

ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОСТАМИ

Боднар Л.П.

Коваль П.М.

Фаль А.Є.

Панібратець Л.Г.

Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна»

Недостатній рівень фінансування дорожнього господарства України призводить до постійного збільшення питомої ваги мостів, які потребують капітального ремонту або реконструкції. На початок 2011 року кількість таких мостів за даними Укравтодору становила 1861 протяжністю 53 кілометри. В свою чергу, потрібний об'єм фінансування повинен бути ретельно обґрунтований, а реально виділені фінансові ресурси розподілено в залежності від експлуатаційного стану мостів та їх важливості в забезпеченні перевезень. Одним з важливих засобів вирішення цієї проблеми є ефективне використання інформаційного ресурсу в управлінні експлуатацією мостів.

Сучасний менеджмент експлуатації мостів на автомобільних дорогах загального користування неможливий без активного впровадження передових інформаційних технологій, які спираються, з одного боку, на наукові досягнення в області: системи інвентаризації мостів та їх елементів; методів оцінки їх експлуатаційного стану; моделей прогнозування деградації стану мостів в залежності від впливу різноманітних зовнішніх та внутрішніх чинників; моделей вибору оптимальних за одним або кількома критеріями стратегій ремонтних робіт обґрунтування поточних і перспективних планів робіт з реконструкції, ремонтів та утримання мостів – як стратегій і планів управління станом мостів, з іншого боку, на комп'ютеризовані інформаційні технології в управлінні станом мостів.

В другій половині ХХ століття в Україні проводилася послідовна робота зі збору і використання інформації про транспортні споруди на автомобільних дорогах та їх стан. В експлуатаційних організаціях на всі мости було заведено відповідні карточки, в яких фіксувалася інформація про міст в цілому і дані про елементи споруди, періодично проводилася паспортизація автомобільних доріг і мостів, виконувалися планові обстеження і випробування мостів з оформленням звітів, створювалися альбоми фотографій споруд, на яких фіксувався їх стан і дефекти елементів конструкцій.

Значно вищий рівень використання інформаційного ресурсу про транспортні споруди передбачалось досягти шляхом створення інформаційно-аналітичних систем (ІАС) з використанням електронно-обчислювальних машин. У 70-х роках ХХ століття, в Україні вперше була розроблена система «Міст», яка експлуатувалась Міндорбудом України. В системі зберігалася інформація щодо паспортних даних мостів на дорогах загального користування та надавалася експертна оцінка можливості пропуску великовагових навантажень [1]. Проте, ця система базувалась на використанні великих ЕОМ, які вже наприкінці 80-х років застаріли.

В 1995-1996 роках акціонерним товариством «Київсоюзшляхпроект» було розроблено ІАС як з інформаційними функціями, так і з деякими експертними можливостями. Вона надавала змогу виконувати оцінку технічного стану споруди, визначати необхідність і обсяги ремонтів, оцінювати вантажопідйомність, визначати режим експлуатації. Але ця ІАС не дістала подальшого розвитку в системі експлуатації мостів України.

В 90-х роках для транспортних споруд комунальної власності в Українському транспортному університеті (зараз НТУ) на основі використання персональних комп'ютерів була розроблена ІАС «EXMOST», яка мала базу даних великої місткості та дозволяла зберігати деяку технічну документацію по споруді, детальний опис дефектів та історію експлуатації. В цій системі переважали інформаційні функції, проте вона стала прототипом сучасної АЕСУМ Укравтодору.

В 2000-2006 роках в Росії за замовленням житлово-комунального господарства Москви була створена Система Оптимального Менеджменту «Гидромост», метою якої була генерація оптимальної стратегії управління експлуатацією комплексу різних об'єктів міського господарства: доріг, мостів, колекторів, трубопроводів, очисних споруд та ін. Ця технологія відкриває новий клас глобальних автоматизованих систем управління, ціллю яких є ефективна експлуатація різноманітних об'єктів міської інфраструктури, а також регіональних та федеральних дорожніх мереж. Найбільшою перевагою системи її розробники вважають можливість адекватної оцінки об'єкту і, відповідно, обґрунтованого планування ремонтно-відновлюваних робіт. Ця можливість обумовлена, перш за все, диференційованою оцінкою технічного стану стандартних елементів споруд та їх сукупностей, що дозволяє звужити діапазон розглядуваних механізмів деградації та отримати коректні залежності зносу об'єкта від часу. Бажання конкретизувати рекомендації автоматизованого планування визначило необхідність уточненого диференційованого підходу для оцінки стану будівельних конструкцій за допомогою трьох основних типів стандартних елементів: конструкція, матеріал та захисно-декоративне покриття. Автори системи висунули думку, що інтегральна оцінка стану конструкцій, прийнята в світовій практиці, внаслідок різноманітності незалежних механізмів деградації призводить до занадто великих розбіжностей значень та робить неможливим отримання коректних залежностей.

В управлінні експлуатацією мостів США частіше за все використовується система управління мостами (Bridge Management System – BMS) «Pontis». На основі банку даних, що містить детальні відомості про технічний стан мостів, в цій системі визначаються оптимальні витрати на їх утримання та генеруються орієнтовна вартість ремонтно-відновлювальних робіт. В якості математичних моделей деградації стану елементів мостів використовуються марковські випадкові процеси. Подібні системи впроваджуються і в Європі (табл. 1).

Таблиця 1 – Впровадження BMS в Європейських країнах

Країна	Рік початку впровадження BMS	Кількість врахованих в BMS мостів
Болгарія	З 2004/2005	1312
Хорватія	В процесі впровадження	800
Чехія	2002	18740
Англія	2001	8600

Кінець табл. 1

Країна	Рік початку впровадження BMS	Кількість врахованих в BMS мостів
Естонія	2002	922
Франція	1999	9000
Німеччина	2000/2001	38000
Угорщина	1996	6000
Італія	1986	3626
Латвія	2002	1775
Сербія	1985	3500
Словаччина	1998	7664
Словенія	1992	2300

Деякі європейські країни в менеджменті експлуатації мостів йдуть шляхом впровадження вже існуючих систем (наприклад, використання BMS «Pontis» в регіоні Генуя (Італія) і в Естонії), а інші створюють власні системи. Необхідно усвідомлювати, що на шляху впровадження імпортованих BMS виникає багато ускладнень, пов'язаних з адаптуванням BMS до місцевих нормативів та стандартів.

В 2004 році на замовлення Державної служби автомобільних доріг України ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна» разом з Національним транспортним університетом розпочали роботи зі створення та впровадження Аналітичної експертної системи управління мостами (АЕСУМ).

Глобальною метою АЕСУМ є впровадження сучасних інформаційних технологій в процес управління станом мостів на основі реалізації сучасної методології розробки стратегії ремонтно-експлуатаційних заходів протягом життєвого циклу моста, спрямованої на ефективну утримання мостів у безпечному для експлуатації стані.

Техніко-економічну ефективність від впровадження АЕСУМ забезпечують головні функції програмного комплексу:

- накопичення, зберігання та обробка інформації по споруді в цілому і її окремих елементів;
- зберігання фотографій та креслень споруди;
- введення і зберігання інформації щодо дефектів споруди, історії їх розвитку, фотографій дефектів;
- формування паспорту споруди згідно з вимогами [3];
- зберігання та обробка результатів обстежень, випробовувань, ремонтів;
- експертна оцінка експлуатаційного стану споруди на основі введених даних про дефекти її елементів та історію зміни стану, визначення працездатності споруди;
- прогноз залишкового ресурсу;
- визначення виду і вартості ремонтів та пріоритетності об'єктів ремонту в умовах обмеженого фінансування, тощо;

- формування програм обстежень;
- підготовка нормативної документації, річних звітів та довідок, які містять будь-які показники, які передбачені в базі даних.

Базу даних АЕСУМ створено на основі системи управління базами даних Microsoft SQL Server, серверні та клієнтські комп'ютерні програми реалізовано на основі мови програмування Object Pascal.

В програмному комплексі врахована можливість віддаленого режиму роботи з сервером шляхом інтернет-протоколу, тобто реалізовано трирівневу архітектуру програмного комплексу: клієнтська частина – серверна частина – сервер баз даних. Проте технічні проблеми з організацією зв'язку між центральною базою даних та клієнтами не дозволили до теперішнього часу реалізувати переваги трирівневої архітектури програмного комплексу. У зв'язку з цим користувачам пропонується робота з локальними базами даних, які періодично поновлюються зі сторони головного сервера. Передача інформації від організацій, які займаються паспортизацією або обстеженнями мостів, здійснюється шляхом відпрацьованої схеми синхронізації даних. Цей недолік викликаний скоріше не самою системою, а технічною можливістю її експлуатації при існуючому фінансуванні.

Довідкова система, яка використовується в АЕСУМ, враховує сучасні державні будівельні норми та національні стандарти [2, 3, 4], які прийнято в Україні в 2009 році. Для цього в програмному комплексі АЕСУМ були здійснені значні зміни. Була застосована сучасна класифікація прогонових будов, опор, фундаментів, у відповідність різним видам дефектів кожного типу елементів споруди визначено певні набори робіт, виконання яких необхідні для їх ліквідації. В 2009 році був розроблений модуль визначення безпечного маршруту руху великогазових та великогабаритних транспортних засобів в залежності від технічних характеристик та стану мостів, були впроваджені модулі систематизації інформації з обстеження та ремонтів мостів, впроваджені режими формування планів з різних видів їх обстежень.

В 2010 році створено модуль розробки планів обстежень мостів по кожній області України з урахуванням вимог ДБН В.2.3-6:2009 за двома параметрами – віку моста та матеріалу прогонової будови. Передбачено функцію, яка дозволяє отримати перелік споруд, які не були обстежені вчасно. Цей модуль дозволяє розробити план обстежень на наступні роки, при цьому кількість років, на які розробляється план, може бути довільною. Крім того, розроблено модуль, в якому на основі прийнятого в ДБН В.2.3-6:2009 поділу на види обстежень, передбачене введення всієї історичної послідовності обстежень та випробувань, проведених на кожній споруді. Зокрема надається інформація про дату проведення кожного виду обстеження, ким воно було виконано та які його результати.

Розроблено модуль введення та друкування звітів про проведені ремонти та реконструкцію кожної споруди. В цьому режимі передбачено введення інформації про дату закінчення ремонту або реконструкції, опис робіт, їх об'єми та вартість, виконавців робіт. Це дає можливість моніторингу використання фінансових ресурсів: потреба коштів на ремонт (визначається на основі модуля розрахунку вартості), скільки фактично виділено коштів і скільки фактично витрачено.

Важливою характеристикою ефективності використання бази даних з обліку мостів та їх стану є частка мостів, відносно яких в базі даних зафіксована відповідна інформація. На рис. 1 і 2 наведено показники заповнення бази даних про стан мостів областей України.

Аналіз заповнення бази по мостам на дорогах державного значення

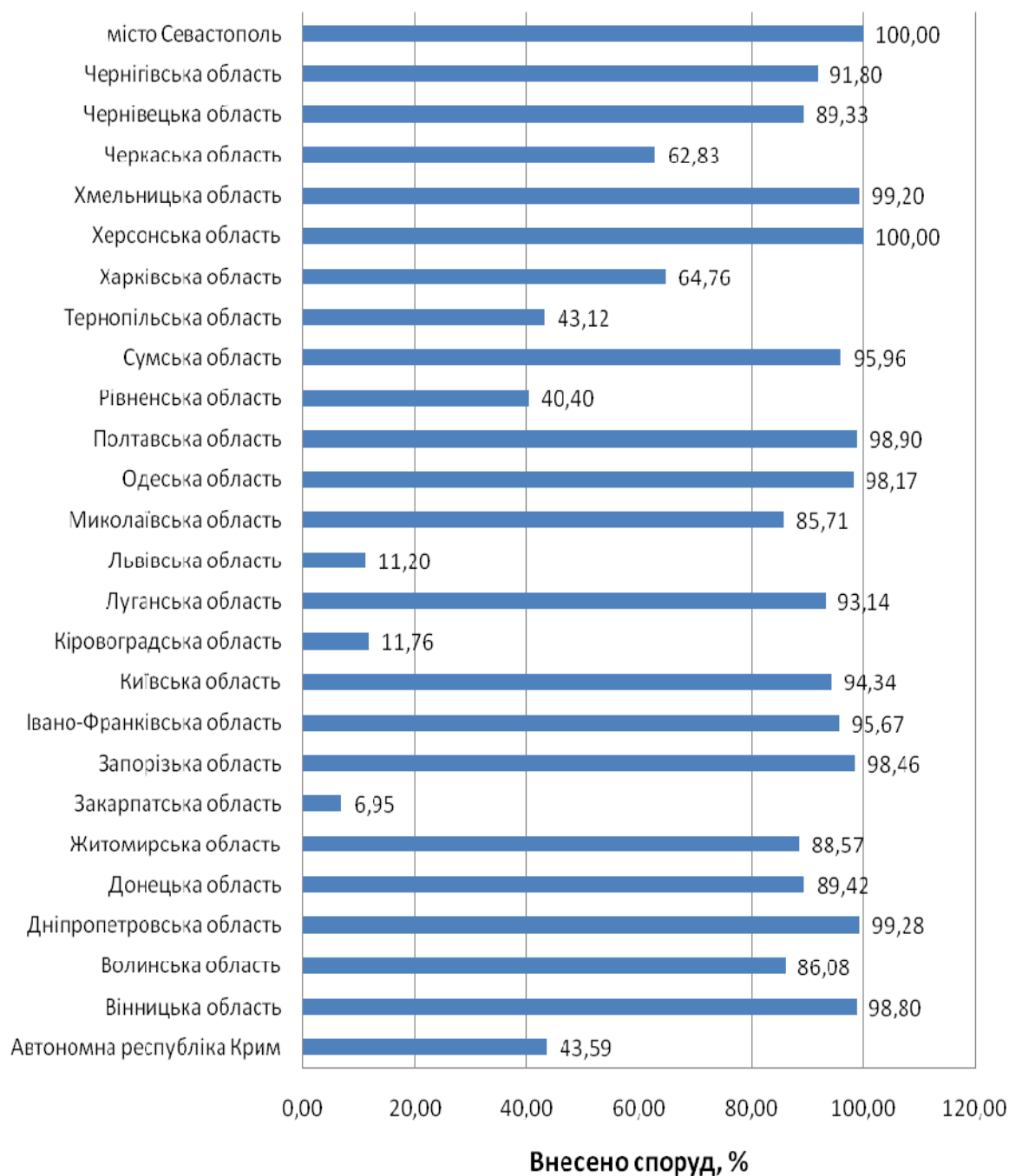


Рис. 1. Аналіз заповнення бази даних на автомобільних дорогах державного значення, станом на 01.05.2011 р.

**Аналіз заповнення бази даних по мостам на дорогах
місцевого значення**

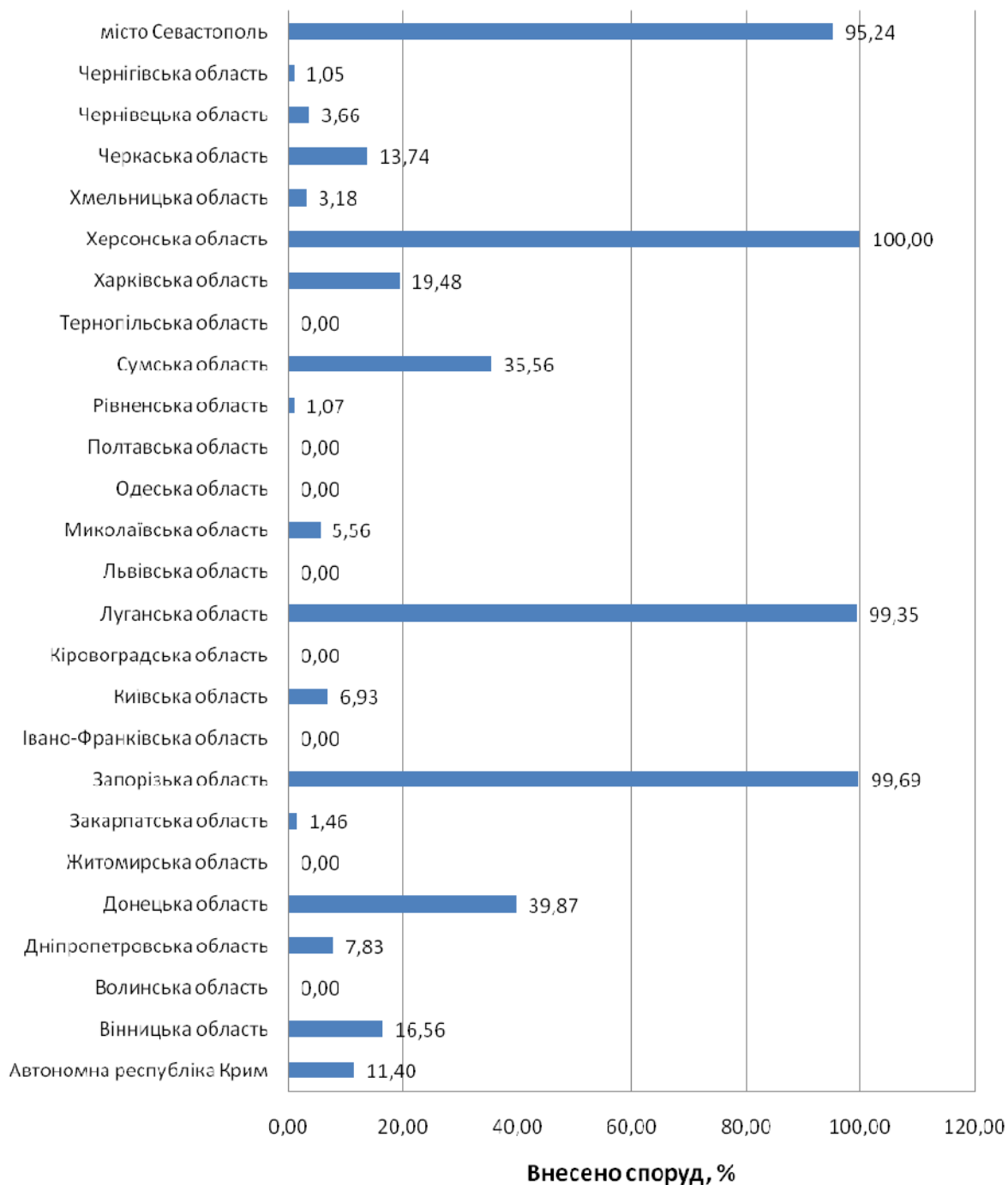


Рис. 2. Аналіз заповнення бази даних на автомобільних дорогах місцевого значення, станом на 01.05.2011 р.

При формування планів з обстежень особлива увага звертається на мости за такими типовими проектами, яким в результаті обстежень було надано негативну оцінку. До них відносяться, наприклад, струнобетонні балки прогонових будов (ВТП-15, ВТП-16), а також прогонові будови, споруджені за типовими проектами Вип. 56 та Вип. 56Д (рис. 3).

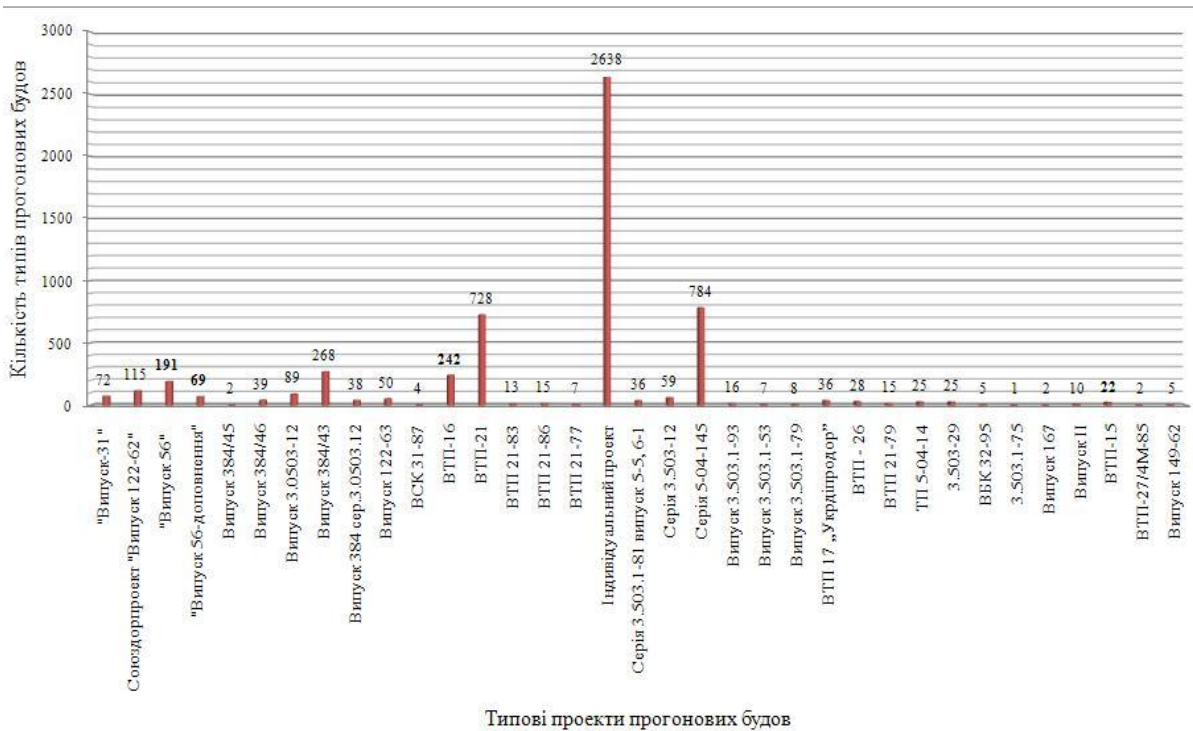


Рис. 3. Розподіл типів прогонових будов за типовими проектами

Зараз триває робота з розробки програмного модуля АЕСУМ з оцінки доцільності виконання капітального ремонту або реконструкції. Привертає увагу факт накопичення об'ємів ремонтних робіт, які не були виконані в минулі роки. Безперервно збільшується кількість мостів, які потребують капітального ремонту або реконструкції. Очевидно, що в умовах недостатнього фінансування кількість мостів, які потребують капітального ремонту, буде збільшуватись. Отже, виникає науково-технічне завдання оцінки доцільності виконання таких великих обсягів ремонтних робіт. Можливо, що в стратегічному плані доцільно не вкладати кошти в ремонт деякої частини таких мостів, а фінансувати будівництво нових мостів. Відповідь на це вкрай важливе соціально-економічне запитання має дати спеціальне теоретичне дослідження в об'єднанні з даними АЕСУМ.

Особливо важливою вбачається розробка системи управління поточним ремонтом та експлуатаційним утриманням мостів в рамках АЕСУМ. Своєчасне і в необхідному об'ємі виконання робіт з поточного ремонту мостів та повноцінне їх утримання забезпечують збільшення залишкового ресурсу мостів, зменшення витрат на їх капітальні ремонти. Ця робота в подальших планах розвитку програмного комплексу. Для обґрунтування оптимальних послідовності та об'ємів робіт з цих видів діяльності необхідна розробка у складі АЕСУМ системи управління поточним ремонтом та утриманням мостів, її методичного і програмно-інформаційного забезпечення.

З використанням такої системи можливо здійснювати систематичну і більш точну оцінку стану елементів мостів, визначати притаманні цим станам об'єми дефектів, обґрунтовувати оптимальні стратегії проведення ремонтно-відновлювальних заходів з мінімальною вартістю і формувати раціональні річні програми робіт, які збільшують довговічність мостів. На основі досліджень об'ємів дефектів елементів мостів та розробки відповідного математичного апарату моделювання їх стану можна обґрунтовувати оптимальну структуру ремонтних робіт та терміни проведення ремонтно-відновлюваних заходів, виконання яких спрямоване на підтримання певного планового експлуатаційного рівня мостів.

Створення системи управління поточним ремонтом та експлуатаційним утриманням мостів в рамках АЕСУМ - складна комплексна науково-технічна задача, вирішення якої потребує використання сучасних наукових принципів моделювання складних та невизначених ситуацій, а також проведення значних об'ємів натурних інструментальних та візуальних спостережень за станом елементів мостів. Прогноз інтенсивності впливу на стан елементів мостів різноманітних факторів з метою визначення певних типів їх пошкоджень, ліквідація яких вимагає проведення обґрунтованих видів і об'ємів ремонтних робіт, потребує створення унікальних моделей управління процесами поточного ремонту та експлуатаційного утримання мостів.

Висновки

Розвиток АЕСУМ дозволить здійснювати єдину політику в прийнятті рішень з управління станом мостів на основі комплексної оцінки спостережених даних. Інформація повинна зберігатися в єдиній базі даних, клієнти АЕСУМ повинні взаємодіяти з базою даних через інтернет, використовуючи загальнодоступні програмні засоби (веб-браузери), що знизить витрати на експлуатацію та поновлення системи, підвищить її надійність.

Удосконалення АЕСУМ дозволить робити аналітичні висновки, здійснювати наукові дослідження, виконувати інтелектуальний аналіз даних, виявляти закономірності в експлуатації мостів. При цьому основною вимогою до бази даних залишається її 100-відсоткове наповнення. Відкрита структура даних дозволяє по мірі необхідності доповнювати її новими даними та розвивати і нарощувати аналітичні модулі.

Література

1. Експлуатація і реконструкція мостів [Текст] /Страхова Н.Є., Голубев В.О., Ковальов П.М., Тодіріка В.В. – 2-е вид., випр. – К., 2002. – 408 с.
2. ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 43 с.
3. ДБН В.2.3-6:2009. Мости та труби. Обстеження та випробування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 49 с.
4. СОУ 45.2-00018112-027:2007. Споруди транспорту. Типи елементів автодорожніх мостів. Класифікація. – К.: Укравтодор, 2007. – 46 с.