Агентство відновлення

ДП «ДерждорНДІ»

III Міжнародна науково-практична конференція імені П.М. Коваля

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ МОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ШЛЯХИ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

1 – 3 листопада 2023 року
м. Івано-Франківськ

Агентство відновлення

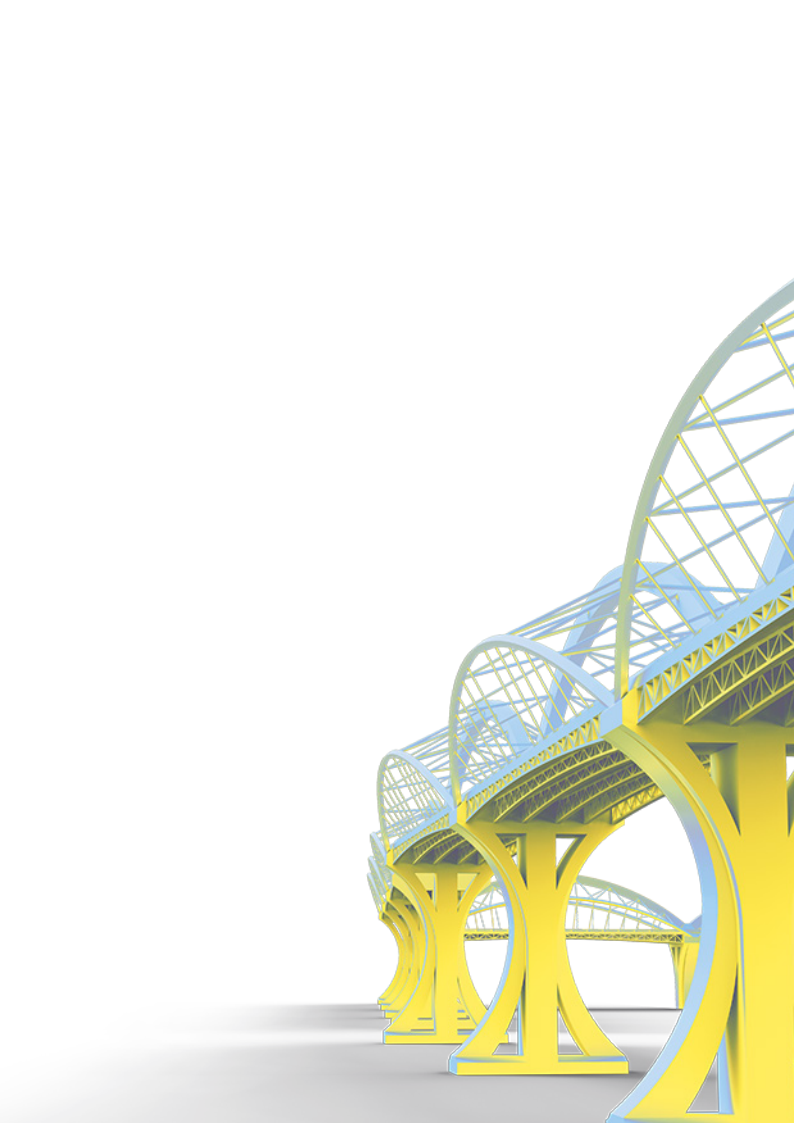
ДП «ДерждорНДІ»

Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції імені П.М. Коваля «Актуальні питання мостового господарства та шляхи його покращення» (1 – 3 листопада 2023 року, м. Івано-Франківськ). Київ, 2023. 112 с.

У збірнику представлені тези доповідей учасників III Міжнародної науково-практичної конференції імені П.М. Коваля «Актуальні питання мостового господарства та шляхи його покращення», в яких висвітлено питання мостового господарства, використання сучасних і новітніх матеріалів та технологій під час будівництва, ремонту та експлуатаційного утримання транспортних споруд.

Науковий комітет:
Безуглий А. О. – *канд. екон. наук, доц., директор ДП «ДерждорНДІ» (голова наукового комітету)*;
Славінська О. С. – *д-р техн. наук, проф., проректор з наукової роботи НТУ (заступник голови наукового комітету)*;
Батракова А. Г. – *д-р техн. наук, проф., проректор з науково-педагогічної роботи ХНАДУ (заступник голови наукового комітету)*;
Каськів В. І. – *канд. техн. наук, доц., заступник директора з наукової роботи ДП «ДерждорНДІ» (заступник голови наукового комітету)*;
Онищенко А. М. – *д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд НТУ;*
Бабяк І. П. – *канд. техн. наук, завідувач відділу досліджень мостових конструкцій ДП «ДерждорНДІ»;*
Бугаєвський С. О. – *д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки ХНАДУ;*
Парфесса Г. А. – *заступник головного інженера – начальник інженерно-технічного відділу ДП «Укрдіпродор».*

© ДП «ДерждорНДІ», 2023.



Присвячується пам'яті Коваля Петра Миколайовича

Коваль Петро Миколайович народився 01 травня 1955 року на Волині. Професійне зростання Петра Миколайовича було пов'язано з Національним університетом «Львівська політехніка». Після закінчення у відзнакою у 1977 році інженерно-будівельного факультету, тоді ще, Львівського політехнічного інституту, він розпочав свою трудову діяльність старшим інженером Луцької районної шляхової дільниці.

У 1981 році закінчив аспірантуру при кафедрі «Будівельні конструкції» того ж інституту. З 1981 до 2002 року працював у НУ «Львівська політехніка» інженером, науковим співробітником, завідувачем науково-дослідної лабораторії, доцентом, заступником завідувача кафедри. У 1988 році захистив кандидатську дисертацію.

З 2002 до 2009 року Петро Миколайович – директор Державного підприємства «Держанивй дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). Саме за його сприянням наш інститут став головною науково-дослідною установою України з будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг і транспортних споруд, що входить до сфери управління Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України.

Під управлінням Коваля Петра Миколайовича інститут розвинувся у сучасний науково-дослідний комплекс, до складу якого входили 18 наукових підрозділів: профільні відділи з випробувальними лабораторіями, головний випробувальний центр, орган сертифікації дорожньо-будівельних матеріалів і дорожньої техніки.

Коваль П. М. був кандидатом технічних наук, професором, членом Академії будівництва України, членом-кореспондентом Транспортної академії України, спеціалістом у галузі технічної діагностики транспортних споруд, автором більше ніж 400 наукових праць, 29 винаходів/патентів, розробником близько 50 нормативних документів. Під його керівництвом захищено 10 кандидатських дисертацій.

За його безпосередньою участю і керівництвом розроблено методику дослідження автодорожніх мостів високоінформативним методом акустичної емісії з використанням програмно-технічного комплексу для обробки та локації сигналів «АКЕМ» та «АКІІМ». На базі цього методу виконується високоточна діагностика споруд і

Присвячується пам'яті Коваля Петра Миколайовича

плануються найбільш ефективні заходи з попередження аварійних ситуацій, проведення реконструкцій і ремонтів мостів. Це дозволило створити «Аналітичну експертну систему управління мостами» (АЕСУМ), яка встановлена у всіх обласних Службах відновлення.

Цю та інші науково-дослідні розробки Коваля Петра Миколайовича викладено у монографіях: «Методи дослідження та випробування будівельних матеріалів і конструкцій», «Акустична емісія під час руйнування матеріалів, виробів і конструкцій», «Мости: конструкції та надійність», у співавторстві з іншими видатними ученими.

За період з 2002 до 2009 років значно розширились міжнародні наукові взаємини інституту зі спорідненими фаховими установами Європейського співтовариства.

У 2007 році завдяки його клопотанням ДП «ДерждорНДІ» прийнятий членом до FEHRL – Європейського форуму дорожніх дослідних інститутів, брав участь у дослідженнях у рамках міжнародних проєктів.

Коваль П. М. був фундатором і головою редакційної колегії фахового збірника наукових праць «Дороги і мости».

05 травня 2020 року Петро Миколайович пішов з життя.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ МОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА **9**

Аналіз стану мостового господарства в Україні. Пропозиції щодо роз'язання проблемних питань з розвитку та утримання мостових споруд в Україні 11
Артем БЕЗУГЛИЙ

Моделі комбінування методологій і інформаційно-аналітичних систем для управління проєктами у галузі мостового господарства 15
Андрій ІВКО

Державні будівельні норми з проєктування мостів 19
Володимир КАСЬКІВ

Аналіз обставин та причин аварій мостів у Львівській та Закарпатській області 2023 року 25
Максим КОВАЛЬ

Сучасний стан та розвиток автодорожніх збірно-розбірних мостів 29
Сергій БУГАЄВСЬКИЙ, Ірина НАЗАРЕНКО, Альона ЧУМАКОВА

Стан та перспективи підготовки фахівців дорожньо-транспортної галузі на факультеті транспортного будівництва 35
Андрій БУБЕЛА

Програмний комплекс «Аналітична експертна система управління мостами» – як інструмент управління транспортними спорудами на автомобільних дорогах загального користування 39
Володимир КАСЬКІВ, Людмила ПАНІБРАТЕЦЬ

Metalurgic and Plastic Waste in Road Construction in Hungary 41
Zsolt BENCZE

Сучасні геодезичні технології визначення геометричних параметрів мостів 43
Олександр ГОРБ, Степан ДЖУРИЛО

Підпірні стіни з армованого ґрунту FREYSSINET 47
Юрій КАЗАНІН

Статичні випробування автодорожніх мостів. Новий стандарт 51
Василь РЕДЧЕНКО

Результати міжнародної конференції 11-th New York City Bridge Conference 53
Лариса БОДНАР

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ СПОРУД **57**

Сучасні інформаційні інструменти для впровадження та використання інновацій 59
Богдан СТАСЮК

Проєктування мостів за допомогою BIM-рішень ALLPLAN 63
Юрій СМИРНОВ

Інтеграція SIKA з МВСС та розширення можливостей альянсу на ринку 65
Анатолій СІНЯКІН, Олександр ПАНЧЕНКО, Юрій СОБКО

Сейсмічне посилення мурованих конструкцій мостових елементів 71
Юрій СОБКО, Олександр ПАНЧЕНКО, Анатолій СІНЯКІН

Гідроізоляція, як комплекс заходів для захисту штучних транспортних споруд 75
Олександр МАЛОФЕЙ

Застосування принципів та підходів будівельного інформаційного моделювання (BIM) при розробці проєктів будівництва мостів. виклики та рішення 77
Михайло НОВІКОВ, Олексій ГАЛЬЧЕНКО

Дослідження впливу автотранспортних засобів на мостове полотно з типовими дефектами 79
Олександр ДАВИДЕНКО, Ігор КОЗАРЧУК, Олександр РАЗБОЙНІКОВ

Перспективи застосування механічних муфтових з'єднань арматури Спрут-Україна у мостовому та дорожньому будівництві 83
Олег ФЕСЕНКО, Ігор КЛИМОВИЧ

ОБСТЕЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ СПОРУД **87**

Нормативне забезпечення обстеження мостів та труб 89
Ігор БАБЯК

Динамічні випробування мостів методом збудження коливань імпульсним навантаженням 93
Сергій ЗАВГОРОДНІЙ, Василь РЕДЧЕНКО

Відновлення транспортних споруд, пошкоджених вибуховим навантаженням 97
Максим БОРИСЕНКО

Дефекти монолітних транспортних споруд і можливі шляхи їх усунення 101
Максим НЕЧИПОРЕНКО

Порівняння габіонних та бетонних порталів при проєктуванні та будівництві штучних споруд із металевих гофрованих труб 105
Віктор ЮДІН, Ольга БЕЗБАБІЧЕВА

Досвід використання тимчасових модульних мостів в Україні 109
Анна МІНЮКОВА

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ МОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ТЕМАТИЧНИЙ БЛОК

АНАЛІЗ СТАНУ МОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ З РОЗВИТКУ ТА УТРИМАННЯ МОСТОВИХ СПОРУД В УКРАЇНІ

Артем БЕЗУГЛИЙ

Кандидат економічних наук, доцент, http://orcid.org/0000-0003-3883-7968

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

Постановка проблеми

З початком повномасштабного вторгнення основні акценти підприємств дорожнього господарства та науковців були дещо зміщені, враховуючи військовий конфлікт і наслідки, який він несе за собою. Російське вторгнення в Україну призвело до масового порушення ланцюжків економічної діяльності та руйнування інфраструктури, у тому числі транспортної і дорожньої. Саме швидке та якісне відновлення інфраструктури України є головним завданням сьогодення. Щодо дорожньої інфраструктури, то найбільшого руйнування зазнали автомобільні дороги і мости. Тому зараз у пріоритеті – забезпечення транспортного сполучення на маршрутах, через які проходить доставка товарів і гуманітарних вантажів.

Основна частина

Незважаючи на воєнний стан, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (далі – ДП «ДержДорНДІ») продовжує працювати, оптимізувавши належним чином і налагодивши режим роботи підприємства у нових жорстких реаліях (відсутність тепла, перебої зі світлом, постійні ракетні обстріли тощо). Наразі основна місія нашого підприємства – підготувати якісне та ефективне наукове підґрунтя для подальшої швидкої відбудови пошкодженої та зруйнованої дорожньої інфраструктури України.

Науковці інституту успішно проводять такі роботи:

1. Розроблення пропозицій до законодавчих і нормативно-правових актів, направлених на швидку адаптацію до військових умов та ефективне відновлення зруйнованої інфраструктури.

2. Розроблення будівельних норм і нормативних документів для відновлення інфраструктури, зокрема: проєкти нових редакцій ДБН В.2.3-22:202Х «Мости та труби. Основні вимоги проєктування»

і ДБН В.2.3-26:202Х «Мости і труби. Проєктування сталевих конструкцій»; Зміна № 1 до ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів»; проєкт ДСТУ 4092:202Х «Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги. Правила застосування»; Альбом конструкцій дорожнього одягу; Альбом типових конструкцій дорожнього одягу тощо.

Із самого початку війни ми усвідомлювали важливість відновлення саме мостів у ході відбудови країни, тому інститут, на другий місяць війни, став ініціатором і зібрав коло експертів, які напрацювали конструкції і пропозиції з їх відбудови. На основі узагальнення запропонованих пропозицій було розроблено і надруковано «Рекомендації щодо конструктивних рішень для відбудови пошкоджених мостів і труб».

3. Обстеження пошкоджених транспортних споруд. Зокрема було проведено обстеження понад 150 мостів у Київській, Житомирській, Чернігівській, Сумській, Миколаївській, Черкаській, Харківській областях (лише у 2023 році обстежено 95 транспортних споруд). Обстеження зруйнованих і пошкоджених мостів потребує особливої уваги, враховуючи, що дані руйнування є нетиповими та чинна нормативна документація не регламентує повного спектру робіт необхідних під час дослідження. Також важливо усвідомлювати, що проведення обстеження є першим етапом із відновлення споруди, тому наведена інформація та рекомендації у технічному звіті будуть впливати на подальші роботи із розроблення проєктної документації та проведення будівельних робіт.

Кінцевим результатом обстежень є система даних, що дає змогу виконати оцінювання технічного стану споруди та визначити залишковий ресурс, надати рекомендації з її подальшої експлуатації та скласти плани капітального ремонту, реконструкції чи будівництва нової споруди.

Особливу увагу в рамках проведення робіт з обстеження потрібно приділяти фундаментам та опорам, які постраждали від вибуху. Для проведення дослідження опор необхідно проводити детальну геодезичну зйомку, дослідження наявних тріщин і пошкоджень, визначення фізико-механічних властивостей матеріалів опор. Щодо фундаментів, то їхнє дослідження зазвичай ускладнюється наявними завалами та відсутністю можливості провести часткові розкопування для проведення обстеження. На практиці обстеження фундаментів проводять після виконання основних робіт з обстеження в рамках додаткового обстеження або науково-технічного супроводу проєктування чи будівництва із

забезпеченням підрядною організацією розкопування конструкції фундаменту, яке зможе забезпечити повноцінний огляд.

Крім вищенаведеного постійно проводиться науковий і технічний супровід програмного комплексу АЕСУМ, який дозволяє здійснити:

- зберігання та оброблення інформації про споруду в цілому та по окремим елементам, фотографій і креслень, а також проведених роботах на цій споруді;
- зберігання інформації щодо дефектів споруд, динаміки їхнього розвитку, фотографії дефектів за результатами обстежень;
- формування паспорта споруди, генерування форм звітності та статистичної інформації;
- експертне оцінювання експлуатаційного стану та прогнозування залишкового ресурсу елементів моста;
- ранжирування мостів за необхідністю проведення ремонту (реконструкції) та формування поточних і перспективних планів обстежень, ремонтів.

Ще раз акцентуємо увагу на тому, що обстеження зруйнованих мостів – це важливий і відповідальний етап у процесі їхнього відновлення, від якого залежить якість прийнятих проєктних рішень і розмір капітальних вкладень на етапі будівельних робіт і робіт з відновлення. Тому виконання обстежень споруд потребує професійного та відповідального підходу як від виконавців, так і від балансоутримувачів (власників) у розрізі формування завдання на обстеження та приймання відповідної технічної документації за результатами обстеження.

4. Роботи з науково-технічного супроводу будівництва та проєктування на пошкоджених і зруйнованих мостах, у рамках яких надаються послуги із супроводу демонтування конструкцій, моніторингу стану конструкцій, додаткові огляди та дефектування, надання рекомендацій щодо проведення робіт і вирішення нетипових питань у ході будівництва.

5. Підвищення кваліфікації фахівців дорожньої галузі.

6. Перевіряння безпеки автомобільних доріг.

7. Впровадження сучасних європейських і світових матеріалів і технологій. Нові технології, які були вивчені науковцями інституту, готові до впровадження (або вже впровадженні) на об'єктах: технології укочуваного бетону, неперервного армування, використання неметалевої композитної арматури, використання шлаків, технології стабілізації ґрунтів, використання гофрованих

конструкцій тощо.

Розуміючи важливість проблеми хочемо зазначити, що відновлення мостів під час війни – це не просто фізичне відновлення конструкцій. Кожен зруйнований міст – це або повністю відрізані населені пункти, або десятки, а іноді сотні кілометрів об'їзду. Іноді ці кілометри виливаються у години затягувань із доставкою поранених або вантажів.

Висновки

Відновлення транспортної мережі після війни – це комплексний процес, який має забезпечити модернізацію та подальший розвиток на десятиліття вперед. Нові виклики, пов'язані з війною, – забезпечення збалансованого розвитку транспортного комплексу по всіх регіонах країни, створення соціально орієнтованого бізнес-середовища як передумови розвитку – мають поєднуватися з впровадженням найкращих, найсучасніших світових підходів і практик містобудування та архітектури.

МОДЕЛІ КОМБІНУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЙ І ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ У ГАЛУЗІ МОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Андрій ІВКО

Кандидат технічних наук, https://orcid.org/0000-0002-3388-8355

Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України, м. Київ, Україна

Постановка проблеми

Відновлення інфраструктури України, пошкодженої внаслідок збройної агресії росії, забезпечення умов для зростання української економіки навіть під час відбиття збройної агресії, а також після перемоги України у війні, визначені серед пріоритетних задач держави. Цим задачам приділяється особлива увага Президентом України та Урядом. Мостове господарство є одним з визначальних у дорожньому господарстві, а отже проєкти з відновлення, будівництва, реконструкції мостів і штучних споруд виокремлені в окремий напрямок діяльності Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України (далі – Агентство відновлення).

Основна частина

У формалізованому Агентством відновлення мета-портфелі проєктів відновлення, окремі проєкти і портфелі спрямовані на відновлення мостів і штучних споруд, серед яких мости і штучні споруди, що потребують відновлення; мости і штучні споруди, будівництво яких визначено пріоритетним; мости і штучні споруди, що потребують термінової реконструкції (аварійні); мости і штучні споруди, відновлення яких може відбутися за кошти експлуатації; мости і штучні споруди, які можуть бути відновлені за рахунок коштів, отриманих від міжнародних партнерів (приклад: мости UKEF).

Управління проєктами і портфелями проєктів у галузі відновлення, будівництва і реконструкції мостів і штучних споруд відбувається на основі комбінованої методології управління проєктами. Для вибору окремих методологічних елементів, що використовуються в комбінованій методології, було проаналізовано класичні і сучасні стандарти управління проєктами. Наведемо їх коротку характеристику.

1. Стандарт PMBOK. Класичний стандарт, остання редакція якого пропонує дещо відмінний підхід від попередніх підходів, в основі якого постулюється 12 керівних принципів (розпорядництво, команда, стейкхолдери, цінність, системне мислення, лідерство, припасування, якість, складність, ризики, адаптивність та гнучкість, зміни), 8 галузей знань (стейкхолдери, команда, підхід до розробки та життєвий цикл, планування, проєктна робота, постачання, вимірювання, невизначеність) та окремо виділений домен «припасування», що виокремлено вперше в межах зазначеної методології та спрямовано на моделі і методи адаптації методологічних напрацювань цього стандарту до умов конкретної проєктно-орієнтованої організації.

2. Гнучка методологія Agile. Особливістю методології є декомпозиція завдання на проєкт (беклог) на окремі кластери (беклог спринту) і виконання цих кластерів в невеликі проміжки часу (спринти), під час яких створюється інкремент (екземпляр) готового продукту, яким одразу може починати користуватися замовник. Декларується при цьому гнучкість в усіх аспектах проєкту, перш за все щодо взаємодії із замовником. Початок розвитку Agile асоціюється з IT-галуззю, де вона здебільшого застосовується і зараз, це стосується зокрема і відповідних структурних підрозділів Агентства відновлення. Однак останнім часом її елементи, окремі фреймворки, та їх гібриди (Scrum, Kanban, Scrumban тощо) знаходять застосування і в проєктах інших, «жорстких» галузей, зокрема й таких, що пов'язані з будівництвом.

3. Підходи до комбінування (гібридізації) стандартів. Практичний розвиток методологій управління проєктами виявив проблему щодо складності знаходження повної відповідності опублікованих стандартів умовам функціонуванням проєктно орієнтованих організацій. Більше того, іноді моделей і методів одного стандарту недостатньо для покриття функціоналу усієї організації. З усвідомлення такої проблеми почалася її формалізація і відповідний пошук комбінацій стандартів і методологій, що є класичними, в межах їх впровадження в корпоративній методології управління проєктно-орієнтованими організаціями. Класифікація підходів до комбінування (гібридізації) стандартів (методологій) управління проєктами, може містити наступні її типи, доцільні до застосування для організацій в галузі мостового господарства і проєктах (портфелях) відновлення в цілому:

- комбінація класичних стандартів (методологій) з управління проєктами, наприклад, PMBOK + P2M, ISO21500 + GERMES тощо;
- комбінація класичних і IT-стандартів з управління проєктами, наприклад, MSF + Agile, PMBOK + Scrum тощо;

- комбінація класичних стандартів управління проєктами із підходами (елементами підходів) класичного менеджменту;
- гібридізація методологій в комбінації використаних підходів, наприклад, гідбрид PMBOK + P2M разом з гібридом Scrum + Kanban (Scrumban).

4. Синкретична методологія. Використання гібридів і перемішувань напрацювань окремих стандартів в межах корпоративної методології управління проєктами не завжди є виправданим та може викликати методологічну заплутаність. У таких умовах виникли розробки щодо синкретичної методології, в межах якої окремі елементи проєкту або окремі проєкти в портфелі проєктів використовують кожен свою «чисту» методологію (або інституціалізований гібрид, що вже набув статусу стандарту) для реалізації управління, при чому перемішування таких методологій не допускається. Актуальність такого підходу збільшується в умовах реалізації проєктів відновлення багатьма учасниками, зокрема міжнародними, кожен з яких воліє використовувати свою звичну, усталену для себе в своєму організаційному й історичному контексті, методологію управління проєктами.

Створення комбінованої методології управління проєктами і портфелями проєктів у галузі відновлення, будівництва і реконструкції мостів і штучних споруд в Агентстві відновлення проходить черговий етап, що пов'язаний з переглядом і вдосконаленням. Відбувається поповнення методології новими артефактами. У такій методології вже знайшли відображення елементи наступних методологій управління проєктами: стандарт PMBOK американського інституту PMI; методологія PRINCE2, походженням з Великої Британії, розвиток якої зараз підтримує британська компанія Axelos в межах приватно-державного партнерства; окремі фреймворки методології Agile, зокрема Scrum.

Реалізація методологічних розробок для здійснення функцій управління відновленням інфраструктури України вимагає втілення у відповідних IT-інструментах. На тлі протидії домінантному тренду в IT щодо збільшення кількості і різноманіття IT-застосунків навіть в межах одної організації, Серед різноманіття IT-систем, що використовуються і є потенційними об'єктами інтеграції, можна виділити такі класи: системи документообігу; фінансові системи; системи управління проєктами; спеціалізовані системи (що стосуються доріг, мостів і штучних споруд, WIM тощо); системи візуалізації звітної інформації для прийняття рішень керівництвом.

Система управління проєктами, програмами та портфелями відновлення, що включає корпоративну методологію управління (що планується будувати на синкретичному принципі), відповідні IT-інструменти (що постійно розвивається) та організаційну складову (державних службовців, що здійснюють таке управління, та відповідну ієрархічну розгалужену організаційну структуру) спрямована на вирішення наступних завдань у галузі відновлення інфраструктури (що включає, зокрема, відновлення та розвиток мостового господарства):

- підбір адекватних моделей і методів до управління конкретним проєктом відновлення на основі структурованого набору методологічних інструментів, сукупність яких зберігає методологічну цілісність у визначених частинах проєкту;
- забезпечення високої якості системи управління, що дозволяє точніше дотримуватися проєктних обмежень щодо часу реалізації, вартості реалізації проєкту та інших;
- забезпечення гнучкої і адаптивної системи підтримки прийняття рішень для вищої та середньої ланки управління Агентства відновлення;
- реалізування прозорості системи управління проєктом, ходу реалізації проєкту для громадськості та міжнародних партнерів, що відповідатиме антикорупційній програмі та реалізовуватиме прозоре, відкрите, ефективне управління комплексом проєктів, програм і портфелів проєктів відновлення інфраструктури України (зокрема, мостового господарства).

Висновки

Загалом, варто зазначити, що вирішення задач, викладених вище, із використанням зрілої, адаптивної, відкритої методології управління систематизованою сукупністю проєктів відновлення дозволить досягати суттєвих та актуальних результатів у відновленні країни, покращити репутацію держави та державних структур, наблизити перемогу України.

ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ З ПРОЄКТУВАННЯ МОСТІВ

Володимир КАСЬКІВ

Кандидат технічних наук, доцент, https://orcid.org/0000-0002-8074-6798

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

Постановка проблеми

Оновлення нормативної бази є запорукою стабільного розвитку галузі, оскільки враховуються сучасні тенденції розвитку країни, новітні матеріали і технології, уточнюються розрахункові схеми, навантаження, відповідні вимоги до безпеки, охорони довкілля тощо.

Розроблення нових редакцій ДБН В.2.3-22:202Х і ДБН В.2.3-26:202Х саме спрямоване на розвиток та удосконалення нормативно-технічної бази дорожнього господарства та дасть можливість: оновити норми, вимоги та правила проєктування мостів і труб з урахуванням міжнародного досвіду, вимог сьогодення; забезпечити відповідність вимог до проєктування мостів і труб вимогам законодавства, зокрема Законів України «Про будівельні норми» та «Про регулювання містобудівної діяльності», підзаконних нормативно-правових актів, а також інших будівельних норм і національних стандартів України.

Впровадження нової редакції будівельних норм забезпечить проєктування транспортних споруд із підвищеним рівнем безпеки та довговічності, врахує європейський досвід врахує потреби маломобільних груп населення, велосипедистів тощо.

Нижче наведені основні новації, які введені в проєкт редакцій ДБН В.2.3-22:202Х «Мости і труби. Основні вимоги проєктування» та ДБН В.2.3-26:202Х «Мости і труби. Проєктування сталевих конструкцій».

Основна частина

ДБН В.2.3-22:202Х і ДБН В.2.3-26:202Х встановлюють вимоги до проєктування нових, реконструкції і капітального ремонту існуючих постійних мостів і труб водопропускальних дорожніх.

У новій редакції ДБН В.2.3-22:202Х уточнено Сферу застосування норм, уточнено існуючі терміни і подано нові терміни, зокрема,

із врахуванням Зміни № 2 до ДБН А.2.2-3, уведено терміни «капітальний ремонт моста» і «реконструкція моста».

Значну увагу приділено надійності, зокрема величині коефіцієнтів за відповідальністю, узгодженню відмінностей у розрахунках і підходах до призначення і застосування відповідних коефіцієнтів при розрахунку елементів транспортних споруд і споруд у цивільному будівництві. Урегулювання вимог ДБН В.1.2-14 і ДСТУ 8855 з реаліями проєктування мостів.

З метою підвищення довговічності транспортних споруд регламентовано визначати зусилля у статично невизначених конструкціях з урахуванням довготривалих процесів, а також можливої появи тріщин у залізобетонних конструкціях. А під час застосування програмних комплексів для розрахунку мостів, труб та їх елементів, отримані результати повинні бути перевірені на основі контрольних розрахунків за спеціалізованими сертифікованими програмними комплексами або за допомогою консервативних методів. Для споруд класу відповідальності СС3 розрахунки зусиль в несних конструкціях слід виконувати двічі із застосуванням спеціалізованого програмного комплексу та іншого комплексу або за допомогою аналітичного методу. Різниця у результатах розрахунків не повинна перевищувати 10 %. При повторному розрахунку програмним комплексом, забороняється виконувати імпорт схеми конструкції із розрахункового комплексу, яким проводився первинний розрахунок.

Приділено увагу й архітектурній привабливості нових мостів.

Під час проєктування потрібно обов'язково враховувати перспективу розвитку дорожньої мережі, населених пунктів та ОТГ згідно генеральних планів та концепцій розвитку.

Нова редакція будівельних норм передбачає, майже у кожному розділі, положення щодо безбар'єрності, зокрема введено новий пункт: «За наявності тротуарів на автомобільному або залізничному мостах, а також для пішохідних та вело-пішохідних мостів та тунелів доступ на них з підходів, як правило, передбачають без сходів. Безбар'єрний доступ потрібно забезпечувати також у разі сполучення тротуару на мості з тротуаром, пішохідною чи велосипедною доріжкою, залізничною платформою, над якими проходить міст. При цьому пандуси необхідно влаштовувати з урахуванням вимог ДБН В.2.2-40 для створення безпечних та комфортних умов для маломобільних груп населення. Пандуси з мостів та труб слід скеровувати у напрямках, з яких очікується

основний потік пішоходів та/або велосипедистів з метою мінімізації довжини шляху».

Із розвитком в Україні велосипедного руху, новими нормами враховані ці тенденції і їхній текст доповнено вимогами щодо велосипедного руху. Також приділено увагу проєктуванню пішохідних, вело-пішохідних, велосипедних мостів і тунелів

На основі практичного досвіду оптимізовано крупність заповнювача асфальтобетонних сумішей для влаштування покриву проїзної частини моста, рекомендовано нові типи покривів, зокрема для сталевих плит дорожній одяг проїзної частини слід застосовувати водонепроникним з мастикасфальту, гусасфальту, метилметакрилату або інших матеріалів із проєктним строком служби 15 років і більше.

Будівельні норми покликані також встановлювати вимоги і параметри, які постійно направлені на підвищення і забезпечення безпеки учасників руху. Цьому питанню також приділено значну увагу у новій редакції, зокрема доповнено вимоги щодо огорож безпеки пунктом: «Огорожа на розділювальній смузі мосту повинна закінчуватися демпферними системами, якщо на підходах є розділювальна смуга без огорожі безпеки або розділювальна смуга відсутня», а також регламентовано вимоги для підвищення безпеки руху пішоходів: «У разі влаштування мосту лише із службовими проходами, а також в разі відсутності інфраструктури для пішоходів та велосипедистів під мостом на укосах біля кожного моста або труби при висоті насипу понад 2,0 м слід влаштовувати технологічні сходи»; «На мостах, проїздах під ними необхідно передбачати освітлення у темний час доби згідно з ДБН В.2.3-4, ДБН В.2.3-5 та ДБН В.2.5-28. У тунелях для пішохідного та велосипедного руху необхідно передбачити цілодобове освітлення».

У новій редакції ДБН В.2.3-26:202Х Сферу застосування норм відкореговано відповідно до викладення чинних будівельних норм, майже повністю оновлено нормативні посилання, внесено нові терміни та поняття, терміни узгоджено із зарубіжними аналогами. Додано розділ «Скорочення».

Внесені зміни щодо проєктування сталевих конструкцій мостів із урахуванням вимог ДСТУ EN 1090, визначення класу виконання конструкцій на стадії проєктування, виконання проєктної документації стадії КМ–КМД відповідно вимог нового ДСТУ ХХХХ:20ХХ «Правила виконання проєктної документації металевих будівельних конструкцій», а також вимоги до

проєктування антикорозійного захисту конструкцій за вимогами ДСТУ EN ISO 12944, ДСТУ EN ISO 1461, ДСТУ EN ISO 1090-2.

Включено вимоги до прокату та сталевих виробів, канатних елементів та спеціальних виробів.

У розділі «Розрахунки. Загальні положення» викладені додаткові вимоги до розрахунків за першою та другою групою граничних станів. Клас перерізів та розрахунки витривалості викладені в окремих додатках. Перероблена таблиця щодо умов роботи для елементів і з'єднань.

Внесені зміни у розрахунки міцності перерізів класу 1 (пружні розрахунки), класу 2 (пружно-пластичні розрахунки), а також елементів, що піддані зрізу, крученню, згину і зрізу.

Внесено зміни у методологію розрахунків стійкості стержнів і балок, що базуються на європейському досвіді.

Розрахунки стійкості полиць і стінок елементів, не підкріплених ребрами жорсткості і пластинок ортотропних плит, розділено на окремі елементи, що потребують перевірки стійкості. Додано забезпечення стійкості пластинок.

Особливості розрахунку елементів та з'єднань перероблено відповідно до вимог чинних державних будівельних норм і національних стандартів. Розрахунки елементів проїзду автомобільних і залізничних мостів об'єднано. Розрахунок з'єднань подано в окремому додатку. Також для спрощення сприйняття формул, до них додано схеми, а сам розрахунок зведено до таблиці.

У новій редакції розділу «Конструювання» передбачені додаткові вимоги до заміни товщини поясних листів, ребер жорсткості відкритих балок, конструкцій болто-зварних споруд та інші. Додатково включена вимога щодо конструювання сталевих листових конструкцій щодо захисту від корозії згідно з ДСТУ EN ISO 12944-3. Для полегшення сприйняття, додано рисунки. Частково змінено вимоги до мінімальної товщини листа настилу ортотропних плит для пішохідних мостів.

Викладена нова редакція пунктів щодо граничних станів та пружно-пластичної роботи. У старих нормах розглядалися 2 класи перерізів при розрахунках граничних станів: пружна та пластична робота перерізу. У нових – додано 3-й клас – пружно-пластична робота перерізу.

Додатку Б «Матеріали та вироби» надано статус «довідковий». Перероблений у зв'язку із застосуванням нових марок

металопрокату, що виготовляється згідно з ДСТУ EN 10025 та нових національних стандартів, включено додаткові вимоги щодо критеріїв оцінки прокату для використання в основних несних конструкціях мостів (вимоги до суцільності та поверхні прокату, оновлено механічні характеристики відповідно до ДСТУ EN ISO 2560), а також вимоги до зварювальних матеріалів (класифікація електродів та дротів, дроти для зварювання). Змінено підхід до визначення вуглецевого еквіваленту для елементів зварювання. Додано підрахунок вуглецевого еквіваленту для сталей зі значним вмістом кремнію згідно з ДСТУ 8541. Механічні характеристики металів перероблені відповідно до європейських норм.

У розрахунок ефективності ширини плит внесено зміни у методологію розрахунків на підставі європейського досвіду. Додано визначення коефіцієнта редукції на основі просторових розрахунків.

Розрахунок кручення виведено в окремий додаток. Включені додаткові вимоги до вільного кручення та стисненого кручення.

Розрахунок стійкості стержнів і балок подано у новій редакції на підставі застосування європейського досвіду. Додано розрахунки за допомогою комп'ютерних програм, вимоги до граничних відстаней між в'язями для стиснутого поясу тощо.

Підготовлена нова редакція з'єднань на болтах, заклепках і пальцях на підставі гармонізованих європейських і міжнародних нормативних документів. Додані вимоги щодо довгих, фланцевих з'єднань, з'єднання кутиковим коротуном, з'єднання на ін'єкційних болтах, натягу болтів. Відповідно до EN 1090-2 тепер вказуються номінальні зазори між болтом та отвором, замість допустимих відхилів діаметрів отворів для болтів. Змінено окремі позиції щодо розташування отворів під болти. Також для спрощення сприйняття, у новій редакції норм додано схеми розташування отворів у накладках. Додано розрахунок опору пальця зминанню, опору пальця на сумісну дію зрізу та згину. Також додано розрахунки опорів пальця на зминання і згин, а також опір провушини на зминання, за можливості їх заміни тощо.

Змінено рекомендації щодо використання профілів під влаштування відкритих і закритих поздовжніх і поперечних ребер ортотропних плит. У даній редакції вирішено залишити штабовий профіль для поздовжніх відкритих ребер і трапеціеподібні – для поздовжніх відкритих ребер; поперечні ребра – лише таврового перерізу.

Товщини ребер тепер рекомендовано приймати відповідно до товщини листа настилу.

При розрахунках міцності ортотропної плити додано розрахунок зусиль у сегментах плитно-стрижневої системи. У новій редакції документа розрахунки плит під рух потягів виведено в окремий пункт.

Підготовлена нова редакція Додатку про опорні частини на підставі вимог ДСТУ EN 1337 (усі частини).

Додатково включено вимоги щодо строку служби та розрахунків деформаційних швів.

Висновки

Внаслідок російської агресії в Україні значного руйнування зазнала інфраструктурна, зокрема мости. Нові редакції ДБН В.2.3-22:202Х «Мости і труби. Основні вимоги проєктування» та ДБН В.2.3-26:202Х «Мости і труби. Проєктування сталевих конструкцій» розроблені відповідно до сучасних вимог до будівельних норм, враховують тенденції розвитку країни і покликані стати тим підґрунтям сучасних проєктних рішень, які дозволять проєктувати і будувати нові довговічні і надійні мости.

АНАЛІЗ ОБСТАВИН ТА ПРИЧИН АВАРІЙ МОСТІВ У ЛЬВІВСЬКІЙ ТА ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ У 2023 РОЦІ

Максим КОВАЛЬ

Кандидат технічних наук, https://orcid.org/0000-0003-1244-1738

Національний університет «Львівська Політехніка», м. Львів, Україна

Постановка проблеми

Значна кількість мостів на дорогах загального користування експлуатується із численними дефектами, що розвинулися в процесі експлуатації через відсутність регулярного догляду та вчасно проведених ремонтів, а 53 % мостів, що знаходяться на дорогах загального користування, не відповідають сучасним нормативним вимогам. Внаслідок цього суттєво зростає ризик аварійного руйнування визначальних елементів автодорожніх мостів, що призводить до унеможливлення дорожнього руху не лише по мосту, а й нерідко – по значній ділянці автомобільної дороги. У доповіді розглянуто приклади аварій мостів, що сталися у 2023 році у Львівській та Закарпатській області, проаналізовано причини їх виникнення та висвітлено зроблені висновки.

Основна частина

Залізобетонний міст через р. Солониця на км 27+613 а/д Т-14-02 Східниця – Пісочна з габаритом Г-10,0 + 2×1,0 м, споруджений у Львівській області у 1964-му році, складався одного розрізного прогону, спорудженого із дванадцяти збірних попередньо напружених залізобетонних плит із двома циліндричними пустотами (типовий проєкт ВТП-21 / "Вип. 384/43"). 14.02.2023 на мосту відбулося обвалення нижнього поясу плити П-10 по всій довжині плити, що супроводжувалося просіданням плити П-9 та, відповідно, просіданням асфальтобетонного покриву проїзної частини над цими плитами; у стінках ще шести плит прогонової будови були виявлені поздовжні горизонтальні тріщини з шириною розкриття до 50 мм. Одразу після виявлення обвалу експлуатуючою організацією була вжита низка експлуатаційних заходів: було проведене спочатку часткове, а потім повне обмеження руху по ділянці автомобільної дороги в околі моста (з запровадженням об'їзного маршруту), після чого були виконані роботи зі спорудження тимчасового моста поряд з аварійним.

Міст через р. Солониця ще у 2022 році був визнаний непрацездатним. Причиною розкриття тріщин у стінках плит прогонової будови та обвалу нижнього поясу плити П-10 (випадок нехарактерний для даного типового проєкту) стала неймовірно активна корозія вертикальної конструктивної арматури (хомутів) плити, яка також тривала у інших плитах. За результатами обстеження моста був зроблений висновок, що така активна корозія арматури відбулася завдяки техногенній катастрофі, яка сталася в околі моста у 1983-му році.

Металевий міст через р. Тересва на км 105+014 а/д Н-09 Мукачево – Рахів – Богородчани – Івано-Франківськ – Рогатин – Бібрка – Львів з габаритом Г-6,0 + 2×0,77 м, спорудженій у Закарпатській області у 1957-му році, складався із трьох розрізних прогонів, кожен із яких перекритий фермовою прогоновою будовою із двох плоских ферм з ромбовидною решіткою, об'єднаних по верхніх та нижніх поясах поперечними в'язями. Їзда понизу відбувалася по збірній залізобетонній ребристій плиті проїзної частини. Залізобетонний міст через р. Солониця на км 27+613 а/д Т-14-02 Східниця – Пісочна з габаритом Г-10,0 + 2×1,0 м, спорудженій у Львівській області у 1964 році, складався одного розрізного прогону, спорудженого із дванадцяти збірних попередньо напружених залізобетонних плит із двома циліндричними пустотами (типовий проєкт ВТП-21 / "Вип. 384/43"). 14.02.2023 на мосту відбулося обвалення нижнього поясу плити П-10 по всій довжині плити, що супроводжувалося просіданням плити П-9 та, відповідно, просіданням асфальтобетонного покриву проїзної частини над цими плитами; у стінках ще шести плит прогонової будови були виявлені поздовжні горизонтальні тріщини з шириною розкриття до 50 мм. Одразу після виявлення обвалу експлуатуючою організацією була вжита низка експлуатаційних заходів: було проведене спочатку часткове, а потім повне обмеження руху по ділянці автомобільної дороги в околі моста (з запровадженням об'їзного маршруту), після чого були виконані роботи зі спорудження тимчасового моста поряд з аварійним.

Міст через р. Солониця ще у 2022 році було визнано непрацездатним. Причиною розкриття тріщин у стінках плит прогонової будови та обвалу нижнього поясу плити П-10 (випадок нехарактерний для даного типового проєкту) стала неймовірно активна корозія вертикальної конструктивної арматури (хомутів) плити, яка також тривала у інших плитах. За результатами обстеження моста був зроблений висновок, що така активна корозія

арматури відбулася завдяки техногенній катастрофі, яка сталася в околі моста у 1983-му році.

Металевий міст через р. Тересва на км 105+014 а/д Н-09 Мукачево – Рахів – Богородчани – Івано-Франківськ – Рогатин – Бібрка – Львів з габаритом Г-6,0 + 2×0,77 м, споруджений у Закарпатській області у 1957-му році, складався із трьох розрізних прогонів, кожен із яких перекритий фермовою прогоновою будовою із двох плоских ферм з ромбовидною решіткою, об'єднаних по верхніх та нижніх поясах поперечними в'язями. Їзда понизу відбувалася по збірній залізобетонній ребристій плиті проїзної частини. Проєктні навантаження моста – Н-13 та НГ-60. 24 липня 2023 р. відбулося обвалення двох поперечних балок нижнього поясу прогону 1 – 2 та трьох ділянок плити проїзної частини. Разом із обваленими ділянками плити у підмостовий простір звалилися два транспортні засоби – чотиривісна вантажівка та легковий автомобіль. Дорожньо-транспортна пригода відбулася без летальних випадків, проте четверо пасажирів легкового автомобіля отримали травми різного ступеню тяжкості, а ділянка дороги Н-09 в околі моста стала повністю непроїзною. Для відновлення пропускної здатності дороги через р. Тересва була споруджена низьководна переправа, а станом на кінець жовтня 2023 року тривали роботи зі спорудження тимчасового висоководного моста.

Міст через р. Тересва, який експлуатувався із численними дефектами, характерними для металевих фермових мостів з їздою понизу, у 2020 році було визнано непрацездатним. На ділянці автомобільної дороги в околі моста були введені обмеження руху для транспортних засобів масою більше ніж 7 тс, для яких був розроблений об'їзний маршрут; проте встановлені обмеження повністю і масово ігнорувалися водіями транспортних засобів. За результатами обстеження моста та вивчення обставин ДТП був зроблений висновок, що причиною руйнування конструкцій моста через р. Тересва став проїзд по непрацездатному мосту вантажного автомобіля масою брутто 38,32 тс, яка у 2,27 раза перевищувала проєктне навантаження Н-13 (16,9 тс) та у 5,47 раза перевищувала фактичну вантажопідйомність моста, визначену як 7 тс.

Висновки

На українських дорогах загального користування експлуатуються мости, проєктні навантаження яких є значно меншими за сучасні фактичні навантаження, а у визначальних елементах мостів за період експлуатації накопичилися численні дефекти. Деякі із цих

дефектів можуть зумовити руйнування конструкцій моста, що може спричини тяжкі наслідки як для режиму руху автомобільною дорогою, так і для учасників дорожнього руху. Для управління ризиками у мостовій галузі необхідно володіти детальною технічною інформацією про усі мости на дорогах державного та місцевого значення, забезпечивши стовідсоткове наповнення бази даних АЕСУМ. Зволікання з експлуатаційними заходами щодо непрацездатних мостів може обернутися тяжкими наслідками. Питання щодо закриття руху по непрацездатних мостах або термінового підсилення визначальних конструкцій повинні мати найвищий пріоритет. Обмеження руху транспортних засобів по мостах за вантажопідйомністю масово ігнорується водіями великовагових транспортних засобів, що може призвести до тяжких наслідків та значних збитків. Оскільки контроль за виконанням правил дорожнього руху не входить до сфери компетенції обласних Служб розвитку та відновлення інфраструктури, необхідно добиватися від компетентного органу – Національної поліції – сумлінного виконання своїх службових обов'язків.

СУЧАСНИЙ СТАН ТА РОЗВИТОК АВТОДОРОЖНІХ ЗБІРНО-РОЗБІРНИХ МОСТІВ

Сергій БУГАЄВСЬКИЙ

Доктор технічних наук, професор, https://orcid.org/0000-0003-2861-0268

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Ірина НАЗАРЕНКО

https://orcid.org/0000-0001-8516-1433

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Альона ЧУМАКОВА

https://orcid.org/0009-0005-0459-9991

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Постановка проблеми

Метою досліджень є узагальнення та систематизація тимчасових збірно-розбірних мостів різних статичних систем цивільного та військового призначення, які використовують в Україні та в різних країнах світу. Задача дослідження полягає в ознайомлені широко кола фахівців-мостовиків із особливостями застосування різних конструкцій автодорожніх тимчасових збірно-розбірних мостів та подальшому моделюванні організаційно-технічних рішень їх використання в умовах військової агресії проти України.

Основна частина

До збірно-розбірних мостів для військового призначення, розроблених в Радянському Союзі відносяться:

1.1. Збірно-розбірні мости малих прогонів: малий автодорожній розбірний міст (МАРМ) (призначений для зведення низьководних тимчасових мостів через невеликі річки завширшки до 100 м та завглибшки до 4,0 м, зведення шляхопроводів, а також для влаштування естакадних ділянок висоководних та наплавних мостів на автомобільних дорогах), міст малих прогонів (ММП) (призначений для перетинання річки шириною до 170 м та глибиною до 5,0 м, зведення шляхопроводів та естакадних ділянок висоководних та комбінованих мостів), тактичний автодорожній розбірний міст (ТАРМ) (призначений для подолання водних перешкод завширшки до 30 м, неглибоких каньйонів і розмивів насипів автомобільних доріг.

1.2. Розбірні мости середніх і великих прогонів: важкий розбірний міст (ВРМ) (призначається для зведення нових і

відновлення зруйнованих великих висоководних мостів через великі водні перешкоди на автомобільних дорогах), розбірний металевий міст РММ-4 (для прискореного спорудження нових та відновлення зруйнованих низько- та висоководних мостів), середній автодорожній розбірний міст (САРМ) (призначений для зведення нових та відновлення зруйнованих висоководних мостів на автомобільних дорогах за короткий строк), модернізований середній автодорожній розбірний міст САРМ-М, міст автодорожній вантово-балковий (МВБ) (призначений для відновлення та будівництва висоководних мостів через великі водні перепони), гірський автодорожній розбірний міст (ГАРМ) (призначений для відновлення та будівництва мостів у гірській місцевості при обмежених майданчиках на берегах), збірно-розбірний міст Тайпан.

До збірно-розбірних мостів для військового призначення армій країн НАТО відноситься Bailey Bridge – основний збірно-розбірний міст військ НАТО, який був розроблений у 1940–1941 роках фахівцями Великобританії для використання у військових цілях під час Другої світової війни та широко використовувався британськими, канадськими й американськими військово-інженерними підрозділами. Перевага мосту Бейлі полягає в можливості збирання без застосування спеціального інструменту або важкого обладнання. На основі концепції мосту Бейлі виникли сучасні модернізовані конструкції збірно-розбірних мостів фірми Mabey (Великобританія) – Logistic Support Bridge (LSB – міст логістичної підтримки), фірми Acrow Bridge (США) тощо.

Елементи Bailey Bridge передбачають ручне складання прогонових будов вантажопідйомністю до 70 т із застосуванням головних ферм, що складаються з однієї, двох і трьох плоских секцій за шириною і такої ж кількості ярусів за висотою.

1. Збірно-розбірні мости для військового призначення, розроблені в Радянському Союзі.

1.1. Збірно-розбірні мости малих прогонів. Малий автодорожній розбірний міст (МАРМ) призначений для зведення низьководних тимчасових мостів через невеликі річки шириною до 100 м та глибиною до 4,0 м, зведення шляхопроводів, а також для влаштування естакадних ділянок висоководних і наплавних мостів на автомобільних дорогах.

Міст малих прогонів (ММП). Недоліки, виявлені під час багаторічної експлуатації МАРМ, усунуті при розробленні мосту малих прогонів ММП. Міст призначений для перетинання річки шириною до 170 м

та глибиною до 5,0 м, зведення шляхопроводів та естакадних ділянок висоководних і комбінованих мостів.

Тактичний автодорожній розбірний міст (ТАРМ) призначений для подолання водних перешкод завширшки до 30 м, неглибоких каньйонів та розмивів насипів автомобільних доріг.

1.2. Розбірні мости середніх і великих прогонів. Важкий розбірний міст (ВРМ) призначається для зведення нових та відновлення зруйнованих великих висоководних мостів через великі водні перешкоди на автомобільних дорогах.

Розбірний металевий міст РММ-4 був розроблений наприкінці 40-х років XX ст. для прискореного спорудження нових і відновлення зруйнованих низько- та висоководних мостів.

Середній автодорожній розбірний міст (САРМ) призначений для зведення нових і відновлення зруйнованих висоководних мостів на автомобільних дорогах за короткий строк.

Модернізований середній автодорожній розбірний міст САРМ-М надходить на оснащення мостових частин дорожніх військ із 1982 року.

Міст автодорожній вантово-балковий (МВБ) призначений для відновлення та будівництва висоководних мостів через великі водні перепони.

Гірський автодорожній розбірний міст (ГАРМ призначений для відновлення та будівництва мостів у гірській місцевості при обмежених майданчиках на берегах.

Збірно-розбірний міст Тайпан є модифікацією збірно-розбірних мостів Bailey Bridge із прогонових будов у вигляді металевих ферм із їздою понизу. Для зручності монтажу ферми прогонових будов системи Тайпан виконано збірними, складальною одиницею яких є панель.

2. Збірно-розбірні мости для військового призначення армій країн НАТО.

Bailey Bridge – основний збірно-розбірний міст військ НАТО, який був розроблений у 1940–1941 роках фахівцями Великобританії для використання у військових цілях під час Другої світової війни та широко використовувався британськими, канадськими й американськими військово-інженерними підрозділами. Перевага мосту Бейлі полягає в можливості збирання без застосування спеціального інструменту або важкого обладнання.

На основі концепції мосту Бейлі виникли сучасні модернізовані конструкції збірно-розбірних мостів фірми Mabey (Великобританія) – Logistic Support Bridge (LSB – міст логістичної підтримки), фірми Acrow Bridge (США) тощо.

Елементи Bailey Bridge передбачають ручне складання прогонових будов вантажопідйомністю до 70 т із застосуванням головних ферм, що складаються з однієї, двох і трьох плоских секцій за шириною та такої самої кількості ярусів за висотою.

У мостах під важкі навантаження кількість поперечних балок подвоюється. З'єднання секцій по довжині одноштирьові, з термічно зміцненої сталі підвищеної якості. Настил проїзної частини – дерев'яний або металевий. Аванбек для поздовжнього насування збирається з тих же елементів, що й прогонова будова. Складання одного прогону довжиною 40 м під основне навантаження 40 т виконується за 21 год (без зведення опор) командою із 227 військових.

В армії США використовується збірно-розбірний міст Т6, що є модифікацією мосту Бейлі з легких сплавів з одноярусними фермами, що мають трикутні грати секцій. Довжина секції збільшена до 5,0 м, висота – до 2,4 м. Проїзну частину прийнято суцільнометалевою.

Компанія WFEL (Великобританія), провідний світовий постачальник військових збірно-розбірних мостів, виробляє системи мостів малого та середнього прогону Medium Girder Bridge (MGB – середній балковий міст) та Dry Support Bridge (DSB – сухий опорний міст).

Однопрогонові мости MGB можуть будувати як одноярусні з прогоном до 9,8 м, так і подвійного ярусу – до 31,1 м, а також подвійного ярусу із підсиленням – до 49,4 м.

Різна довжина прогону мосту створюється завдяки зміні кількості відсіків довжиною 1,83 м та конструкції перетину прогону. Це дозволяє застосовувати MGB під навантаження 60 т, 30 т і 16 т із різними довжинами прогону. Найбільша маса монтажного блоку 245 кг дозволяє виконувати ручне складання прогону 25 особами. Опрацьовано застосування прогонової будови на плавучих опорах.

Усього 8 військових і одна спеціальна машина можуть забезпечити транспортний рух через 46 м перешкоди менше, ніж за 90 хв при використанні мосту DSB нового покоління. DSB є провідним швидкозбірним тактичним військовим мостом такого типу в світі

для військових операцій, а також для операцій із надання допомоги при стихійних лихах.

В арміях країн НАТО основними засобами, що застосовуються для обладнання мостів через вузькі перешкоди, є танкові мостоукладальники: в США – мостоукладальник XM104 Wolverine на шасі M1 «Абрамс» із прогоном довжиною 26 м та вантажопідйомністю 70 т, у Німеччині – мостоукладальник Leguan на шасі танка «Леопард-2», у Польщі – мостоукладальник PMC-91M (усі з алюмінієвими мостами типу Leguan довжиною 26 м, шириною 4,0 м), у Великобританії – мостоукладальник FV-4205 на шасі танка «Чіфтен» із мостом довжиною 24,4 м.

Висновки

Викладено результати узагальнення та систематизації тимчасових збірно-розбірних мостів різних статичних систем цивільного та військового призначення, які використовують в Україні та у різних країнах світу. Розглянуто особливості застосування їх в якості автодорожніх тимчасових збірно-розбірних мостів та подальше моделювання організаційно-технічних рішень їхнього використання в умовах військової агресії проти України.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ НА ФАКУЛЬТЕТІ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

Андрій БУБЕЛА

Доктор технічних наук, професор, http://orcid.org/0000-0002-5619-003X

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Постановка проблеми

Сьогодні ми працюємо в дуже складних умовах воєнного стану. Соціально-економічний розвиток країни під значною загрозою, відповідно це вимагає від нас більшої концентрації зусиль, самовідданості та виваженості в прийнятті науково-практичних рішень.

Основна частина

Для забезпечення якісної професійного та практичного підготування кадрів дорожньо-транспортного комплексу на факультеті працюють п'ять кафедр, які очолюють провідні науковці, доктори технічних наук, професори. Освітній процес на факультеті здійснюється за 19 освітніми програмами у межах шістьох спеціальностей. Однією із провідних спеціальностей є спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія, яка має 4 ОПП першого рівня освіти 4 ОПП та 2 ОНП другого рівня освіти. В межах галузі знань 19 Архітектура та будівництво на факультеті проходить підготовка фахівців зі спеціальностей 193 Геодезія та землеустрій, яка має по 2 ОПП першого та другого рівнів освіти, та 194 Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології яка представлена 1 ОПП першого рівня освіти. Спеціальність 124 Системний аналіз має 1 ОПП першого рівня освіти. Спеціальність 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність має 1 ОПП першого та другого рівнів освіти. Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища має 1 ОПП першого рівня освіти.

Освітній процес забезпечують 101 викладач, а саме: 22 професорів, докторів наук, 43 доценти, кандидати наук, 8 старших викладачів та 8 асистентів. При цьому частка штатних викладачів, які мають вчене звання та/або науковий ступінь в цілому по факультету складає 78 %. Також для виконання ліцензійних умов на випускових кафедрах до викладання залучені провідні фахівці сумісники відповідних спеціальностей факультету, постійно підтримується

зв'язок з виробництвом. Набула системного характеру робота щодо використання в освітньому процесі новітнього спеціалізованого програмного забезпечення, відповідно, студенти виконують лабораторні роботи, курсові проєкти, кваліфікаційні роботи та наукові дослідження з використанням сучасних програмних комплексів ПК «Будівельні Технології – КОШТОРИС», «ПВР – КОШТОРИС», Credo_Dat, ПРК SKAD Office.

На факультеті проводиться значна робота з підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації. Найбільш затребуваною, як і на денній, так і на заочній формі навчання, є спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія, де контингент будівельників складає майже 40 % усіх аспірантів. Щодо наукових видань, то в університеті функціонує два журнали: «Вісник НТУ», «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво» та збірник «Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету».

Зусиллями викладачів та інженерно-технічних працівників факультету було створено Навчальний науково-виробничий центр транспортного будівництва. Лабораторії центру були акредитовані, все обладнання пройшло повірку та було отримано Свідоцтво про відповідність системи вимірювань «Випробувальної лабораторії якості матеріалів транспортного будівництва» вимогам ДСТУ ISO 10012:2005, що відповідає вимогам європейських стандартів.

На факультеті транспортного будівництва, в науково-навчальній лабораторії кафедри транспортного будівництва та управління майном, в рамках госпдоговірної тематики була спроєктована та побудована унікальна експериментальна установка дорожньої конструкції з дренажем мілкого закладання, яка дозволяє проводити заміри з інтенсивності водовідведення різних варіантів дренажних конструкцій з різними матеріалами наповнювачами дренажної траншеї. Також в установці присутні системи імітації дощових опадів, імітації підтоплення ґрунтовими водами та установка імітації вібрації від транспортних засобів.

Університет активно проводить конференції щодо обміну знаннями та ідеями, де вчені можуть поділитися своїми дослідженнями та досвідом в освіті. Для апробації наукових розробок, обміну результатами досліджень у 2023 році проведено 2 всеукраїнських та 1 міжнародна конференції.

У квітні 2023 року розпочав роботу проєкт UKRENERGY — ERASMUS-

EDU-2022-CBHE Інноваційні магістерські курси щодо підтримання покращення енергетичного будівельного фонду України (Innovative Master Courses Supporting the Improvement of the Energy and Carbon Footprint of the Ukrainian Building Stock). Планується оновлення магістерських ОПП та ОНП за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Одним із основних напрямів діяльності університету є науково-дослідна робота, що проводиться для забезпечення розвитку фундаментальних і прикладних досліджень, із використанням багатоканального фінансування.

Вперше Університет виграв Проєкт наукового дослідження за підтримки Національного Фонда Досліджень України: «Розробка моделі навантаження за фактичними параметрами великовагового рухомого складу для визначення вантажно-пропускної здатності автодорожніх мостів при їх відновлені та експлуатації у воєнний і повоєнний періоди».

На факультеті постійно розширюється кількість баз проходження практик студентами, створено філії профільних кафедр на підприємствах дорожньо-транспортного комплексу, в організаціях, що підпорядковані «Агентству відновлення», а саме «ДерждорНДІ», «Укрдіпродор», «Дорцентр», а також «Київавтодор», укладено договори про співпрацю з приватними підприємствами.

Висновки

За останні п'ять років на факультеті підготовлено 1 596 бакалаврів і 648 магістрів. Переважна більшість випускників працевлаштовуються за фахом на підприємствах і організаціях дорожньо-транспортної галузі. Інноваційні рішення та практичні підходи щодо підготовки кваліфікованих кадрів дорожньо-транспортної галузі сприятимуть всебічному розвитку нашої країни

Отже, підводячи підсумок, хотілося б ще раз сказати, що нашій державі потрібні кваліфіковані фахівці, молоді вчені, які сьогодні не лише формують надійний освітній та науковий тил, а й служать в рядах наших Збройних сили України, займаються волонтерством та ініціюють благодійні акції.

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС «АНАЛІТИЧНА ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МОСТАМИ» – ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СПОРУДАМИ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Володимир КАСЬКІВ

Кандидат технічних наук, доцент, https://orcid.org/0000-0002-8074-6798

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

Людмила ПАНІБРАТЕЦЬ

https://orcid.org/0000-0003-0683-9299

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

Постановка проблеми

Велика кількість транспортних споруд на дорогах загального користування, зростаючі навантаження та обмежені фінансові можливості – все це потребує всебічного аналізу поточного стану транспортних споруд та ефективної стратегії експлуатації мостів з метою планування фінансових ресурсів на їх ремонти та утримання. Привертає увагу факт накопичення обсягів ремонтних робіт, які не були виконані у минулі роки. Кількість мостів, які потребують капітального ремонту або реконструкції, останні роки постійно збільшується.

Основна частина

Програмний комплекс «Аналітична експертна система управління мостами» є класичним зразком застосування сучасних інформаційних технологій для моніторингу технічного стану мостів, прогнозування залишкового ресурсу, обґрунтування стратегій ремонтів і реконструкції в умовах обмеженого фінансування. Сьогодні ПК «АЕСУМ» розглядається як універсальний інструмент управління в системи експлуатації транспортних споруд, їх моніторингу і підтримання в безпечному для експлуатування стані.

Основні функції ПК «АЕСУМ» – інформаційні та аналітичні.

Інформаційні функції:

- зберігання даних про споруду в цілому та її окремі елементи;
- зберігання фотографій та креслень споруд;

- зберігання дефектів споруди (в динаміці);
- інформація щодо проведених ремонтних робіт;
- генерування паспорта споруди;
- підготування форми звітності та статистичних звітів;
- підготування довідок, які містять будь-які показники, що передбачено базою даних.

Аналітично-експертні функції:

- пріоритезація та планування фінансування об'єктів мостового господарства;
- формування планів обстежень споруд;
- експертне оцінювання та прогнозування стану мостів;
- визначення залишкового ресурсу елементів мосту;
- відповідність характеристик елементів мостів нормативним вимогам.

Враховуючи умови сьогодення, у ПК «АЕСУМ» розроблено форму для реєстрування зруйнованих мостів із варіантами вибору пошкоджень та заходів відновлення.

Висновки

На сьогодні ПК «АЕСУМ» є надійним інструментом для планування стратегії ремонтів мостів, який не поступається зарубіжним аналогам. Функціонал програмного комплексу поряд із накопиченням великого обсягу інформації (понад 150 показників для кожної споруди) дозволяє розвивати його за різними напрямками, зокрема:

- впровадження на рівні місцевих органів влади;
- розвиток стратегічного та поточного планування робіт з обстеження, експлуатаційного утримання, ремонтів і нового будівництва мостів;
- розроблення окремих модулів із використанням новітніх технологій, що дозволить отримувати результати на комп'ютерному та мобільному обладнанні з різними операційними системами незалежно від наявності встановлених програмних компонентів (застосунків) тощо.

METALURGIC AND PLASTIC WASTE IN ROAD CONSTRUCTION IN HUNGARY

Zsolt BENCZE

Ph.D., https://orcid.org/0000-0003-2130-7864

KTI Nonprofit Ltd, Hungary

Problem Statement

The development of the Hungarian highway network accelerated from 2004, enabling the large-scale use of industrial by-products on the embankments of new highway sections near the slag and fly ash (bottom ash) stocks in order to reduce design costs. There are no nearby quarries in those sections, so transportation costs would have greatly increased the project budget. The solution to the problem had been at hand for a long time, but the generation of engineers who could have carried it out was no longer active. Thus, the entire process (quality control, limits, etc.) had to be redefined in order to produce technically acceptable fillings. In parallel with this, secondary raw materials also played an increasingly important role in the renewed European standards, so road construction and the updating of Hungarian regulations went hand in hand. Sixteen years later, the same situation arose with regard to the use of plastic waste.

Main part

Based on the favourable results of trial investigation, the use of slag in a 2.5 million m^3 share of the embankment of motorway M6 was decided.

The laying and compacting of slag embankment of 20 000 m^3/day was planned by the contractor. Due to the physical contamination of slag (by metal waste, old tyres etc), the daily production was gradually decreased, and "only" 800 000 m^3 of the slag were built in. KTI-institute as the quality control laboratory of contractor carried out 864 soil mechanical (grading) tests, 1386 density tests and 1951 bearing capacity measurements.

Paralell with the building phase the new EN standard EN 13242 was released, with special chapter (5.6 and 6.5.2) for secondary raw materials. The owner of the slag realised, that it is a big market needs in the region for the slag, so they created a new office for this work.

After 1 year preparation the slag (in different type and size etc) have become a good market player according to raw material in road construction in the central region in Hungary. Today, you can order slag from (different type) Ferromark Kft. (https://ferromark-ker.hu/) according to the following standards:

- EN 197-1 for cements
- EN 12620 for concrete
- EN 13242 for non-hydraulic bonded layers
- EN 13450 for railway construction.

This is clearly a success story with yearly more than 300 000 m^3 slag usage. The same could have happened with plastic waste, but the happy ending is still missing. In parallel with the raising of the slag embankments, a Hungarian man, Károly Bús, patented a cement concrete additive that can be used to build all plastic waste into a concrete structure. After 15 years, he has a National Technical Aproval for the additive and can make concrete products from plastic waste. The overall strength is less than that of normal concrete, but it is sufficient when used in a structure that does not require static dimensioning.

In last year there was constructed a trial section for hidraulic bound sublayer with very good/or surprising results. The behaviour of the layer is soft but it has the previously determined strenght properties. In this year due this results began new sections preparations.

An other use is still there in Hungary that is not yet common, but can implement any time: the extruded plastic waste market. The goods can implemented as wood material with exactly knowed stength properties. In traffic sign market these are well known elements, but in real civil engineering usage is still missed in nowdays. The reason for this is primarily the production cost, with which it cannot compete in the current situation.

If we are thinking about wooden structures that can be used more than once, then its use is already worthwhile and the carbon footprint on the environment is also lower, as it can be 100 % recycled. It is not sensitive to moisture and the resulting cracks close up almost perfectly. It can be a good solution for retaining wall structures that remain in the ground – of course it can not used as made from steel ones – but can replace wood planks.

Conclusions

Certain segments of the Hungarian waste market can be well integrated into the use of materials in civil engineering. The era of road construction requiring large quantities is over, but based on experience, the slag and fly ash products that have appeared on the market already have a secure market position. The use of plastic waste in civil engineering is also primarily concentrated in road construction, but no longer in embankment construction, but in roadway structures. Based on the results of the trial sections, it will hopefully be used in larger quantities in base layers in 2024.

СУЧАСНІ ГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОСТІВ

Олександр ГОРБ,
Кандидат технічних наук
ТОВ «Навігаційно-геодезичний центр», м. Харків, Україна
Степан ДЖУРИЛО
ТОВ «Навігаційно-геодезичний центр», м. Харків, Україна

Постановка проблеми

Визначення точних геометричних параметрів мостів інколи створює ряд невирішених проблем, особливо на мостах, які знаходяться на кривих чи пересікають інші шляхопроводи. Стандартних промірів лазерною рулеткою у наш час є вже не достатньо, адже заміри потребують багато часу і на жаль не завжди це можливо. Для пришвидшення часу збору даних та підвищення точності вимірів слід використовувати сучасні технології, які надають більше інформації та більший спектр аналізу для подальшої аналітики.

Основна частина.

Усі ми любимо подорожувати та відвідувати нові раніше небачені для себе місця, проте ми знаємо що попереду на нас чекає цікава дорога. Мальовничі краєвиди, цікаві переїзди через річку, але ці миті для нас проходять дуже швидко, адже всі перешкоди ми долаємо не замислюючись яких титанічних зусиль треба було прикласти. Насправді, по всій Україні у нас є дуже велика кількість мостів і за всіма ними необхідно стежити, аби всі вони були у належному технічному стані. Цим займається служба діагностики дорожньої інфраструктури, яка перевіряє стан та належні умови експлуатації. Інколи доводиться споруджувати нові мости та уточнювати геометричні параметри, чи відповідають вони проєктним, адже у процесі будівництва можуть бути незначні відхилення, які також варто враховувати. Також не варто забувати вже про існуючі споруди які також регулярно необхідно обстежувати, адже бувають випадки коли по деяким мостам відсутні схеми чи точні креслення. Звісно, що деякі параметри можна визначити за допомогою лазерної рулетки, а буває що конструкція мосту є простою і вдається все визначити, але що ж робити із більш складними конструкціями? Так, можна використати сучасні GNSS-приймачі та електронні тахеометри, які значно спростять процес

вимірювання, а також дозволять досягти досить високої точності. Так, це досить доступні та дієві способи збору інформації, але роботи стає все більше та більше, а отже необхідно її пришвидшити. Прогрес вже дійшов до того рівня, що ці проблеми ми вже можемо вирішити використавши сучасні геодезичні технології. Останнім часом вже всі відчули переваги використання БПЛА для вирішення різних задач, у тому числі і по обстеженнях мостів. Адже й справді, будучи поряд із мостом у безпечному місці можна зазирнути практично у кожен закуток, отримуючи цінні фото конструкцій мосту. За рахунок того, що міст можна пофотографувати із різних ракурсів, сучасна фотограмметрія дозволяє створити 3D-модель, та взяти виміри, які раніше були не досяжними.

Проте не завжди є змога зазирнути вертикально вгору, та умови експлуатації деяких конструкцій не дозволяють ефективно використовувати дану технологію.

Більш сучасним підходом є застосування лазерного сканування, адже більша роздільна здатність сканування дозволяє детальніше розглянути об'єкт або ділянку інтересу. Уявіть собі можливість побачити детального цифрового двійника моста у себе на комп'ютері, станом на зараз – це вже є можливим. Саме по цим даним можна у декілька кліків отримати креслення споруди, саме по цих даних можна порівняти відхилення від проєкту чи від результатів попередніх обстежень.

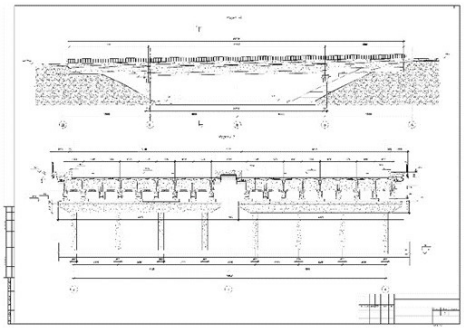


Рисунок 1 – Приклад креслення споруд

Дана технологія дозволяє не тільки отримати геометричні параметри такі, як точні виміри прогонів, а й отримати величину прогину, наявність деформації конструкцій не тільки візуально, а й у цифровому значенні.

Наші закордонні колеги вже відчули на собі ці великі переваги та активно впроваджують дану технологію. Попереду у нас важливий етап відбудови в Україні, тому ми повинні швидко та ефективно впроваджувати сучасні методи та не зволікати.

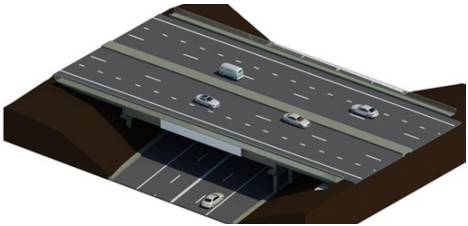


Рисунок 2 – Приклад моделі споруди

Висновки

Сучасні технології не можуть замінити класичних методів обстежень стану мостів, але значно можуть спростити та підвищити точність замірів. Технологія лазерного сканування надає набагато більше інформації, аніж просто проміри та габарити. Комбінування сучасних методів із візуальним обстеженням дозволяють більш-якісно оцінити стан споруди. Відсканований міст легко можна візуалізувати на комп'ютері та більш наглядно проаналізувати критичні місця.

ПІДПІРНІ СТІНИ З АРМОВАНОГО ҐРУНТУ FREYSSINET

Юрій КАЗАНІН

ТзОВ «АТТІК», м. Львів, Україна

Постановка проблеми

Армоґрунтові конструкції набули широкого застосування, зокрема на автомобільних дорогах загального користування. Розроблення таких конструкцій розпочато ще з 1960-х років. Freyssinet є світовим лідером у сфері спеціалізованих інженерних робіт із застосуванням армоґрунтових конструкцій.

Основна частина

Нову форму конструкції з армованого ґрунту запатентував у 1963 році французький інженер Анрі Відаль. У 1968 році на трасі А 53 у Франції були проведені перші значні роботи, пов'язані з новою технологією. У 1976 році виконано 100 тис. м армованих ґрунтових конструкцій. Зараз у світі щороку будується понад мільйон квадратних метрів. Стрімке зростання популярності цієї системи пояснюється її надійністю, конкурентоспроможною ціною та різноманітністю сфер її застосування.

Модель конструкції з армованого ґрунту базується на комплексній ідеї: сталеві, ребристі, оцинковані арматурні смуги, розміщені через рівні проміжки всередині насипу, складають арматуру ґрунту. Смуги утримуються завдяки силам тертя між сталлю та матеріалом засипки. Укріплений таким чином насип стає самонесною конструкцією. Легке облицювання зі збірних бетонних елементів або сталевої сітки забезпечує достатній захист всього армованого блоку і надає йому естетичного зовнішнього вигляду.

Довговічність конструкцій з армованого ґрунту систематично перевіряється в природних умовах на понад 100 об'єктах по всьому світу. Поведінка сталевих стрічок у ґрунтовому середовищі перевірялася в лабораторії протягом понад 30 років і повністю фінансувалася Freyssinet. Польський стандарт та Положення MTiGM визначає строк служби армованих ґрунтових конструкцій відповідно до технічних умов, яким повинні відповідати дорожні інженерні споруди та їх розташування, передбачається не менше 100 років для оцинкованих сталевих поясів із втратою арматури 1,5 мм.

TERRACLASS. Найпоширеніший фасад конструкції із залізобетону

складається з хрестоподібних бетонних панелей. Окрема панель має розміри 1,5 м х 1,5 м і може мати гладку або архітектурну текстуру (**рис. 1**). Армований блок являє собою цілісну масу, яка здатна витримувати власні навантаження, а також значні постійні та рухомі навантаження від будь-яких транспортних засобів. Споруди комплекту TerraClass можна зводити як в міських агломераціях, так і на незабудованих територіях.

Рисунок 1 – Конструкція TerraClass

TERRAPLUS. Цей комплект відрізняється від конструкції TerraClass розміром залізобетонної фасадної панелі та її формою (**рис. 2**). Панель TerraPlus має стандартні розміри 1,5 м × 3,0 м, завдяки чому час монтажу стін може бути коротшим . Система відмінно працює на ґрунті з низькою деформацією, на ґрунті з більшою несною здатністю, оскільки допуск до нерівностей осідання вдвічі менший, ніж у комплекті TerraClass.

Рисунок 2 – Панель TerraPlus

TERRATREL. Ще один вид фасаду в конструкціях із армованого ґрунту – сталеві сітки (**рис. 3**). Це відмінне рішення для тимчасових

підпірних споруд і крутих схилів насипів, де естетичні якості не є першорядним критерієм. Такий тип конструкції можна використовувати скрізь, де надмірне осідання ґрунту викликає перекоси стіни з бетонних панелей або тріщини у монолітних стінах, які не мають свободи деформації. Низька жорсткість панелі та висока стійкість до деформації, викликаної нерівномірним осіданням ΔS/ΔL = 2,0 % і вертикальними прогинами до 5,0 % висоти стіни, роблять конструкцію ідеальною для складних умов фундаменту.

Рисунок 3 – Фасад TerraTrel

Висновки

Використовуючи матеріали від компанії FREYSSINET, а саме TERRE ARMEE. Ми отримуємо: міцність (стійкість на всі її види); надійність (довговічність +100 років), стійкість до динамічних впливів (ефективне поглинання вібрації (портові крани, швидкісні поїзди, промислове обладнання, вибухи), стійкість до землетрусів та при руйнуванні гірських порід; еластичність (висока здатність до перенесення нерівномірних навантажень та осідання); економію витрат (легке та швидке монтування без задіяння риштування й опалубки); економію матеріалів (без витрат на технічне забезпечення та обслуговування).

СТАТИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ. НОВИЙ СТАНДАРТ

Василь РЕДЧЕНКО

Доктор технічних наук, провідний експерт, https://orcid.org/0000-0001-5938-1467

ПРИВАТНЕ СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ПІДПРИЄМСТВО МОСТ-СЕРВІС, м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми

Сучасний розвиток приладів та інструментів, які використовуються при випробуванні мостів, дає широкі можливості для отримання інформації про фактичну роботу конструкцій під навантаженням. На практиці постає проблема у повній мірі використовувати ці можливості, для чого, як показує історія розвитку техніки, найбільш дієвим інструментарієм є впровадження відповідних стандартів.

Основна частина

ДП «ДерждорНДІ» розроблено проєкт національного стандарту ДСТУ XXXX:20XX «Настанова щодо статичних випробувань автодорожніх мостів» (далі стандарт). Розглянемо основні положення нового стандарту.

Статичні випробування є обов'язковою процедурою для:

- нових мостів з дослідними конструкціями або конструкціями, які застосовані вперше;
- нових мостів, які мають прогонові будови із прогонами завдовжки 36 м і більше.

Для інших мостів, випробування рекомендується виконувати за висновком експертної організації, що виконала обстеження.

Відповідно до призначення розрізняють:

- приймальні випробування;
- контрольні випробування;
- експрес-випробування;
- дослідні випробування.

Зусилля, які виникають в конструкціях мосту при статичних випробуваннях повинні бути в діапазоні від 85 % до 100 % зусиль від визначальних проєктних тимчасових навантажень, прийнятих із динамічними коефіцієнтами та коефіцієнтами смуги руху без урахування коефіцієнта надійності за навантаженням.

Статичні випробування – це процес, який об'єднує дві складові:

- збирання натурної інформації;
- моделювання конструкції.

У стандарті викладено основні вимоги до підбору навантаження та виконання натурних робіт, наведено приклад програми робіт з випробування. Суттєво збільшені вимоги до аналітичної частини процесу статичних випробувань. Ще до проведення випробувань необхідно скласти розрахункову модель конструкції та визначитися з величиною та схемами випробувального навантаження, розрахувати максимально можливі значення контрольованих параметрів. За результатами випробувань виконують коригування розрахункової моделі та проводять розрахунки конструкції на проєктні навантаження із визначенням її фактичної вантажопідйомності.

Для можливості моніторингу технічного стану конструкції за стандартом слід використовувати такі її характеристики, які не залежать від схеми навантаження чи від розрахункової моделі. Це може бути фактична жорсткість перерізу конструкції, коефіцієнти впливу деформацій для певних її точок або ж основні параметри ліній впливу прогинів чи напружень у характерних точках конструкції. Конструктивний коефіцієнт, який раніше застосовувався для оцінювання технічного стану конструкції, залежить від вибраної розрахункової моделі, тому не може служити параметром, за яким ведеться моніторинг технічного стану.

У стандарті підкреслено важливість проведення обстеження конструкції як до її випробування, так і після нього. Встановлені граничні межі залишкових деформацій, які можуть бути після зняття випробувального навантаження. Слід розуміти, що залишкові деформації будуть помітними лише, коли чергове навантаження є більшим від тих навантажень, які вже колись діяли на конструкцію.

Висновки

Прийняття та введення в дію нового національного стандарту щодо проведення статичних випробувань автодорожніх мостів є актуальним завданням. Стандарт розроблено з урахуванням практичного вітчизняного та світового досвіду в цій сфері діяльності, а також з урахуванням напрацювань вітчизняної інженерної науки. Обговорення проєкту стандарту показує, що впровадження нових підходів потребує певного перенавчання як виконавців цих робіт, так і замовників. Стандарт направлено на розвиток інженерної практики, що неможливо буде, якщо вимоги будуть занижено, а виконання буде лише формально наближеним.

РЕЗУЛЬТАТИ МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ 11-TH NEW YORK CITY BRIDGE CONFERENCE

Лариса БОДНАР

Кандидат технічних наук, експерт, https://orcid.org/0000-0002-4754-721X

Постановка проблеми

21 – 22 серпня 2023 року у Нью-Йорку відбулася 11 мостова конференція. Як і в попередні рази Конференція була досить масштабною і спеціалісти зібралися зі всього світу. Конференція збирає близько 400 учасників. Під час Конференції було проведено 2 основні сесії та представлено 93 презентації на 18 технічних сесіях.

Основна частина

На сесії сесії Bridge management&digital design було представлено доповідь «Експлуатація мостів України під час війни». Під час доповіді, перш, ніж озвучити основні ідеї, які було необхідно донести світовій спільноті, було продемонстровано мости України, якими можна пишатися з точки зору технічних рішень, естетичної виразності тощо. Зокрема, споруда 10, вантовий міст у Запоріжжі. Це було зроблено, щоб продемонструвати технічний рівень й можливості наших спеціалістів. Потім було наглядно представлено інформацію щодо пошкоджених та зруйнованих мостів в Україні. Було зазначено, що умовно можна виділити 3 групи пошкоджень та руйнувань, а саме: 1 – від ракетних та артилерійських обстрілів, бомбардування; 2 – найбільш поширеними випадками є контрольовані підриви конструкцій для унеможливлення або сповільнення проходу противника; 3 – руйнування внаслідок проходження важкої військової техніки. Проінформовано щодо необхідності для України модульних тимчасових систем. Через значну кількість зруйнованих мостів актуальним є питання забезпечення зв'язків сполучення. Такі системи є ефективним рішенням таких задач через швидкий монтаж, можливість повторного використання та за рахунок легкого транспортування. Повторно навели інформацію щодо АЕСУМ (презентація Аналітичної Експертної Системи Управління Мостами), відбулася на попередній 10-ій конференції у Нью-Йорку). Було проведено порівняльний аналіз основного функціоналу аналогічних світових систем, наведено детальну інформацію щодо функцій АЕСУМ. Було зазначено, що з початку війни спеціалістами ДП «ДерждорНДІ», що займаються супроводом системи, розроблено режим для

фіксування інформації щодо зруйнованих та пошкоджених мостів. Також зазнали зміни алгоритми, які відповідають за плани з обстеження мостів саме за рахунок цього параметру зруйновані та пошкоджені мости. Ця доповідь була інформативною, актуальною та була сприйнята з цікавістю й підтримкою іноземної спільноти.

У цих тезах також висвітлимо деякі теми інших доповідей. Програма Конференції на своїй обкладинці мали зображення моста 1915 Чанакале. Це підвісний міст у Турції через Дарданели. Його було введено в експлуатацію нещодавно, а саме у березні 2022 року та на сьогодняшній день він став самим довгим у світі середньопрогоновим підвісним мостом. Довжина його прогону складає 2 023 м. Раніше самим довгим був міст у Японії, довжина прогону якого 1 991 м. Повна довжина цього моста складає 4 608 м. Задача цього глобального моста полегшати транспортні перевезення між Азією та Європою. Експертами оцінена економія на паливі та шкідливих викидах 450 млн євро в рік. ВВП Турції має зрости на 2,4 млрд євро завдяки експлуатації цієї транспортної споруди.

Тема мостових кабелів на підвісних мостах є надзвичайно важливою. На минулій і теперешній конференції цій тематиці приділялася значна увага. Працюючи в суворих умовах, мостові кабелі чутливі до погіршення. Високіцний сталевий дріт є міцним і пружним, однак він вразливий до розтріскування та крихкості. Візуальне оцінювання стану дроту мостового кабелю не здатна ідентифікувати тріщини та ступінь крихкості. Такі вимірювані показники, як зростання тріщин у дротах, створюють прихований ризик псування кабелів мосту, який виявляється лише за допомогою фрактографічного дослідження поверхонь зламу дроту. Під дією спільної дії вологи та навантаження мікротріщина зростає в глибину до утворення добре розвиненої тріщини. При втомних навантаженнях тріщина досягає критичної глибини, викликаючи розрив дроту. Дослідження кабелю, включаючи обстеження, відбір проб і подальшу оцінку міцності, є складним, дорогим але необхідним процесом. Ця тематика була розглянута на матеріалах стратегічного підвісного мосту в Шотландії Forth Road, також була розглянута у доповіді організатора цієї Конференції K.Mahmoud на прикладі знакового мосту у Нью-Йорку Williamsburg Bridge.

Німецька компанія Dywidag представила напівроботизовані та роботизовані системи як для обстеження, так і утримання. Це системи захисту кабелів від ультрафіолетового випромінювання

шляхом обгортання їх спеціальним матеріалом, системи захисту від корозії, системи для миття та полірування цих кабелів та ще багато цікавого.

Однак, важливо зазначити, що запропоновану техніку або будь-яку іншу роботизовану технологію слід сприймати як інструмент допомоги в обслуговуванні. Дослідження кабелю, про яке згадувалося вище, все одно має виконуватися.

Японія – острівна держава, де мости є важливою частиною інфраструктури. На даний момент в Японії налічується близько 720 тис. мостів, 30 % з яких старше 50 років і їх планується знести через постійний знос. Заміна такої значної кількості мостів потребує значних вкладень коштів, часу та людських ресурсів. Троси підвісних і вантових мостів є рятувальною лінією, яка підтримує весь міст, і отже , вимагає тривалої довговічності. Ці кабелі складаються з численних високоміцних сталевих дротів, оцинкованих для підвищення їх стійкості до погіршення навколишнього середовища. В останні роки надходили численні повідомлення про сильні тріщини та обриви проводів кабелів і підвісних канатів. У своїй статті та презентації японські спеціалісти пропонують об'єднувати аркові конструкції з вантовими мостами, що погіршуються, щоб подовшити строк служби вантових мостів і полегшити їх обслуговування.

Одним із способів взаємодії вітру з мостами є шум. Зазвичай цей «аероакустичний» шум незначний. Однак у деяких випадках елементи мосту створюють значний тональний шум, який можна почути за кілометри. Такі проблеми часто надзвичайно дратують, їх важко вирішити та вони заслуговують на окрему увагу, оскільки аероакустичні проблеми є рідкісними та помітними. Аероакустичні проблеми можна запобігти, якщо вирішити їх на ранній стадії проєктування, уникаючи модифікацій після будівництва. Завдяки детальному аналізу, що включає в себе досвід вітрового клімату, акустики, випробування в аероакустичній трубі, можна окреслити потенційні проблеми аероакустичного шуму. У більшості випадків ризик можна зменшити за допомогою невеликих змін у конструкції.

Цікавим виявився проєкт, як приклад застосування штучного інтелекту AI (artificial intelligens) в процесі інтелектуальної інтерпретації фотографій дефектів на мостах, різного роду тріщин зокрема. Після зйомки, зробленої дроном, після оброблення даних з нього, відбувається певний процес інтелектуального аналізу та

ідентифікації щодо типу тріщин, їх кількості, місцерозташування, розмірів тощо. Це яскравий приклад того, що нашу дорожню галузь не обминають основні тенденції технологічного розвитку.

Висновки

Під час доповіді, перш, ніж озвучити основні ідеї, які було необхідно донести світовій спільноті, було продемонстровано мости України, якими можна пишатися з точки зору технічних рішень, естетичної виразності тощо. Окремо згадала 10-й вантовий міст у Запоріжжі. Це було зроблено, щоб продемонструвати технічний рівень та можливості наших спеціалістів.

За результатми конференції 11-TH NEW YORK CITY BRIDGE CONFERENCE слід зазначити, що мостова наука і будівництво мостів в Україні займають чільне місце серед провідних країн світу.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ СПОРУД

ТЕМАТИЧНИЙ БЛОК

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙ

Богдан СТАСЮК

Доктор філософії з економіки, https://orcid.org/0000-0002-8074-6798

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

Постановка проблеми

Науковий світ швидкими темпами проходить етап вдосконалення шляхом активного впровадження діджиталізації, що є сучасною рушійною силою, яка сприяє просуванню науки. Успішна українська організація, яка працює над питаннями відновлення інфраструктури, в сучасних умовах, має використовуати весь потенціал можливостей інформаційних інструментів і технологій у своїй діяльності. Саме сучасні інформаційні інструменти та технології відкривають нові можливості для роботи, досліджень, навчання, надають доступ до великого обсягу інформації, сприяють виникненню сучасних способів спілкування, полегшують організацію виробничого (наукового) процесу тощо.

Основна частина

Інформаційні інструменти – це сукупність інформаційних матеріалів – документів і масивів інформації у формі публікацій, наукових звітів, електронних записів, баз даних тощо, а також різноманітні пошукові системи, що забезпечують зручний та швидкий доступ до них. Сукупність інформаційних інструментів, пов'язаних між собою єдиною системою становить систему інформаційного забезпечення у будь-якій галузі, у будь-якому підприємстві.

Так, ДП «ДерждорНДІ» має та успішно використовує цілий ряд інформаційних інструментів, які направлені на впровадження та використання інновацій дорожнього господарства. Саме завдяки цим інструментам доступ до інновацій у галузі став більш широким.

До цих інформаційних інструментів відносяться:

1. Інформаційна довідкова система «Будстандарт: Укравтодор» – це професійна онлайн «бібліотека» нормативних документів у дорожній галузі і промисловості дорожньо-будівельних матеріалів, яка постійно оновлюється та доповнюється нормативними документами, що тільки-но набрали чинності.

У даній системі можливо отримати доступ до документів усіх рівнів: до обов'язкових нормативних документів, таких як Державні і Галузеві будівельні норми; рекомендаційних нормативних документів, таких як національні стандарти, зокрема гармонізовані та стандарти організацій України; технічних та технологічних документів, таких як технологічні карти, регламенти, альбоми, методики, рекомендації, довідники, посібники, каталоги та інші документи.

2. Матеріали (програма, презентації, відео та фотозаписи, тези, рішення тощо) наукових та науково-технічних заходів (семінарів, конференцій, форумів), організованих Агентством відновлення спільно з ДП «ДерждорНДІ». Цей чималий архів про проведені наукові заходи підприємства дозволяє кожному учасникові оволодіти проблематикою дорожнього господарства, зрозуміти можливі варіанти вирішення певних проблем та використовувати наведену інформацію у подальшій роботі.

3. Соціальні мережі. Вони стали важливою складовою сучасного життя. Вони не тільки дозволяють нам спілкуватися з іншими, але й ділитися враженнями, фотографіями та відео. Соціальні мережі підприємства використовують для масової комунікації та розповсюдження новин про останні напрацювання у дорожній галузі. На базі ДП «ДерждорНДІ» активно ведеться робота на таких майданчиках як веб-сайт (https://dorndi.org.ua/ua), Фейсбук (facebook.com/dorndi/), Ютьюб (youtube.com/c/ДПДерждорНДІ), Інстаграм (instagram.com/derzhdorndi/) та Телеграм (t.me/derzh-dorndi_se). Крім цього є два великих комунікаційних майданчика – Портал та Платформа інновацій.

4. ПОРТАЛ інновацій – електронний веб-портал, на якому для ключових стейкхолдерів дорожньої галузі представлено детальну інформацію щодо сучасних матеріалів, технологій та обладнання, що можуть бути використані для відновлення нашої інфраструктури. Це свого роду довідково-інформаційний ресурс із переліком сучасних матеріалів, ресурсозберігаючих технологій, а також прогресивних проєктних рішень. ПОРТАЛ може бути використано при виборі ефективних технічних рішень під час проєктування нового будівництва, реконструкції, капітального та поточного середнього ремонту, а також експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування та інших об'єктів інфраструктури. Портал дозволяє: виявити найбільш перспективні напрямки впровадження нових матеріалів і сучасних технологій; інформувати користувачів про нові матеріали та технології; отримати більше інформації про результати використання/ впровадження тих

чи інших нових матеріалів і технологій; аналізувати результати дослідного впровадження нових матеріалів і технологій; зберігати дані про використання нових матеріалів і технологій у цілому по галузі; сприяти прискоренню впровадження нових технологій і матеріалів. Станом на зараз маємо 352 зареєстрованих учасника, 221 компанія – учасники проєкту, 62 новації у дорожній галузі. Переглянути Портал і зареєструватись можна за посиланням www.roadinnovation.org.ua.

5. ПЛАТФОРМА дорожніх інновацій – це комунікаційний майданчик, на якому постачальники нових матеріалів і технологій мають можливість для зацікавлених фахівців представити свій інноваційний продукт, налагодити ділові контакти та намітити шляхи впровадження в Україні. Участь у платформі інновацій ДП «ДерждорНДІ» дозволяє прискорити впровадження інновацій під час відновлення та розвитку інфраструктури України шляхом широкого інформування зацікавлених фахівців, усунення консерватизму в проєктних рішеннях, зняття можливих бар'єрів і перепон. Участь є безкоштовною та будь-який постачальник може презентувати свої матеріали або технології, які є новими для України. Станом на зараз 34 випуски платформи, а це – більше 2,3 тис. хв цікавих ефірів. Зареєструватись до участі в черговому випуску Платформи можна за посиланням: https://bit.ly/pri_Registration.

Командою ДП «ДерждорНДІ» на цих майданчиках регулярно публікуються новації в нормативних і технічних документах, підвищують обізнаність із конкретних наукових тематик, обмінюються думками з певних проблем дорожнього господарства.

Наведені вище інформаційні інструменти, які модерує ДП «ДерждорНДІ», відповідають таким критеріям, як: цілеспрямованість, цінність, своєчасність, достовірність, достатність, комплексність (повнота), надійність, дискретність, неперервність, періодичність надходження, доступність (зрозумілість).

Висновки

Інформаційні технології включають у себе широкий спектр інструментів, програмного забезпечення та пристроїв, які використовують для збирання, зберігання, оброблення та передачі інформації. Вони відіграють важливу роль у розвитку суспільства та стали необхідними елементом для підприємств дорожньої галузі. Саме завдяки сучасним дієвим інформаційним інструментам, які розроблені та/або підтримуються ДП «ДерждорНДІ», стейкхолдери своєчасно дізнаються про останні інновації у дорожньому господарстві та інноваційні напрацювання.

ПРОЄКТУВАННЯ МОСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ BIM-РІШЕНЬ ALLPLAN

Юрій СМИРНОВ

https://orcid.org/0000-0002-1063-693X

ТОВ «Аллбау-Софтвер», м. Київ, Україна

Постановка проблеми

Для проєктування мостів вже застосовуються певні програмні рішення для попереднього проєктування розрахунків, деталювання та випуску креслень на етапах проєктування, будівництва та експлуатації. Але, як правило, обмін напрацьованими даними відбувається на рівні креслень чи документів, при цьому втрачається багато корисних напрацювань інших етапів.

Основна частина

Для зменшення втрат інформації під час проходження життєвим циклом мостів та інших об'єктів інфраструктури Allplan пропонує бачення в об'єднанні учасників в хмарному середовищі спільних даних CDE навколо BIM-моделі. При такому підході цифрові моделі будуть доступні на всіх етапах для визначеного кола учасників із регульованими правами доступу на створення, редагування та перегляд моделей та їх похідних, таких як специфікації, розрахунки, креслення. Це пришвидшує проходження процесів проєктування та координації, а також покращує якість проєктування. Помилки виявляються раніше, тому відбувається менше повторних вводів даних, що також зменшує кількість можливих помилок. Додатково можна на ранніх етапах життєвого циклу оцінювати вартість і порівнювати варіанти, в том числі і для проєктів відновлення або реконструкції чи капітального ремонту.

Розглянемо як це працює на прикладі виконаного проєкту мосту до аеропорту Різе-Артвін. Аеропорт був головним пріоритетом для уряду Туреччини, будівництво якого розпочалося навесні 2020 року і має бути завершено наприкінці 2021 року. Для з'єднання з існуючими дорогами між містами Різе і Артвін аеропорту потрібен був новий монолітний міст з пост-натяжним армуванням. Прогон моста – 444 м, балка буде мати змінну товщину від 120 см до 180 см і складатися із 13 прогонів. Однак, будівництво мосту потрібно було завершити до відкриття аеропорту, тому інженерам-консультантам Yüksel Proje залишалося лише два місяці на проєктування.

Найбільшою проблемою в цьому проєкті був графік проєктування та будівництва. Хоча проєктування мосту всього за два місяці

було б непростим завданням для будь-якої проєктної організації, це було ще ускладнено тим фактом, що міст будувався на меліорованих землях. В результаті необхідно було провести додаткові геологічні дослідження, щоб отримати інформацію як для проєктування, так і для розрахунку. Хоча погані ґрунтові умови та ймовірність землетрусів є загальними проблемами при проєктуванні фундаментів для мостів у Туреччині, їх, тим не менш, також необхідно враховувати. Ще однією складністю були змінні параметри геометрії моста. Наприклад, висота балки у поперечному перерізі моста була різною, що в результаті ускладнювало конфігурацію канатів пост-напруженого армування. Ще однією проблемою був ексцентриситет мостових опор, які використовували V-балки для підтримки основної балки. У міру підйому балки відстань між опорами збільшується, а це означає, що кожна опора має унікальну форму і повинна була проєктуватися індивідуально. Кількість паль і відстань між ними, а також осі пучків канатів пост-напруженого армування також мали різну геометрію. Це зробило конструкцію більш складною.

Будучи одним із найбільших інженерних консультантів у Туреччині, Yüksel Proje лідирує у використанні інформаційного моделювання (BIM) при проєктуванні мостів. Хоча клієнт не вказав використання BIM у цьому проєкті, компанія Yüksel Proje зрозуміла, що єдиний спосіб ефективно спроєктувати міст за відведений час – це використовувати передове програмне забезпечення для 3D-моделювання із підтриманням BIM, яке допомогло б автоматизувати ручну частину роботи при проєктуванні. Для цього компанія Yüksel Proje використовувала Allplan і Allplan Bridge для більшої частини своїх проєктних робіт. Allplan Bridge використовувався для підготовки BIM-моделі моста, так як спільна робота, яку він забезпечив з іншими дисциплінами, дуже допомогла на етапі проєктування.

Висновки

Використання програмних рішень Allplan для BIM-моделювання, деталювання та координації з іншими дисциплінами в підході Open BIM не тільки покращило якість дизайну, але й забезпечило його максимальну ефективність. За такий короткий період проєктування прискорення проєктних робіт було необхідно для того, щоб здати проєкт вчасно. Команда дизайнерів також підтримувала підрядника у процесі будівництва мосту, використовуючи BIM за необхідності. Іноді під час будівництва підрядникові потрібні були різні розділи або дані, які не були представлені клієнту разом із остаточними будівельними кресленнями. Однак, із Allplan створення цієї додаткової інформації не було проблемою.

ІНТЕГРАЦІЯ SIKA С MBCC ТА РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ АЛЬЯНСУ НА РИНКУ ВІДНОВЛЕННЯ, ЗАХИСТУ ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ МОСТОВИХ СПОРУД ТА ДОРІГ

Анатолій СІНЯКІН

https://orcid.org/0000-0003-0546-3074

Харківський Національний Університет міського господарства імені О.М. Бекетова, ТОВ «Сіка Україна», Україна

Олександр ПАНЧЕНКО

https://orcid.org/0000-0003-1634-0715

ТОВ «Сіка Україна», м. Київ, Україна

Юрій СОБКО

https://orcid.org/0000-0002-7710-468X

ТОВ «Сіка Україна», м. Київ, Україна

Постановка проблеми

У роботі розглянуті питання отримання бетонів з підвищеними експлуатаційними властивостями для виготовлення, ремонту і підсилення залізобетонних конструкцій різних споруд і об'єктів інфраструктури, на основі пересічних сировинних матеріалів за допомогою інноваційних добавок і технологій, які пропонує компанія Sika та MBCC.

Основна частина

Sika – спеціалізована хімічна компанія, яка займає провідну позицію в розробці та виробництво систем і виробів для склеювання, герметизації, армування та захисту у будівництві та автомобільній промисловості. Sika має дочірні компанії в 101 країнах світу та виробляє на понад 400 заводах. Їх понад 33 000 у 2022 році річний обсяг продажів співробітників склав 10,49 млрд швейцарських франків. Sika придбала бізнес MBCC, який у 2022 році отримав 2,1 млрд швейцарських франків. До 2026 року очікується річна синергія в діапазоні від 160 млн до 180 млн швейцарських франків. Процес інтеграції був добре підготовлений і розпочався в 2023 році. Об'єднана інноваційна потужність Sika та MBCC прискорить стійкий розвиток трансформацію всієї будівельної галузі. У 2023 році обсяг продажів Sika перевищить 12 млрд швейцарських франків. Sika завершила придбання MBCC Group після отримання

та затвердження всіх необхідних нормативних документів. Завдяки цій додатковій угоді Sika зміцнює свій слід у всьому світі та окремих регіонах, розширює асортимент продуктів і послуг протягом усього життєвого циклу будівництва та стимулює стійку трансформацію будівельної галузі в майбутньому далі та швидше.

MBCC Group зі штаб-квартирою в Мангеймі, Німеччина, раніше належала філії Lone. Star Funds активно працює в галузі будівельних систем і систем домішок. Щоб закрити угоди та для дотримання нормативних вимог Sika продала хімічну частину MBCC Group активів у Великобританії, США, Канаді, Європі, Австралії та Новій Зеландії. Підприємство, придбане Sika, принесло продажі 2,1 млрд швейцарських франків у 2022 році, налічує 6 200 співробітників і працює в понад 60 країнах і 95 виробничі потужності. Томас Хаслер, генеральний директор казав: «Сьогодні історичний день для Sika. Ми раді вітати MBCC співробітників в родині Сіка. Ми вирушаємо в нашу захоплюючу подорож і продовжимо керувати історія зростання компанії Sika. Завдяки нашому багатому досвіду в інтеграції компаній, ми успішно об'єднати Sika та MBCC та об'єднати наші сили, щоб створити нову еталонну базу в будівельної хімії. Разом ми забезпечимо продуктивність світового рівня для наших клієнтів і розробляти інноваційні стійкі рішення». Після успішного закриття портфоліо стійкої продукції Sika буде додатково розширено

Інноваційні технології MBCC: Sika запропонує широкий і комплексний асортимент рішень для забезпечити сталу трансформацію будівельної галузі та допомогти клієнтам скоротити їхній вуглецевий слід. Завдяки цій угоді Sika зміцнює свою платформу для зростання, розширюючи свій продукт і пропозиції рішень у чотирьох з п'яти основних технологій і семи з восьми Sika Target Markets. Клієнти отримають вигоду від розширеної та ефективнішої мережі розподілу по всьому світу будівельні ринки. Компанія Sika очікує щорічної синергії у діапазоні 160 – 180 швейцарських франків мільйонів до 2026 року. У 2023 році об'єднана група досягне обсягу продажів понад 12 млрд швейцарських франків.

Багаторічний досвід (понад 20 років) використання в Україні системи для ремонту і підсилення залізобетонних конструкцій Sika® Mono Top® та MasterEmaco, дозволяє інтерполювати його на нові завдання. Наприклад, використання спеціальних цементно-полімерних адгезійних шарів між «старим» і «новим» бетоном Sika Mono Top®-910N (SikaTop® Armatec-110 EpoCem®) в поєднанні з бетоном що самоущільнюється, дозволяє проводити

ремонти як горизонтальних, вертикальних і криволінійних залізобетонних мостових конструкцій, зі значними корозійними або силовими ушкодженнями, за останні кілька років були реалізовані численні проєкти, такі як: бетон для ремонту і посилення мостів і шляхопроводів мостів в Києві, Дніпрі, Харкові, Вінниці; блоки бар'єрного дорожнього огородження типу «Нью-Джерсі» з морозостійкістю F300; виготовлення залізобетонних шпал.

Особливістю нових проєктів є використання бетону з низькими деформаціями усадки. Окрім пластифікатора та повітровтягувальної добавки, ускладах цього бетону можливо використання спеціальних добавок, наприклад Sika® Control® 40 – хімічну добавку, що знижує деформації усадки, та Fibermesh® 650 S – синтетичну макрофібру. Комплексне використання даних матеріалів дало змогу значно зменшити усадку бетону, довжину швів у котрукціях, а також значно покращити властивості конструкцій.

Процес будівництва бетонних споруд передбачає не тільки укладання бетону, а й додаткові роботи з влаштування швів, ремонту та захисту, а також застосування додаткових інженерних рішень, пов'язаних із забезпеченням його надійної експлуатації. Компанія Сіка пропонує надійні та перевірені рішення, засновані на досвіді будівництва у Європі та інших частинах світу.Для влаштування деформаційних швів використовується однокомпонентний еластичний герметик прискореного твердіння Sikaflex®-406 KC (**рис. 1**).

Рисунок 1 – Герметизація швів за допомогою Sikaflex®-406 KC

Даний матеріал має високу механічну і хімічну стійкість та сумісний з цементо- та асфальтобетоном. Застосовується для герметизації деформаційних швів ЗПС аеродромів, мостів і доріг.

Для ремонту сколів, а також інших локальних руйнувань використовуються матеріалі на основі цементу системи Sika® Mono Top, SikaGunit, а також тиксотропні двокомпонентні матеріали на епоксидній основі Sikadur®-31+, Sikadur®-41+. Матеріали стійкі до вологи і мають високу міцність, відмінну адгезію до бетону, а також швидкий набір міцності. Для склеювання тріщин використовується епоксидний склад з низькою щільністю Sikadur®-52 Injection. Матеріал нагнітається під тиском у порожнечі в бетоні за допомогою встановлених пакерів (**рис. 2**). Попередньо тріщина заробляється епоксидним складом Sikadur®-31+.

Рисунок 2 – Ремонт тріщин у бетонному покриві за допомогою Sikadur®-52 Injection

Для виготовлення високоміцних і високоточних підлив під опорні частини мостів, фундаментів під енергетичне та промислове обладнання дуже широко використовуються матеріали SikaGrout та MasterFlow, це до речі, сьогодні максимальна частка ринку компанії MBCC, тисячі тонн даних матеріалів реалізуються для інфраструктурних та енергетичних проєктів.

Актуальною темою залишається ремонт пошкоджених поверхонь дорожніх та аеродромних цементнобетонних плит, для цього використовуються бетонні суміші модифіковані багатофункціональними добавками або готові сухі ремонтні суміші на основі модифікованих цементів, полімерних добавок та фібри, з можливістю відкриття руху через 2 години після укладання SikaFastFix та MasterEmaco T.

Рисунок 3 – Ремонт дефектів та тріщин у бетонному покриві аеродрому за допомогою MasterEmaco T 1400 FR

Висновки

Багаторічний досвід використання матеріалів і систем, пропонованих Sika та MBCC, дозволяє з оптимізмом дивитися в майбутнє і перспективи подальшого використання сучасних досягнень будівельної матеріалознавства в будівництві, ремонті, а також довгостроковій експлуатації мостових споруд в Україні.

СЕЙСМІЧНЕ ПОСИЛЕННЯ МУРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ МОСТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ПІДПІРНИХ СТІН

Юрій СОБКО

https://orcid.org/0000-0002-7710-468X

ТОВ «Сіка Україна», м. Київ, Україна

Олександр ПАНЧЕНКО

https://orcid.org/0000-0003-1634-0715

ТОВ «Сіка Україна», м. Київ, Україна

Анатолій СІНЯКІН

https://orcid.org/0000-0003-0546-3074

Харківський Національний Університет міського господарства імені О.М. Бекетова, ТОВ «Сіка Україна», Україна

Постановка проблеми

У роботі розглянуті питання розрахунків сейсмічного посилення мурованих конструкцій мостових елементів (опор, арочних склепінь) і підпірних стін за допомогою SikaWrap®-350G Grid.

Основна частина

Технічне рішення Sika для посилення мурованих конструкцій на основі системи TRM (розчин, що армується текстилем) містить такі складові елементи:

- SikaWrap®-350G Grid, збалансована двонаправлена сітка зі скляних волокон, що має лугостійкий покрив.
- Sika® MonoTop®-722 Mur, високопластичний цементний розчин.

Технічне рішення Sika TRM було розроблено та перевірено для сейсмічного посилення стін, та забезпечення необхідної міцності елемента мурованої конструкції на поперечну силу і згин для більшості комбінацій навантажень як у, так і з площини.

Руйнування елементу у випадку дії горизонтальних зусиль може настати за одним з наступних механізмів:

1. Навантаження в площині: недостатня міцність на поперечну силу. Міцність на поперечну силу неармованої мурованої конструкції обмежується «проєктною величиною» поперечної сили, яку може бути визначено за формулою:

$$V_{\mathrm{Rd}} = f_{\mathrm{vd}}\, t\, l_{\mathrm{c}}, \qquad (1)$$

де f_{vd} – проєктна міцність мурування на поперечну силу;

t – ширина стіни;
l_c – довжина сиснутої стіни.

f_{vd} визначають діленням характеристичної міцності елементу мурування на зсув f_{vk} на коефіцієнт безпеки y_m. У випадку посилення існуючої конструкції на сейсміку, слід враховувати вторинний коефіцієнт безпеки CF_{KL}, який приймають відповідно до стану існуючої конструкції. Тоді:

$$f_{vd} = f_{vk}\, y_m\, CF_{KL} = (f_{vko} + 0{,}4\sigma)\, y_m\, CF_{KL}, \qquad (2)$$

де f_{vk} – характеристична міцність мурування на поперечну силу;
f_{vko} – початкова характеристична міцність мурування на поперечну силу (без стиску);
σ – середня напруга стиску, що відповідає стиснутій ділянці стіни.

2. Навантаження у площині: зминання нижніх рядів + нормальні тріщини - це модель руйнування з контрольованим згином, яка характеризується утворенням нормальних тріщин у нижніх рядах мурування і зминання нижніх рядів у випадку коли стискаючі напруги будуть перевищувати міцність на поперечну силу. Величину напруг стиску і розтягу можна визначити із рівняння рівноваги сил, моментів і деформацій в перерізі. Механічні характеристики мурування на стиск можна визначити відповідно до (1), частина 1-1.. Розрахункову міцність мурування на стиск можна отримати, поділивши характеристичну міцність на відповідний коефіцієнт безпеки (y_m). У разі посилення на сейсміку коефіцієнт стану мурованої конструкції (CF_{KL}) також буде враховано як додатковий коефіцієнт безпеки, згідно з (2).

$$f_d = f_k / y_m\, CF_{KL}. \qquad (3)$$

У неармованих елементах очікується утворення тріщин при згині від вертикального розтягу, оскільки міцність при вертикальному розтягу вельми незначна. У випадку посилених стін зовнішнє посилення повинно сприймати вертикальні розтягуючі зусилля без врахування міцності елементів мурованої конструкції.

3. Навантаження з площини: горизонтальний згин. У випадку елементів мурованої конструкції, які закріплені як зверху, так і знизу, і навантажені горизонтальним силами від сейсмічного прискорення, очікується їх розламування внаслідок утворення 3-х шарнірів (нижній, верхній та проміжний). У випадку неармованої панелі мурованої конструкції отримана епюра напруг не повинна містити існування напруг у крайньому розтягнутому волокні

секції. При посиленні вертикальні пасма сітки SikaWrap®-350G Grid сприйматимуть ці вертикальні напруги. При проєктуванні слід перевірити такі умови:

а) деформації розтягу в TRM не повинні перевищувати деформацій відшарування від основи;
б) стискаючі напруги не повинні перевищувати розрахункове значення, яке відповідає розрахунковій міцності мурованої конструкції стіни від дії стискаючих сил f_d.

4. Навантаження з площини: просте перекидання. Перекидання очікується навколо шарніру, який розташований у нижній частині елементу, зазвичай на зовнішній поверхні. Перекидання можливе для тих елементів, які не закріплені зверху або неправильно з'єднані з ортогональними стінами. Простим рішенням є влаштування горизонтальної смуги TRM у верхній частині стіни, яку слід належним чином закріпити. Ефективність використання сітки визначатиметься не її граничною міцністю, а міцністю відшарування від точок кріплення, отже, для проєктування слід приймати напруги відшарування TRM. Сила, яку сприйматиме TRM, може бути визначена з рівноваги моментів відносно шарніру в нижній частині панелі елемента.

Висновки

Розрахунок сейсмічного посилення елементів і стін на поперечну силу потребує ретельних і складних розрахунків, оскільки одночасно можуть використовувати різні керівництва, норми і правила.

ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ, ЯК КОМПЛЕКС ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ШТУЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Олександр МАЛОФЕЙ

https://orcid.org/0009-0006-5954-5963

ТОВ «Сіка Україна», м. Київ, Україна

Поставка проблеми

Протягом історії мости завжди були важливими та цінними спорудами.

Мости будуються на ділянках, де рельєф, умови ґрунтів, інші існуючі споруди чи забудови створюють непридатні умови для звичайних шляхів чи доріг. Тому, мости знаходять у найскладніших експлуатаційних умовах.

Сучасні мости, побудовані із залізобетону, часто вимагають строку служби понад 100 років. Нещодавні дослідження в Європі та Північній Америці показали, що більшість існуючих мостів уже демонструють значний ступінь деградації. Тому багато з них потребують значного, а часто й термінового ремонту та реконструкції.

Основна частина

Мости є невід'ємною частиною сучасної інфраструктури і часто піддаються найсуворішим впливам погоди. Щоб зберегти довговічність протягом проєктного строку служби, особливу увагу слід приділяти гідроізоляції та захисту відкритих елементів і критичних ділянок, таких як сам настил мосту, щоб запобігти серйозним пошкодженням бетону та структурної арматури.

Мости є складними і вимогливими спорудами. Існує багато з'єднань, які потребують гідроізоляції, від простих розпиляних з'єднань до відкритих рухомих і з'єднувальних швів. Ці з'єднання зазнають термічного руху, постійних вібрацій, екстремальних атмосферних впливів, механічного впливу транспорту та хімічного впливу різноманітних розчинів.

Герметизація та гідроізоляція повинні виконуватися так, щоб надійно запобігти потраплянню води та розчинів в конструкцію, що призводить до деградації бетонних і сталевих деталей, а також корозії. Міцна гідроізоляція істотно впливає на тривалість життя мосту.

Щоб покращити експлуатаційні характеристики та довговічність залізобетонних поверхонь на конструкціях мостів, часто потрібні додаткові системи захисту, особливо в ситуаціях реконструкції. Типові системи захисту бетону для мостів можна класифікувати як гідрофобні просочення, ущільнювальні просочення, поверхневі покриття або інгібітори корозії. Вони розроблені для використання в різних ситуаціях або в сукупності в альтернативних комбінаціях, щоб значно зменшити пошкодження бетонних поверхонь, зупинити або зменшити швидкість корозії сталевої арматури та запобігти значним пошкодженням конструкції.

Необхідно застосовувати широкий спектр добре перевірених систем захисту бетону, заснованих на різних технологіях, включаючи гідрофобні або герметизуючі просочення, жорсткі та еластичні поверхневі покриття, гальванічні аноди та інгібітори корозії, що наносяться на поверхню. Усі ці продукти та системи повинні повністю відповідати будівельним стандартам і нормам.

Висновки

Sika надає повну підтримку власникам мостів, архітекторам, інженерам і підрядникам, надаючи необхідні технічні консультації та допомогу для забезпечення успішного проєкту.

Зокрема, для проєктів реконструкції це включає допомогу протягом усього процесу, починаючи з початкового обстеження, діагностики першопричини, написання специфікацій, деталізації, опису методів, контролю якості на місці та практичної допомоги в застосуванні.

Для нового будівництва Sika може запропонувати підтримку при проєктуванні конструкцій для тривалого строку служби. Експертиза Sika може зробити значний внесок у мінімізацію загальної вартості проєкту протягом повного визначеного життєвого циклу служби.

Sika сьогодні пропонує повний спектр інноваційних продуктів і систем, спеціально розроблених для вирішення всіх складних вимог у різних проєктах мостів у будь-якій точці світу.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ТА ПІДХОДІВ БУДІВЕЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (BIM) ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЄКТІВ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ. ВИКЛИКИ ТА РІШЕННЯ

Михайло НОВІКОВ

ТОВ «ВАЛБЕК», м. Київ, Україна

Олексій ГАЛЬЧЕНКО

https://orcid.org/0009-0000-4002-1082

ТОВ «ВАЛБЕК», м. Київ, Україна

Поставка проблеми

Проєктування мостів використовуючи технології будівельного інформаційного моделювання засобами сучасних програмних комплексів, вивчення та впровадження Європейського досвіду.

Основна частина

BIM – це підхід до управління цифровою інформацією, що застосовується в будівельній галузі з метою підвищення продуктивності роботи та якості будівельних та інфраструктурних проєктів, зниження рівня фінансових збитків під час будівництва. У його основі лежить 3D-моделювання з закладеними даними, що можуть спільно використовуватися всіма партнерами по проєкту на усіх його етапах.

Із визначення випливають переваги BIM-проєктування та вимоги до нього:

1. 3D-модель із параметрами (закладеними даними).
2. Спільний доступ усіх учасників будівництва.
3. Постійний контрольований доступ.

Для 3D-моделювання із підтримкою параметрів елементів є багато продуктів програмного забезпечення, але найпопулярнішими є Revit, Allplan, Bentley, Tekla.

Спільний і постійний доступ характеризується наявністю спільного середовища даних CDE. При традиційному обміні даних відбувається непередбачувана втрата інформації.

Спільне середовище даних це чітко узгоджена чітко структурована система з актуальною інформацією та налаштованими рівнями доступу для уникнення несанкціонованих змін.

Ми викристалізували коротенький список папочок, якого цілком достатньо для роботи команди над проєктом. Але в BIM ще є Замовник будівництва та Підрядна організація. Всім відомо, як передається документація замовникам, як відбувається процес внесення змін у документацію (легальний і нелегальний) теж відомо. BIM дозволяє мало того, що контролювати весь цей процес, а ще й мінімізувати його, за рахунок як раз наявності цього спільного середовища даних із контрольованим доступом.

Зараз є багато сервісів, які дозволяють зберігати файли, вносити якісь коментарі, відслідковувати історію і навіть переглядати онлайн без встановлення чи опанування якихось додаткових програм. У Autodesk це Construction Cloud, у інших продуктів є свої напрацювання. Є і незалежні програми – деякі європейські замовники віддають перевагу Trimble або Plannerly. Але це вже не так принципово, головне сама суть, що і замовник, і підрядник, і проєктувальник одночасно можуть працювати з однією і тією самою документацією, дивитись один і той самий актуальний вузол чи елементи і відповідно реагувати на виклики. Дуже вигідно бачити все і одразу, і щоб зберігалось все в одному місці, бо тоді значно зменшується людський фактор.

Висновки

Найбільша, але не завжди обов'язкова, перевага BIM над 2D – це час і відповідно вартість розроблення проєктної документації. Хоч за досвідом це майже однакові витрати ресурсів на BIM і 2D, але за певних умов робити швидше і дешевше все ж можна. По-перше, за рахунок автоматизації проєктування. По-друге, за рахунок напрацювання шаблонів і типових рішень.

Інструменти BIM та власне і 2D дозволяють дещо автоматизувати процес проєктування з відповідною прив'язкою до конкретного проєкту.

При використанні BIM параметричне та автоматизоване проєктування в більшій чи меншій мірі реалізовано розробниками програмного забезпечення. При 2D-проєктуванні автоматизація без знань в області програмування практично неможлива.

У ТОВ «Валбек», завдяки тому що вже не перший рік застосовується BIM, є власні напрацювання для полегшення та пришвидшення роботи інженера. ТОВ «Валбек» готовий надавати консультацію та сприяти впровадженню проєктування за BIM-технологіями.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА МОСТОВЕ ПОЛОТНО З ТИПОВИМИ ДЕФЕКТАМИ

Олександр ДАВИДЕНКО

https://orcid.org/0000-0003-0176-3256

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Ігор КОЗАРЧУК

http://orcid.org/0000-0003-4972-6016

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Олександр РАЗБОЙНІКОВ

https://orcid.org/0000-0003-3024-0999

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Постановка проблеми

Характер руху автотранспортного засобу визначається сукупністю сил, що діють на нього. У певних межах водій регулює тягові, гальмівні та поперечні (під час зміни напрямку руху) сили на колесах автомобіля. Проте існують сили, що не залежать від бажання водія: аеродинамічні, динамічні сили, що діють між колесом автомобіля та дефектом дорожнього покриву тощо. Дефекти дорожнього покриву мостового полотна призводять до вимушених і вільних коливань автомобіля. Залежно від ступеня рівності дорожнього покриву мостів та підходів змінюються рівень коливань автотранспортного засобу (комфортабельність); витрати енергії на коливання (економічність); середня швидкість руху (ефективність використання) та міжремонтний пробіг (надійність). Коливання підресорених та непідресорених мас автотранспортного засобу супроводжуються динамічними навантаженнями на дорожній покрив із дефектами та пошкодженнями. Для проведення досліджень щодо визначення динамічних навантажень на автодорожні мости від великовагового транспортного засобу, у зазначених умовах, необхідно визначити типові дефекти дорожнього покриву та їхні геометричні параметри.

Основна частина

Розроблено розрахункову схему та математичну модель руху автотранспортного засобу по покриву мостового полотна та підходів, що має дефект. Складено систему рівнянь динаміки руху автомобіля. Враховано кочення автомобільного колеса з відведенням, ковзанням і відривом від опорної поверхні. В

описі роботи підвіски враховано поточне положення її пружних і демпферних пристроїв, а також зміну геометричних параметрів напрямного пристрою, а також роботу буферів обмеження ходу та стабілізатора поперечної стійкості.

Проведено теоретичні дослідження руху автомобіля з урахуванням дефектів покриву мостового полотна та підходів. Визначено характер зміни сил, що діють в контакті автомобільного колеса із дорожнім покривом. Виявлено, що коливання підресорених та непідресорених мас автотранспортного засобу буде супроводжуватись динамічними навантаженнями на дорожній покрив як під час долання його дефекту, так і після. Зазначене необхідно враховувати не тільки при дослідженні експлуатаційних властивостей автотранспортного засобу, але й при визначенні динамічного навантаження на дорожній покрив, зокрема, мостів.

Для проведення досліджень щодо визначення динамічних навантажень на автодорожні мости від великовагового транспортного засобу, у зазначених умовах, необхідно визначити типові дефекти дорожнього покриву та їхні геометричні параметри.

Дефекти дорожнього покриву характеризуються формою профілю (гармонічною, параболічною, прямокутною тощо), його розмірами (довжиною, висотою) та взаєморозташуванням. З точки зору теорії руху автомобіля нерівності опорної поверхні прийнято класифікувати залежно від їх впливу на автомобіль. Розрізняють нерівності макропрофілю (довжина хвилі – 100 м і більше), мікропрофілю (довжина хвилі – від 10 см до 100 м) та шорсткості покриву (довжина хвилі – менше 10 см). При цьому відмічається, що перші та останні майже не впливають на процес коливання автомобіля (нерівності макропрофілю помітно впливають лише на роботу двигуна та трансмісії, а шорсткості поглинаються шинами.

Професор Солтус наголошує, що мікропрофіль опорної поверхні є одним з найбільш суттєвих чинників, який призводить до появи динамічності реакцій в контакті колеса з опорною поверхнею. До того ж мікропрофіль безпосередньо впливає на процес коливання автомобіля.

Мікропрофіль складається з нерівностей (крок нерівностей лежить у межах від 0,1 м до 100 м). При цьому нерівності висотою до 1,0 см при довжині, що не перевищує довжину відбитка шини, зазвичай називають шорсткостями. Мінімальна довжина нерівності мікропрофілю приймається від 0,2 м до 0,4 м. Певзнер зазначає, що найбільш інтенсивні коливання непідресорених мас автомобіля

та флуктуації динамічних реакцій між колесом та дорогою спостерігаються на нерівностях довжиною хвилі від 1,0 м до 2,0 м при русі з середніми експлуатаційними швидкостями. При збільшені маси автомобіля, а також висоти нерівностей, нормальні реакції нерівної опорної поверхні зростають. При цьому збільшення кута атаки дорожньої нерівності призводить до зменшення коефіцієнту стійкості автомобіля проти заносу.

Інтенсивну збурюючу дію мають хвилеподібні ділянки асфальтованих доріг. Вимірювання та статична обробка таких ділянок показали, що найбільш поширені довжини хвиль від 1,5 м до 4,5 м.

Разом з тим гармонічні нерівності можуть бути одиничними, як з від'ємною висотою (вибоїни, гострі краї якої згладжені під дією коліс автотранспортних засобів), так і з додатною (наприклад, виступи в області люків. Гармонічний профіль нерівності часто обирають (відповідно до стандартизованої методики розрахунку плавності ходу автомобіля) при дослідженні взаємодії колеса автомобіля з нерівною поверхнею дороги.

Характерний для гармонічної нерівності профіль дозволяє в області плями контакту шини розглядати опорну поверхню нерівності як площину, що змінює свою висоту та нахил відносно горизонту (кут атаки нерівності). Це суттєво спрощує математичне моделювання процесів, які відбуваються при взаємодії еластичної шини з нерівною поверхнею дороги.

Варто зазначити, що з точки зору мікропрофілю та його впливу на характер руху автотранспортного засобу, характерний дефект дорожнього покриву мостових переправ виникає в області деформаційних швів.

Із точки зору математичного моделювання взаємодії автомобільного колеса з опорною поверхнею дефектів дорожнього покриву автодорожніх мостів у зоні деформаційних швів, як і вибоїни, гострі краї якої з одного боку згладжені під дією коліс автотранспортних засобів, а з іншого – поглинаються пневматичною шиною, можна розглядати як нерівності гармонічного профілю з від'ємною висотою.

Дослідження виконано за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках гранту № 2022.01/0142 «Розробка моделі навантаження за фактичними параметрами великовагового рухомого складу для визначення вантажно-пропускної здатності автодорожніх мостів при їх відновлені та експлуатації у воєнний і повоєнний періоди».

Висновки

З точки зору теорії руху автомобіля нерівності опорної поверхні класифікують залежно від їхнього впливу на автомобіль. Розрізняють нерівності макропрофілю, мікропрофілю та шорсткості покриву. Мікропрофіль безпосередньо впливає на процес коливання автомобіля і призводить до появи динамічних навантажень, що діють у контакті автомобільного колеса з дорожнім покривом.

Основний вплив на характер руху автотранспортних засобів, що призводить до динамічних навантажень на мостову переправу, чинять дефекти дорожнього покриву, які за своїми геометричними параметрами відносяться до мікропрофілю (довжина хвилі – від 10 см до 100 м). Найбільш інтенсивні коливання непідресорених мас автомобіля та флуктуації динамічних реакцій між колесом та дорогою спостерігаються на нерівностях довжиною хвилі від 1,0 м до 2,0 м під час руху із середніми експлуатаційними швидкостями.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ МУФТОВИХ З'ЄДНАНЬ АРМАТУРИ СПРУТ-УКРАЇНА У МОСТОВОМУ ТА ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Олег ФЕСЕНКО

Кандидат технічних наук, доцент, https://orcid.org/0000-0001-8154-2239

Київський національний університет будівництва і архітектури, ТОВ «Спрут-Україна», м. Київ, Україна

Ігор КЛИМОВИЧ

https://orcid.org/0000-0002-2129-789X

Київський національний університет будівництва і архітектури, ТОВ «Спрут-Україна», м. Київ, Україна

Постановка проблеми

Стикування арматури є особливо актуальною проблемою для довгомірних вертикальних (колони) і горизонтальних (балки) залізобетонних конструкцій через обмеженість довжини арматурних стрижнів, безвідходність арматури та проблеми зі зварюваністю арматурної сталі класу А500С.

Традиційні методи з'єднання арматурних стрижнів, такі як зварюван-ня та напуск, мають певну кількість недоліків, що обмежують сферу їх застосування для залізо-бетонних конструкцій.

З'єднання внапуск є оптимальними в конструкціях із невеликими номінальними діаметрами, для арматури із низькою межею текучості. Метод стикування за допомогою зварювання є більш універсальним, але його застосування пов'язане зі здорожчанням і ускладненням виконання робіт зі зведення конструкцій. Якість виконання зварних з'єднань суттєво залежить від рівня кваліфікації зварювальника.

Оскільки більш традиційні види з'єднань арматурних стрижнів внапуск та зварюванням в торець є обмежені для виконання в умовах будівельного майданчика, тому в залізобетонних конструкціях ширше застосування отримують різноманітні види механічних з'єднань арматурних стрижнів.

Основна частина

Механічні з'єднання арматурних стрижнів обпресуванням муфт – це з'єднання арматурних стрижнів за допомогою сполучної муфти, що встановлена на кінцях з'єднуваних стрижнів арматури і обтиснена гідравлічним вдавленням металу муфти між поперечними ребрами арматури внаслідок пластичної деформації при опресуванні.

Залежно від умов роботи у залізобетонних конструкціях механічні з'єднання обпресуванням муфт розділяють на:

- розтягнуті, які застосовують для з'єднання арматурних стрижнів, що сприймають в конструкції зусилля як стиску, так і розтягу;
- стиснуті контактні, які застосовують для з'єднання арматурних стрижнів, в яких у процесі експлуатації не виникає зусиль розтягу. Зусилля в арматурі передаються через безпосереднє зіткнення торців стрижнів.

Для з'єднання арматури залізобетонних конструкцій використовують такі типи механічних з'єднань арматурних стрижнів обпресуванням муфт:

- стандартні, що призначені для з'єднання стрижнів однакового діаметра;
- перехідні, що призначені для з'єднання стрижнів різного діаметра в тих же умовах, що і стандартні.

Стандартні обтискні муфтові з'єднання призначено для сполучення арматурних стрижнів однакового діаметра від 16 мм до 40 мм класів А400С, А500С згідно з ДСТУ 3760:2019; перехідні муфтові з'єднання призначені для з'єднання арматурних стержнів різного діаметра від 16 мм до 40 мм тих самих класів арматури, що і стандартні.

Згідно з ДБН В.2.3-14:2006 «Мости та труби. Правила проектування» при проєктуванні споруд транспорту застосовують такі з'єднання арматури:

- зварювання (контактним та ванним способами, точкове);
- внапуск, окрім стикування розтягнутих арматурних стержнів у згинаних і центрально-розтягнутих елементах (п. 3.162 ДБН В.2.3-14:2006).

Нормативний документ СОУ 45.2-00018112-016:2007 «З'єднання арматурних стержнів обтиснутими втулками» було розроблено фахівцями Укравтодору для з'єднання арматурних стержнів діаметром від 10 мм до 16 мм на об'єктах будівництва транспортних споруд. Перевагою механічних муфтових з'єднань арматури виробництва Спрут-Україна, які виконані згідно з

ТУ У В 2.8-45.2-35641811:2008 «Механічні з'єднання арматурних стрижнів опресуванням муфт» є те, що вони можуть з'єднувати стрижні діаметром від 16 мм до 40 мм.

Досвід застосування механічних муфтових з'єднань арматури виробництва Спрут-Україна на об'єктах будівництва показав, що

швидкість їх виконання становить від 4 хв/стик до 7 хв/стик, що майже у 5 разів швидше за зварне з'єднання.

Перспективи застосування механічних муфтових з'єднань арматури виробництва Спрут-Україна на об'єктах будівництва транспортних споруд полягають у швидкості їх виконання, можливості стикувати стрижні більших діаметрів і з'єднувати розтягнуті арматурні стержні у згинаних і центрально-розтягнутих елементах.

Висновки

1. Застосування механічних з'єднань арматури залізобетонних конструкцій суттєво зменшує трудомісткість арматурних робіт і тим самим прискорює темпи будівництва.

2. Надійність механічних з'єднань арматури залізобетонних конструкцій забезпечують шляхом належної підготовку торців арматурних стрижнів, використання муфт зі сталі належної твердості, проведення регулярних контрольних випробувань зразків з'єднань, дотримання високого рівня якості виконання з'єднань.

3. Перспективність застосування механічних з'єднань арматурних стрижнів обпресуванням муфт у мостовому та дорожньому будівництві обмовлена такими чинниками:

- трудомісткість зварних з'єднань арматури;
- недопустимість з'єднання внапуск для розтягнутої арматури у згинаних і центрально-розтягнутих елементах.

ОБСТЕЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ СПОРУД

ТЕМАТИЧНИЙ БЛОК

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБСТЕЖЕННЯ МОСТІВ ТА ТРУБ

Ігор БАБЯК

Кандидат технічних наук, https://orcid.org/0000-0002-3732-2439

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

Постановка проблеми

З моменту розроблення документів щодо оцінювання технічного стану, обстеження та випробування автодорожніх мостів та водопропускних труб (2009 – 2012) набули чинності нові нормативні документи та правові акти у сфері будівництва. Також, з'явились нові методи і підходи до оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів, нові дані щодо потреби у періодичності обстежень транспортних споруд тощо. Тому, виникла необхідність переглянути комплекс нормативно-технічних документів щодо обстеження та випробування автодорожніх мостів і водопропускних труб, перевірити відповідність їх положень діючим нормативно-правовим актам і нормативним документам у сфері будівництва, запровадити кращі методи і підходи до обстежень і випробувань, оцінювання технічного стану автодорожніх мостів та труб (основна робота виконувалась ДП «ДерждорНДІ» та НТУ у 2019 – 2021 роках).

Основна частина

Донедавна основними документами щодо цих питань були ДБН В.2.3-6:2009 «Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування» (далі ДБН), ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів», ДСТУ Б В.2.3-24:2009 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану дорожніх труб». Відповідно до нових підходів щодо того, що мають містити будівельні норми, необхідним стало виокремлення процедурних питань щодо обстеження та випробування та відображення їх у розробленому ДСТУ, що і було зроблено у ДСТУ 9123:2021 «Настанова з обстеження та випробування мостів і труб».

Нововведення у ДСТУ 9123.

Види обстежень.

У ДСТУ 9123 уточнено класифікацію видів обстежень споруд, які призначають залежно від кінцевої мети, наведено нові випадки

виконання обстежень, яких нема у ДБН, зокрема:

- планові суцільні обстеження виконують в межах дистанції колії (окремої дільниці, напрямку) залізниці;
- позапланові спеціальні обстеження призначають: для отримання даних, необхідних для проєктування після складання завдання на проєктування (крім випадку реконструкції, яка передбачає будівництво нового мосту) в обсязі, достатньому для прийняття проєктних рішень; для споруд, визначальні елементи яких перебувають у непрацездатному стані. Такі споруди мають бути обстежені один раз на рік, якщо інші строки не встановлені попереднім звітом з обстеження.

Види робіт. У ДСТУ 9123 уточнено та додано нові види робіт, які здійснюють під час обстежень. Так, перелік робіт, які можуть додатково виконуватись підчас позапланових спеціальних обстежень, містить, зокрема:

- геодезичний моніторинг деформацій, кренів, осідання елементів і конструкцій моста, ухилів вздовж і поперек мостового полотна для забезпечення водовідведення;
- обстеження підводних частин опор мостів;
- визначення марки та хімічного складу сталі металевих конструкцій.

Періодичність обстежень. У ДСТУ 9123 доповнено, оптимізовано, у порівнянні із ДБН, періодичність планових обстежень мостів.

Зокрема, доповнено вимогами щодо обстеження дерев'яних мостів, встановлено періодичність обстеження мостів відповідно до уточненої класифікації видів обстежень (**табл. 1**), встановлено періодичність обстеження залізничних мостів (**табл. 2**).

Таблиця 1 – Періодичність обстеження автодорожніх мостів у ДСТУ 9123

Ч.ч.	Вид обстеження*	Міст	Вік моста, роки			
			1—20	21—40	41—60	>60
			Періодичність обстеження, роки			
1	Планове	Металевий, залізобетонний, сталезалізобетонний	10	5	4	3
		Дерев'яний	5	2	1	—

Кінець таблиці 1

Ч.ч.	Вид обстеження*	Міст	Вік моста, роки			
			1—20	21—40	41—60	>60
			Періодичність обстеження, роки			
2	Позапланове: — спеціальне — маршрутне	За потреби				

Таблиця 2 – Періодичність обстеження залізничних мостів у ДСТУ 9123

Ч.ч.	Вид обстеження	Споруди	Періодичність обстеження, роки
1	Планове: — детальне	Великі та середні мости з наскрізними металевими прогоновими будовами (норми проєктування 1925 року та більш ранніми). Прогонові будови з низьким класом за вантажопідйомністю.	1
	— детальне	Решта позакласних, великих та середніх мостів.	5
	— суцільне	Усі споруди у межах дистанції колії (окремої дільниці, напрямку).	10
2	Позапланове спеціальне	Споруди після виникнення надзвичайної ситуації. Після завершення будівництва або реконструкції. За виявлення під час періодичних оглядів дефектів, які впливають на несну здатність.	— — —

У ДСТУ 9123 оптимізовано, порівняно із ДБН, періодичність планових обстежень труб (**табл. 3**). Зокрема, оптимізовано періодичність обстеження труб залежно від віку споруди та матеріалу конструкцій.

На основі проведеної роботи було виявлено необхідність уточнення положень щодо аналізу даних обстеження та документації обстеження, що було відображено у ДСТУ 9123. Так, за результатами обстеження мостів і труб, за потреби, складають і передають замовнику паспорт на споруду у випадку виконання спеціального обстеження для отримання даних, необхідних для проєктування після складання завдання на проєктування; акт, звіт з обстеження

моста має містити, зокрема, посаду, прізвище, ім'я, по батькові, серію та номер сертифіката експерта з обстеження.

Розроблено та детальніше прописано у ДСТУ 9123, порівняно із ДБН, положення щодо випробування труб. Зокрема, якщо труба підлягає випробуванню, то перед випробуванням має бути виконано обстеження труби в обсязі, який дозволяє зафіксувати її фактичний стан та виконати всі необхідні розрахунки з підбору випробувальної навантаги та прогнозування напружено-деформованого стану труби під час її дії.

Таблиця 3 – Періодичність обстеження труб під автодорогою у ДСТУ 9123

Споруда	Вік споруди, роки			
	1 – 20	21 – 40	41 – 60	> 60
	Періодичність обстеження, роки			
Залізобетонні водопропускні труби	10*	5	4	3
Залізобетонні труби — шляхопроводи, біопереходи	10*	5	4	3
Металеві водопропускні труби	10*	6	4	3
Металеві труби — шляхопроводи, біопереходи	10*	6	4	3
Полімерні водопропускні труби	10*	5	3	3
* За висоти насипу більше ніж 8 м в перші 12 років експлуатації періодичність обстеження – через 3 роки.				

Нововведення у ДСТУ 9181 «Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів». На основі проведеної роботи було виявлено, зокрема, необхідність уточнення положень щодо прогнозування залишкового ресурсу елементів мостів, оцінювання технічного стану споруди в цілому тощо, що було відображено у ДСТУ 9181. Зокрема, тепер експлуатаційний стан моста класифікують як найнижчий із показників експлуатаційних станів його визначальних елементів: прогонових будов, опор і фундаментів.

Висновки

Проведено дослідження щодо обстеження та випробування мостів та труб. За результатами досліджень розроблено ДСТУ 9123:2021 «Настанова з обстеження та випробування мостів і труб», ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» на заміну ДСТУН Б В.2.3-23:2012.

ДИНАМІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ МОСТІВ МЕТОДОМ ЗБУДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ІМПУЛЬСНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Сергій ЗАВГОРОДНІЙ

https://orcid.org/0000-0003-1928-4544

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

Василь РЕДЧЕНКО

Доктор технічних наук, провідний експерт, https://orcid.org/0000-0001-5938-1467

ПРИВАТНЕ СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ПІДПРИЄМСТВО МОСТ-СЕРВІС, м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми

Процедура визначення технічного стану елементів мостів є важливим етапом у ході експлуатування споруди, адже від отриманої інформації буде залежати якість подальших прийнятих управлінських та проєктних рішень щодо призначення ремонтних заходів, рівень безпеки при експлуатуванні, безперебійність транспортного зв'язку та безаварійний строк експлуатації споруди. Найбільш розповсюдженою процедурою з визначення технічного стану елементів мостів є технічне обстеження, яке принципово полягає у проведенні заходів із виявлення наявних дефектів елементів споруди та визначення їхнього впливу на загальну роботу споруди. За певних випадків інформація отримана за результатами технічного обстеження є недостатньою для коректного призначення технічного стану споруди і в таких випадках виконавцями проводиться комплекс робіт із випробування елементів споруд.

Одним із видів випробування мостів є імпульсне динамічне випробування нерозрізних прогонових будов естакади в об'ємі модального контролю, яке виконується шляхом збудження коливань імпульсним навантаженням. Метод збудження коливань імпульсним навантаженням дає можливість виконавцям випробування дослідити структурну роботу конструкцій аналізуючи розрахункові та натурні показники модальних параметрів. Такий підхід є особливо цінним для мостів, де стандартні методи випробування можуть бути недостатньо інформативними або взагалі неможливими для застосування.

Основна частина

Випробування моста – комплекс заходів націлених на отримання кількісних показників дійсної роботи як моста в цілому, так і окремих

його частин і елементів під дією навантаження. Випробування є регламентованою науково-технічною процедурою системи експлуатації, метою якої є отримання параметрів напружено-деформованого стану споруди шляхом натурного навантаження тимчасовими пробними силами. В цілому процес проведення випробування моста можна представити, як послідовність таких дій:

- проведення технічного обстеження споруди з метою визначення фактичних параметрів та наявних дефектів;
- формування розрахункової моделі споруди, опираючись на актуальну інформацію отриману в ході технічного обстеження;
- складання програми випробувань;
- проведення випробувань із реєструванням відгуків елементів споруди на прикладену навантагу;
- виконання порівняльного аналізу отриманих фактичних відгуків елементів споруди з очікуваними (розрахунковими) відгуками;
- формування висновків.

Чинною нормативною документацією України [1, 2, 3] наразі передбачається два узагальнених види випробування мостів – статичні та динамічні випробування, які принципово відрізняються у способі прикладання навантаги на споруду. У даній статті описується принцип та приклади виконання імпульсного випробування нерозрізних конструкцій залізобетонних прогонових будов, що згідно ДСТУ 8748 відноситься до модального контролювання і є одним із видів динамічного випробування мостів.

Модальне контролювання полягає в оцінюванні технічного стану прогонової будови шляхом її збудження прикладанням навантаження та дослідженням власних форм коливань конструкції (модальні параметри). Значення модальних параметрів та їх зміни залежать від структурних характеристик конструкції та їх змін, тому можуть використовуватися для оцінки та моніторингу технічного стану конструкцій. Збудження коливань при модальному контролюванні досягають шляхом прикладання та зняття навантаження. Це може бути рухоме навантаження (транспорт, пішоходи), імпульсне навантаження чи будь-яке інше динамічне навантаження.

Практичне застосування імпульсного динамічного випробування прогонової будови в об'ємі модального контролю методом збудження коливань імпульсним навантаженням було виконано

співробітниками ДП «ДерждорНДІ» спільно з фахівцями приватного спеціалізованого підприємства «Мост-сервіс» в 2023 році на об'єктах незавершеного будівництва, а саме криволінійних естакадах із монолітного залізобетону, які розташовані на одній із доріг загального користування державного значення біля міста Київ.

Даний метод імпульсного динамічного випробування мостів полягає у:

- збудженні коливань у конструкції шляхом прикладання імпульсного навантаження;
- реєстрації вільних коливань конструкції у реперній та контрольних точках;
- визначенні частот та нормалізованих ординат власних форм коливань;
- моделюванні конструкції та аналізування отриманих даних шляхом порівняння натурних параметрів з розрахунковими.

Імпульсне динамічне випробування прогонової будови естакади в об'ємі модального контролю виконувалися відповідно з вимогами ДСТУ 8748. Збудження коливань виконувалося імпульсним навантаженням. На практиці це реалізовувалося скиданням мішка з піском вагою близько 100 кг з висоти близько 1,0 м на проїзну частину із використанням ручної лебідки.

Аналіз конструкції прогонової будови як динамічної системи виконувався шляхом дослідження її розрахункової моделі та порівняння розрахункових і натурних даних. Розрахункова модель будувалася в програмному комплексі, який реалізує метод скінчених елементів. Розглядали два варіанти розрахункової моделі: як криволінійної балки змодельованої стрижневими елементами, так і плитної конструкції, змодельованої плитними елементами. Стрижнева модель використовували для розрахунку зусиль від постійних і тимчасових навантажень у перерізах прогонової будови, плитна модель – для уточнення модальних характеристик прогонової будови як просторової системи.

Оцінювання технічного стану прогонової будови виконували за двома критеріями: порівнянням фактичних і розрахункових модальних параметрів і порівнянням розрахункової та фактичної жорсткості перерізу прогонової будови.

Фактична інтегральна жорсткість перерізу прогонової будови визначалася за ДСТУ 8748 за визначеним випробуванням значенням власної частоти (перша форма у вертикальній

площині) та фактичним значенням маси прогонової будови на час випробувань. Розрахункове значення жорсткості перерізу прогонової будови визначали за проєктними значеннями моменту інерції перерізу та проєктним модулем пружності бетону.

Висновки

Метод імпульсного динамічного випробування демонструє високу ефективність у визначенні технічного стану мостів, особливо, в умовах обмеженого застосування традиційних методів. Результати випробувань підтверджують працездатність прогонової будови естакади, що є важливим для подальшого експлуатування об'єкта.

ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД, ПОШКОДЖЕНИХ ВИБУХОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Максим БОРИСЕНКО

https://orcid.org/0000-0001-9772-3536

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

Постановка проблеми

Відновлення транспортних споруд, пошкоджених та зруйнованих вибуховим навантаженням – це виклик не тільки для держави, а в цілому для всього будівельного світу. Особливо це актуально зараз для України, в період військового вторгнення, внаслідок якого в перші його дні було зруйновано чимало транспортних споруд. Обстеження та відновлення зруйнованих транспортних споруд в Україні стало серйозним викликом для нашої будівельної галузі. Україна до цього часу не мала досвіду у цьому питанні (щодо транспортних споруд, шляхопроводів) і тому активно переймає цей досвід у будівельників Європи, США та інших країн.

Основна частина

Внаслідок військової агресії російської федерації проти України було зруйновано велику кількість транспортних споруд (мостів, шляхопроводів, водопропускних труб). Основних руйнувань було заподіяно впливом вибухових навантажень.

Усі вибухові навантаження на мости можна поділити на 4 групи:

1. Контрольований підрив несних елементів мостів. Найбільш травмуючий спосіб руйнування транспортних споруд, шляхом закладення вибухівки на елементи транспортних споруд (в основному на прогонові будови) або шляхопроводів, в результаті якого і відбувається його руйнування. Якщо тип споруди виконаний за нерозрізною схемою, відбувається найбільше руйнування, яке може включати заміну всіх прогонових будов та опор споруди.

2. Руйнування від ракетних та авіаційних ударів. Даний тип руйнувань носить менш критичний характер, на відміну від попереднього способу. Через влучання артилерійських та авіаційних снарядів, в елементах мостів та шляхопроводів виникають точкові ураження. Наприклад, якщо це балки прогонових будов і снаряд пройшов через верхні полички балок, шляхом влаштування монолітної накладної плити, в подальшому,

можливе використання споруди з відновленими балками та влаштованою накладною плитою.

3. Руйнування, спричинені веденням ближнього бою. Як правило, представляють собою осколкові ураження елементів опор, прогонових будов і мостового полотна. Отримані пошкодження наносять найменших збитків для відновлення таких споруд, та, як показує практика, не потребують розроблення проєктної документації. Дані роботи можливо виконати у ході експлуатаційних заходів.

4. Руйнування викликані від наїзду важкої техніки. Даний тип руйнувань може містити у собі багато змінних факторів при відновленні таких споруд, оскільки при зіштовхуванню із технікою можуть виникати руйнування в елементах фундаментів, які, на перший погляд, під час обстеження визначити без розкопування та влаштування шурфів – неможливо.

Лінійно процес відновлення складається з таких підпунктів:

- Обстеження транспортної споруди. Дозволяє отримати вичерпні та коректні дані для подальшого прийняття проєктних рішень, оптимізувати витрати на відбудову споруди, складання проєкту будівельних робіт. При цьому враховується географічне розташування споруди: якщо споруда знаходиться в областях України, які межують безпосередньо з російським агресором, то мости є евакуаційним транспортним шляхом сполучення як для цивільного населення так і для руху військової техніки.
- Складення проєкту з відновлення споруди, який базується на результатах обстеження.
- Проходження експертизи проєкту.
- Будівництво транспортної споруди згідно проєкту.
- Експлуатування споруди.

Основним завданням на першочерговому етапі є саме виконання обстеження пошкодженої споруди. Цей процес включає у себе: ознайомлення з технічною документацією споруди; пошук облікових карток (результатів минулих обстежень, паспортів, проєктної документації). Ці дані дають змогу визначити тип фундаментів та армування опор і прогонових будов споруди, а також їх використовують для аналізування та визначення динаміки постійних навантажень. Наступним кроком проводять огляд наявних дефектів, досліджують фізико-механічі характеристики конструкцій споруди, проводять геодезичну зйомку споруди та її окремих елементів. Усі ці дані в подальшому дають розширену інформацію щодо відбудови споруди.

Після проведеного обстеження та розробленої проєктної технічної документації щодо споруди, розпочинають роботи із відновлення споруди. Ключовою задачею на даному етапі є роль науково-технічного супроводу ремонтних робіт щодо споруди. Науково-технічний супровід включає у себе:

- проведення додаткових незалежних обстежень і досліджень в ході будівництва;
- проведення польових і лабораторних випробувань і досліджень;
- вирішення нетипових завдань, які виникають у ході будівництва;
- моніторинг стану конструкцій моста;
- контролювання якості матеріалів.

У ході науково супроводу можуть складатися проміжні акти обстеження із зазначенням основних дефектів конструкцій.

Виконання робіт із дослідження фундаментів також відіграють важливу роль у подальшому відновленні споруди. Приховані дефекти, які можуть виникати у ростверках або палях опор, становлять велику загрозу для безпечної експлуатації споруди в цілому у майбутньому. Тому виконання таких робіт знижує випадки розвитку дефектів в інших елементах конструкції. Наприклад, за контрольованого підриву одного із мостів, відбулись приховані руйнування в палях крайніх опор і просідання ростверку на рівні до (15 – 20) см у проміжних опорах. Безпосередньо, роботи з дослідження ростверків опор споруди виконували в рамках науково-технічного супроводу.

Висновки

Відновлення транспортних споруд, пошкоджених вибуховим навантаженням, необхідно виконувати із врахуванням великої кількості перемінних факторів, які можуть виникати під час ремонтних робіт. Для прискорення та прийняття правильних технічних рішень щодо споруди, варто виконувати технічне обстеження споруди із:

- визначенням обсягу пошкоджень конструкцій:
- обстеженням підземної частини фундаментів у відкритих шурфах;
- визначенням характеру тріщин та їх розкриття і глибину;
- виконанням робіт із науково-технічного супроводу проєктування та вирішення нетипових завдань, які виникатимуть під час будівництва.

ДЕФЕКТИ МОНОЛІТНИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД І МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ УСУНЕННЯ

Максим НЕЧИПОРЕНКО

https://orcid.org/0000-0001-5462-6947

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

Постановка проблеми

У конструкціях прогонових будов монолітних шляхопроводів та скотопрогонів при їхній експлуатації з'являються поздовжні та поперечні тріщини прогонової будови, а також усадочні тріщини, що може зашкодити їхній нормальній експлуатації. Метою роботи є необхідність привернути увагу балансоутримувачів споруд, замовників робіт і проєктних організацій на важливість забезпечення належних показників експлуатаційного стану транспортних споруд на всіх стадіях життєвого циклу від розроблення проєкту та будівництва до виконання регламентних робіт з експлуатаційного утримання.

Основна частина

Використано аналітичні матеріали, зокрема за результатами нагляду за монолітними транспортними спорудами під час здійснення наукового супроводу з їх будівництва або реконструкції, а також за результатами робіт з обстеження під час наповнення аналітичної експертної системи управління мостами (АЕСУМ) на об'єктах Полтавської області.

Типові монолітні транспортні споруди з ненапруженою каркасною арматурою для пропуску місцевого транспортного руху та великої рогатої худоби (екодуки, скотопрогони) – мають в цілому майже ідентичну конструкцію, відрізняючись значенням поперечного та поздовжнього ухилів проїздів, наявністю і шириною тротуарів та висотою опор-стінок.

Під час експлуатації монолітних транспортних споруд протягом перших 3 років в їх монолітних конструкціях виникають тріщини, а саме:

- усадочні тріщини в цементобетонному покриві, як окремі, так і у вигляді суцільної сітки тріщин;
- поздовжні тріщини у прогоновій будові по смугах накату, особливо під крайньою правою смугою;

- поперечні тріщини у прогоновій будові посередині прогону;
- косі тріщини в прогоновій будові біля кутів споруд;
- вертикальні тріщини в опорах-стінках (поділяються на невеликі – усадочні і суцільні – від нерівномірного осідання споруди);
- вертикальні та косі тріщини у відкрилках.

Схема розташування тріщин, які найчастіше зустрічаються в монолітних прогонових будовах, наведена нижче. На схемі представлено лівий проїзд монолітного скотопрогону, на правому розташування тріщин відображається дзеркально. Тріщини, показані на схемі, можна спостерігати знизу прогонової будови. Розкриття тріщин складає в різних випадках від 0,15 мм до (0,4 – 0,5) мм.

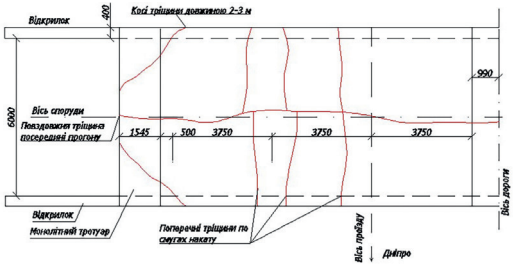


Рисунок 1 – Схема розташування тріщин

Важливою конструктивною особливістю є те, що цементобетонне покрив на спорудах улаштовано за допомогою бетононасосу (із бетонної суміші з високою рухливістю), на відміну від сусідніх ділянок дороги, де застосовано жорстку бетонну суміш, укладену дорожнім бетоноукладальником із віброрейкою. Ділянки із жорсткої суміші не мають таких дефектів.

Способи усунення тріщин у прогонових будовах:

- посилення прогонової будови за допомогою наклеювання додаткової арматури із вуглецевих стрічок;
- посилення прогонової будови зовнішнім армуванням;
- посилення шпренгельними системами;
- улаштування пост-натягу дротяної арматури або канатів на затверділий бетон прогону тощо.

За появи поперечних тріщин посередині прогону виконують підсилення прогонової будови наклеюванням вуглецевих стрічок

на нижню частину прогонової будови за допомогою епоксидного клею. Стрічки можуть бути наклеєні в кілька шарів одна на одну. У приопорних зонах прогонової будови установлюють металеві анкери, до яких кріпляться стрічки. Якщо прогонова будова має і поздовжні, і поперечні тріщини, тоді слід вуглецеві стрічки наклеювати навхрест, спочатку у поздовжньому, а потім у поперечному напрямку.

Підсилення прогонової будови зовнішнім армуванням із металевого прокату. Можна використовувати двотавровий профіль, кутники, рейки, товсті арматурні стержні.

Застосовувати таке підсилення слід в тих випадках, якщо розкриття тріщин у прогоновій будові перевищить показник у 0,5...1,0 мм, а також, якщо прогин перевищує допустимий.

Також рекомендується підсилення суцільним металевим листом завтовшки 10 мм.

Посилення прогонової будови за допомогою шпренгельних систем можуть виконувати додатковою стержневою арматурою або канатами, які після установки натягують на бетон прогонової будови. За рахунок криволінійного обрису шпренгеля при напруженні виникає будівельний підйом прогонової будови, при цьому тріщини у прогоновій будові закриваються.

При проєктуванні нових монолітних споруд аналогічного типу, з урахуванням наявного досвіду експлуатації, можна рекомендувати:

а) збільшувати розрахункові навантаження під час обчислення тріщиностійкості подібних споруд на (30 – 50) %, щоб вони відповідали фактичним навантаженням від реальних транспортних засобів вагою до (55 – 60) тонн;
б) розглянути варіант збільшення кількості робочої арматури, особливо поперечної;
в) збільшувати будівельну висоту балок і товщину монолітних конструкцій;
г) при конструюванні прогонових будов із ненапруженою каркасною арматурою передбачати використання незнімної металевої опалубки з металу (завтовшки не менше ніж 5,0 мм), яка включається в роботу основної конструкції за допомогою анкерів, що входять у тіло бетону, з відповідними заходами із захисту металу від корозії (фарбування, захисне покриття);
д) при конструюванні передбачати можливість використання постнапруженої арматури з канатів або дротів, яку натягують на бетон монолітної прогонової будови після набрання ним міцності.

Для цього в конструкції слід передбачати каналоутворювачі та місця анкерування канатів;
е) у разі необхідності, заздалегідь передбачати посилення зовнішнім армуванням – додатковими металевими листами, нез'ємною металевою опалубкою або вуглецевими стрічками.

Висновки

Досвід експлуатаційного утримання свідчить, що тонкошаровий цементобетонний покрив без гідроізоляції не забезпечує високих експлуатаційних характеристик. При будівництві цементобетонного покриву технологія бетононасосу з бетонною сумішшю високої рухливості не забезпечує потрібної якості. Для високої довговічності цементобетонного покриву перевагу має використання жорстких бетонних сумішей. Цементобетонний дорожний одяг із жорсткої суміші, укладений дорожньою бетоноукладальною машиною, має менше дефектів порівняно з бетонним покривом, яке улаштовували бетононасосом.

Також можна рекомендувати застосовувати напружену арматуру для збільшення тріщиностійкості і незнімну металеву опалубку.

ПОРІВНЯННЯ ГАБІОННИХ ТА БЕТОННИХ ПОРТАЛІВ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ТА БУДІВНИЦТВІ ШТУЧНИХ СПОРУД ІЗ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ ТРУБ

Віктор ЮДІН

https://orcid.org/0009-0008-3522-3059

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Ольга БЕЗБАБІЧЕВА

Кандидат технічних наук, https://orcid.org/0000-0002-9006-2373

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Постановка проблеми

Дослідження теорії роботи металевих гофрованих конструкцій (МГК), методів обчислення та технологій для різних умов роботи продовжують та постійно вдосконалюють у світовому дорожньому будівництві. МГК в Україні представлено переважно імпортними виробниками, компаніями із власним досвідом, технологіями «ноу-хау», готовими рішеннями. Альтернативними для металевих гофрованих конструкцій в умовах України традиційно вважають бетонні та залізобетонні елементи, перевірені часом. У роботі розглянуто два варіанти порталів: із габіонів і з бетону, які мають різні характеристики, різний вплив на технічні та економічні результати проєкту. Метою роботи є проведення поглибленого порівняння габіонних і бетонних порталів для удосконалення вузлів сполучення МГК, підвищення конструкційної безпеки транспортних споруд на автомобільних дорогах.

Основна частина

Портали з габіонів. Габіон – конструкції різної форми з металевих сіток, заповнених камінням або іншим наповнювачем; для штучних споруд використовується як правило, гранітний камінь. Габіони економічно привабливі, так як використовують лише сітку та місцевий камінь, а також дозволяють використовувати ручну працю. Гнучкість конструкції дозволяє габіонам адаптуватись до різних ґрунтових умов. Габіони дозволяють інтегрувати об'єкт у природну рослинність, отримувати бажаний ландшафтний дизайн. Довговічності габіонів сприяє застосування оцинкованого дроту для виготовлення, а також, залежно від агресивності середовища, додаткового ПВХ-покриття. Простір між камінням заповнюють пилом і частками ґрунту, де згодом починає рости трава. З одного

боку це додає витрат на технічне обслуговування (очищення від насаджень), але характеристики міцності споруди покращуються з роками. І навіть після повного зникнення сітки, габіонний портал може стати вдалим елементом природного ландшафту. Монтування габіонів здійснюють безпосередньо на місці. Для запобігання вимиванню ґрунту через габіонний портал доцільним є укладання геотекстильного матеріалу.

Бетонні портали. Бетонні портали виготовляють збірними або відливаються на місці, утворюючи жорстку конструкцію, яка діє як надійна кінцева опора для гофрованих металевих водопропускних труб. Бетонні портали, зазвичай, виготовляють за межами будівельного майданчика або відливають на місці із використанням опалубки. До переваг можна віднести: міцність, тривалий строк служби; стійкість до впливів навколишнього середовища та гідравлічних сил. Бетонні портали підходять для застосування складних конструкцій за дії високих навантаг, із забезпеченням структурної стійкості.

Порівняльний аналіз. Для порівняльного аналізу було обрано основні характеристики порталів (економічна складова, довговічність, час будівництва, утримання та екологічна складова). Для МГК та її структури ми введемо гнучкість, як додатковий параметр. Дані порівняння зведено у **табл. 1**.

Таблиця 1 – Порівняння порталів у вигляді габіонів та бетонних за рядом технологічних ознак

Характеристика	Портали з габіонів	Бетонні портали
Вартість	Як правило, більш економічні з погляду матеріалів та робочої сили (+)	Найчастіше вимагають більш суттєвих вкладень (-)
Довговічність	Довговічність залежить від правильного заповнення та з'єднання, а також від покриття сітки (-)	Мають перевагу з можливістю забезпечення довговічності та стійкості до зносу. (+)
Гнучкість	Гнучка структура (+)	Жорстка структура (-)

Кінець таблиці 1

Характеристика	Портали з габіонів	Бетонні портали
Час будівництва	Встановлюються безпосередньо на місці, що сприяє скороченню строків реалізації проєкту (+)	Відливаються на заводі або за допомогою опалубки на місці. Потрібен час на набір міцності бетону (-)
Технічне обслуговування	Можуть вимагати більш регулярного обслуговування (-)	Бетонні портали практично не вимагають особливого догляду (+)
Ремонтопри-датність	Простіше за бетонні конструкції (+)	Більше трудові витрати
Екологія	Більш екологічні, оскільки допускають природну інтеграцію і за необхідності легко знімаються (+)	надають сильніший вплив на навколишнє середовище через виробництво цементу та необхідності тривалого обслуговування (-)
Результат	5 +	2 +

Досвід використання габіонного порталу показано на **рис. 1**, приклад сучасного бетонного оголовка – на **рис. 2**.

Рисунок 1 – Транспортний тонель на автомобільній дорозі М-03 Київ – Харків – Довжанський, км 228+160

Рисунок 2 – Скотопрогін на автомобільній дорозі М-03 Київ – Харків – Довжанський, км 193+966

Висновки

Габіонні конструкції при улаштуванні порталів для металевих гофрованих конструкцій (МГК) за рядом ознак можна вважати технологічно та економічно вигіднішими за бетонні.

Вони не вимагають висококваліфікованої робочої сили, є гнучкими ремонтопридатними конструкціями, що важливо для структури МГК, а також є екологічно чистими конструктивами, мають інтеграцію з природним ландшафтом.

Бетонні портали є доцільнішими при будівництві штучних споруд, де жорсткість бетону відіграватиме важливу роль у забезпеченні стійкості конструкцій в умовах ризиків на швидкоплинних річках, для конструкційної безпеки відповідальних конструкцій.

Застосування порталів із габіонів доцільно на суходолах, при улаштуванні скотопрогонів, шляхопроводів і на мостах із невеликим водотоком, при відновленні вказаних споруд.

Для поліпшення загальних показників МГК порівняно із залізобетонними мостами доцільно застосовувати армований ґрунт.

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ТИМЧАСОВИХ МОДУЛЬНИХ МОСТІВ В УКРАЇНІ

Анна МІНЮКОВА

https://orcid.org/0000-0002-1830-0189

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Постановка проблеми

Для швидкого відновлення зруйнованих мостів широкого застосування набули модульні конструкції. Модульні мости використовуються для швидкого відновлення зруйнованих споруд у таких ситуаціях, як стихійні лиха, збройні конфлікти та втрата несної здатності існуючих мостів за період експлуатації. Використання модульних мостів залежить від конкретних вимог проєкту та потреб і може варіюватися від тимчасових рішень до постійних споруд. В наслідок збройної агресії в Україні зазнали руйнування сотні мостів, найбільші інфраструктурні руйнування від воєнних дій відбулись у Київській, Чернігівській, Житомирській, Харківський, Миколаївській, Херсонській, Донецькій та Луганській областях. Модульні мости в нинішніх умовах мають великий попит, їх до України постачають із різних держав. Наразі дев'ять модульних мостів були надані американськими фондами. Ще 37 мостів прийшли із Чехії, Франції, Швеції та Норвегії.

Основна частина

Із початком повномасштабного вторгнення та руйнування великої кількості транспортних споруд з'явилась потреба у використанні модульних мостів для налагодження логістичних шляхів. Перевагою використання модульних мостів є:

- Швидкість монтування: модульні мости можуть бути зібрані значно швидше, ніж традиційні мости, зменшуючи час введення в експлуатацію. Це особливо важливо у випадках аварій, природних катастроф, або там, де необхідно відновити шляхи сполучення якнайшвидше.
- Модульність і масштабованість: модульні мости складаються із окремих секцій, що дає можливість змінювати їхні розміри та конфігурацію залежно від потреб. Це дозволяє адаптувати міст до різних географічних умов і потреб дорожнього руху.
- Транспортабельність: модульні мости може бути виготовлено на заводі та доставлено на місце монтування, зменшуючи витрати на будівництво та вплив на довкілля. Це особливо важливо

у регіонах із обмеженим доступом або важкодоступними територіями.
- Мінімальний вплив на навколишнє середовище: монтування модульних мостів може бути менш шкідливими для природи та навколишнього середовища порівняно із будівництвом традиційних мостів. Це дозволяє зберегти природні резервати та екосистеми.
- Зниження витрат: модульні мости можуть бути економічно вигідними, особливо, якщо необхідно замінити або розширити існуючий міст. Вони можуть зменшити витрати з прокладання фундаментів і використання робочої сили.
- Вантажопідйомність: модульні мости можуть бути спроєктовано із великою вантажопідйомністю.
- Надійність: якщо модульні мости правильно спроєктовано, вони можуть бути дуже надійними і довговічними спорудами.

Загалом, використання модульних мостів дозволяє вирішувати різноманітні транспортні та інфраструктурні завдання з більшою швидкістю, мінімізувати вплив на навколишнє середовище та зменшувати витрати. Наразі в Україні використовують модульні мости американської компанія Acrow Corporation. Конструкції прибувають в Україну у розібраному вигляді. Модульні мости від Acrow Corporation здатні витримати рух як легкового, так і вантажного транспорту. Їхньою перевагою є легкість монтажу та можливість багаторазового використання. Для зібрання 1 мосту достатньо команди з 5 – 10 осіб. На виробництві одразу улаштовують асфальтобетонний покрив. Франція надала Україні мости, виготовлені компанією Matière. Кожен із французьких мостів спроєктовано під конкретний об'єкт. Конструкції завдовжки 68 м, 34 м і 23 м спроєктували спеціально під параметри зруйнованих під час бойових дій переправ у Чернігівській області. З Чехії передали металеві тимчасові мости, за допомогою яких було покращено транспортне сполучення на Київщині, Черкащині, Харківщині та Херсонщині.

До України з Норвегії прибули тимчасові мостові конструкцій типу acrow/bailey, які підходять для пересування важких транспортних засобів.

Використання модульних мостів у Радянському Союзі було досить поширеним і мало різноманітні застосування. Після розпаду Радянського Союзу багато із цих модульних мостів були відправлені на склади для потреб Збройних Сил, де вони мали використовуватися військовими для швидкого монтажу переправ

та інших військових завдань в разі потреби. З часом дані конструкції були втрачені. Наразі в Україні відсутнє власне виробництво подібних конструкцій.

Висновки

Попри те, що виробники швидкозбірних мостів із країн-союзників заявляють, що такі конструкції можуть служити і в якості постійних переправ, наразі в Україні дані системи розглядаються як тимчасові.

Встановлені на місці зруйнованих окупантами мостові переходи після завершення війни планують замінити на конструкції постійного користування. Але вже сьогодні стає зрозуміло, що потреба у модульних мостах не обмежується місцями бойових дій, а стає необхідною також у випадках руйнування споруд від фізичної втоми та дій повені. Також через обмежені фінансові можливості та нестачу кваліфікованих кадрів існує можливість використання вже встановлених модульних мостів, як постійних. Для забезпечення довгострокового використання модульних мостів необхідно приділяти увагу експлуатаційному утримуванню, а також розробити умови для виготовлення швидко збірних мостів на території України.