



## Транспортні процеси агропромислового комплексу Transport processes of agro-industrial complex

УДК 625.09

### Безпечна експлуатація та надійність мостових споруд на дорогах України як необхідні елементи транспортної логістики

О.І. Безбабічева<sup>1</sup>, М.М. Кірієнко<sup>2</sup>, І.А. Черепньов<sup>2</sup>, В.Л. Топчій<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
(м. Харків, Україна), most\_kharkov@ukr.net

<sup>2</sup> Харківський національний технічний університет сільського господарства  
ім. П. Василенка (м. Харків, Україна), hfinpromt@ukr.net

<sup>3</sup> Харківський національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
(м. Харків, Україна), t\_v\_12010@ukr.net

Розглядаються питання надійності та безпечної експлуатації мостових споруд. Мостові споруди є складними інженерними системами 4-5 категорії небезпеки. При цьому стан цих споруд може суттєво впливати та транспортно - логістичні схеми будь-яких перевезень в сфері агропромислового комплексу. Закриття руху через незадовільний стан споруди або її руйнування, організація нових шляхів доставки вантажів та пасажирів є затратними. Пропонується приділяти професійну увагу всім етапам життєвого циклу споруд для подовження їх ресурсу. Розглядаються основні причини переходу автодорожніх мостів до незадовільного стану. Наводяться дані про вплив стану окремих елементів на зниження строку служби споруд. Одним з основних факторів, що значно знижують надійність та термін служби мостів, є несвоєчасна заміна гідроізоляції та застосування неякісних матеріалів для її улаштування. «Слабкими ланками» для споруд є відсутність сучасного комплексного водовідводу, недосконалість деформаційних швів та зон сполучень з підходами. Виявлено, що найбільш розповсюдженими причинами незадовільного стану мостів є дефекти та помилки етапу будівництва, зокрема, зневага до норм та правил виконання робіт. Показано, що етап експлуатації повинен супроводжуватися своєчасними обстеженнями та виконанням поточних ремонтів, що потребує державної підтримки та спеціально підготовлених професійних кадрів. Окремою категорією зруйнованих споруд стають мости та шляхопроводи зони АТО, відновлення яких є дуже проблематичним. Переміщення по мостам важкої техніки та понаднормативних вантажів може призвести до аварій та до руйнувань прогонів та опор існуючих мостів. Відмічається, що результат функціонування мосту як системи має не тільки технічні, але й економічні, соціальні, екологічні та інші аспекти. Тому пропонується проводити оцінку технічного стану споруд, їх надійності та довговічності при широкому застосуванні можливостей комп'ютерної техніки. Відмічається, що нові технології ремонту та проектування споруд, а також своєчасна діагностика дають можливість покращити стан споруд під час їх експлуатації, а також знизити ризик передчасних відмов у майбутньому.

**Ключові слова:** транспортна логістика, мости, безпечна експлуатація, надійність, дефекти, руйнування, оцінка технічного стану

**Вступ.** Мости є однією з найважливіших складових інфраструктури, це об'єкти вищої, 4 та 5 категорії складності та небезпеки за ДБН В.1.2-14-2009 [1]. Мостові споруди на автомобільних дорогах України є різними за віком, за конструктивними особливостями, за матеріалом та призначенням. При відмовах несучих елементів мостів через закриття руху і організацію альтернативних шляхів доставки вантажів та пасажирів виникають значні збитки. Змінюються транспортно-логістичні схеми пере-

везень, налагоджені роками, перенавантаженими стають інші ділянки транспортної мережі регіону. Вірогідними є юридичні та фінансові ризики при несвоєчасній доставці вантажу. Відновлення або заміна мосту завжди потребують додаткових обстежень і наявності робочого проекту. Матеріальні та трудові ресурси на якісне та своєчасне виконання робіт є значними і в умовах обмеженого фінансування можуть бути терміново недосяжними. Мости і шляхопроводи практично завжди є концентраторами

транспортних потоків, особливо в крупних містах та поблизу агропромислових об'єктів та ін. При цьому забезпечити надійну та довговічну роботу мостів складніше, ніж самих доріг, оскільки мости є системами з багатьох різноманітних елементів та зазнають дії більш різноманітних навантажень та впливів.

**Виклад основного матеріалу.** В Україні експлуатуються понад 28000 мостів загальною протяжністю більше 805,8 км. З них залізобетонних і кам'яних мостів 93%, металевих – 6%, дерев'яних – 1%.

Більшість мостів побудовані зі збірних залізобетонних конструкцій. 63% таких мостів будувалися ще за нормами 1962 року, або раниших років. Такі мостові споруди в більшості не задовольняють вимогам діючих норм за вантажопідйомністю та габаритами, мають ширину проїзної частини менше 8 м; на них відсутні смуги безпеки, підвищені огороження безпеки тощо. Такі мости порушують правила безпечного руху пішоходів та транспортних засобів по ним.

У незадовільному стані перебуває значна частка мостів комунальної форми власності. Результати обстежень та експертні оцінки фахівців галузі свідчать, що збірні мости вже через 30 - 40 років починають виходити з ладу [2]. При цьому на дорогах державного значення існують понад 60% мостів віком 30-50 років. Тому, при проектному терміні служби таких споруд в 60 років і зростаючих навантаженнях на вісь транспортних засобів, стан споруд стрімко погіршується.

Показово, що 67% мостів не задовольняли вимогам норм проектування вже у 2000 р. [3].

Станом на 1.01.2013 р понад 1957 споруд загальною протяжністю 54 км, підпорядкованих Укравтодору вимагали капітального ремонту або реконструкції. До того ж у 2006 та 2009 р. були введені в дію нові нормативи з проектування, що передбачають більш характеристичні (проектні) навантаження (А15 та НК-80) [4,5].

У рішенні Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України від 13 жовтня 2009 зверталась увага на те, що «... критичний стан автодорожніх мостів та транспортних споруд як складових систем життєзабезпечення на території України підвищує ризик виникнення Надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і становить Відповідно до статті 7 Закону України «Про основи національної безпеки України» загрозу національній безпеці в Економічній та екологічній сферах ... » [3].

Слід відмітити, також, що кліматичні умови України представлені всіма зонами, різноманітні також ґрунтові й гідрогеологічні характеристики. Різноманітність кліматичних умов позначається на методах зведення, умовах експлуатації, що обумовлює індивідуальність конструктивних рішень опор і прогонів, елементів мостового полотна тощо.

Багатьма фахівцями показано, що надійність, довговічність і технічний стан споруди, а також споживчі властивості залежать від правильності виконання видів робіт на всіх етапах життєвого циклу споруд [6 - 10]. Тому управління цими показниками необхідно здійснювати послідовно на стадіях нормування, проектування, будівництва і експлуатації (рис. 1).

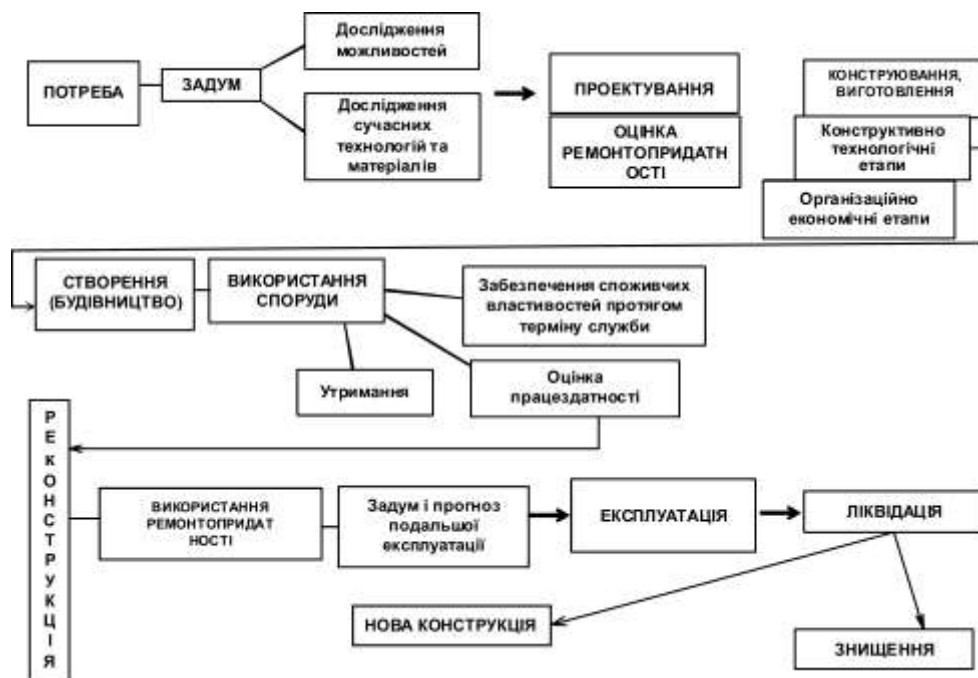


Рис. 1. Основні етапи життєвого циклу мостових споруд

На стадії нормування задається рівень функціональних споживчих властивостей і інші обов'язкові вимоги. На стадіях проектування і будівництва заданий рівень реалізується при створенні конкретної споруди.

На стадії експлуатації здійснюються необхідні заходи по постійній підтримці споживчих властивостей моста.

При експлуатації залізобетонних споруд завжди корисно не забувати так зване «правило Сіттера», за яким у термінах служби бетонних конструкцій існують 4 фази:

- фаза А – проектування, зведення та витримка бетону;
- фаза В – ініціювання процесу деградації, без розповсюдження пошкоджень;
- фаза С – початок розповсюдження пошкоджень;

• фаза Д – розвинена стадія розповсюдження значних пошкоджень.

Де Сіттер ввів правило «1:5», яке наголошує: «Один долар, який витрачається у фазі А, дорівнює 5 доларам у фазі В, 25 доларам у фазі С, та 125 доларам у фазі Д».

Аналіз причин аварій мостових споруд може бути корисним для виявлення стратегічних напрямків для заходів своєчасного її запобігання (рис. 2). Так за даними [9] основні причини аварій такі:

- недоробка норм проектування – 4%;
- невдалий проектне рішення, помилки проекту – 25,1%;
- низька якість матеріалів – 6%;
- дефекти виготовлення і монтажу – 48,3%;
- неправильне утримання – 15,7%;
- інші причини – 0,3%.

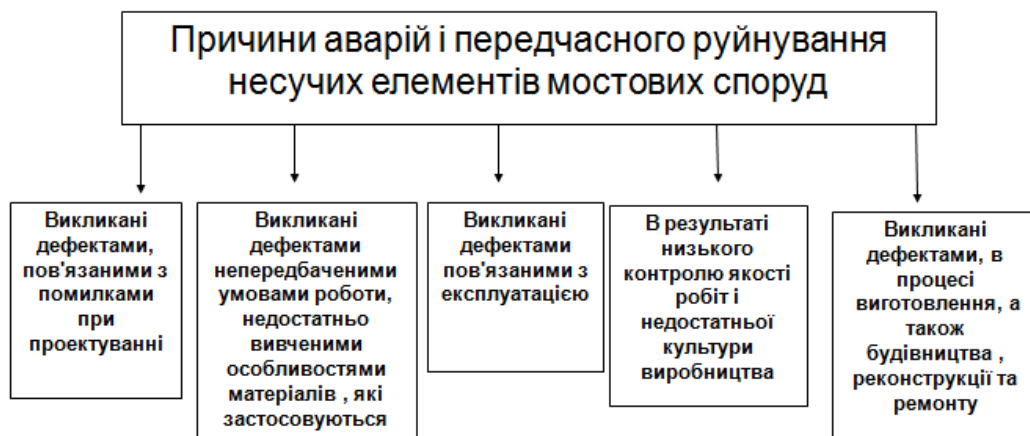


Рис. 2. Основні причини аварій та передчасного руйнування несучих елементів мостових споруд

В цілому, основними причинами незадовільного стану мостів можемо вважати:

- відсутність належного фінансування, відсутність системного підходу до проблеми;
- відсутність необхідного та своєчасного догляду та адекватної експлуатації мостів;
- недосконалість нормативно-правової бази системи експлуатації мостів;
- невиправдано широке застосування в останні десятиріччя збірних прогонових будов (понад 89%); недосконалість гідроізоляції та технологій виконання гідроізоляційних робіт;
- відставання нормативів рухомих навантажень від дійсного росту параметрів автомобільного транспорту;
- неповнота або відсутність баз даних мостових споруд.

При вирішенні питань з підвищення експлуатаційної надійності мостових споруд неминучим є розгляд моста як складної технічної системи.

При розгляді конкретної технічної системи, насамперед, представляють інтерес властивості

окремих елементів системи та їх вплив на властивості системи в цілому.

При розгляді мостів як складних технічних (інженерних) систем з показниками надійності та довговічності окремих елементів, що суттєво відрізняються, можемо виявити «слабкі ланки», тобто елементи найменш надійні. Для цього необхідно мати аналітичний та статистичний огляди даних обстежень багатьох споруд, що експлуатуються протягом тривалого періоду. За даними багаторічних обстежень стану 500 споруд фахівцями ОНДЛ кафедри мостів ХАДІ [11], були відзначені фактори (дефекти), що істотно знижують довговічність мостів: незабезпеченість комплексного водовідводу (у 70% обстежених споруд); зниження функціональності гідроізоляції і шарів покриття; руйнування в зонах деформаційних швів. Дані інтерактивного опитування обласних служб експлуатації доріг (рис. 3) свідчать, що в більшості областей України гідроізоляція мостів не забезпечує захисних функцій і потребує удосконалення [12].

Слід додати, що наведені дані були отримані в роки, коли фінансування потреб галузі було кращим, ніж у теперішній час. В останні роки, незважаючи на збільшення віку споруд в умовах одночасного зростання ваги та інтенсивності рухомих навантажень, фінансова стратегія щодо збереження споруд стала вкрай недостатньою.

Крім того, більш ніж 60 споруд у зонах бойових дій в Україні отримали руйнування, що не сумісні з подальшою експлуатацією без капітального ремонту або відновлення прогонів та опор. Тому слід прогнозувати подальше падіння фінансових можливостей для здійснення хоча б нормативних правил з утримання та безпечної експлуатації мостових споруд країни. В таких умовах актуальним є пошук та застосування раціональних з конструктивної точки зору, технологічно ремонтпридатних та відносно недорогих рішень з удосконалення тих окремих елементів, які суттєво впливають на реальні терміни служби мостових споруд.

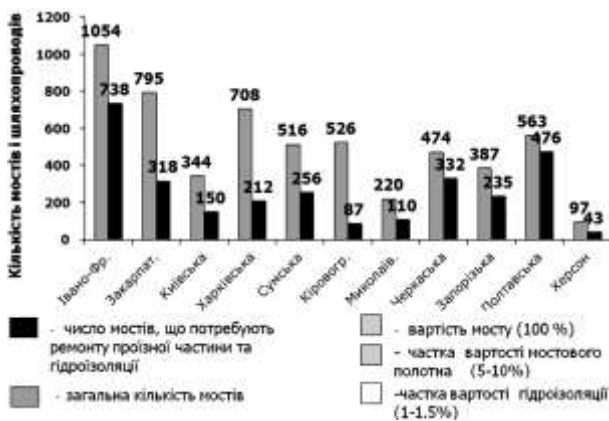


Рис. 3. Кількість мостів, що потребують ремонту проїзної частини та гідроізоляції у деяких областях України (станом на 2004р)

Стан прогонових будов і їх окремих елементів вносить основну частку в підвищення або зниження експлуатаційної надійності мостових споруд. При цьому при обстеженнях мостів необхідно враховувати, що прогонові будови в свою чергу являють собою систему, що складається з ряду елементів (головні балки, плити, комплекс елементів мостового полотна).

Підвищення довговічності і експлуатаційних показників кожного з елементів даної системи позитивно позначиться на її надійності в цілому. Питаннями підвищення надійності елементів мостового полотна, організації системи водовідведення, удосконалення конструктивних рішень прогонових будов займаються вчені різних країн світу.

На території країн СНД такі науково-практичні дослідження дуже своєчасні у зв'язку з великою кількістю на автомобільних дорогах залізобетонних збірних мостів, що досягли віку 50 - 60 років.

Для забезпечення водовідводу з проїжджої частини фахівцями рекомендується застосовувати поздовжній ухил не менше 6%. Мінімальні значення поперечних ухилів: 20% на проїжджій частині, 30 - 40% – на пішохідних тротуарах; рекомендований поперечний ухил проїзної частини 25%. Кращими при цьому вважаються схеми з одностороннім ухилом.

При обстеженнях споруд, що експлуатуються, повсюди відмічається порушення цих вимог, які виникають при проведенні термінових ямкових ремонтів, або при не професійно виконаних роботах поточного характеру.

Особливо це стосується міських мостів з суміщеним рухом транспорту. Зокрема, наявність електрифікованих трамвайних ліній на міських мостах призводить до прискорення корозії завдяки блукаючим струмам.

В останні десятиріччя спірним питанням стало застосування елементів водовідводу лише у вигляді водовідвідних трубок, оскільки при неналежному нагляді за їх станом, місця установки трубок та решіток перетворюються на джерело накопичення бруду і сміття на проїзній частині. Крім того, в проектних рішеннях протягом багатьох років не пропонувалася схема подальшого відведення поверхневої води за межі споруди із застосуванням спеціальних колекторів. Без таких рішень вода з трубок потрапляє безпосередньо на елементи несучих конструкцій, що призводить до швидких пошкоджень бетону та арматури.

Одним з видів сучасного поверхневого водовідводу є розробка та улаштування спеціальних лотків вздовж тротуарних блоків, бордюрів або розділових смуг і систем колекторів, що відводять зібрану воду за межі несучих елементів. Труби для відведення води виконують з модифікованою пластмаси або металу; вони повинні мати спеціальну конфігурацію для очищення і заміни окремих частин (колін) з перегинами під кутами більше 90° (рис.4).

Організація таких схем водовідведення вимагає індивідуального рішення, яке враховує як конструктивні особливості споруди, так і гідрогеологічні та кліматичні умови району будівництва. Обов'язковою умовою успішного функціонування лотків і труб є своєчасне їх очищення від бруду і наносів. Досвід застосування горизонтальних лотків на мостах показав, що для руху по них суміші піску і води необхідний поздовжній ухил не менше 10%, що конструктивно важко здійснити.

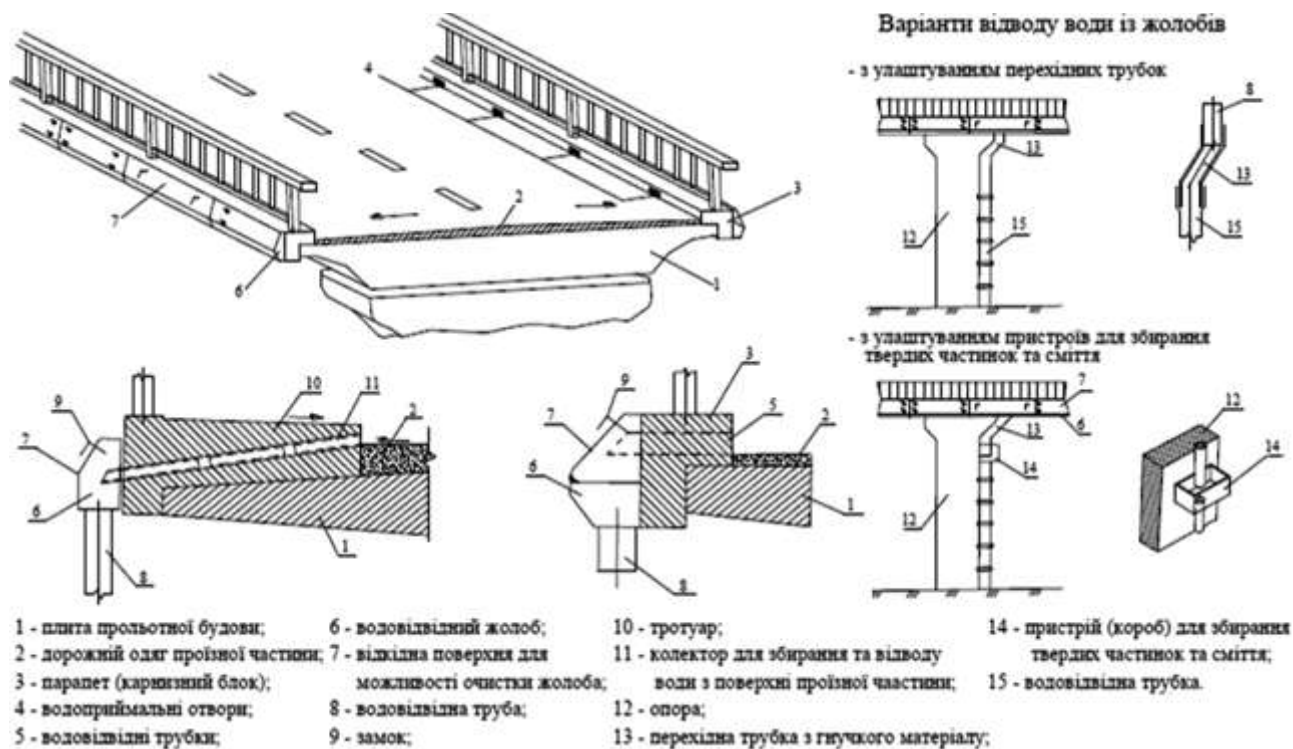


Рис. 4. Схеми сучасного водовідводу від несучих елементів мостів

Відносно новим конструктивним рішенням останніх 30 років можна вважати паро-дренажні системи відведення конденсату з середини конструкції дорожнього одягу за допомогою водопоглинаючої матеріалів. Влаштування внутрішніх дренажів вже регламентується діючими в Україні нормами на проектування мостів. Такі рішення необхідно застосовувати при виконання проектів реконструкції з заміною збірних тротуарів на монолітні при одночасному виконанні монолітної плити підсилення проїзної частини (рис. 5)

Цікавим нестандартним рішенням є використання спеціальних дренажних сіток в зоні бордюрів та в окремих частинах монолітних плит проїзної частини (рис. 6).

Актуальним є застосування дренажних систем при влаштуванні гідроізоляції і покриття з литих високотемпературних асфальто-бетонних сумішей.

Зони тротуарів автодорожніх і міських мостів при використанні збірних залізобетонних блоків з-за великої кількості стиків є проблемними з точки зору їх ремонтпридатності а також інтенсивного протікання води і бруду до крайніх несучих елементів прогонових будов.

Аналіз проектних рішень показує, що в передових європейських країнах вже багато років застосовують монолітні конструкції тротуарів з комплексним рішенням парапетів, бар'єрів безпеки та водовідведення.

При цьому використовуються переважно два методу укладання бетонної суміші: 1-метод вібраційної укладання в опалубці, що переміщується; 2 метод видавлювання матеріалу у форму (прес-машини). Найбільш універсальними для цього є машини фірми «GOMACO», «Power Cubers», «Curbmaster» та ін.

В останні роки «Укравтодор» вимагає виконання свого розпорядження про необхідність виконання монолітних тротуарів і заміні збірних тротуарів на монолітні в процесі реконструкції мостових споруд. При цьому одночасно вирішуються питання забезпечення необхідних ухилів для організованого водовідводу в цих зонах.

Певні складнощі при цьому викликає відсутність сучасних вітчизняних машин для виконання таких робіт. При виконанні монолітних тротуарів ефективним може бути застосування спеціальних тканих сіток типу TENAX RF, RF2, C-FLEX для додаткового армування бетону. Особливість подібних сіток в тому, що вони хімічно інертні, мають підвищену гнучкість і міцність завдяки орієнтації волокон у двох напрямках у процесі їх виготовлення.

Велике значення в підвищенні захисних функцій мостового полотна має герметизація стиків окремих елементів (стіжок огорож, кріплень опор освітлення, примикань бордюрних блоків до покриття і т.д). У таких місцях застосовуються герметики у вигляді мастик або стрічок спеціального складу, в основному на бітумно-полімерній основі, що може суттєво підвищити безпеку та водонепроникність цих вузлів.

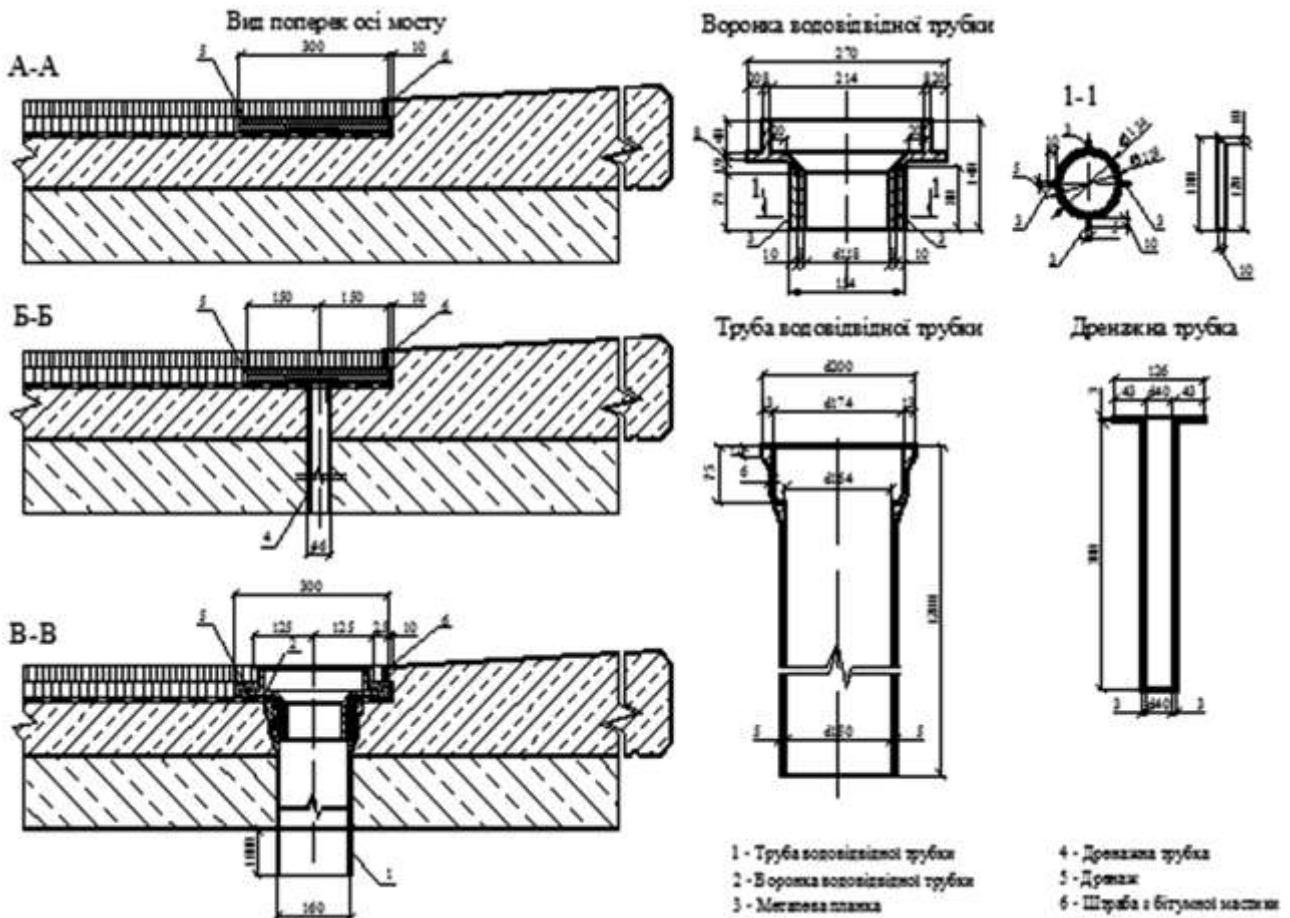


Рис. 5. Схема встановлення водовідвідних та дренажних трубок на прольотній будові при реконструкції з застосуванням монолітної плити та переобладнанні тротуарів у монолітні

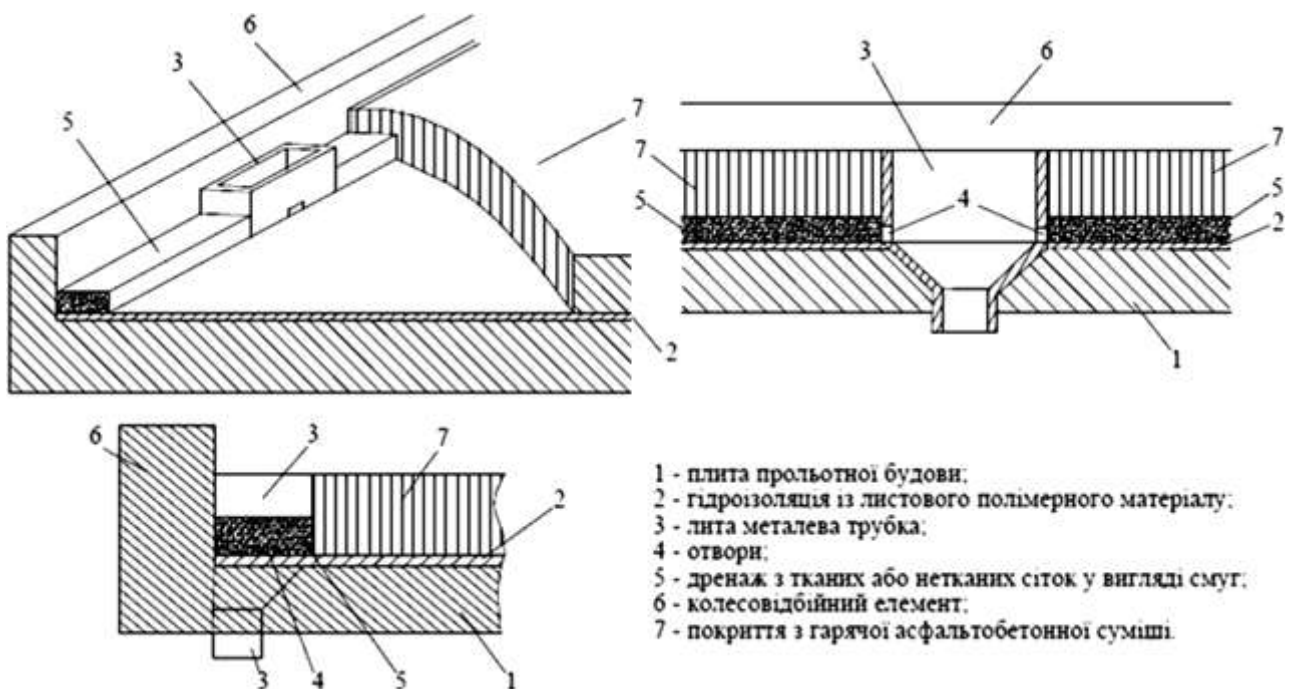


Рис.6. Використання дренажних сіток в зонах бордюрів монолітних плит проїзної частини

Особливу увагу при будівництві нових споруд та реконструкції існуючих слід приділяти якості гідроізоляції, тому що цей елемент покликаний забезпечувати водонепроникність мостового полотна, знаходиться всередині конструкції дорожнього одягу. При його відмові потрібні значні матеріальні витрати на відновлення, а для заміни шару гідроізоляції необхідно припинити рух та демонтувати шари одягу та різні елементи мостового полотна, які знаходяться над нею.

В Україні стан гідроізоляції мостових споруд та дорожнього одягу в цілому вже протягом багатьох років викликає заклопотаність фахівців. Вибір матеріалів для гідроізоляційного захисту прольотних будов є відповідальною частиною комплексного завдання конструювання надійного мостового полотна, яка включає вирішення питань організації водовідводу з проїзної частини і тротуарів, влаштування герметичних деформаційних швів, проектування дренажу, розробку конструктивного рішення дорожнього одягу і самої гідроізоляції.

На жаль, в даний час в Україні відсутній стандарт на термінологію проектування і будівництва мостів. Тому визначення «гідроізоляція» може мати на увазі і конструктивний шар, і систему шарів, і весь комплекс шарів дорожнього одягу та технологічний процес. Розробка та впровадження ДСТУ на терміни та визначення в мостобудуванні, на нашу думку, дуже актуальні.

Актуальним залишається питання вдосконалення методик та обладнання для проведення випробувань гідроізоляційних матеріалів відповідно з реальними умовами роботи цих матеріалів у комплексі гідрозахисту прогонових будов. Розробка фахівцями ХНАДУ відомчих будівельних норм ВБН В.2.3-218-197-2005 «Споруди транспорту. Проектування та влаштування гідроізоляції залізобетонних мостових споруд» були кроком у напрямку підвищення довговічності гідроізоляції і дорожніх одягів прогонових будов мостів. У нормах були розширені і диференційовані вимоги до матеріалів для гідроізоляції мостів, з урахуванням особливостей їх роботи в різних кліматичних умовах під дією тимчасових навантажень і технологічних особливостей влаштування дорожнього одягу мостів. Так були запропоновані деякі на наш погляд важливі і вимоги та критерії для етапів вибору матеріалів для гідроізоляції автодорожніх мостів. Зокрема, такі:

Матеріали для гідроізоляції проїзної частини повинні мати висновок акредитованої випробувальної лабораторії щодо їх придатності для гідроізоляції мостових споруд;

Характеристики матеріалів для гідроізоляції проїзної частини мостів повинні задовольняти наступним основним вимогам:

- водонепроникність по всій поверхні під дією статичного тиску води (0,1 МПа протягом 72 годин);

- водонепроникність під дією динамічного впливу води (1000 впливів при тиску 0,5 МПа);

- водопоглинання протягом 24 годин не більше ніж 1% за масою;

- стійкість до довгострокового водопоглинання (водопоглинання протягом 30 діб не більше ніж 5% за масою);

- здатність витримувати цикли заморожування-відтавання без втрати основних властивостей (після 15 циклів заморожування-відтавання показники водонепроникності, адгезії до бетону, відносного подовження при розриві при від'ємних температурах та здатності витримувати розкриття тріщин не повинні бути нижчими за нормативні значення);

- стійкість до агресивної дії хімічних сполук, що присутні у маслах, дизельному паливі, бензині, а також хлоридів магнію, натрію, кальцію та інших матеріалів, які виворіткуються дорожньо-експлуатаційними організаціями для боротьби з зимовою слизькістю (відсутність пошкоджень суцільності після витримання у відповідному середовищі протягом 30 діб; зменшення маси при цьому не повинно перевищувати 1,5%);

- стійкість до дії лугів (відсутність пошкоджень після витримання протягом 30 діб у лужному середовищі з показником рН не меншим ніж 13; зменшення маси при цьому не повинно перевищувати 1,5%);

- стійкість до поодиноких наднормативних навантажень у разі застосування спеціальної будівельної техніки під час виконання робіт по улаштуванню гідроізоляції та наступних шарів дорожнього одягу (після проходження техніки не повинно бути пошкоджень суцільності шару гідроізоляції);

- стійкість до статичного продавлювання сталеву кулькою діаметром 10 мм під дією зусилля 245 Н;

- стійкість до теплових впливів у випадках укладання гарячих або литих асфальтобетонних сумішей безпосередньо на шар гідроізоляційного матеріалу (гідроізоляційний матеріал не повинен втрачати водонепроникність після моделюванні умов влаштування захисного шару або шару покриття проїжджої частини з гарячої або литої асфальтобетонної суміші);

- стійкість до утворення пухирів (при циклічному нагріванні зволоженого бетону з нанесеною гідроізоляцією, та його вистиганні, під шаром гідроізоляції не повинні утворюватися пухирі);

Матеріали, які утворюють плівку або шар на поверхні, що ізолюється, повинні забезпечувати:

- здатність витримувати розкриття тріщин в експлуатаційному діапазоні температур: статичних – розкриттям до 2 мм та динамічних розкриттям до 0,3 мм;

- міцність зчеплення з поверхнею, що ізолюється, під дією зсувних зусиль (зчеплення не менше ніж 0,3 МПа);

- адгезію до бетону плити проїзної частини не менше ніж 0,3 МПа;

- еластичність при від'ємних температурах (гнучкість на стержні діаметром 15 мм при мінус 20 °С без утворення тріщин);

- відносне подовження мастики при розриві не менше ніж 20% при температурі мінус 20°С;

Виробник гідроізоляційного матеріалу повинен надавати рекомендації щодо особливостей його застосування як гідроізоляції мостової споруди, включаючи вимоги до підготовки поверхні, якщо вони відрізняються від вимог, що викладені у розділі 3 цих норм;

Після вибору виду гідроізоляційного матеріалу (рулонний; такий, що напиляється; обмазувальної або просочувальної дії), на основі урахування його теплостійкості, приймається рішення про необхідність влаштування захисного шару, вид матеріалу для влаштування захисного шару та інших конструктивних шарів одягу їздового полотна;

Для підвищення надійності гідроізоляційного захисту рекомендується при влаштуванні вирівнюючого та захисного шарів застосовувати фібробетон, технології вакуумування або інші технології, що зменшують тріщиноутворення бетону;

У разі застосування гідроізоляційного матеріалу з низькою теплостійкістю необхідно влаштувати захисний шар з армованого цементного бетону. Товщина захисного шару гідроізоляції у цьому випадку повинна прийматися в залежності від товщини і температури укладання асфальтобетонної суміші зверху захисного шару та фактичної теплостійкості гідроізоляційного матеріалу за теплотехнічним розрахунком, але не менше ніж 40 мм;

Застосування гідроізоляційних матеріалів підвищеної теплостійкості дозволяє використовувати у якості захисного шару гарячий піщаний асфальтобетон. Для покриття доцільно застосовувати дрібнозернисті асфальтобетони на основі бітумно-полімерних в'язучих або литі асфальтобетони на основі бітумно-полімерних в'язучих;

При використанні гарячих або литих асфальтобетонних сумішей як захисного шару гідроізоляції, значення мінімальної теплостійкості гідроізоляційного матеріалу необхідно визначати з урахуванням тривалості температурного впливу за розрахунками температурних полів, що виникають під час укладання гарячих покриттів.

Ці критерії, скореговані індивідуально під задачі нового будівництва або реконструкції, в разі їх дотримання, сприяли б підвищенню терміну служби шару гідроізоляції і мостового полотна в цілому. Також дуже важливим для надійного та раціонального відновлення мостового полотна є виконання вимоги, що стосуються робіт при ремонтах та відновлення шарів дорожнього одягу.

Суть питання в тому, що не дозволяється укладати нові шари одягу, зокрема покриттів поверх пошкоджених тому, що нарощується додаткове постійне навантаження і крім того, у нових шарах покриття неминуче виникають відбиті тріщини. На жаль, науково-технічна література практично не висвітлює досвід роботи гідроізоляційних матеріалів при різних конструктивних схемах дорожніх одягів мостів. Дуже мало даних про досвід застосування нових матеріалів. Відсутність приладів і техніки для неруйнівного контролю стану гідроізоляції також не дозволяють достовірно оцінювати її фактичний термін служби і площа пошкоджень.

Одним з напрямків продовження терміну служби мостів може бути використання для влаштування покриття проїжджої частини литих асфальтобетонних сумішей на основі бітумополімерних в'язучих. Такі покриття відрізняються підвищеною щільністю і водонепроникністю. Застосування литих сумішей в процесі ремонту повинно виконуватись з обов'язковим видаленням старих шарів дорожнього одягу і з улаштуванням нової гідроізоляції на основі бітумополімерних композиційних матеріалів.

Досвід експлуатації мостів показує, що фактичний термін служби покриттів дорожніх одягів мостів становить 6 -7 років, хоча сучасними нормами на проектування, регламентований термін становить 15 - 20 років. Тому, особливості роботи дорожніх одягів на мостах і шляхопроводах вимагають застосування нових конструктивних рішень, технологій та обґрунтованого вибору матеріалів як для гідроізоляції, так і для інших конструктивних шарів дорожнього одягу.

Для влаштування гідроізоляційного шару в останні роки в світовому мостобудуванні частіше використовують рулонні основні або без основні мастичні матеріали на основі бітумополімерних композицій. Дорожні покриття на мостах в основному виконують двошаровими з гарячих або литих асфальтобетонних сумішей. У процесі укладання асфальтобетонних сумішей, які можуть мати температуру 160 - 220°С, ніжче розм'якнені конструктивні шари, в тому числі і шар гідроізоляції, піддаються нагріванню.

Теплостійкість матеріалів, пропонованих ринком будівельних матеріалів України для влаштування гідроізоляції прогонових будов мостів і шляхопроводів коливається в широких межах (від 80°С до 160°С).



Враховуючи широкий спектр характеристик гідроізоляційних матеріалів важливо застосовувати оптимальні технологічні режими їх укладання в тій чи іншій конструкції дорожнього одягу [6]. При влаштуванні покриттів з литих асфальтобетонних сумішей з температурою укладання 220°C максимальна температура на поверхні шару гідроізоляції як показали дослідження за з математичного моделювання процесу, становить 160°C при товщині шару 5 см. Протягом години температура знижується до 110°C. Швидкість зниження температури для шарів литого асфальтобетону товщиною 3-4 см становить 65-90°C за годину. Таким чином, технологія влаштування двох тонких шарів покриттів з литих асфальтобетонних сумішей, що укладаються безпосередньо на гідроізоляцію, замість одного, дозволить істотно зменшити тепловий вплив на шар гідроізоляційного матеріалу і зберегти його водонепроникність.

Розглянемо ще деякі аспекти експлуатації мостових споруд. Навколишнє середовище надає в основному негативний вплив на міст, причому на різні елементи по-різному. Опори, що стоять у воді, руйнуються під впливом водного середовища, прогонові будови руйнуються під впливом вологи, хімічних реагентів, перепадів температури; проїзна частина руйнується під впливом транспорту та поверхневих вод при незабезпеченому водовідводі. У свою чергу міст також впливає на навколишнє середовище, в основному опосередковано через забруднення середовища транспортом, проїжджаючим по ньому, а також шумом від цього транспорту.

При ремонтах споруд перекриття руху надає труднощів транспортній інфраструктурі та мешканцям території.

Для мостів основним показником довговічності є термін служби – календарна тривалість експлуатації до виникнення граничного стану.

Розрізняють термін служби до першого капітального ремонту (посилення); термін служби між капітальними ремонтами і термін служби до списання (заміни). Міст являє собою складну технічну систему. Ця система повинна бути ремонтпридатною і це також повинно враховуватись на етапі проектування споруди. Зробивши ремонт або посилення окремих елементів, можна збільшувати термін служби моста.

Проте зі збільшенням терміну експлуатації вартість ремонту і утримання також зростають. Тому, при визначенні оптимального терміну служби мостів та при оцінюванні ресурсу поряд з оцінкою надійності повинні виконуватись ретельні економічні розрахунки. Мости – дуже відповідальні споруди, тому ймовірність безвідмовної роботи моста повинна бути дуже високою.

## Висновки.

1. Мости складаються з великої кількості різноманітних елементів: опор, прогонових будов балок, елементів проїзної і тротаров, сполучень з підходами і т. д., тобто є складними технічними системами.

2. Показники надійності і довговічності всіх елементів системи, яку являє собою будь-яка мостова споруда суттєво відрізняються. Потрібні статистичні дані, діючі бази даних для своєчасного контролю за станом окремих елементів.

3. Аналіз даних обстежень багатьох споруд дозволяє виявити «слабкі ланки» системи – елементи, що відносяться до комплексу мостового полотна.

4. Елементи системи взаємодіють між собою і найменш довговічні елементи здатні знижувати термін служби несучих елементів та мосту в цілому. Особливо при несвоєчасному усуненні дефектів та пошкоджень, що виявлені під час обстежень.

5. Результат функціонування мосту як системи має не тільки технічні, але й економічні, соціальні, інформаційні, екологічні та інші складові та наслідки. Мости є системами найвищого рівня безпеки, стратегічними спорудами.

6. Міст як система взаємодіє із зовнішнім середовищем, і результат функціонування залежить від цієї взаємодії. Вплив кліматичних факторів, соціальні наслідки окремих етапів життєвого циклу повинні враховуватись на етапі проектування споруд.

7. Результат функціонування системи залежить від ефективності управління системою, що потребує шукати шляхи оптимального управління на всіх етапах життєвого циклу споруд для досягнення кращого результату за заданими критеріями.

## Література

1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. (Чинні від 01.12.2009). – К.: Мінрегіонбуду України, 2009. – 48 с. – (Державні будівельні норми України).

2. Лантух-Лященко А.І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації// А.І. Лантух-Лященко// Вісник Транспортної Академії України, К.: НТУ, 1999. – №3, – С.59 - 63.

3. Лантух-Лященко А.І. Технічний стан мостів і транспортних споруд України: Аналітична довідка Міжвідомчої комісії з питань науково технологічної безпеки / А.І. Лантух-Лященко // Київ, 2004. – 120 с.

4. Споруди транспорту. Мости і труби. Правила проектування: ДБН В. 2.3-14: 2006. (Чинні від 2007-02-01). – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 359 с. – (Державні будівельні норми України).

5. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи: ДБН В. 1.2-15:2009. (Чинні від 2010-03-01). – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с. – (Державні будівельні норми України).

6. Проблема долговечности железобетонных пролетных строений автодорожных мостов: дис. ... канд.техн.наук: 05.23.01 / Боролай Денис Игоревич; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка, 2013. – 154 с.

7. Соломка В.И. Дефекты железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов и факторы, влияющие на их появление // Реконструкция будівель та споруд. Досвід та проблеми. – 2001. – Вип. 54. – С. 622 - 628.

8. Бородай Д.И. Оценка долговечности железобетонных элементов мостов на стадии проектирования с учётом воздействия агрессивной среды и напряжённо-деформированного со-

стояния / Д.И. Бородай // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2010. – Вип 1(81) «Сучасні будівельні матеріали». – С. 163 - 167.

9. Добромислов А.Н. Диагностика поврежденный зданий и инженерных сооружений. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2007. – 184 с.

10. Васильев А.И. Вероятностная оценка остаточного ресурса физического срока службы железобетонных мостов / Васильев А.И // В сб. «Проблемы нормирования и исследования потребительских свойств мостов». Труды ЦНИИС. – Вып. 208. – М. 2002. – 101 - 121 с.

11. Назаренко Б.П. До питання про вплив деяких елементів проїзної частини мостів на їх довговічність / Назаренко Б.П., Безбабічева О.І. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1982. – Вип. 31. – С. 107 - 109.

12. Усовершенствование гидроизоляции проезжей части железобетонных мостов на автомобильных дорогах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11 / Безбабічева Ольга Ильинична; Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. – Х., 2005. – 150 с.

#### Аннотація

### Безопасная эксплуатация и надежность мостовых сооружений на дорогах Украины как необходимые элементы транспортной логистики

О.И. Безбабічева, М.М. Кириенко, І.А. Черепньов, В.Л. Топчий

Рассматриваются вопросы надежности и безопасной эксплуатации мостов. Мостовые сооружения являются сложными инженерными системами 4-5 категории опасности. При этом состояние этих сооружений может существенно влиять на транспортно-логистические схемы любых перевозок в сфере агропромышленного комплекса. Закрытие движения из-за неудовлетворительного состояния сооружения или вследствие разрушения, организация новых путей доставки грузов и пассажиров являются затратными. Предлагается уделять профессиональное внимание всем этапам жизненного цикла сооружений для продления их ресурса. Рассматриваются основные причины перехода автодорожных мостов в неудовлетворительное состояние. Приводятся данные о влиянии состояния отдельных элементов на снижение срока службы сооружений. Одним из основных факторов, которые значительно снижают надежность и срок службы мостов, является несвоевременная замена гидроизоляции и применения некачественных материалов для ее устройства. «Слабыми звеньями» для сооружений является отсутствие современного комплексного водоотвода, несовершенство деформационных швов и зон сопряжений с подходами. Выявлено, что наиболее распространенными причинами неудовлетворительного состояния мостов являются дефекты и ошибки этапа строительства, в частности, пренебрежение к нормам и правилам производства работ. Показано, что этап эксплуатации должен сопровождаться своевременными обследованиями и выполнением текущих ремонтов, что требует государственной поддержки и специально подготовленных профессиональных кадров. Отдельной категорией разрушенных сооружений становятся мосты и путепроводы зоны АТО, восстановление которых весьма проблематично. Перемещение по мостам тяжелой техники и сверхнормативных грузов может привести к авариям и к разрушениям пролетов и опор существующих мостов. Отмечается, что результат функционирования моста как системы имеет не только технические, но и экономические, социальные, экологические и другие аспекты. Предлагается проводить оценку технического состояния сооружений, их надежности и долговечности с использованием возможностей компьютерной

техники. Отмечается, что новые технологии ремонта и проектирования сооружений, а также своевременная диагностика дают возможность улучшить состояние сооружений при их эксплуатации, а также снизить риск преждевременных отказов в будущем.

**Ключевые слова:** *транспортная логистика, мосты, безопасная эксплуатация, надежность, дефекты, разрушения, оценка технического состояния*

#### **Adstract**

### **Safe operation and reliability of structures bridge road Ukraine as essential elements of transport logistics**

**O.I. Bezbabicheva, M.M. Kiriienko, I.A. Cherepnev, V.L. Topchij**

Matters of reliability and safe operation of the bridges have been studied. Bridge structures are complex engineering systems of 4-5 category danger. At that, the state of these structures can significantly affect the transport and logistic schemes of any traffic in the area of agro-industrial complex. Closing movement due to the poor state of structures or due to the destruction, organizing new ways of the transportation of goods and passengers is costly. It is proposed to pay professional attention to all stages of the life cycle of structures to prolong their life. The main reasons for the transition of road bridges into poor condition have been considered. The data on the effect of the state of individual elements on the reduction of lifetime of the structures has been given. One of the main factors significantly reducing the reliability and lifetime of bridges is untimely replacement of waterproofing and the use of substandard materials for it. "Weak links" for the structure is the lack of modern integrated drainage, inadequate joints and areas of interfaces with bridge approaches. It has been discovered that the most common causes of the poor state of the bridges are defects and mistakes made at the construction phase, in particular, disregard for the rules and regulations of the work. It is shown that the operation phase should be followed by timely examinations and routine repair, which requires state support and specially trained professionals. A separate category of the destroyed structures are bridges and ATO overpasses, which are very problematic to be recovered. Moving over the bridges with heavy machinery and excessive loads can lead to accidents and destruction of spans and supports of the existing bridges. It has been noted that the result of the operation of the bridge as a system has not only technical, but also economic, social, environmental and other aspects. It has been proposed to evaluate the technical state of structures, their reliability and durability with the use of computer technology capabilities. It has been noted that the new technology of repair and design of structures, as well as timely diagnosis, makes it possible to improve the condition of structures during their operation, as well as reduce the risk of premature failures in the future.

**Keywords:** *transport logistics, bridges, safe operation, reliability, defects, destructions, evaluation of technical condition*

---

**Представлено від редакції: М.А. Подригало / Presented on editorial: M.A. Podrygalo**

**Рецензент: О.С. Полянський / Reviewer: O.S. Poljans'kyj**

*Подано до редакції / Received: 16.09.2015*