні роки значно зросли інтенсивність руху та вага транспортних засобів, які пересуваються по автомобільних дорогах і мостах. Це прискорює фізичний знос мостів і зменшує їх реальний строк служби.

У 2019 році на автомобільних дорогах державного значення завершено нове будівництво та введено в експлуатацію 1 міст (повенекий об'єкт), здійснено реконструкцію трьох споруд, проведений капітальний ремонт 19 мостів, поточним середнім ремонтом відремонтовано 60 мостів, з них 48 мостів у складі ділянок автомобільних доріг, поточний дрібний ремонт здійснювався на 22 спорудах. Обсяг виконаних робіт складає біля 1,4 млрд грн. Об'єкти для виконання реконструкцій та ремонтів вибиралися за аналізом бази даних АЕСУМ з використанням принципу ранжування мостів.

У 2020 році планується збільшення робіт по мостах. Так згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 29.01.2020 № 36 «Деякі питання дорожнього господарства» затверджено перелік об'єктів нового будівництва, реконструкції, капітального та поточного середнього ремонту автомобільних доріг загального користування державного значення у 2020 році за бюджетною програмою 3111020 «Розвиток мережі та утримання автомобільних доріг загального користування державного значення» передбачено виконання робіт на 52 окремих об'єктах, крім того планується виконання робіт на мостах у складі ремонту ділянок автомобільних доріг.

Очевидною є актуальність розроблення стратегії ремонтів та утримання мостів. Рішення стосовно стратегії ремонтів мостів приймається за рекомендаціями, розробленими на основі аналізу бази даних АЕСУМ, а вихідна інформація для аналізу та для прийняття ефективних рішень базується на результатах обстежень мостів.

Аналітичну інформацію з бази даних програмного комплексу АЕСУМ використовують на всіх рівнях системи дорожньої галузі. Регулярно проводяться роботи з наповнення АЕСУМ інформацією за результатами обстежень, паспортизації, враховуються всі зміни в класифікації доріг, мостів тощо. Але треба враховувати, що мости є стратегічними об'єктами, від яких залежить функціонування дорожньої мережі України, і тому інформація про них надається в обмеженому доступі.

Розглянемо основні режими ПК АЕСУМ, які використовуються для внесення інформації з обстеження мостів. Пропонується такий огляд на прикладі моста на автомобільній дорозі Т-05-14 Добропілля – Красний Лиман на км 83+575 у Лиманському районі, Донецької області (рис. 3).



Рисунок 3 — Фрагмент загального вигляду моста

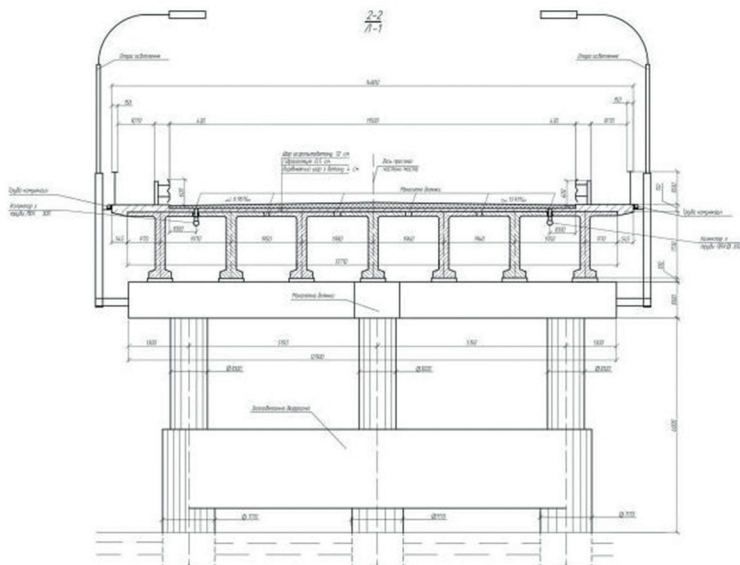


Рисунок 4 — Вид на проміжну опору, яка знаходиться в межах русла

Його збудовано у 2004 році під проєктні тимчасові навантаження А11 і НК-80. Обстеження моста у 2017 році виконало ТОВ «Впроваджувальне підприємство «МОСТ – 1», за результатами обстеження був складений паспорт споруди і ці дані були занесені в базу даних АЕСУМ.

Категорія дороги – II. Найближчий населений пункт – с. Брусівка. Відстань до нього 1 км.

Автодорожній міст має довжину 331 м і збудований за схемою 10 x 33 м. Габарит моста $G - 11,5 + 2 \times 1,07$ м. Прогонова будова моста балкова температурно-нерозрізна (у температурно-нерозрізні об'єднано по два прогони). Прогони моста влаштовані із 7 залізобетонних попередньо напружених бездіафрагмових балок об'єднаних по плиті проїзної частини (рис. 4). Балки виготовлені за типовим проєктом вип. 3.503.1.81.

Міст перетинає річку Сіверський Донець, це найбільша річка східної України та найбільша притока Дону. Швидкість її течії невелика — від 0,15 м/с до 1,41 м/с. Дно піщане, нерівне зі змінними глибинами. Отвір моста — 313 м, висота отвору — 6 м, ширина русла (річки) — 95 м, глибина русла — до 8 м.

Берегові опори моста залізобетонні трьохстовпчаті, діаметр стовпів 1,0 м. Стовпи поверху об'єднані залізобетонним ригелем. Проміжні опори також трьохстовпчаті, діаметр стовпів 1,0 м. Схема опор 2x5,15. Їх стовпи об'єднані ригелем, а ті, що заходять в русло, в нижніх частинах — ще й залізобетонними масивними діафрагмами. У залізобетонних опорах зафіксовані окремі сколи бетону.



Рисунок 5 — Сколи бетону від кульових влучень без оголення арматури до 2 % від площі

Отвір моста забезпечує пропуск повеневих вод. Інструментальне обстеження моста свідчить, що просідань чи кренів опор немає, фундаменти працюють надійно. Русло і підмостовий простір заросли чагарником, що суттєво обмежує пропуск води під мостом.

Водомірний пост на річці Сіверський Донець в районі моста відсутній. Однак за опитуванням місцевих жителів, а також по слідах води на стійках опор встановлено, що верхній рівень паводку приблизно, на 1,5 м нижче низу конструкцій прогонових будов. Виявлено окремі зони розмиву ґрунтів поблизу фундаментів опор на меншій заплаві глибиною до 1 м, на більшій заплаві — до 0,5 м.

Необхідно розчистити русло і підмостовий простір від чагарнику (рис. 6).



Рисунок 6 — Русло і підмостовий простір

База даних АЕСУМ містить в собі біля 150 технічних параметрів по кожному мосту (рис. 7).

Споруда: [Мст на км 83 + 575 р.Сверський Донець -Брусівка Дорога:Добропілля-Лиман]

Міст на км 83 + 575 р.Сверський Донець -Брусівка

тип споруди: Мст
назва споруди: Мст на км 83 + 575
код: 42213 Добропілля-Лиман
вид перешийця: р.Сверський Донець
найближчий населений пункт: с.Брусівка

Масштаб об'єкту: []
Протяжність об'єкту, км: []

Тип споруди в цілому: Перешийця та регуляційні споруди | Дорога, проїзна частина, тротуари | Водопад, огороження

Дата обстеження: 01.07.2017 | Кілометр початку: 83 + 575 | Координати GPS: []
Довжина споруди, м: 331 | Ширина споруди, м: 14,8 | Широта: []
Габарит по ширині фактично, м: 11,5 | Габарит по ширині за нормами, м: 9,5 | довгота: []

Параметри габаритів: по висоті: 6 | Габарит по висоті, м: [] | Кількість прогонів: 10 | Кількість ступінь: 2
Параметри габаритів: по ширині: [] | Ступінь носта: 313 | Кількість опор: 111

Навантаження: 6 | А11, НК-90 | Поздовжня сніжна: 10x3,0 | Матеріал: 2 | Залізобетон

Рік проєктування: [] | Рік спорудження: 2004 | Рік вироблення навантажень: []
Обмеження навантажень: т | Обмеження ширини руку, км/год: [] | Ширина завісної по-улован руку проїзної частини, м: []
Примеч: обмеження руку: []

Тип антисейсмічних пристроїв: []
Власник споруди: 5 | Служба автомобільної дороги у Донецькій області | Експлуатаційна організація: 715 | Автодор №6
Проектна організація: [] | Бюро: [] | Бюро: []
Примеч: Дата ухвалення з лівого боку: [] | Дата ухвалення з правого боку: []
[] паралельна транспортна споруда | Дата відправки у архів: []
[] розт. завісання споруди на невідконтрольній території

Зачекайте (F2) | Закінчили (ESC)

Рисунок 7 — Режим ПК АЕСУМ щодо інформації про споруду в цілому

Споруда: [Мст на км 83 + 575 р.Сверський Донець -Брусівка Дорога:Добропілля-Лиман]

Прогонова будова

№ типу прогонної будови: 1 | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 10-11 | К-ть прогонів даного типу: 10
Тип сталевої сцени: 1 | Балочна розривна
Тип конструкції: 11 | ребриста беззв'язкова з ребрами двохвального перерізу
Тип матеріалу: 2 | Залізобетон
Типовий проєкт: 123 | Вис. 3.503.1-01 "Сквозьпроїзд"

Проектне навантаження: 6 | А11, НК-90 | Рік виготовлення: 2004
Тип опорних частин: 10 | Глино-сталеві | Конструкція проїзної частини: []
Тип опорних частин: 10 | Глино-сталеві | Конструкція проїзної частини: []

Спосіб опороження: [] монолітні | [] зброно-монолітні | [] збрен | Кількість розривних опорних частин: [] | Паралельна: []
Спосіб попереднього об'єднання конструкцій: [] беззв'язковий | [] пов'язаний | Кількість незв'язкових опорних частин: [] | Спрямовані: []
Спосіб закладання шпалованих: [] цвпак | Поперечна сніжна: [] | Поперечна сніжна: [] | Поперечна сніжна: []

Товщина плити проїзної частини, неск від: 150 до 150 | Висота головної балки (півлі) в центрі прогону, м: 1,7
Товщина одягу залізобетонної частини, неск від: 160 до 165 | Висота головної балки (півлі) у опорах, м: 1,7

Кількість головних балок: 7 | Кількість поздовжніх балок (розів) у панелі: 33
Кількість поздовжніх балок (розів) у панелі: 0 | Дата обстеження: 01.07.2017

Дер на початку: [] Заповнений з настилею | Заповнений з сталевих облицювання | Клас бетону: []
Зак: в кінці: [] Заповнений з настилею | Заповнений з сталевих облицювання | Виробничий показник: pH | Додаткові позначення навантажень: []
Примеч: []

Opopи

№ типу опори: 1 | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 | Номери опор такого типу (наприклад, 01.2)
Тип конструкції опори: 93 | провітряна транспортна споруда з двохнахильним ригелем
Тип фундаменту: 2 | неглибокого закладання на щільній основі
Тип матеріалу: 2 | Залізобетон
Типовий проєкт: 70 | Цивільний проєкт

К-ть опор даного типу: 3

Opopи: [] | Розміри нахильної частини опори, м: [] | Переріз ригеля, м: [] | Переріз стовпа, м: []
Ширина, м: 1 | Ширина, м: 1,5 | Довжина, м: 12,9 | Довжина, м: 12,9
Довжина, м: 12,9 | Довжина, м: 12,9 | Висота, м: 5,2 | Висота, м: 1 | Кількість стовпів: 3
Висота, м: 5,2 | Висота, м: 1 | Кількість стовпів: 3
Глибина закладання фундаменту, м: [] | Розміри нахильної частини опори, м: [] | Переріз ригеля, м: [] | Переріз стовпа, м: []
Сітка опори, м: [] | Розміри нахильної частини опори, м: [] | Переріз ригеля, м: [] | Переріз стовпа, м: []
Сітка опори, м: [] | Розміри нахильної частини опори, м: [] | Переріз ригеля, м: [] | Переріз стовпа, м: []
Клас бетону: [] | Виробничий показник: pH: [] | Дата обстеження: 01.07.2017

Примеч: []

F2 | виконати | Esc | відновитися | F10 | довідник | F12 | Вивід (ESC)

Рисунок 8 — Режим ПК АЕСУМ щодо інформації про окремі елементи моста (прогонів будови, опори)

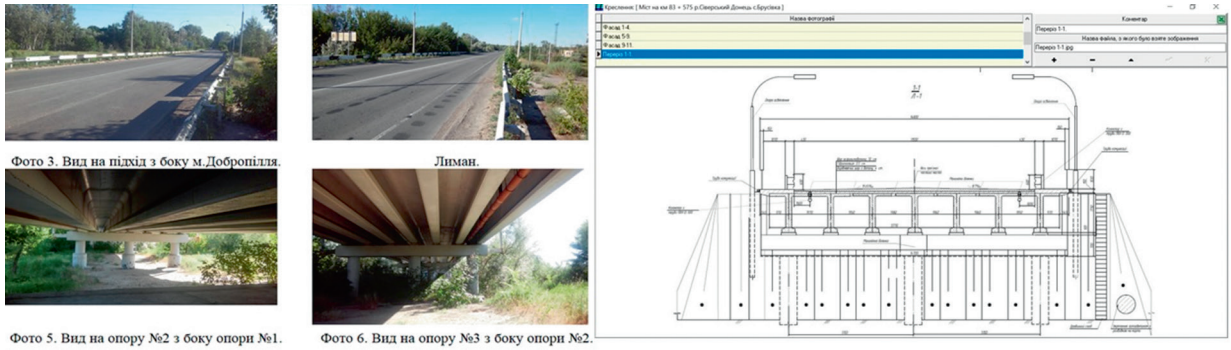


Рисунок 9 – Відображення фотографій моста та його креслень в ПК АЕСУМ

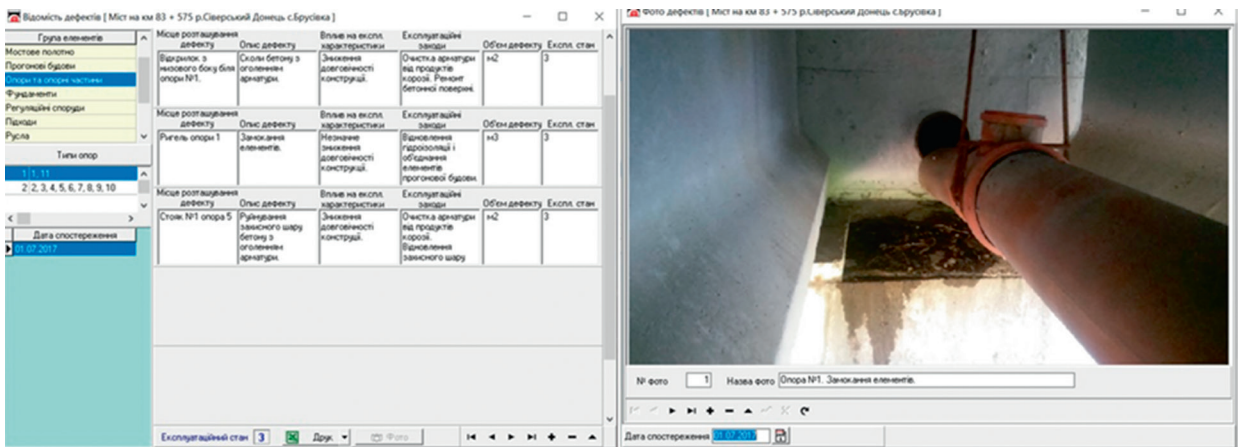


Рисунок 10 – Режим ПК АЕСУМ для роботи з дефектами

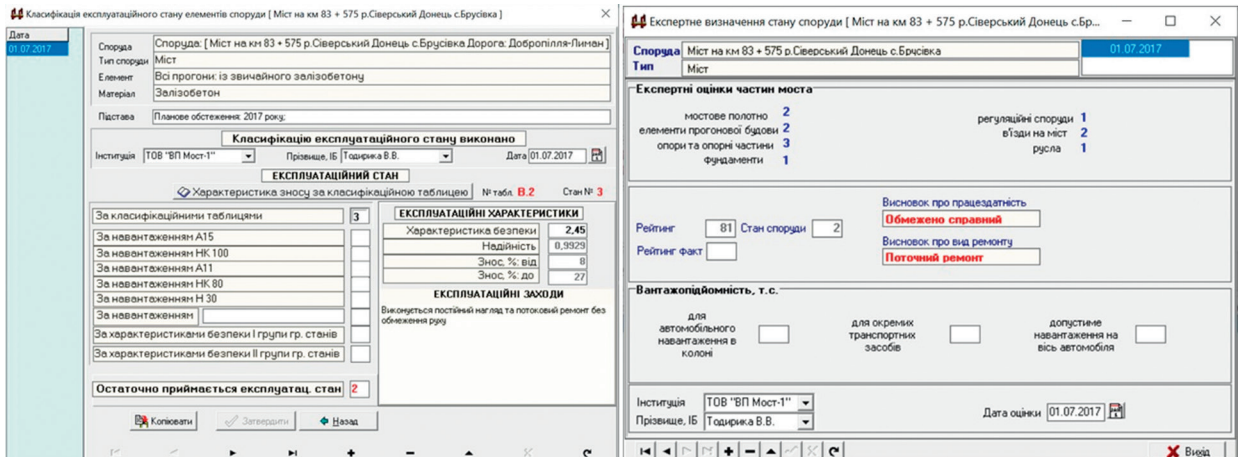


Рисунок 11 – Режим ПК АЕСУМ для експертного визначення експлуатаційного стану



Рисунок 12 — Міст на а/д Т-04-23 км 17+750 (Дніпропетровська область). У результаті підмиву паводком бутових фундаментів зруйнувалися проміжні опори (2015 рік)



Рисунок 13 — Міст №7 через річку Саксагань у м. Кривий Ріг (Дніпропетровська область). Через недостатнє водовідведення зруйнувався насип лівобережного підходу (2015 рік)

Сьогодні є загально визнаним, теоретично доведеним [3–5], що витрати на ремонти та утримання мостів можуть збільшуватись у 3–5 і більше разів порівняно з мінімальними, необхідними при вчасному ремонті. Особливої актуальності проблема формування стратегії ремонтів мостів у системі експлуатації набула в сучасних умовах обмеженого фінансування дорожнього господарства [6]. Стратегію ремонтів може бути вдосконалено в тому числі шляхом виявлення нових факторів важливості мостів. Виявлення цих факторів є задачею для науковців, їх досліджень.

Висновки

1. Використання АЕСУМ, постійне удосконалення програмного комплексу шляхом розроблення нових модулів дозволяє робити науково обґрунтовані висновки, які базуються на поглибленому аналітичному матеріалі, здійснювати наукові дослідження, виконувати інтелектуальний аналіз даних, виявляти закономірності та певні проблеми в експлуатації мостів. При цьому основною вимогою до бази даних залишається її 100-відсоткове наповнення, для чого необхідно, щоб були обстежені всі автодорожні мости і своєчасно виконувалися повторні обстеження, терміни яких призначаються відповідно до вимог нормативів залежно від стану моста та вказуються в його паспорті.

2. АЕСУМ на теперішній час є не тільки універсальним інструментом для оцінки технічного стану і моніторингу мостів, але і все більше використовується у наукових цілях. Виявлення цих факторів є задачею для науковців, їх досліджень та розробок.

3. За допомогою програмного комплексу АЕСУМ на основі реальних даних (5628 мостів по Україні) отримані важливі результати, з аналізу яких можна: виявити й установити характерні дефекти елементів конструкції моста та узагальнити причини, які їх викликали; встановити наявність розмивів русла і узагальнити та встановити залежність між цими дефектами і схемою мосту; визначити структуру розподілення витрат на експлуатаційне утримання, дрібний поточний, поточний середній, капітальний ремонт і реконструкцію мостів; розробляти стратегію ремонтів шляхом виявлення нових факторів важливості мостів.

Список літератури

1. Боднар Л.П. Аналитическая экспертная система управления мостами Украины. Автомобильные дороги и мосты: научно-технический журнал. Минск, 2015. Вып. № 2 (16). С. 18-23.

2. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Київ, 2009. 52 с. (Інформація та документація).

3. Дехтяр А.С. Оптимальна експлуатація залізобетонних мостів. Системні методи керування, технології та організації виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. Київ, 2001. Вип. 12. С. 385-392.

4. Лантух-Лященко А.І. До проблеми оцінки зносу елементів моста. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2000. Вип. 59. С. 33-36.

5. Мозговий В.В., Бесараб О.М., Богданов О.І., Онищенко А.М., Прудкий О.В., Мозговий О.В. Підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття проїзної частини південного мостового переходу через р. Дніпро в Києві. Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. Львів, 2005. Вип. 6. С. 709-715.

6. Larysa Bodnar, Alex Kanin, Sergii Stepanov. Genetic Algorithm to optimize the strategies for bridge repair works. 7th Transport Research Arena TRA 2018. Vienna, 2018. 10 p. URL: <https://zenodo.org/record/1485402#.XqllT4gzZPZ> (дата звернення: 21.04.2020).

References

1. Bodnar L.P. Analiticheskaya ekspertnaya sistema upravleniya mostami Ukrainy (Analytical expert system of bridge management in Ukraine). *Avtomobylnye dorohi i mosty: nauchno-tekhnycheskii zhurnal*. Minsk, 2015. Iss. 2 (16). P. 18-23. [in Russian].

2. State Building Norms (DBN V.2.3-22:2009) Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia (Transport facilities. Bridges and pipes. Basic design requirements). Kyiv, 2009. 52 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

3. Dekhtiar A.S. Optymalna ekspluatatsiia zalizobetonnykh mostiv (Optimal operation of reinforced concrete bridges) . *Systemni metody keruvannia, tekhnolohii ta orhanizatsii vyrobnytstva, remontu ta ekspluatatsii avtomobiliv*. Kyiv, 2001. Iss. 12. P. 385-392. [in Ukrainian].

4. Lantukh-Liashchenko A.I. Do problemy otsinky znosu elementiv mosta (To the problem of assessing the wear of bridge elements). *Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*. Iss. 59. Kyiv, 2000. P. 33-36. [in Ukrainian].

5. Mozghovyi V.V., Besarab O.M., Bohdanov O.I., Onyshchenko A.M., Prudkyi O.V., Mozghovyi O.V. Pidvyshchennia temperaturnoi trishchynostiikosti asfaltobetonnoho pokryttia proiznoi chastyny pivdennoho mostovoho perekhodu cherez r. Dnipro v Kyievi (Increasing the temperature crack resistance of the asphalt-concrete pavement of the carriageway of the southern bridge over the Dnieper River in Kyiv). *Mekhanika i fizyka ruinuвання budivnykh materialiv ta konstruksii*. Lviv, 2005. Iss. 6. P. 709–715. [in Ukrainian].

6. Larysa Bodnar, Alex Kanin, Sergii Stepanov. Genetic Algorithm to optimize the strategies for bridge repair works. *7th Transport Research Arena TRA 2018*. Vienna, 2018. 10 p. URL: <https://zenodo.org/record/1485402#.XqltT4gzZPZ> (Last accessed: 21.04.2020) [in English].

Anatolii Tsynka, <http://orcid.org/0000-0002-0357-2325>

Larysa Bodnar, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0002-4754-721X>

M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

INVESTIGATIONS OF BRIDGE CROSSINGS STATE BASED ON THE ANALYTICAL EXPERT BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM

Abstract

Introduction. The State Roads Agency of Ukraine (Ukravtodor) is implementing the Analytical Expert Bridge Management System (AESUM) which accumulates information about bridges on public roads in Ukraine. Analytical information from the database of the AESUM software package is used at all levels of the road industry; the works on filling of AESUM with the information from inspections, passportization are regularly carried out, taking into account all changes in classification of roads, bridges, etc. The information obtained from AESUM makes it possible to summarize data on the technical state of different types of span structures and bridge supports, to identify the most common defects of these structures, to estimate the amount of repair costs, to classify both the structures of road bridges and the loads they are affected by.

Issue statement. The majority of bridges in Ukraine are of more than 50–60 years old. The wear of such structures is inevitable. The situation is complicated by the growing load on bridges, this process has accelerated significantly in recent decades. With the help of AESUM it is possible to generalize the information and choose the right strategy of bridges repair and maintenance.

The analysis of publications [1], [4], [6] testifies that the systems created and implemented in different countries have much in common: there is a database on bridges; planning of works is carried out; ranking of facilities for appointment of priority performance of works is carried out. Detailed collection of information from investigations of bridge crossings allows using AESUM for scientific

purposes, requires constant development and improvement of the program complex by the research staff of «DerzhdorNDI» SE.

The objective. Development of scientifically justified guidelines for the bridge crossings maintenance and ensuring their reliable and accident-free operation.

Materials and methods. AESUM database contains about 150 parameters of each bridge. Detailed information on individual bridge elements such as spans, supports, foundations as well as photographs and drawings are also stored here. The register of defects includes the defects revealed by the inspection results with a detailed description, scope of distribution and assessment of their impact on the element's state. The operational state of the structure is calculated automatically. For each element of the bridge, it is possible to determine the residual life with the construction of a degradation curve, which makes it possible to forecast the state of the structure's elements for a certain period of time in the future. Bridges are ranked according to the need for repairs by two factors - operational state and road category. AESUM has developed a module for strategic management of bridges repairs and maintenance.

Results. Currently, the functionality of the AESUM software system is commensurate with the main foreign bridge management systems. The AESUM software package implements the model of degradation of road bridge elements for bridge life cycle management, which is a system scientific basis for the development of bridge repair strategy in Ukraine and is implemented in the regulatory document on road bridge operation [10]. The quantitative criterion for bridges in the fifth (inoperable) state has been established, which allows to quickly determine the feasibility of bridge overhaul or reconstruction instead of its closure and replacement with a new one, on the basis of AESUM accounting data.

Conclusions. The use of AESUM, continuous improvement of the software complex through the development of new modules allows making scientifically sound conclusions based on an in-depth analytical material, carrying out scientific research, performing an intellectual analysis of data, identifying the regularities and certain problems in the operation of bridges. At the same time, the main requirement for the database remains its 100% filling which requires that all the road bridges are inspected and that repeated inspections carried out in a timely manner, the terms of which are appointed in accordance with the requirements of the standards for bridge inspection depending on the state of the bridge and that are specified in the bridge passport.

Keywords: road bridge, bridge passport, bridge management system, bridge operation strategies.