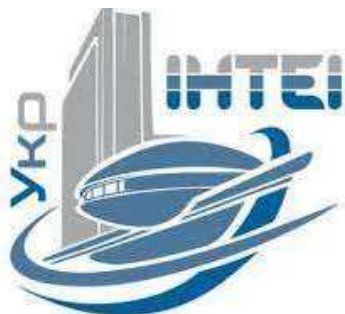




МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



ХНАДУ



Державне агентство
відновлення та розвитку
інфраструктури України

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Всеукраїнської наукової конференції

МОСТИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.

**Присвяченої до 120-річчя від дня народження
Володимира Олексійовича Російського**

7-8 грудня 2023 р.

Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ТА
ІНФОРМАЦІЇ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ
ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛ.

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО ДОРОГИ ХАРКІВЩИНИ КАФЕДРА

МОСТІВ, КОНСТРУКЦІЙ І БУДІВЕЛЬНОЇ МЕХАНІКИ ІМЕНІ

В.О.РОСІЙСЬКОГО

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Всеукраїнської наукової конференції

МОСТИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.

**Присвяченої до 120-річчя від дня народження
Володимира Олексійовича Російського**

07-08 грудня 2023 р.

Харків

УДК: 624: 625

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Дорожньо-будівельного факультету ХНАДУ (протокол № від 2023 року)

Конференція зареєстрована в УкрІНТЕІ МОН України (Посвідчення УкрІНТЕІ №580 від 19 грудня 2022 р.)

Редакційна колегія кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О.Російського ХНАДУ:

Бугаєвський С.О. - завідувач кафедри, доктор технічних наук, професор

Кожушко В.П. – професор, доктор технічних наук, професор

Кіслов О.Г. – професор, кандидат технічних наук, доцент

Бережна К.В. – доцент, кандидат технічних наук, доцент

Смолянчук Н.В. – доцент, кандидат технічних наук, доцент

Синьковська О.В. – доцент, кандидат технічних наук

Стебловський І.А. – асистент, кандидат технічних наук

Штефан О.М. – асистент

Всеукраїнська наукова конференція «МОСТИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ. Присвяченої до 120-річчя від дня народження Володимира Олексійовича Російського», Харків, 7-8 грудня 2023 р.: Тези доповідей. Харків: ХНАДУ, 2023. 119 с.

Розглянуті актуальні питання відновлення, будівництва та ремонту мостів, впровадження нових дорожньо-будівельних матеріалів та методів моніторингу та діагностики, підвищення надійності та безпеки дорожнього руху.

Адреса: 61002, Україна, м. Харків вул. Ярослава Мудрого, 25,
ауд. 359 Кафедра мостів, конструкцій і будівельної механіки
ім. В.О.Російського ,
тел. +38(057)707-37-22

©Колектив авторів, 2023

©ХНАДУ, 2023

ЗМІСТ

ВІЙСЬКОВІ ТИМЧАСОВІ МОСТИ ДЛЯ ПЕРЕКРИТТЯ ПРОГОНІВ БІЛЬШЕ 40 М	5
ДЕЯКІ ПИТАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ МОСТОВИХ СПОРУД.....	10
МІСТ ТА ХМАРНІ СЕРВІСИ	12
ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ МОСТІВ	16
ПРОГНОЗУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ІНТЕНСИВНОСТІ НАПРУЖЕНЬ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКАХ МОСТІВ	20
КОНСТРУКЦІЇ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ПОЛЕГШЕНОГО ТИПУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ МОСТОВИХ СПОРУД	22
ПІДГОТОВКА ЗРАЗКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КУБІКОВОЇ МІЦНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО НАГРІТОГО СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ТА БАЗАЛЬТОФІБРОБЕТОНУ	24
ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ПРОФЕСІОНАЛІВ МОСТОВОЇ СПРАВИ ЗА ОПП «МОСТИ І ТРАСПОРТНІ ТУНЕЛІ»	26
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ ПРИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ МАЛИХ МОСТІВ	32
ВІМ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ШТУЧНИХ СПОРУД	35
КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ МОСТУ ЧЕРЕЗ РІЧКУ БАЛАКЛІЙКА	37
ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ З ДАНИМИ ТА ПРОЕКТАМИ	42
МАЛИЙ АВТОДОРОЖНІЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (МАРМ)	45
МІСТ МАЛИХ ПРОГОНІВ (ММП)	49
ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ І ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	53
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З АСФАЛЬТОБЕТОННИМ ПОКРИТТЯМ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ	60
ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА НАКОПИЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ В АСФАЛЬТОБЕТОННОМУ ПОКРИТТІ.....	66
ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ	69
АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ РУЙНУВАНЬ НА ДІЛЯНКАХ СПОЛУЧЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ МОСТІВ З НАСИПАМИ	72
ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ	75

СТАН МОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ ТА ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗБІРНО-РОЗБІРНИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ	79
ТЕМПЕРАТУРНІ ГРАДІЄНТИ В МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ ЗА НОРМАМИ РІЗНИХ КРАЇН	86
ЗАСТОСУВАННЯ АРМОВАНИХ ГРУНТОВИХ ОБОЙМ ПРИ БУДІВНИЦТВІ НАСИПІВ НАВКОЛО ГОФРОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ...	91
СУЧАСНІ МОНОЛІТНІ ПОСТ-НАПРУЖЕНІ ПЛИТНІ КОНСТРУКЦІЇ	94
ТЕХНОЛОГІЇ ДЕМОНТАЖУ МОСТІВ	99
ВИБІР РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГИНІВ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОСТУ	104
ТАКТИЧНИЙ АВТОДОРОЖНИЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (ТАРМ).....	106
ВАЖКИЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (ВРМ).....	108
РОЗБІРНИЙ МЕТАЛЕВИЙ МІСТ РММ-4	110
СЕРЕДНІЙ АВТОДОРОЖНИЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (САРМ).....	113
ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЬНИХ БУДИНКІВ У ВІЙСЬКОВИЙ ТА ПІСЛЯВІЙСЬКОВИЙ ЧАС	117
ВИБІР СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОДУЛЯ.....	122
ПРОЄКТУВАННЯ ОДНОМОДУЛЬНОГО БУДИНКУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОДУЛЯ	126

ВІЙСЬКОВІ ТИМЧАСОВІ МОСТИ ДЛЯ ПЕРЕКРИТТЯ ПРОГОНІВ БІЛЬШЕ 40 М

Бугаєвський С.О., д.т.н., професор

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Бугаєвський В.О., аспірант

Фурсов Ю.В., к.т.н., доцент

Харківський національний університету міського господарства ім. О.М

Бекетова, м. Харків

До складу військового мосту входять: прогонова будова (можливо, з опорою), пускова система (пускова установка), шасі для перевезення пускової системи та засоби транспортування прогонових будов та елементів обладнання. Проектування такого військового мосту, безумовно, відрізняється від проектування цивільних мостів [1, 3].

Німецька система DoFB (міст Дорньє) є найстарішою конструкцією опорного мосту з необхідним прогоном 40 м для навантаження MLC 70. Її перші концепції були розроблені у 1980-х р. у рамках тристороннього проєкту «Мости для 80-х» (США, Великобританія та Західна Німеччина). Ця концепція була дуже позитивно сприйнята бундесвером та вдосконалювалася у 1984-1987 р. аж до виготовлення першого прототипу, створеного на замовлення Міністерства оборони Німеччини. Успішні випробування призвели до підписання у вересні 1994 р. контракту на закупівлю 10 мостів. Мостові вузли, що дозволяють зводити мости довжиною 40 м, було поставлено у 1998-2000 р. Прогонова будова мосту DoFB складається з модульного настилу та опорних балок. До складу конструкції входять заїзна та середня секції та під'їзні пандуси (короткий та довгий), а також пускова балка та опори. Настил суцільний. Міст з прогоном 40 м складається з 4 середніх і 2 під'їзних сегментів (рис. 1, а), кількість середніх секцій, що використовуються, визначає довжину моста. Пускова балка (установча стріла) довжиною 40 м також складається з 4 середніх та 2 під'їзних секцій (рис. 1, б) [3].

Пускова балка прямокутного перерізу є елементом, що дозволяє перекинути несну конструкцію моста через перешкоду. Вона має бути відносно легкою та виготовлена із використанням композитних матеріалів.

Головна прогонова будова складається з двох балок коробчатого перерізу (рис. 1, а), відкритих знизу та посилених поперечними діафрагмами, шарнірно з'єднаними із середньою проїзною частиною. Для транспортування обидві балки складаються під проїзної частиною, утворюючи прямокутну призму (2,75×1,0×7,0 м).

Несні елементи прогонових будов та опорні балки виконані з алюмінієвих сплавів, з'єднаних клепкою та болтами.

Модульна концепція несної конструкції та допоміжних елементів дозволяє будувати мости з різними прогонами. Міст з прогоном 40 м транспортується на мостоукладачі та чотирьох транспортних засобах.



Рисунок 1 – Військовий міст DoFB (Німеччина) [3]

Встановлення комплекту DoFB довжиною 46 м та шириною 4,4 м через перешкоду здійснюється бригадою з 6 військових протягом однієї години. Швидкість руху мостом визначена до 25 км/год.

В даний час DoFB знаходиться на озброєнні армій таких країн: Іспанія, Австрія, Сінгапур та Словенія. Інші країни, зокрема США, Великобританія, Швеція створили власні системи, засновані на принципах проектування DoFB.

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 будуватися як одноярусні з прогоном до 9,8 м, подвійного ярусу – до 31,1 м та подвійного ярусу з підсиленням – до 49,4 м.

Різна довжина прогону мосту створюється завдяки зміні кількості секцій довжиною 1,83 м та конструкції перетину прогону. Це дозволяє застосовувати MGB під навантаження 60, 30 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.

Роботи з проектування DSB тривали з 1997 до 2003 р. і завершилися укладанням контракту на постачання цих мостів для армії США.

Спочатку DSB розроблявся для США як наступник MGB, класифікувався

як опорний міст, з можливістю подолання 40-м перешкоди.

Компанія WFEL провела модернізацію мосту для забезпечення можливості подолання перешкод завдовжки до 46 м без зниження вантажопідйомності мосту. Нові мости поставляються до США з 2013 р., на сьогодні армія США закупила 108 комплектів DSB. У 2016 р. було укладено контракт на модернізацію 97 комплектів мостів відповідно до нових вимог [3].

Модернізація включала поставку додаткового середнього прогону і нової пускової балки. У комплект модернізації також увійшли додаткові елементи підсилення пускової установки.

Прогонова будова мосту складається з двох U-подібних алюмінієвих балок, об'єднаних з проїзної частиною, що утворюють мостове полотно шириною 4,3 м. Довжина одного модуля (секції) мостової балки становить 6 м, висота – 1,19 м, ширина – 4,3 м.

Для наведення моста використовується мостоукладач, завдання якого полягає у спорудженні пускової рами та висуванні на протилежний берег пускової балки з каретками для переміщення секцій мосту. Міст довжиною 46 м може бути наведений бригадою з 8 військових за 90 хв., витяг займає близько 150 хв і може здійснюватися на будь-якому кінці перешкоди.

В даний час мости DSB перебувають на озброєнні також в арміях таких країн: Австралії, Швейцарії та Туреччини.

Розробку нового опорного мосту для збройних сил Швеції було розпочато у 1986 р. Армії був потрібен новий тип мосту, який міг би виконувати функції опорного і логістичного мосту в відносно багатому водними перешкодами районів Швеції. За шведською номенклатурою міст отримав кодову назву Krigsbro 5 (KB5), а його англійський еквівалент – Fast Bridge 48 (FB 48). Розробка проєкту та структурні випробування під контролем агентства FMV привели до замовлення 10 мостів у 1993 р. з можливістю замовлення ще від 10 до 20 мостів [3].

Міст FB 48 має модульний прогін з максимальною довжиною 48 м, що дозволяє долати перешкоди шириною до 46 м. Довжина прогонової будови варіюється від 32 до 48 м. Прогонова будова складається з чотирьох-шести секцій довжиною 8 м, шириною 4 м і висотою близько 1,5 м. Апарелі довжиною 15 м забезпечують безперешкодний в'їзд на міст.

Прогоновий модуль мосту являє собою складну W-подібну конструкцію, яка складається з двох U-подібних прогонових гратчастих балок із настилом у верхній частині. Габарити секції моста становлять 8×4×1,5 м, маса – 5,5 т, маса одної восьмиметрової секції пускової балки – 1,7 т. Настил виконаний з листової сталі S1100 товщиною 5 мм, посиленою холоднодеформованими поздовжніми скобами.

На початку 1994 р., після завершення ТЕО, FMV почала обговорювати розширення проєкту FB 48, що дозволяє звести багатопрогоновий міст довжиною до 200 м. Максимальна довжина прогонової будови між двоколонними проміжними опорами становила 32 м, а вантажопідйомність досягала MLC 70. Програма отримала назву Krigsbro 6 або FB 200. У ній

передбачалося використовувати основні елементи FB 48: мостоукладач, секції прогонової будови тощо. У рамках дослідницької програми вже в 1996 р. було розроблено нову систему збирання прогонових будов без використання пускової балки.

У 1998 р. Омська машинобудівна компанія розпочала роботу над механізованим мостом ММК (мостовий механізований комплект) під назвою «DUCK» («Вутка»). Він розроблений для заповнення прогалу у можливостях подолання середніх водних перешкод. Метою проєкту було створення однопрогонового мосту, що дозволяє для різних рельєфних умов долати 40-м перешкоду. За розрахунками інженерів, цієї довжини достатньо для подолання 87-97% перешкод, що трапляються на полі бою.

Науково-дослідні роботи зі створення нової конструкції було завершено у 2008 р., а перші мости були поставлені до російської армії у 2013 р. Новий механізований міст ММК може зводити прогони довжиною 16, 22, 28, 34 або 41 м або два мости загальною довжиною 60 м.

Спуск моста на воду здійснюється за процедурою, зовсім відмінною від тих, що застосовувалися на колишніх російських мостах. Вона аналогічна до тієї, що застосовується в DoFB, де використовується пускова балка.

Перший публічний показ мосту відбувся на виставці «Армія-2016» у підмосковній Кубинці, де його запропонували і іноземним замовникам.

Збройні сили Великобританії також перебувають у процесі заміни та доповнення мостів системи BR90, яка була створена у 1980-х р. Збільшення маси армійської техніки призводить до того, що BR90 вимагає модернізації прогонових будов та заміни застарілих транспортних засобів. З 2014 р. в британській армії велися роботи щодо визначення шляхів модернізації або можливої заміни компонентів системи BR90. Ця програма отримала назву TYRO Project, її основна мета – введення в експлуатацію нового мосту в 2022 р. Вона має забезпечувати потреби армії як мінімум до 2040 р.

Проєкт передбачає постачання нових Close Support Bridges (мостів ближньої підтримки) та General Support Bridges (мостів загальної підтримки) замість існуючих мостів системи BR90. Існує також можливість модернізації мостів існуючої системи та підвищення їхньої вантажопідйомності до класу MLC 100 для гусеничної техніки. General Support Bridge повинен забезпечувати довжину прогону не менше ніж 30 м з можливістю подолання 60-м перешкоди з використанням додаткового обладнання.

У Польщі дослідницькі роботи зі створення нового опорного мосту з мінімальним прогоном 40 м було розпочато у 2008 р. Проєкт розробки «Мобільний складаний міст MLC 70/110 для подолання мокрих та сухих перешкод середніх розмірів» реалізується Науково-дослідним центром механічних пристроїв «OBRUM» Ltd. В рамках проєкту було розроблено мостовий комплект під назвою MS-40, основним елементом якого є пусковий пристрій, встановлений на спеціальному напівпричепі. Він повинен заповнити пробіл між штурмовими мостами та застарілими складними мостами типу DMS-65 [3].

Висновки. У сучасних арміях спостерігається тенденція до стирання відмінностей між традиційними опорними та відкидними мостами.

Основна проблема полягає у постійному збільшенні необхідної вантажопідйомності мостів.

За останні 5 років вимоги до вантажопідйомності зросли до мінімального класу MLC 80T, а в останній британській програмі ця вимога вказана як MLC 100T.

При визначенні можливостей нових мостових систем завжди враховуються такі найважливіші вимоги:

- мобільність (у сенсі здатності долати складні ділянки місцевості);
- можливість транспортування різними видами транспорту;
- вантажопідйомність;
- довжина прогону;
- живучість.

Ці вимоги залежать від того, яку функцію має виконувати той чи інший міст у забезпеченні мобільності військ.

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Бугаєвський С.О. Відновлення мостів і труб після пошкодження : конспект лекцій (частина 1) / С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, С.М. Краснов, Ю.В. Бугаєвська. Харків: ХНАДУ, 2023. 178 с.
3. Zbigniew Kamyk Support bridges part 1 – European support bridges with a span-of 40 m. December 2018 / <https://www.researchgate.net/publication/331987888>

ДЕЯКІ ПИТАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ МОСТОВИХ СПОРУД

*Кіслов О.Г., к.т.н., професор
Більченко А.В., к.т.н., професор*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Критичний стан мостових споруд на автомобільних дорогах пов'язаний з великим різновидом причин, що виникли в процесі будівництва, експлуатації, а також в результаті великої кількості недоремонтів через обмежене фінансування в довоєнний період і значної кількості руйнувань споруд і нульової експлуатації під час війни. Аналіз цих причин показав сталу закономірність виникнення дефектів, що супроводжують високі темпи зносу елементів мостових споруд і викликають основна маса дефектів з'являється під час будівництва, реконструкції та ремонтів при низькому професіоналізмі робочих і недотриманні регламентів використання матеріалів. Це посилюється постійним недофінансуванням, оскільки на експлуатацію та поточні ремонти дорожніми організаціями виділяється близько 4% коштів від коштів на ремонт автомобільних доріг. При цьому для збільшення експлуатаційної надійності мостових споруд необхідно урахувати, що мости це складні технічні системи із дуже різноманітною і складною технологією виконання будівельних робіт. При вирішенні цих питань необхідно оперувати показниками надійності і довговічності окремих складових споруди для визначення «слабких місць» в елементах з найменш надійних конструктивних рішень і їх вплив на зменшення довговічності інших елементів. Наприклад, незадовільний стан гідроізоляції та інших елементів проїзної частини сприяє інтенсивному руйнуванню прогонових будов, що приводить до зменшення їх несучої здатності і довговічності.

Важко погодитись з тим, що при ремонтах можна відновлювати існуючі конструктивні рішення споруди, оскільки є недостатньо вивчений залишковий ресурс і методи рахування дефектів. В мостових спорудах знаходяться конструктивні елементи різної довговічності, що вимагають заміни у міру потреби, але основні його частини, безумовно, необхідно не замінювати, а посилювати в об'ємі їх руйнування. Виходячи з цього, експлуатаційний стан елементів проїзної частини споруди дуже сильно впливає на довговічність споруди в цілому. З огляду на дисонанс між темпами зростання навантажень на мостові споруди і деградацією елементів залізобетонних конструкцій на протязі якогось періоду в останніх нормативних документах було введено вимогу, яка передбачає при капітальному ремонті проїзної частини улаштування суцільної монолітної залізобетонної плити товщиною 18-20 см.

Технологічний процес улаштування монолітної залізобетонної плити має певні особливості і труднощі, оскільки крім улаштування тротуарів і анкерів, необхідно врахувати відмінні міцність і гранулометричний склад бетонів існуючих конструкцій і плити, коефіцієнти умов роботи, надійності за

навантаженнями і матеріалами.

На підставі вище викладеного розглянуті питання, стосовно виготовлення тротуарів, які розміщуються в просторі і за існуючою технологією вимагають влаштування риштувань і пересувних опалубок, які складаються з великої кількості пересувних елементів. Авторами запропоновані більш раціональні рішення цього процесу за рахунок влаштування незнімної металевої опалубки, а також застосування способу армування і бетонування консолей тротуарів, одночасно з монолітною залізобетонною плитою.

Цей процес умовно розбито на два етапи:

1. Улаштування незнімної опалубки консольної частини тротуару.

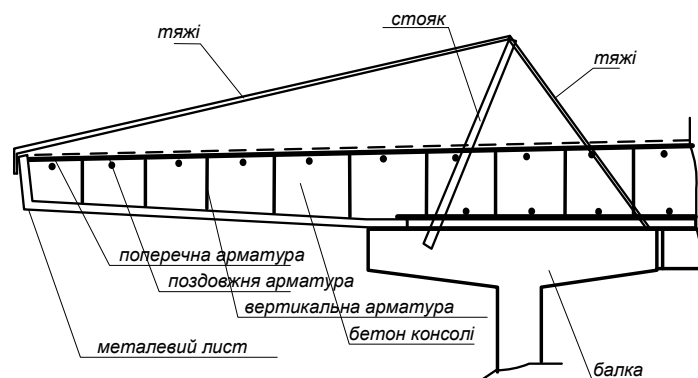
2. Спосіб влаштування монолітного тротуару одночасно із бетонуванням монолітної залізобетонної плити проїзної частини споруди.

Технологія улаштування незнімної опалубки консольної частини тротуару при капітальному ремонті проїзної частини мостової споруди відрізняється від загальноприйнятої тим, що опалубка складається із металевого листа та кріпиться до полиць балок анкерами, тобто його монтаж виконується з верхньої частини прольотних будов в повному обсязі без влаштування риштувань, що при значних висотах мостових споруд має суттєве значення з точки зору безпеки і зручності.

Технологія бетонування консольної частини тротуарів виконується одночасно із влаштуванням монолітної плити проїзної частини з використанням стержньової системи – стояків і тяжів, які спираються на існуючі конструкції мостової споруди та підтримують незнімну опалубку. Металевий лист залишається на споруді після бетонування та виконує функцію зовнішньої нижньої арматури консолі. Верхня арматура консолі установлюється одночасно з армуванням накладної плити з використанням стержневої арматури за розрахунком. Нижня та верхня арматура тротуарної консолі з'єднуються вертикальними стержнями з кроком вертикальної арматури накладної плити.

Після набору міцності бетону накладної залізобетонної плити стержньова система з стояків і тяжів зрізується.

Таким чином технологія влаштування монолітної накладної залізобетонної плити проїзної частини при капітальному ремонті мостової споруди передбачає одночасне влаштування тротуарів за допомогою незнімної опалубки, без використання риштувань.



МІСТ ТА ХМАРНІ СЕРВІСИ

Іванов Є.М., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Зорове сприйняття аналітичної інформації для людини має важливе значення, обсяг і швидкість сприйняття зорових образів значні. Для уявлення особливостей просторових об'єктів досить кількох секунд, протягом яких ми розглядаємо наочне зображення. Для розшифрування та порівняння тисяч чисел, якими можуть бути подані ті самі об'єкти, потрібні години. Отже, важливість наочного подання результатів обчислення важко переоцінити.

Для наочного подання зорових образів просторових об'єктів останнім часом використовується лазерне сканування. Для просторового сканування об'єктів використовуються лазерні сканери. Лазерний сканер, використовуючи лазерні промені, дозволяє отримати тривимірну запозиціоновану єдину хмару точок. Переваги лазерного сканера в тому, що він створює високоточне зображення, яке використовується в 3D моделюванні. Використовують лазерні сканери в галузях, де необхідні точні вимірювання. При цьому, лазерні сканери та програмне забезпечення до них, коштують дуже дорого.

Існує інший підхід вивчення форми, розмірів, положення та інших характеристик об'єктів - фотограмметрія. Фотограмметрія не потребує дорогого обладнання, можна використовувати звичайний телефон для фотографування об'єкта. Формується база фотографій об'єкта, що цікавить (фотографують об'єкт із різних боків), з подальшим обробленням для визначення просторових координат точок об'єкта. Іншими словами створення тривимірної хмари точок.

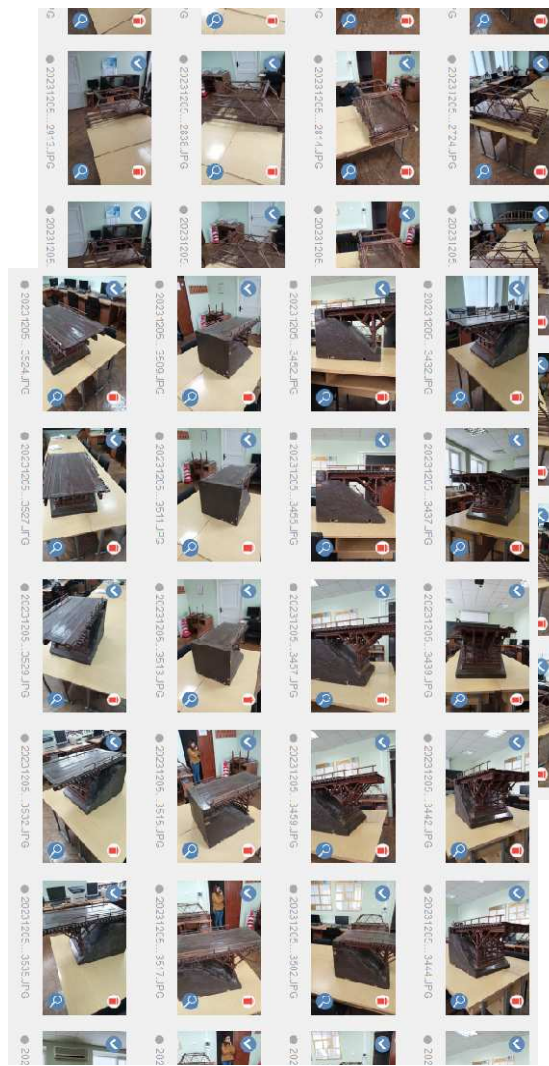
Розроблено додатки, які зшивають і обробляють отриману базу фотографій об'єкта. Один із них Autodesk ReCap Pro [1].

Autodesk ReCap Pro давно і міцно увійшла в топ популярних додатків завдяки рівню свого виконання і вбудованим опціям. З її допомогою можна не починати роботу з чистого аркуша, а одразу переходити до інтеграції об'єкта в реальне оточення. Це програмне забезпечення складається з двох додатків.

Додаток Autodesk ReCap Photo є хмарним сервісом. Autodesk ReCap Photo дає змогу завантажувати масиви фотографій на сервери Autodesk (рис. 1) і отримувати цифрову модель поверхні (ЦМП) досліджуваного об'єкта (рис. 2).

ЦМП візуалізує реальні об'єкти з можливістю її редагування. Редагуючи, є можливість відокремлювати об'єкт або елемент об'єкту для подальшого використання в проектуванні (рис. 3). Також передбачена можливість видаляти або додавати крапки в хмару для підвищення якості ЦМП. Візуалізація ЦМП дає змогу виключати ймовірні помилки для створення тривимірної моделі за отриманою базою фотографій. Використання ЦМП дозволяє удосконалювати реальні об'єкти або розробляти конструкторську документацію на стадії проектування нових об'єктів.

Попри меншу точність спосіб фотограмметрії більш доступний і може бути використаний у навчальному процесі.



а

б

Рисунок 1 – Масиви фотографій об'єктів:
а – міст; б – мостова опора



а



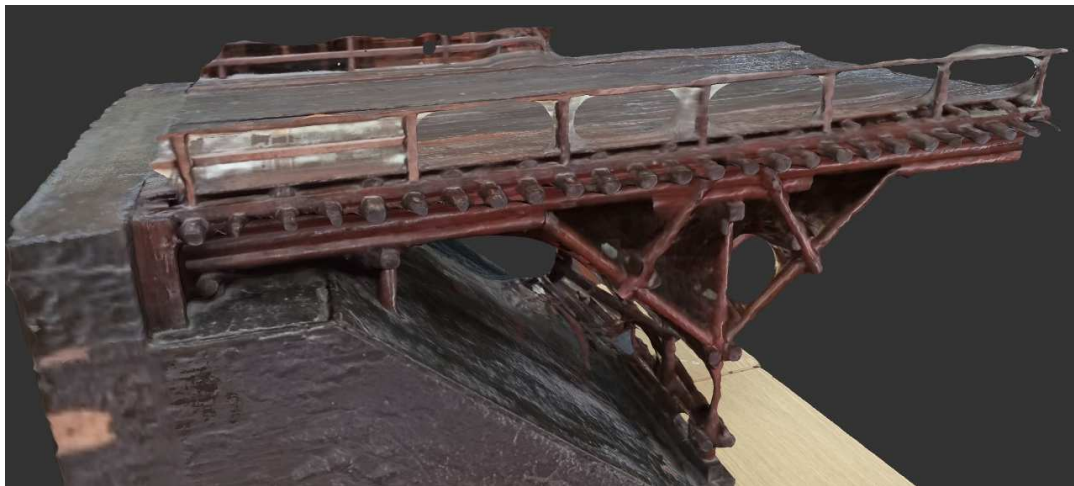
б

Рисунок 2 – Цифрові моделі поверхонь об'єктів:
а – міст; б – мостова опора



а





б

Рисунок 3 – Редагування цифрових моделей поверхонь

Додаток Autodesk ReCap обробляє данні ЦМП. Отримані ЦМП можна використовувати в Autodesk Revit та ін. пакетах Autodesk для: проектування та відбудови мостів; відбудови пошкодженого житлового фонду; відновлення пошкодженої інфраструктури та для багато іншого.

Завдяки ідентичності ЦМП та реального об'єкта, точність та якість проектування підвищується.

Перелік посилань:

1. Ліцензійне програмне забезпечення Autodesk ReCap Pro: <https://bimpartner.com.ua/recap-pro/>

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ МОСТІВ

Лукін О.М., к.ф.-м.н., доцент

Лукін Д.О., аспірант

Голеско О.О., аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Сучасний стан мостових споруд (мостів та шляхопроводів, далі мостів) в Україні є незадовільним. Комісією Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України у 2023 році проаналізовано більше 24 тисяч мостів з 28 тисяч наявних. Тільки 2 % з них признано справними, 24 % знаходяться в четвертому чи п'ятому експлуатаційному стані (тобто, в поганому чи аварійному стані). Парк мостів дуже старий. Більшість мостів побудовано в 70-80 роки минулого сторіччя і їх вік вже 40-50 і більше років.

Згідно діючого нормативного документу [1], таблиця 4.3, проектний термін служби залізобетонних мостів 70-80 років. Але це при умові, що «експлуатаційні заходи та ремонти забезпечують належний технічний стан елементів протягом проектного строку служби» (п. 4.2.2 [1]). Тобто, експлуатація мостових споруд повинна виконуватись систематично, не порушуючи ремонтні терміни.

Одним з основних заходів з визначення стану мостових споруд є їх обстеження. І це не тільки обстеження споруд при експлуатаційному утриманні. Згідно [2], залежно від мети обстеження можуть бути:

- 1) обстеження, що передують прийняттю споруди в експлуатацію;
- 2) планові обстеження;
- 3) спеціальні обстеження (після дорожньо-транспортних пригод, повеней та інше, або коли попередніх обстежень недостатньо, або для отримання даних для виконання проектно-кошторисної документації);
- 4) маршрутні обстеження для можливості пропуску по мосту понаднормативних навантажень.

Майже при всіх видах обстежень необхідно випробувати бетон конструкцій на міцність. Виникає питання про точність результатів з одного боку і затрат часу, сил та коштів з іншого. Звісно, найточнішим буде метод [3], де зразки виготовляються шляхом вибурування або випилювання їх з елементів мосту. В подальшому для визначення призмової міцності ці зразки стискають в випробувальному пресі. Цей метод, хоч і є точним, але дуже кропітким, крім того, вибурити чи випилити зразки, наприклад з балки прогонової будови часто просто неможливо.

Зазвичай, міцність бетону елементів мостових споруд при обстеженні вимірюється неруйнівними методами [4, 5]. Частіше за все застосовуються різні сучасні модифікації молотка Кашкарова, де використовується метод пружного відскоку. Метод достатньо простий, але виникає питання точності результату випробування.

Відомо, що з часом бетон старіє. На поверхні утворюється кам'яна корка. Це

дуже добре видно при обробці сколотого чи пробуреного бетону однопроцентним розчином фенолфталеїну (рис. 1). Зазвичай ця корка має товщину від 5 до 10 мм, але бувають випадки, коли товщина корки досягає 20-30 мм і більше.

Перед початком випробувань міцності бетону методом пружного відскоку необхідно ретельно зачистити поверхню де плануються випробування. Але ж в польових умовах дуже складно зачистити поверхню так, щоб видалити кам'яну корку повністю. Виходить, що випробування виконуються по цій корці, яка значно міцніша, ніж бетон під нею.



Рисунок 1 – Обробка однопроцентним розчином фенолфталеїну бетону відколотого кута фундаменту старого Карпівського пішохідного мосту у м. Харків через р. Лопань

Є інший неруйнівний метод визначення міцності і класу бетону – метод відриву зі сколюванням (рис. 2, 3). Цей метод не є зовсім точним і програє по точності результатам випробування зразків стисканням в випробувальному пресі. Але данні методу відриву зі сколюванням дають дуже добрі результати, і головне – випробується бетон, а не кам'яна корка зверху. Тому з достатньо великою точністю метод відриву зі сколюванням бетону можна вважати точним (еталонним) при випробуванні бетону елементів мостових споруд при обстеженні.

Але і у метода відриву зі сколюванням є свої недоліки. Перше за все, це більша трудомісткість процесу випробування порівняно із застосуванням методу пружного відскоку. Прибор для відриву зі сколюванням потрібно кожен раз правильно встановити, посвердливши перед цим отвір відповідного діаметру (рис. 2, 3), поступово збільшувати навантаження, тощо. Після випробування бетону методом відриву зі сколюванням остаються сліди діаметром 120-180 мм (рис. 3).

Нами пропонується варіант випробування міцності бетону елементів мостових споруд при обстеженні, де застосовуються обидва неруйнівних метода: методом відриву зі сколюванням, як еталонний і метод пружного

відскоку.



Рисунок 2 – Встановлений прибор для випробування бетону плити прогонової будови мосту через р. Сіверський Донець біля с. Старий Салтів методом відриву зі сколюванням



Рисунок 3 – Місце руйнування бетону після випробування методом відриву зі сколюванням на балці мосту через р. Сіверський Донець біля с. Старий Салтів.

Застосування однопроцентового розчину фенолфталеїну по краях викину не дає кольору, що свідчить про втрату лужних властивостей і «окаменіння»

Суть такого варіанту випробувань бетону наступна:

- 1) виконуються 1-3 випробування міцності бетону елементів мосту методом відриву зі сколюванням;
- 2) виконується випробування міцності бетону методом пружного відскоку біля місць, де виконувались випробування п.1;
- 3) порівнюються результати випробування обома методами, виводиться коефіцієнт «К» на який потрібно множити результати за методом пружного відскоку;
- 4) далі виконуються випробування бетону елементів мосту тільки простим методом пружного відскоку. Результати множаться на коефіцієнт «К», який знайдений в п.3.

За даними декількох обстежень коефіцієнт «К» для бетонів старих мостів

(віком від 20 років) дуже близький до $K=0,7$ (0,69-0,72). Це питання ще потребує уточнення і виконання додаткових експериментів, але з практики, застосування понижуючого коефіцієнту 0,7 при випробуванні бетону на міцність методом пружного відскоку для старих конструкцій, на наш погляд, є обґрунтованим.

Для нових мостів цей коефіцієнт майже завжди дорівнює 1,0, що й не дивно, враховуючи відсутність кам'яної корки.

При випробуванні бетону елементів мостів на міцність методом пружного відскоку завжди виникає питання про кількість випробувань, бо від цього також залежить точність результатів.

Відомо, що випробування бетону з точки зору теорії ймовірності та математичної статистики підпорядковуються нормальному закону розподілу [6]. Для того, щоб отримати результати випробувань з 95 % точністю необхідна достатньо велика кількість цих випробувань 25-30.

Згідно «правила трьох сигм» результат випробувань з 95 % точністю буде записуватись як $M \pm 2 \cdot \sigma$, де M – математичне очікування (середнє значення), σ – середнє квадратичне відхилення.

Ліпше всього розрахунок виконувати в табличній формі, наприклад, в Excel.

Результатом є формула $M \pm 2 \cdot \sigma$ (наприклад, $30,5 \pm 2 \cdot 1,4$ МПа), або менше з чисел – нижня границя інтервалу (в прикладі – 27,7 МПа), яке і є міцністю бетону на стиск елементу, що випробується.

Висновок.

1. Пропонується спосіб поліпшення результатів випробування міцності бетону елементів мостових споруд при обстеженні з застосуванням неруйнівних методів з відривом зі сколюванням, як еталонного, і методу пружного відскоку. При цьому коефіцієнт, який корегує результати випробувань методом пружного відскоку порівняно з еталонним методом з відривом зі сколюванням дуже близький до 0,7. Це перевірено на декількох мостах вік яких був більше 20 років. Питання потребує додаткових досліджень.

2. Для отримання результату з ймовірністю 95 % необхідно методом пружного відскоку виконувати по 25-30 випробувань на кожному елементі. Результат повинен записуватися як інтервал - $M \pm 2\sigma$, а його нижня границя є міцністю бетону на стиск.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України. 2009. – 73 с.
2. ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування – Київ: Держбуд України, 2009. – 43 с.
3. ДСТУ Б.В.2.7-217:2009 Бетони. Методи визначення призової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона. – Київ. Мінрегіонбуд України. 2010. – 18 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. – Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. – 27 с.
5. ДСТУ-Б-В.2.7-224:2009. Будівельні-матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. – 23 с.
6. Статистика [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. В. Раєвнева, І. В. Аксьонова, О. І. Бровко ; за заг. ред. д-ра екон. наук, професора О. В. Раєвневої. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 389 с.

ПРОГНОЗУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ІНТЕНСИВНОСТІ НАПРУЖЕНЬ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКАХ МОСТІВ

*Дубінчик О.І., к.т.н., доцент
Тютюкін О.Л., д.т.н., професор
Кільдєєв В.Р., аспірант*

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

Досвід експлуатації транспортних залізобетонних конструкцій показав, що в більшості випадків на залізобетонні конструкції одночасно з силовими навантаженнями діють різні корозійні фактори: вплив агресивної атмосфери, ґрунтів, постійного електричного струму, які через певний термін призводять до значного зниження їх міцності та передчасного руйнування. Це значною мірою знижує ефективність їх застосування, інколи ж навіть створює небезпеку руху поїздів.

На залишковий ресурс залізобетонних конструкцій прогонових будов великий вплив мають тріщини, що виникають в бетоні, які викликають корозію арматури і тим самим знижують довговічність конструкції. Одночасно зменшується їх жорсткість, знижується морозостійкість, збільшується водопроникність. Тріщини в залізобетоні виникають у процесі виготовлення, транспортування, а також від механічних впливів при експлуатації.

У відповідності з основними положеннями механіки руйнування, вироби мають початкові дефекти, які в процесі експлуатації продовжують з'являтися під дією експлуатаційних навантажень. Дефекти у вигляді корозії - потенційні осередки тріщиноутворення. Сегментоподібний характер розвитку корозії арматури поширений у багатьох конструкціях, зокрема, в залізобетонних мостових конструкціях, армованих ненапруженою стрижневою арматурою.

Щоб визначити довговічність залізобетонної конструкції або розміри допустимих дефектів, необхідно визначити коефіцієнт інтенсивності напруг в залежності від розмірів і конфігурації тріщини, що розвивається, і залежить від цього корозії арматури. Коефіцієнт інтенсивності напруги для залізобетонних мостових конструкцій з сегментоподібною корозією при згині визначається за методом граничної інтерполяції.

У випадку мілкої корозії, коли $\varepsilon = d/D = 1 - h/d \rightarrow 1$, при дії згинального моменту, виникають напруження, рівень яких визначається за виразом

$$K_I = \frac{1,122 \cdot 32M \cdot \sqrt{(1-\varepsilon)}}{\sqrt{\pi} \cdot D^2 \cdot \sqrt{D}}.$$

У випадку глибокої корозії, коли $\varepsilon \rightarrow 0$, коефіцієнт інтенсивності напружень визначається за формулою

$$K_I = F_1(\varepsilon) \cdot \frac{M}{D^2 \cdot \sqrt{D}},$$

де M – згинальний момент,
 h - глибина корозії,
 D - початковий діаметр арматури,
 d - діаметр арматури з урахуванням корозії,

$$F_1(\varepsilon) = 0,69 \cdot \exp(1,416\varepsilon).$$

Наведені формули можуть бути використані при визначенні залишкового ресурсу залізобетонних прогонових будов мостів з урахуванням наявних дефектів у вигляді тріщин бетону і корозії арматурних стрижнів.

КОНСТРУКЦІЇ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ПОЛЕГШЕНОГО ТИПУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ МОСТОВИХ СПОРУД

Краснов С.М., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Військова агресія росії привела до руйнування транспортної інфраструктури в 15 областях України. За даними першого заступника голови Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України Андрія Івко на початок січня 2023 року, в країні, внаслідок бойових дій зруйновані 25,1 тис. км доріг та більш ніж 350 штучні споруди в їхньому складі. З них на державній мережі - 8,8 тис. км та 150 мостів та шляхопроводів. Найбільше зруйнованих мостів у Чернігівській області – 27, Харківській – 25, Київській – 24, а також, значна кількість мостів у Донецькій та Луганській областях. Це підрахунки тільки на підконтрольних Україні територіях [1].

У кожному деокупованому регіоном України виникає необхідність швидкого відновлення зруйнованих мостів.

На підставі приведеного вище можна зробити висновки про необхідність розробки організаційно-технічних рішень з відновлення мостів, зруйнованих в наслідок військової агресії росії.

Прогонові будови більшості раніше побудованих мостів відрізняються від сучасних типових конструкцій. Це ускладнює ремонт зруйнованих мостів тому, що довжина прогонів між ними відрізняється майже на пів метру, а то й більш. Велика кількість зруйнованих мостів знаходиться у важко доступних районах, де відновлення цих споруд пов'язане з великим обсягом допоміжних підготовчих робіт, пристроїв та обладнання. В зв'язку з цим, застосування збірних просторових конструкцій полегшеного типу, дає можливість відновлювати зруйновані прогонові будови без використання допоміжних дуже важких та об'ємних облаштувань.

До таких конструкцій можна віднести просторові конструкції з залізобетонною або ортотропною плитою проїзної частини, які мають відносно малу вагу і можливість з'єднання елементів і монтажу безпосередньо на будівельному майданчику [2 - 4].

Використання таких конструкцій може не тільки відновити існуючий міст, але й збільшити його вантажопідйомність та габарит. В силу конструктивних особливостей пропонованих прогонових будов їх можна встановлювати на існуючі опори, а за рахунок бокових консолей збільшувати габарит.

Конструкція прогонової будови складається з окремих ферм, виготовленим на заводі або, навіть, в умовах будівельного майданчика, зібраних в цілісну конструкцію і встановлену на існуючі опори моста. Далі йде стандартний процес бетонування плити проїзної частини з метою об'єднання її у суцільну сталезалізобетонну прогонову будову. Така конструкція дає можливість найбільш раціонально використовувати роботу бетону в стиснутій зоні, а сталі в розтягнутій.

При виборі розрахункової схеми конструкції виникає багато питань пов'язаних з кутом нахилу і порядком розташування розкосів, а також з місцем обпирання конструкції. Для вирішення цих питань, з використанням методу скінченних елементів у програмному комплексі ПК «ЛІРА», було виконано аналіз найбільш раціонального кута нахилу розкосів та положення обпирання конструкції.

Найбільш раціональним кутом нахилу розкосів є кут, який дорівнює 45° . При обпиранні прогонової будови на вузли нижнього поясу, найбільш раціональною є конструкція ферми зі зворотними опорними розкосами. Обпирання прогонової будови, при можливості, необхідно виконувати в вузлах верхнього поясу.

Перелік посилань

1. Сайт Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. <http://ukravtodor.gov.ua/>.
2. Гасій Г.М. Проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій покриття / Г.М. Гасій // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельні конструкції». Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – К.: ДП НДІБК, 2008. – № 70. – С. 269 – 277.
3. Бережная Е.В. Пространственные решения пешеходных мостов с применением стеклопластика / Е.В. Бережная, С.Н. Краснов, Е.С. Краснова, Д.А. Орешкин // Науковий вісник будівництва. – Вип. 65. – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – С. 116–125.
4. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с.

ПІДГОТОВКА ЗРАЗКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КУБІКОВОЇ МІЦНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО НАГРІТОГО СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ТА БАЗАЛЬТОФІБРОБЕТОНУ

Берестянська С.Ю., к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Спектр областей застосування фібробетону дуже широкий. І кожна з цих областей висуває до фібробетонних конструкцій свої специфічні вимоги як за механічними, так і за реологічними властивостями. Ці властивості залежать від багатьох факторів: різновиду фібри, процентного вмісту, її розмірів, тощо. Аналіз останніх публікацій показав, що різними авторами були проведені дослідження по визначенню впливу процентного або масового вмісту фібри та її розмірів на міцнісні та деформативні властивості при різних видах деформацій. Для широкого розповсюдження фібробетонних конструкцій необхідно подальше вивчення їх властивостей та удосконалення методів розрахунків при різних впливах. При проектуванні конструкцій необхідно, окрім міцнісних розрахунків, виконувати розрахунки і на термосилові впливи, з метою забезпечення вимог протипожежної безпеки. Огляд літературних джерел виявив відсутність залежностей механічних характеристик фібробетону від високих температур.

В результаті аналізу експериментальних досліджень різних авторів, для подальшого дослідження запропоновано сталеву та базальтову фібру. Обґрунтовано їх раціональні розміри та процентне відношення до маси бетону [1 - 4].

Для отримання температурних залежностей міцності, модуля деформації, теплопровідності та питомої теплоємності фібробетонної суміші, проведено планування експерименту, яке дозволило визначити необхідну кількість зразків.

Для виготовлення зразків застосовувався наступний склад: цемент М400 – 437,5 кг/м³, щебінь – 1158,12 кг/м³, пісок – 552,6 кг/м³, вода - 210 л/м³. Саме такий склад розраховано, виходячи з рухомості бетонної суміші 5 см. В [1 - 4] визначено раціональні характеристики для базальтової та сталеві фібр, а саме:

- базальтна фібра, довжина 12 мм та процентним вмістом 0,2%.
- сталева фібра «Челябінка» з витратою 25...50 кг/м³.

Базальтова фібра додавалась в кількості 0,2% від ваги цементу, а сталева фібра з розрахунку 32,536 кг на 1 м³ бетону.

Фібра додавалась у цемент, ретельно перемішувалась, а потім всі складові змішувались у бетономішалці. Для виготовлення кубиків використовувалась стандартна форми з розмірами 10х10х10 см. Форми змащувались маслом. Після укладання суміші у форми, вони ущільнювались на вібростолі до появи цементного молочка (рис. 1). Форми з бетонною сумішшю витримувались на протязі 3-х діб, після чого опалубка знімалась. Далі зразки витримувались на протязі 28 діб у вологій тирсі.



Рисунок 1 – Виготовлення зразків.

Далі кубики нагрівались до наступних температур: 20°C, 60°C, 90°C, 120°C, 200°C, 400°C, 600°C, 800°C. Нагрів здійснювався в муфельній печі зі швидкістю нагріву 150 °C/час. Після досягнення заданої температури зразки витримувались 4 години при досягнутій температурі, а потім залишались в печі до повного охолодження. Саме така схема нагрівання вибрана у відповідності до [5, 6]. Одночасно в муфельну піч закладалось 3 кубика.

Таким чином було виготовлено три серії зразків: зі сталевую фіброю (КСБ), з базальтовою фіброю (КББ), та без фібри (КОБ), (контрольний зразок). Кожна серія складалась із 24 кубиків. До вказаних температур нагрівались по 3 кубика з кожної серії. На останньому етапі підготовки, зразки маркірувались (рис 2).



Рисунок 2 – Зразки підготовлені до випробувань: а) кубіки з додаванням базальтової фібри; б) кубіки з додаванням сталеві фібри; с) кубіки без фібри.

Перелік посилань

1. Веревичева М.А. Выбор рациональных параметров фибрового армирования. / А.А. Берестянская, С.В. Дериземля. Сборник научных трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение», Днепропетровск, ПГАСА. 2015. – Вып. 82, С.60-69.
2. Vatulina G., Berestianskaya S., Opanasenko E., Berestianskaya A. Substantiation of concrete core rational parameters for bending composite structures. DYN-WIND'2017 – MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 107. 00044 2017.
3. Vatulya G., Berestianskaya S., Berestianskaya A., Opanasenko E. Theoretical and Numerical Analyses of Thermal-Load Behavior of Steel-Concrete and Steel-Fiber-Concrete Slabs./ Journal of Civil Engineering and Construction. China, Gon Kong. Volume 5, Number 2 (2016).
4. Берестянська С.Ю. Обґрунтування доцільності, планування та підготовка до експериментальних досліджень попередньо нагрітих фібробетонних кубиків / Берестянська С.Ю., Галагура Є.І., Ковальов М.О., Кравців Л.Б. // XIV міжнародноа науково-технічна конференція «Комплексні композитні конструкції будівель та споруд в умовах воєнного стану» Полтава, 20-22 червня 2022 р.: Тези доповідей. – Полтава: С.8-10.
5. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1986. – 225 с.
6. Кричевский А.П. Деформации сжатия тяжелого бетона при нагреве // Поведение бетонов и элементов железобетонных конструкций при нагреве / Тр. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1982. – С. 21-29.

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ПРОФЕСІОНАЛІВ МОСТОВОЇ СПРАВИ ЗА ОПП «МОСТИ І ТРАСПОРТНІ ТУНЕЛІ»

Безбабічева О.І., к.т.н., доцент

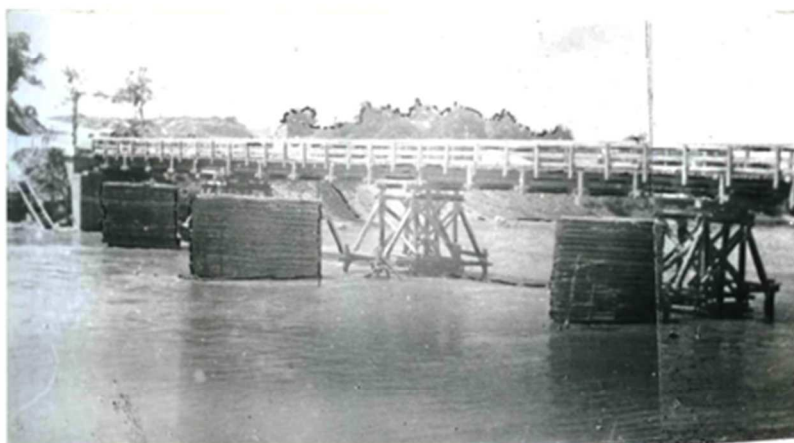
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Підготовка кваліфікованих фахівців з напрямку будівництва та утримання автомобільних шляхів та мостових споруд почалась з часів народження нашого Університету. Спочатку інститут носив назву ХАШІ – Харківський автошляховий інститут. 30 вересня 1930 року почалися заняття на двох факультетах: автомобільному та дорожньо-будівельному. В перші два роки існування інституту були створені 13 кафедр, серед яких були 3 спеціальні (мостів, дорожньої справи, автомобілів та тракторів). Були також обладнані три перші лабораторії на дорожньо-будівельному факультеті. Це лабораторії випробування дорожньо-будівельних матеріалів, органічних в'язучих та механіки ґрунтів [1]. У 1932-1933р до ХАШІ було додано факультет інженерів шляхів сполучення Київського політехнічного інституту у складі трьох старших курсів. Під керівництвом директорів інституту: І.О. Бесєдовського (до 1931 р.), П.К. Тисячного (з 1931-1933р), М.М. Чупіса (з 1933-1937р) А.П. Хмельницького (з 1937 по 1941 р) інститут швидко розвивався. В 1941р. існували вже 21 кафедра; в інституті працювали 11 професорів, 34 доценти, існували вже 19 лабораторій, 11 учбових кабінетів, створювались власні підручники. Взагалі, за 10 передвоєнних років інститут підготував та випустив 1970 фахівців, і в 1939-1940 р був визнаний як кращий в СРСР навчальний заклад втошляхового профілю.

Під час війни, з 1941р співробітники інституту, студенти, випускники дорожньо-будівельного факультету зводили мости та переправи, розмінювали інженерні споруди, використовували знання та досвід. Багато з них отримали поранення, деякі віддали життя заради перемоги. Володимир Олексійович Російський, ім'я якого носить кафедра мостів, конструкцій і будівельної механіки ХНАДУ пішов на війну з Харківського автошляхового інституту у серпні 1941р, де працював на той час доцентом, ведучим викладачем по дисциплінам будівельного профілю і повернувся у серпні 1945 для продовження викладацької діяльності. Про те, як дорожньо-мостові підрозділи, у складі яких він служив (зокрема, 6-е військово-дорожнє управління) будували та відновлювали мости, В. О. Російський написав у 1980 р. книгу спогадів з фотографіями та власними рисунками і присвятив її ХАДІ. Велика кількість побудованих переправ з нестандартними рішеннями: льодові, наплавні мости, мости з різноманітних матеріалів, малі, середні та з великими прогонами, – все це будувалось в скорочені терміни, переважно під вогнем противника. На рис. 1-3 показані фотографії, підписані автором - В.О. Російським з його книги спогадів. Досвід своєї професійної роботи у воєнний період професор Російський з задоволенням передавав студентам під час лекцій, дипломного проектування, при створенні моделей мостів та їх

вузлів. Багато інженерів-практиків користувались підручниками проф. В.О. Російського, прикладами розрахунків мостів та інших інженерних споруд.

Міст через р.
Пшиш в ст.
Хадиженській



Міст через р. Білу в м. Майкоп

Міст через р.
Псекупс в
Гарячому ключі

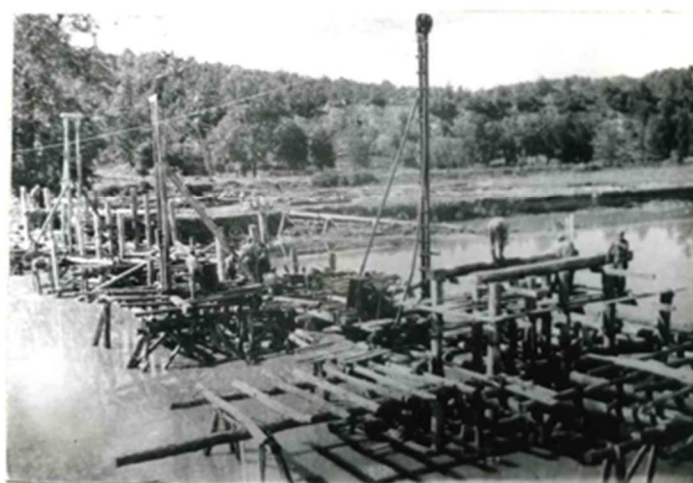
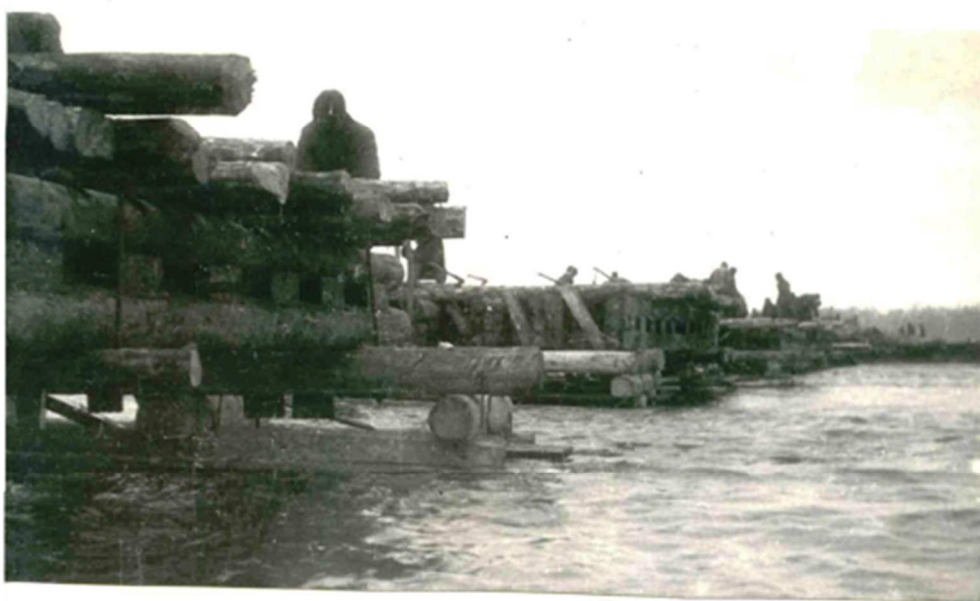


Рисунок 1



Будівництво
берегових прольотів
мосту біля
м. Запоріжжя



Будівництво руслових прольотів мосту біля м. Запоріжжя



Збудований міст
через р. Новий Дніп
у м. Запоріжжя

Рисунок 2



Канатно-підвісна
дорога через р.
Дунай у м. Байї. Вид
з лівого на правий
берег

Вид з правого
на лівий берег



Правобережна
кінцева станція
"канатки"

Рисунок 3

Кафедра мостів, конструкцій та будівельної механіки ХНАДУ ім. В. О. Російського має величезний досвід підготовки висококваліфікованих фахівців для дорожньої та мостової галузі, намагається зберігати кращі традиції і урахувати особливості підготовки фахівців в сучасних умовах [2-5]. Традиції якісного навчання та дуже важливого періоду дипломного проектування студентів закладались та закладаються протягом десяти років відомими професорами та викладачами кафедри, кваліфікованими та відданими своїй справі людьми: В.О. Російським, Б.П. Назаренко, Л.В. Семенцем, П.О. Брусенцовим, Н.П. Лукіним, Є.Д. Чихладзе, В.О. Голеско, В.П. Кожушко та багатьма іншими. По підручникам цих вчених навчались та навчаються покоління інженерів-будівельників, проектувальників та майбутніх вчених. Дипломниками кафедри, а потім інженерами, які працюють зараз по всьому світу, виконувались проекти споруд та реальні мости, тунелі підпірні стінки, дороги. Серед випускників кафедри багато відомих вчених та високопрофесійних фахівців з практичним досвідом випробувань, обстежень мостів; з будівництва тунелів, метрополітенів та спеціальних споруд.

До 2017 р. у ХНАДУ декілька років існувала спеціальність "Мости і транспортні тунелі". Досвід підготовки інженерів, щорічний випуск фахівців сприяли поповненню кадрів керівників, інженерів, державних службовців та виробничників галузі у східних та інших регіонах України і за її межами. Наказом МОН у 2017 р. була введена спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія» для першого і другого рівнів вищої освіти, яка замінила ряд існуючих на той час, зокрема, і «Мости і транспортні тунелі». Встановилась система навчання за освітніми програмами і у 2021р. був розроблений загальний стандарт для спеціальності 192. Перехід до організації навчального процесу за освітньо-професійними програмами потребував певної реорганізації, змін у методах, формах та засобах для здобувачів освіти, включаючи напрям «Мости і транспортні тунелі». Моніторинг існуючих в Україні освітніх програм показує дефіцитність ОПП напряму «Мости і транспортні тунелі»: лише в невеликій кількості ВНЗ готуються такі фахівці.

Відгуки роботодавців вказували і продовжують вказувати на те, що запити на якісну підготовку фахівців мостової і тунельної справи залишаються стабільно високими, але рівень вимог до кваліфікації працівників проектних, будівельних та експлуатаційних організацій дорожнього та містобудівельного постійно зростає. Це пов'язано з багатьма факторами (швидка змінюваність нормативної бази, реорганізація системи управління, стрімке удосконалення програмного забезпечення для розрахунків та моделювання процесів будівництва мостів, конкуренцією зі сторони іноземних фірм тощо). В роки з початку активних військових дій з боку РФ зруйнована величезна кількість мостових конструкцій і процес їх відновлення потребує деяких додаткових нестандартних підходів та знань. В останні 20 років вже існувала проблема старіння наявного парку мостів України та їх тотального перевантаження сучасними важкими та понаднормативними рухомими навантаженнями. За програмою «Велике будівництво» почалися роботи по реконструкції багатьох

споруд. В цих роботах активну участь приймали випускники кафедри мостів в якості керівників підрозділів та організацій, робітників та студенти.

З метою доведення до студентів новітніх світових інженерних рішень та досягнень, на кафедрі використовуються електронні бази нормативної літератури в будівельній галузі «Будстандарт», вводяться нові розділи та дисципліни з урахуванням побажань та рекомендацій зацікавлених сторін освітнього процесу. Вагомим видом навчального процесу, який дозволяє засвоїти та проявити здобувачу навички самостійної глибокої проробки актуальних для професій ситуаційних питань залишається виконання курсових проєктів (робіт) та кваліфікаційної роботи бакалавра та магістра. Ефективності засвоювання лекційного та ін. матеріалів сприяє обладнання навчальних класів технікою для показів презентацій та фільмів зі спеціальності, наявність сучасних програмних комплексів та відповідних навчальних дисциплін для отримання знань та досвіду роботи з цими програмами. На кафедрі наявні програми «SCAD», «ЛІРА», «ALLPLAN». В університеті за ОПП «Мости і транспортні тунелі» здобувачі проходять заняття з комп'ютерної графіки, опановують «REVIT» та мають інші можливості підвищувати свій рівень за допомогою наукових гуртків та участі у конференціях різного рівня.

Зменшення баз для виробничих практик з можливістю знайомитись з особливостями передових технологій будівництва та ремонту мостів та тунелів з відомих причин військових дій, залишається складним питанням. Але, для постійних контактів з представниками професії, кафедра намагається залучати до навчального процесу роботодавців, виробничників, запрошує студентів до участі у різних вебінарах та конференціях, які організують відомі фахівці дорожньо-мостової галузі.

У 2019 р. кафедра провела акредитацію освітньої програми «Мости і транспортні тунелі» другого (магістерського) рівня вищої освіти, в 2024 р планується проходження акредитації для першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Мости і транспортні тунелі», що є логічним шагом в справі освітньої діяльності з професійної підготовки вітчизняних фахівців мостової справи для відновлення мостів України.

Перелік посилань

1. Історія та традиції ХНАДУ <https://www.khadi.kharkov.ua/istorija-universitetu/>
2. Безбабічева О.І. Підвищення рівня підготовки професійних кадрів для будівництва та експлуатації мостів в сучасних умовах/ *Вектори розвитку та результати досягнень науки та освіти в сучасному науково освітньому просторі: XXXV Міжнародна науково-практична інтернет конференція: тези доповідей*, Ужгород, 31 серпня 2020 р. – Дніпро: ГО «НОК», – С.4-7.
3. Безбабічева , О., & Ігнатенко , А. (2021). СКЛАДНОЩІ І ПЕРЕВАГИ СУЧАСНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З БУДІВНИЦТВА МОСТІВ ТА ТУНЕЛІВ. *Збірник наукових праць SCIENTIA*. вилучено із <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/article/view/17703>
4. Безбабічева О.І., Ігнатенко А.В. Дороги та мости чекають на професійно підготовлених фахівців/ *Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції «Особливості викладання фахових дисциплін технічних спеціальностей – виклики часу та перспективи»*. 21 березня 2017 р., м. Харків
5. Безбабічева О.І. Об'єднати бажане і дійсне при підготовці компетентних фахівців для мостобудування і дорожнього господарства/ *Матеріали конференції «Проблеми інтеграції природничих, техніко-технологічних та гуманітарних дисциплін в підготовці фахівців у ВНЗ»*, -18 квітня 2017 р, ХНАДУ, Харків.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ ПРИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ МАЛИХ МОСТІВ

Овчинников П. А., ст. викладач

Мірошник В. А., докт. філософії, ст. викладач

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

Як відомо, більшість малих мостів на дорогах України наразі мають стан 4 – обмежено працезданий, або 5 – непрацездатний, що, враховуючи, що вони були запроєктовані під навантаження Н-30 і НК-80 та менше, накладає очевидні обмеження на пропускну здатність доріг, а також черговий раз показує жахливу ситуацію з експлуатацією штучних споруд в Україні. Єдиним рішенням цієї проблеми, очевидно, є виконання капітального ремонту або реконструкції таких мостів.

При цьому, в процесі складання технічного завдання, або протягом процесу варіантного проектування може бути прийняте рішення лише про поновлення первісної вантажопідйомності. В такому випадку, згідно з ДБН В.2.3-22:2009, при визначенні зусиль в елементах мосту тимчасове рухоме навантаження та схеми його розташування приймаються за нормами, за якими вони проектувалися вперше. З урахуванням зміни самого навантаження, його положення та коефіцієнтів до нього, такий ремонт призведе до того, що фактична вантажопідйомність мосту, а значить і пропускну спроможність дороги, не збільшиться. Хоча таке рішення, зазвичай, і є раціонально обґрунтованим і відповідає експертній думці, у випадку оптимістичного розвитку нашої країни, або в деяких інших випадках, це, зрештою, може виявитися недалекоглядним.

В деяких випадках може навіть виникати дещо казусна ситуація – адже, згідно з ДСТУ 9181:2022, оцінювання технічного стану мосту розрахунком його вантажопідйомності виконується у відповідності до сучасних норм, тобто, для доріг I-III категорії, – під навантаження А15 і НК-100. За такого порівняння, щойно відремонтований під навантаження Н-30 міст може одразу мати стан 4 або 5.

Тут доцільним буде звернути увагу на те, що, малі мости, відповідно до ГБН Г.1-218-182:2011, під час виконання капітального ремонту, можна замінювати на водопропускні труби із забезпеченням вимог водопропуску. Водопропускні труби зручні в експлуатації, тому часто мають переваги над мостами малих довжин:

- менші експлуатаційні витрати. Крім очевидних чинників зменшення таких витрат, використання перспективних само-лікуючих матеріалів може зменшити необхідність операційної експлуатації до такої, що близька до нуля;
- можливість збільшення вантажопідйомності без удорожчання вартості і складності будівельних конструкцій;
- можливість використовувати при будівництві переважно місцеві матеріали;

- зменшення складності виконання робіт з будівництва;
- спрощення процесу проєктування;
- при зменшенні розмірів елементів конструкції, або використанні конструкцій з легких матеріалів (ПВХ, легкі бетони, інші перспективні матеріали) – відсутність важкої вантажопідйомної техніки, що може спростити виконання робіт, а також дозволити швидке тимчасове відновлення.
- за необхідності – відсутність робіт з улаштування мостового полотна (рух над трубами можна відкривати після робіт з засипки труби з ущільненням ґрунту).

Таким чином, ми бачимо, що улаштування водопропускних труб замість мостів є адекватним та перспективним варіантом розв'язання деякої кількості існуючих наразі проблем в дорожньо-транспортній галузі.

При цьому, в даній роботі не стверджується, що труби, як штучні споруди недостатньо представлені на дорогах України – дійсно, переважна більшість штучних споруд на них є саме водопропускними трубами, з середньою кількістю у 1,4 труби на 1 км траси. В інших країнах, як Індія та країни заходу, кількість труб також складає 1-3 шт. на км, а кількість малих мостів – один на 1-4 км. Але такий уявний паритет видається нам лише через деяку невідповідність визначень, в яких не співпадають важливі деталі. Адже для українських інженерів малий міст – це міст довжиною [від 0 м] до 25 м (з опорами і опорними частинами, прогоною будовою тощо), а труба – гідротехнічна споруда для пропуску води під землею поверхнею. Для вищенаведених країн трубою (крім такого-ж визначення за призначенням), зазвичай, буде будь-який міст довжиною до 6 м, а більшість труб загальною шириною від 6 м, скоріше за все, назвуть малим мостом. Для більшості цих конструкцій конструктивна відмінність буде мінімальною, а вітчизняний інженер класифікував би такі споруди виключно як труби, або рамні мости з опорами-стінками (slab culverts).

Таким чином, ми можемо зробити висновок, що замість очевидного рішення з будівництва водопропускних труб, в Україні будувались саме малі мости з всіма відповідними елементами, а, значить, і слабкими місцями, додатковими експлуатаційними витратами і т. ін. Наразі ж, користуючись вказівками ГБН і виконуючи заміну малого мосту на трубу, можна виконувати поступовий перехід до більш раціональних та економічних конструкцій.

В якості прикладу такого проєктування, можна навести мости через суходіл на км 73+641 та км 76+061 траси Т-05-13 Лиман-Бахмут-Горлівка. Обидва мости побудовані у 1958 році зі сталезалізобетонною прогоною будовою довжиною в просвіті 4,7 і 5,2 м відповідно, і на момент проєктування мали стан 5 – непридатний. В якості варіантів було розглянуто заміну балок прогонової будови на плити різної конструкції, заміна мосту на металеву гофровану трубу та заміна мосту на залізобетонну двохочкову трубу. За результатами виконання техніко-економічного порівняння, найбільш вигідним варіантом для обох випадків виявилася залізобетонна труба (щонайменше на 35% вигідніше найближчого варіанту), яку і було прийнято для подальшої розробки. Варто

зазначити, що наразі найдорожчим варіантом з точки зору будівництва виявилася гофрована металева труба, але, при цьому, техніко-економічне порівняння не передбачало розрахунок вартостей експлуатації, що міг не тільки ще збільшити вигідність варіанту залізобетонної труби, але й змінити положення металевої труби в загальному рейтингу варіантів.

При цьому, якщо вантажопідйомність споруди за варіантами з заміною плит приймалася, у відповідності до проєкту плит, як А11 і НК-80, то вантажопідйомність споруди при заміні на трубу була прийнята як А15 і НК-100.

Таким чином, з великою долею вірогідності можна стверджувати, що:

- велику кількість малих мостів на дорогах України варто було проєктувати як труби (можна зустріти мости з плитними прогоновими будовами від 2 м).
- заміна мосту на водопропускну трубу під час капітального ремонту є адекватним та перспективним варіантом вирішення багатьох проблем, що виникають при будівництві і експлуатації мостів. Такі рішення протягом деякого часу вже показують себе адекватними, а нормативні та рекомендаційні документи в розвинених країнах рекомендують використовувати труби чи малі мости схожої конструкції (slab culvert) при забезпеченні відповідних умов водопропуску.
- будівництво та експлуатація саме водопропускних труб як стандартних довжин і конструкцій так і нових, як труби великої ширини, багатоочкові труби (vented ford) є перспективним напрямком інженерних робіт та наукових досліджень для сучасних умов України.

ВІМ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ШТУЧНИХ СПОРУД

Стебловський І.А., к.т.н., асистент

Харківський національний автомобільно-дорожнього університет, м. Харків

В сучасному світі, коли швидкість змін і технологічний прогрес обумовлюють нові виклики для будівельної індустрії, Building Information Modeling (BIM) виявляється невід'ємною частиною проєктування штучних споруд. ВІМ технології не тільки прискорюють процес проєктування, але й сприяють покращенню управління та підвищенню життєздатності об'єктів.

BIM - це інноваційна методологія, яка включає в себе створення та управління цифровими моделями будівельної інформації на всіх етапах життєвого циклу споруди - від концепції до експлуатації. Ця інформація включає в себе геометричні та не геометричні дані, що надає можливість команді проєкту взаємодіяти та співпрацювати в реальному часі.

BIM дозволяє різним фахівцям, таким як архітектори, інженери, геодезисти та інші, працювати над спільним проєктом, користуючись єдиною інтегрованою платформою. Це спрощує комунікацію і зменшує ризик помилок на різних етапах будівництва.

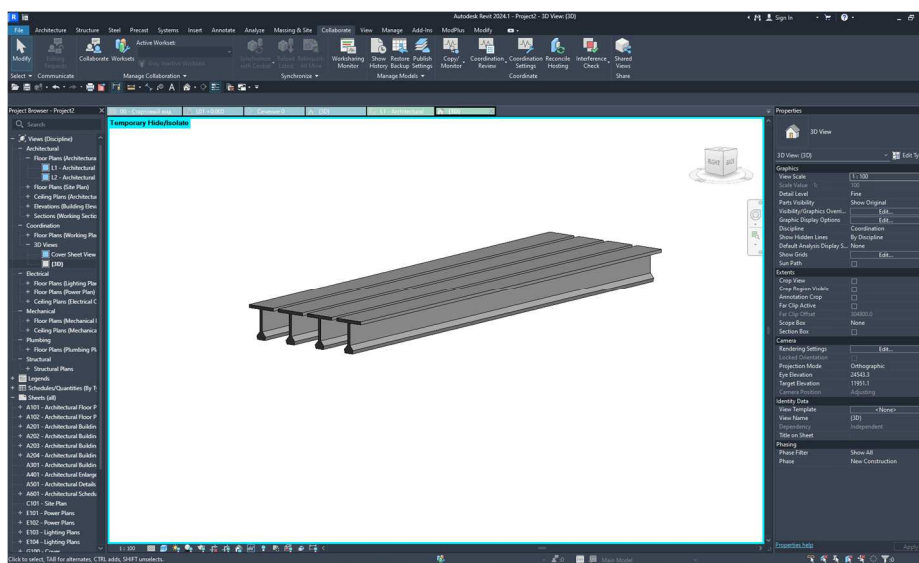


Рисунок 1 – Інтерфейс сумісної роботи в програмному забезпеченні Revit

BIM забезпечує точну візуалізацію будівлі чи споруди ще до початку будівельних робіт. Це дозволяє виявити потенційні проблеми та недоліки ще на етапі проєктування, що зменшує кількість змін та переробок під час будівництва.

BIM моделі можуть включати інформацію про всі аспекти будівлі, включаючи системи водовідведення, освітлення проїзної частини та інші. Це дозволяє забезпечити оптимальну ефективність та комфорт під час експлуатації споруди.

ВІМ дозволяє враховувати різноманітні аспекти стійкості споруди в різних умовах. Це допомагає підвищити безпеку та стійкість штучних споруд в умовах зміни клімату та інших екологічних факторів.

При проєктуванні будь-якої конструкції, всі елементи мають свого «власника», і змінювати його може тільки «власник», або інший член команди з дозволом «власника». Все це запобігає виникненню похибок та накладення одних елементів на других. Наприклад, інженер-конструктор не зможе видалити або змінити елемент водовідведення у мостовій конструкції, в свою чергу інженер, який відповідає за водовідведення, не зможе змінити армування у балках або плити, тощо.

Використовуючи програмне забезпечення Autodesk Robot, можна зв'язати між собою модель у Revit із розрахунковою скінченно-елементною моделлю у Autodesk Robot. Причому, цей зв'язок буде в обидві сторони. При зміні якогось елемента (наприклад товщини плити) в одному програмному забезпеченні – він зміниться і в іншому, що також прискорює час при проєктуванні.

ВІМ технології перетворюють підхід до проєктування штучних споруд, роблячи його більш ефективним, стійким та стійким до змін. Завдяки інтеграції різноманітних даних та використанню цифрових моделей, команди проєктування отримують можливість більш точно та ефективно управляти проєктами, забезпечуючи сталість та ефективність будівництва штучних споруд.

Перелік посилань:

1. Richard Reed, A Comparison of International Sustainable Building Tools, The 17th Annual Pacific Rim Real Estate Society Conference, Gold Coast, 16-19 January 2011.
2. Білик А.С., Беляєв М.А. ВІМ_моделювання. Огляд можливостей та перспективи в Україні // "Промислове будівництво та інженерні споруди". – 2015. – № 2. – С. 9-15.
3. David J. Gerber, Burcin Becerik-Gerber and Alex Kunz, Building information modeling and lean construction: technology, methodology and advances from practice, "Lean Construction: Technology, Methodology and Advances from Practice". – Technion, Haifa, Israel, p.683-693.

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ МОСТУ ЧЕРЕЗ РІЧКУ БАЛАКЛІЙКА

*Матисек М.В., директор
Ступник Є.М., ГІП
ТОВ «Харківмістдорбуд», м. Харків*

Міст через річку Балаклійка знаходиться на км 3+155 м автомобільної дороги загального користування місцевого значення О210103 Балаклія - Яковенкове. На даній ділянці автомобільна дорога відноситься до IV технічної категорії. Споруда знаходиться на межі села Вербівка, Балаклійського району, Харківської області та м. Балаклія. Споруда призначена для пропуску двох полос руху автомобільного транспорту та пішоходів двома тротуарами. У профілі міст знаходиться на площадці, у плані на прямій.

На момент обстеження, через пошкодження елементів споруди внаслідок військових дій, рух будь-якого виду транспорту та пішоходів повністю неможливий. Згідно з паспортом мосту споруду було збудовано у 1973 р. Проектне тимчасове рухоме навантаження згідно з паспортом мосту – Н-30 та НК-80.

Продовжній ухил споруди на рівні верху дорожнього одягу на незруйнованих прогонових будовах (за даними нівелювання): на прогоновій будові №3-4 складає 1‰ у бік м. Балаклія. У поперечному профілі асфальтобетонне покриття ПЧ має ухил: на опорі №3 8‰ до осі наліво за ходом кілометражу та 1‰ до осі направо за ходом кілометражу; на опорі №4 0‰ ліворуч за ходом кілометражу та 9‰ від осі справа за ходом кілометражу.

За результатами технічного обстеження визначилися наступні загальні характеристики споруди: довжина мосту (по передніх гранях шафових стінок) – 36,00 м; ширина споруди – 10,15 м; схема мосту – 3х12,0 м; міст розташований на прямій у плані; у профілі прогонові будови мосту мають ухил: ПБ №3-4 1‰ в бік с. Вербівка; висота підмостового габариту (в районі ПБ №3-4) – 2,51 м; глибина річки (в районі ПБ №3-4) – 1,0 м; габарит ПЧ – 7,75 м; кількість смуг руху – 2 (по одній у кожному напрямку); ширина смуги руху шкірного напрямку – 3,0 м; ширина смуг безпеки (з боку узбіччя) – 0,875 м; ширина тротуарів з обох боків – 1,11 м; бар'єрне огородження ПЧ на мосту – залізобетонне парпетного типу, висотою 0,34-0,42 м; бар'єрне огородження проїзної частини на підходах – відсутнє; перильне огородження – металеве, безстійкове, з прокатних елементів.

Покриття проїзної частини мостового полотна – асфальтобетон товщиною від 11 см до 24 см. Деформаційні шви закритого типу влаштовані на всіх опорах.

Тротуари мосту виконані зі збірних залізобетонних П-подібних тротуарних блоків щодо типового проєкту 5-04-145. Довжина блоків складає 6,0 м. Ширина проїзної частини складає 1,2 м. Висота блоку – 0,62 м. Покриття на тротуарах відсутнє.

Поверх балок прогонових будов, у межах ПЧ влаштовано вирівнюючий шар

бетону, армований сіткою рабицею та середньою товщиною 70 мм.

Верхній поручень виконаний із прокатної труби круглого перерізу $d=53$ мм, основа виконана із прокатної труби прямокутного перерізу $40 \times 40 \times 5$ мм, заповнення з металевих прутів $d=14$ мм та кроком вздовж мосту 200 мм. Висота перильного огородження від верху блоків складає 1,06 м. Конструкція огородження приварюється до металевих закладних деталей у тротуарних блоках.

Водовідвід з проїзної частини передбачений за рахунок поздовжнього та поперечних ухилів проїзної частини. Водовідвідні трубки відсутні.

На момент обстеження, внаслідок військових дій, конструкцію мостового полотна в межах прогонів №1-2, №2-3 повністю зруйновано.

Прогонові будови мосту ПБ №1-2, 2-3, 3-4 - розрізні зі збірних залізобетонних плит, армованих арматурою з термічним натягом. У поперечному перерізі кожна прогонова будова складається з 10 плит.

Виходячи з геометричних розмірів плит та року будівництва споруди можна зробити висновок, що плити прогонових будов виконані за типовим проектом Вип. 384/43. У поперечному напрямку об'єднання плит виконане методом шпонкового омоноличування. Повна довжина плит – 12,0 м. Розрахункова довжина плит – 11,4 м. Повна висота плит – 0,6 м. Повна ширина плит – 0,98 м. Відстань між осями плит прогонових будов у поперечному напрямку складає в середньому 0,99 м, між плитами П1-П2 та П9-П10 відстані збільшено (від 50 до 190 мм). Розрахункове навантаження прогонових будов згідно з типовим проектом Вип. 384/43 складає Н-30 та НК-80.

На момент обстеження, внаслідок бойових дій був зруйнований ригель проміжної опори №2, внаслідок чого конструкції прогонових будов №1-2, №2-3 частково зруйновані із завалюванням у підмостовий простір.

Стояни №1 та №4 – залізобетонні стійкові дворядні, обсипного типу.

У поперечному напрямку складаються з 7 стійок (2 ряди по фасаду).

Стійки С1/С7, С3/С10 мають переріз $0,35 \times 0,35$ м, стійки С2/С9, С5/С12 мають переріз $0,3 \times 0,4$ м, стійки С4/С11 мають переріз $0,3 \times 0,3$ м, стійки С5 /С13 мають переріз $0,35 \times 0,4$ м, стійки С7/С14 мають переріз $0,3 \times 0,35$ м.

Стійки об'єднані монолітним ригелем. Ригеля мають ширину 1,2 м та змінну висоту, яка збільшується від країв до центру ригеля та складає ліворуч по ходу кілометражу 0,4 м направо 0,45 м по центру 0,52 м. Довжина ригелів – 10,35 м. Відстань між стійками по осях складає від 1,42 м до 1,55 м.

За зовнішнім оглядом виявлено шафові стінки заввишки 0,5 м, і ймовірною товщиною 0,2 м, та завдовжки 8,0 м.

Проміжні опори №2 та №3 – залізобетонні, стійкові дворядні. У поперечному напрямку складаються з 7 стійок (2 ряди по фасаду). Стійки поперечного перерізу $0,37 \times 0,37$ м. Стійки об'єднані монолітним ригелем, шириною 1,2 м та змінною висотою, яка збільшується від країв до центру ригеля та складає по краях 0,45 м, по центру 0,58 м. Довжина ригелів – 10,25 м. Відстань між стійками по осях складає від 1,39 м до 1,54 м.

Опорні частини під плитами виконані у вигляді РОЧ.

На момент обстеження, внаслідок військових дій, ригель опори №2 зруйнований між стійками С7/С14, С2/С9.

Перехідні плити візуальними ознаками не виявлені. Покриття підходів за мостом та перед асфальтобетонним. На підходах відсутнє бар'єрне огороження. Підходи до тротуарів мосту неорганізовані. Укріплення конусів насипу стоянів виконано збірними залізобетонними плитами. З верхової сторони мосту біля проміжних опор влаштовані залізобетонні льодорізи. З низової сторони вздовж мосту, по крайніми плитами прогонових будов проходили комунікації в ПВХ трубі, які на момент обстеження обірвані.

Основні дефекти в конструкціях мосту. В результаті обстеження виявлено:

1. Мостове полотно:

- руйнування конструкцій мостового полотна на прогонах №1-2, №2-3;
- лущення фарби та корозія металу металевого перильного огороження, погнутість прокатних елементів;
- протікання води через конструкцію деформаційних швів;
- гідроізоляція проїзної частини повністю зношена та не виконує своїх функцій.

2. Прогонові будови:

- руйнування прогонових будов №1-2, №2-3 із завалюванням у підмостовому руслі (рис. 1);
- локальне руйнування захисної шару бетону з оголенням та корозією арматури плит прогонової будови №3-4;
- сліди замокання бетону плит прогонової будови №3-4 з вилугуванням цементного каміння та біологічною корозією.

3. Опори та опорні частини мосту:

- руйнування ригеля опори №2 між стійками С7/С14, С2/С9;
- локальне руйнування захисної шару бетону з оголенням та корозією арматури ригелів та стійок опор;
- тріщини розкриттям до 5 мм на сколювання захисної шару бетону ригелів опор №1 та №3;
- похилі тріщини розкриттям до 20 мм ригеля опори №1;
- замокання зі слідами біологічної корозії та вилугуванням цементного каміння конструкцій опор по всій площі (особливо ригелів опор).

4. Фундаменти опор мосту:

Фундаменти опор мосту приховані від огляду. Технічний стан фундаментів визначався непрямыми методами, що полягають у виявленні пошкоджень ригелів та інших конструктивних елементів споруди. Оскільки характерних дефектів у тілі опор мосту, які б свідчили про можливість нерівномірних деформацій основи, під час обстеження не було виявлено, то можна стверджувати, що осадок або інших негативних процесів у фундаментах не відбувається.

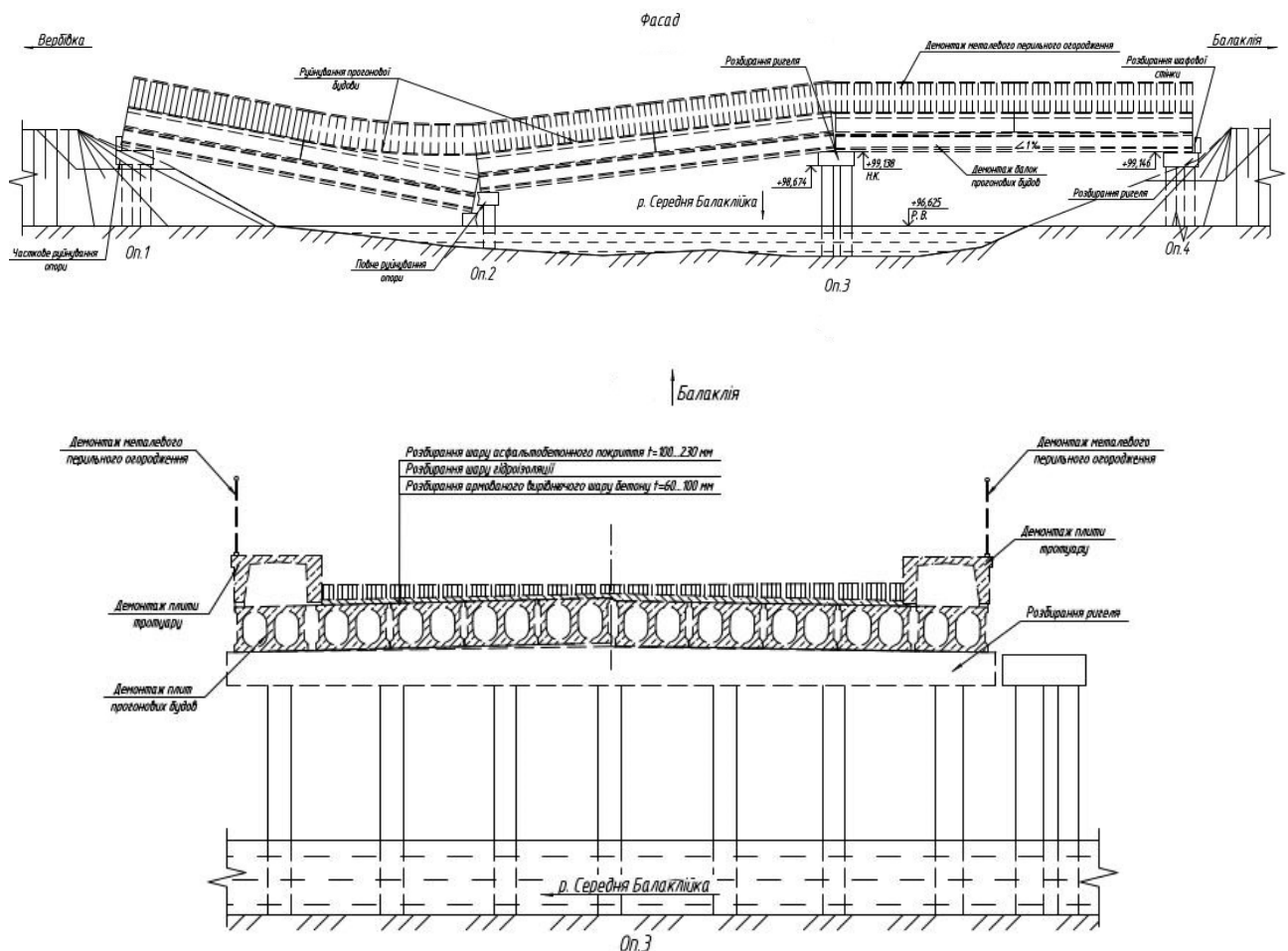


Рисунок 1 – Руйнування прогонових будов мосту

5. Підмостовий простір, підходи, регуляційні споруди:

- засмічення підмостового русла елементами зруйнованих конструкцій споруди.

6. Підхід до мосту:

- ями та тріщини в асфальтобетонному покритті проїзної частини;

Висновки за результатами обстеження та рекомендації.

На основі аналізу отриманих даних при натурному обстеженні мосту необхідно зробити наступні висновки:

1) На підставі отриманих даних та результатів їх обробки основні елементи мосту віднесено до таких експлуатаційних станів (без урахування зруйнованих конструкцій): ПЧ: стан 5 – непрацездатний; прогонова будова: стан 5 – непрацездатний; опори: стан 5 – непрацездатний; фундаменти: стан 3 – працездатний; підмостове русло: -; підходи: стан 3 – працездатний.

За рейтингом основних конструктивних елементів міст знаходиться у стані 5 – непрацездатний.

1) Необхідні експлуатаційні заходи, що регламентовані стандартом ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012, в залежності від стану елементів та рівня їхнього знесення наведені в табл. 7.2. того ж нормативного документа.

2) Вантажопідйомність мосту неможливо визначити у зв'язку з руйнацією

основних несучих конструкцій внаслідок бойових дій.

3) Залишковий ресурс мосту (прогноз терміну безаварійної експлуатації) з урахуванням фактичного технічного стану основних елементів на годину обстеження, що визначено з рівняння деградації елементів, що становить 0 років.

Необхідно виконати комплекс ремонтних робіт, яким передбачити реалізацію наступних конструктивних рішень:

- Провести повне розмінування споруди та прилеглих територій для розчищення місця робіт.

- Виконати демонтаж пошкоджених конструкцій мосту, які не підлягають відновленню, а саме: конструкції мостового полотна разом із існуючими плитами на прогонових будовах №1-2, №2-3 та частини опори №2.

- Виконати ремонт існуючих конструкцій опор № 1-4.

- Влаштувати сполучення мосту з підходами перед та за спорудою.

- Встановити нові плити/балки всіх прогонових будівель за прийнятою новою схемою споруди.

- Влаштувати монолітну об'єднуючу, температурно-нерозрізну залізобетонну плиту з влаштуванням нових деформаційних швів.

- Влаштувати елементи мостового полотна згідно з діючими нормативними документами.

- Передбачити систему водовідведення зливових вод із проїзної частини мосту.

- Здійснити нанесення на всі відкриті поверхні опор та прогонових будов захисного гідроізоляційного (вторинного) покриття сучасними матеріалами.

Комплекс ремонтних робіт в першу чергу має бути спрямований на відновлення повністю зруйнованих елементів споруди та пошкоджених елементів несучих конструкцій прогонових будов, проміжних опор та стоянів та їх захист від впливу зовнішньої середовища з метою збільшення терміну служби споруди.

Після виконання комплексу відбудовних робіт споруда буде здатна пропускати проєктні тимчасові рухомі навантаження за схемою Н-30 та НК-80.

Надалі необхідно дотримуватися нормативних термінів ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України та штучних споруд, які на них розташовані, у відповідності з діючими державними та галузевими нормами.

Усі роботи з ремонту споруди виконати силами спеціалізованої мостобудівельної організації.

ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ З ДАНИМИ ТА ПРОЕКТАМИ

Вербицький К.І., асистент

Балбекін І.А., магістрант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Сьогодні використання інформаційного моделювання будівель (BIM) відіграє важливу роль на різних етапах будівельного процесу: проектування, будівництва, експлуатації та управління, а також протягом усього життєвого циклу будівлі.

Відсутність необхідних специфікацій та/або кошторисів витрат для проекту часто є серйозною проблемою. У більшості випадків причина полягає в поганій взаємодії між дизайнерами, відсутності інформації або засобів для її обробки. Ці проблеми зростають, оскільки в будівельних проектах бере участь все більше професіоналів, які використовують різноманітне програмне забезпечення, розміщене як на настільних, так і на мобільних пристроях, і працюють у різних частинах земної кулі.

BIMplus - це підхід до проектування, будівництва та управління будівлями, який використовує цифрову модель будівлі для ефективного управління всім життєвим циклом будівлі, починаючи від проектування і будівництва, і закінчуючи експлуатацією та обслуговуванням. BIMplus передбачає використання додаткових технологій і методології у поєднанні з базовими принципами BIM для поліпшення результативності проектів і зниження ризиків.

BIMplus ставить собі за мету підвищення ефективності, точності та керованості проектів, а також забезпечення кращої координації між учасниками проекту. Це дає змогу скоротити терміни будівництва, зменшити витрати та забезпечити вищу якість результатів.

Основою координації між учасниками проекту є OpenBIM. Це підхід до проектування та будівництва, який прагне до відкритості та сумісності між різними програмами та системами, які використовуються в будівельній галузі. Мета цієї програми полягає в тому, щоб усі учасники проекту могли співпрацювати один з одним і забезпечити відкритий обмін даними під час процесу BIM.

OpenBIM зосереджується на використанні відкритих глобальних стандартів, таких як Industry Foundation Classes (IFC, ISO 16739-1:2018), для стандартизованого цифрового представлення інформації про будівлю та її компоненти. IFC, відкритий формат файлів, дозволяє обмінюватися даними між різними програмами та системами.

Мета OpenBIM полягає в тому, щоб переконатися, що різні програми та інструменти, які використовуються на різних етапах будівельного процесу, будуть сумісні один з одним. Це дозволяє учасникам проекту вибирати інструменти відповідно до своїх потреб, незважаючи на те, які програми

використовують інші учасники. Крім того, OpenBIM дозволяє різним експертам працювати разом у одному проекті, сприяючи співпраці. Це зменшує відмінності, які існують між управлінням будівництвом, проектуванням і будівництвом. OpenBIM полегшує обмін інформацією не тільки на етапах проектування та будівництва, але й на етапах експлуатації та обслуговування. Це необхідно для ефективного управління будівництвом після завершення.

BIMplus від ALLPLAN - це відкрита платформа для спільної роботи з даними та проектами на основі BIM-моделей для всіх дисциплін, що беруть участь у будівельних проектах. Використовуючи хмарні технології, на всіх етапах життєвого циклу проекту - від проектування до будівництва і введення в експлуатацію - можна об'єднувати різні зацікавлені сторони, координувати діяльність і контролювати інформацію про проект.

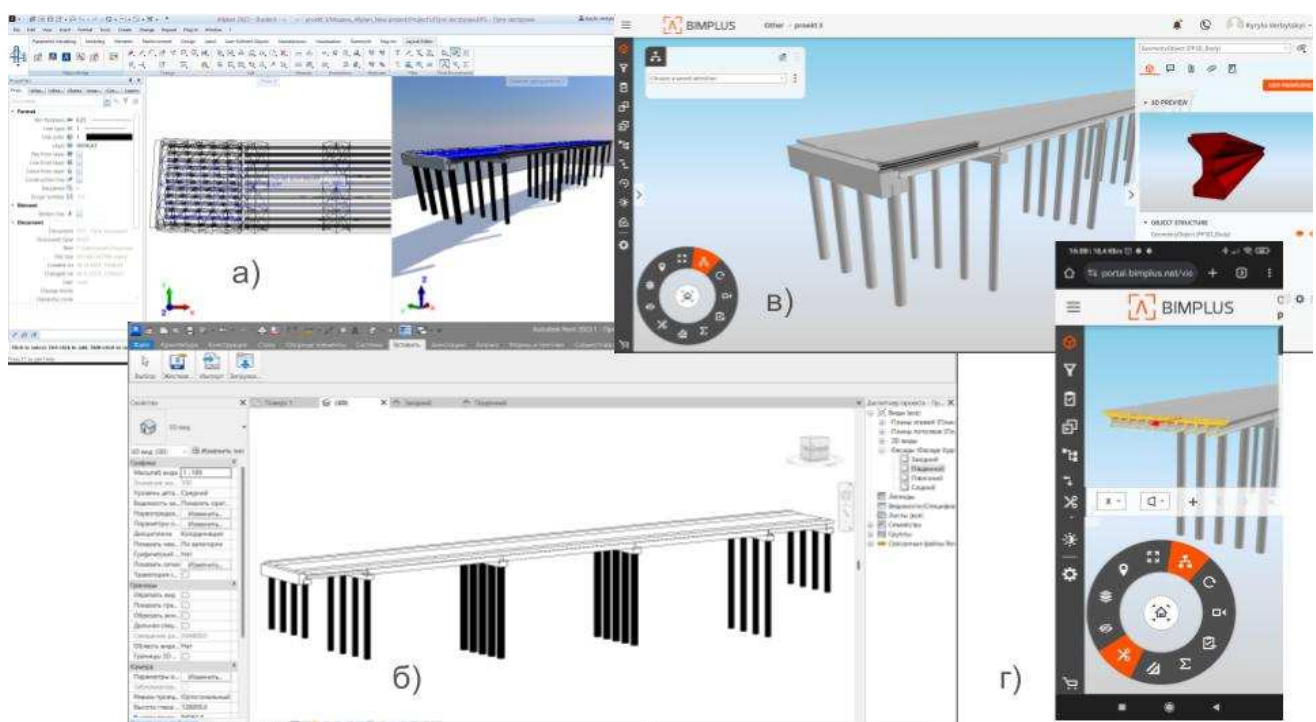


Рисунок 1 – Проект мостової споруди, відкритий одночасно (а) в Allplan, (б) Autodesk Revit, на платформі BIMPLUS (в) у браузері на ПК, і (г) мобільному пристрої

Використання відкритих платформ у сфері BIM сприяє покращенню ефективності роботи команди, зменшенню помилок та конфліктів в процесі будівництва, а також полегшує управління та обмін інформацією протягом усього життєвого циклу будівлі.

Перелік посилань

1. *BIM. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій*: матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції “Нові технології в будівництві”, 9-10 грудня 2019 р., Київ : Майстер Книг, 2019. С. 86

2. Industry Foundation Classes (IFC). BuildingSMART International: веб-сайт. URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>
3. Bimplus – платформа для взаємодії учасників у хмарі. *Allbau Software*: веб-сайт. URL: <https://www.allbau-software.de/index.php/produkte/bim.html>
4. Що таке BIMPLUS від ALLPLAN? ALLPLAN: веб-сайт. URL: <https://www.allplan.com/products/allplan-bimplus/>

МАЛИЙ АВТОДОРОЖНІЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (МАРМ)

Шеховцова Т.О., асистент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Малий автодорожній розбірний міст (МАРМ) призначений для зведення низьководних тимчасових мостів через невеликі річки шириною до 100 м та глибиною до 4 м, зведення шляхопроводів, а також для влаштування естакадних ділянок висоководних та наплавних мостів на автомобільних дорогах (рис. 1, 2) [1-4].

Міст довжиною 118,24 м та вантажопідйомністю 50 т збирається 41 військовим за 7-8 год., а шляхопровід – за 4-5 год. Ширина проїзної частини моста 4,2 м, прогін 9,3 м, максимальна висота прогону 5 м, крок зміни висоти опори 0,15 м. Маса комплекту 148 т. Матеріал основних конструкцій – низьколегована сталь 15ХСНД та 10Г2С1Д.



Рисунок 1 – Малий автодорожній розбірний міст (МАРМ)

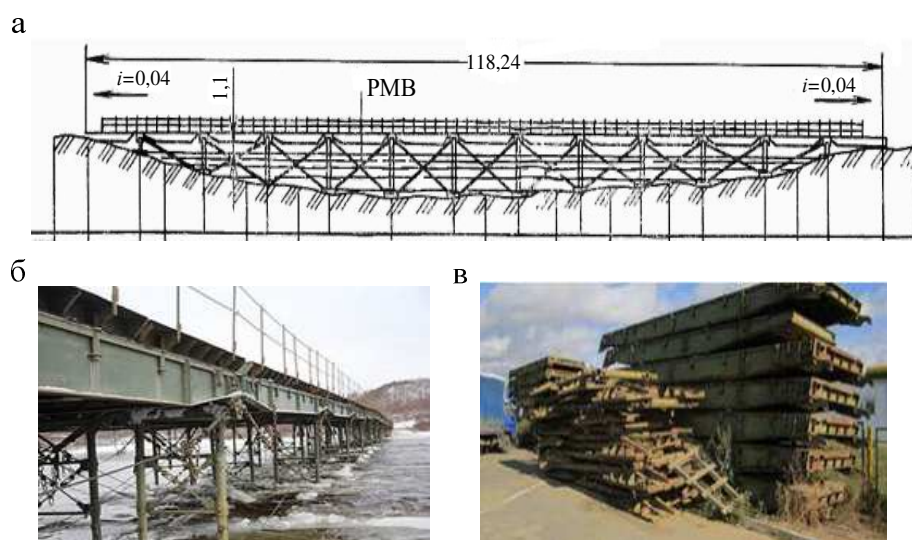


Рисунок 2 – Міст із комплекту МАРМ: а – схема; б – вид; в – елементи

Комплект МАРМ включає: 11 прогонових будов з їздою по верху розрахунковим прогоном 9,3 м і габаритом проїзду 4,2 м; дві берегові прогони (апарелі) з розрахунковим прогоном 7,97 м; 10 проміжних опор заввишки від 2 до 5 м; дві берегові опори; монтажне обладнання та пристосування для транспортування. Вся матеріальна частина МАРМ поділяється на групи: прогонових будов; опор; монтажне обладнання; сполучення з висоководними та наплавними мостами; запасних частин; пристосувань для транспортування.

У групу прогонових будов входять блоки прогонових будов, апарелі, сполучні талрепи, деформаційні щити, колесовідбої та перильні огорожі.

Блок прогонової будови являють собою просторову зварну конструкцію, що складається з двох головних прокатних балок, які є основними несучими елементами блоку та з проміжних і торцевих балок (рис. 3).

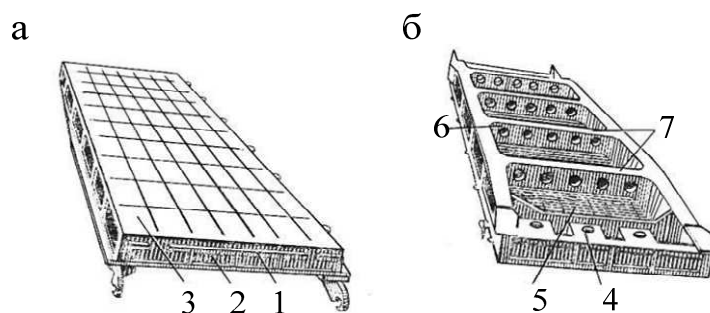


Рисунок 3 – Блок прогонової будови: а – загальний вид; б – вид знизу; 1-7 – елементи

Апарелі призначені для поєднання прогонової будови з берегом (рис. 4). За конструкцією апарель аналогічна блоку прогонової будови і відрізняється від нього лише розмірами по довжині та оформленням одного кінця.

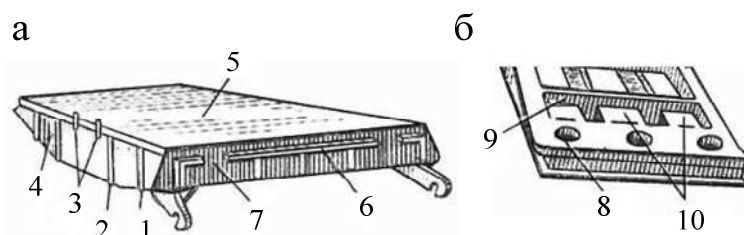


Рисунок 4 – Апарель: а – загальний вид; б – вид знизу; 1-9 – елементи

Сполучні талрепи служать для поперечного об'єднання блоків прогонових будов. Сполучний талреп складається з муфти з отвором $d=30$ мм посередині для коміра та двох стяжок.

Деформаційний щит призначений для перекриття ділянки проїзної частини між торцями прогонових будов, що спираються на опору блоків (рис. 5, а, б).

Колесовідбій слугує огорожею проїзної частини моста для тимчасового рухомого навантаження і є відкритою звареною коробкою з поперечними діафрагмами (рис. 5, в).

Перильне огородження складається з перильних стійок та перильного заповнення з прядив'яного каната.

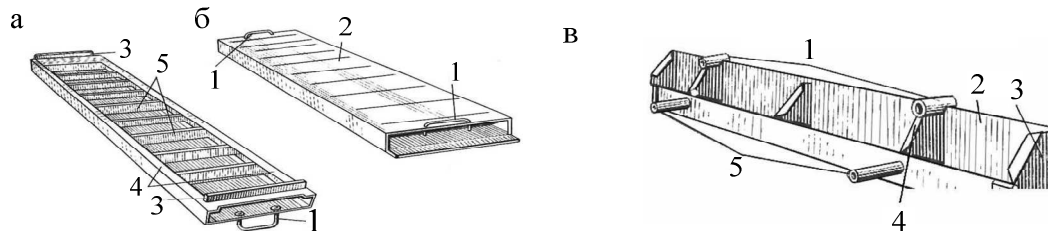


Рисунок 5 – Елементи блоку прогонової будови: а, б - деформаційний щит; в – колесовідбій; 1-6 – елементи

Група опор – це комплект опор та улаштувань. Опори являють собою плоскі чотиристоїчні рами, призначені для стикування на них блоків прогонових будов у лінії мосту та передачі від них тиску на ґрунт. У групу опор входять проміжні та берегові опори, гнучкі поздовжні гальмівні зв'язки та анкерні палі. Проміжні опори у поперечному напрямку складаються з двох однакових блоків, основними частинами яких є ригелі, стійки, рамки поперечних зв'язків, черевики, розпірки черевиків та штирі (рис. 6).

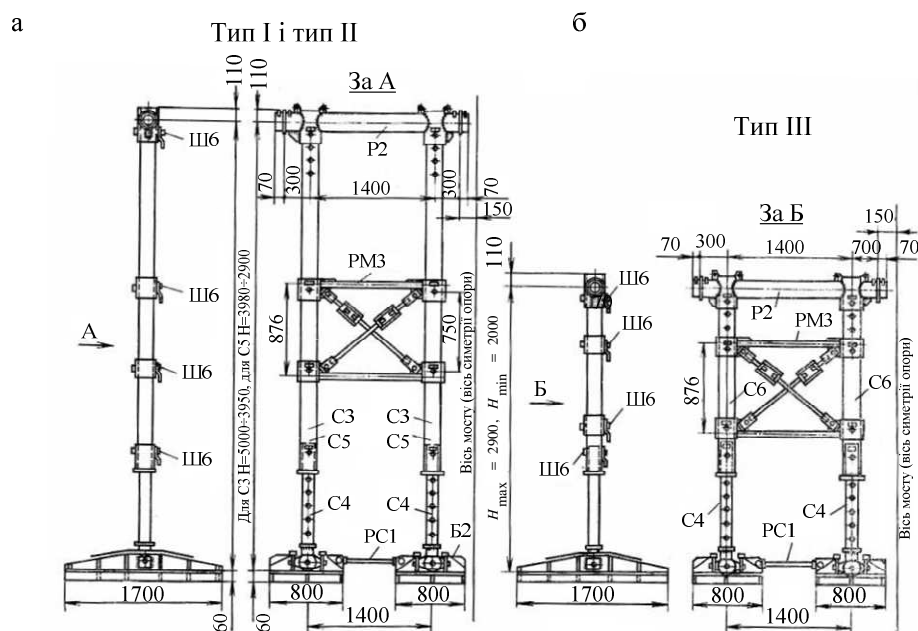


Рисунок 6 – Блок опор: а, б – типи І-ІІІ

Стійки опори виконані з труби $d=146$ мм та мають різну висоту 4080, 3040 та 2140 мм (рис. 5). Черевики служать для розподілу тиску від опори на ґрунт і

кріпляться до стійки опори шарнірно, що дозволяє встановити їх з ухилом (рис. 7, а, б).

Берегові опори, як і проміжні, у поперечному напрямку складаються з двох однакових блоків, до яких входять ригелі, стійки, черевики, розпірки черевиків, штирі, заставні штирі та пальці (рис. 7, в).

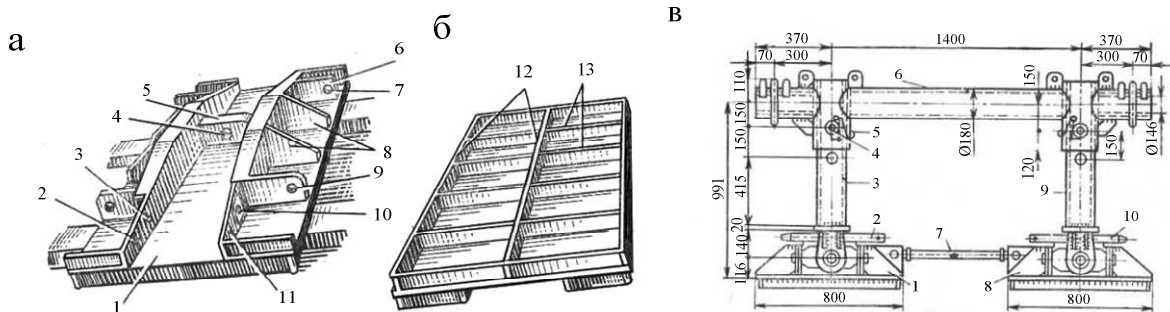


Рисунок 7 – Елементи групи опор: а, б – черевик опори; в – блок берегової опори; вид знизу; 1-13 - елементи

Гнучкі поздовжні гальмівні зв'язки призначені для забезпечення поздовжньої стійкості моста під час його експлуатації. Анкерні палі призначені для анкерування апарелів, сприйняття поздовжніх зусиль та передачі їх на ґрунт.

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Бугаєвський С.О. Відновлення мостів і труб після пошкодження : конспект лекцій (частина 1) / С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, С.М. Краснов, Ю.В. Бугаєвська. Харків: ХНАДУ, 2023. 178 с.
3. Дианов Н.П., Милородов Ю.С. Табельные автодорожные разборные мосты: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). М: МАДИ (ГТУ), 2009. 236 с.
4. Малый автодорожный разборный мост. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. М: Военное издательство министерства обороны СССР, 1982. 239 с.

МІСТ МАЛИХ ПРОГОНІВ (ММП)

Штефан О.М., асистент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Недоліки, виявлені під час багаторічної експлуатації мостів МАРМ, усунуто при розробці моста малих прогонів ММП. Міст призначений для перетинання річки шириною до 170 м та глибиною до 5 м, зведення шляхопроводів та влаштування естакадних ділянок висоководних та комбінованих мостів [1-3]. Шляхопровід збирається 37 військовими за 9 год. (рис. 1). Міст довжиною 195 м, габаритом 4,5 м, вантажопідйомністю 80 т збирається 51 військовими за 11 год. (рис. 2). Прогін моста 10,0 м, максимальна висота опори 6,0 м, крок зміни висоти опори 0,15 м. Маса комплексу 235 т, марка стали основних елементів 10ХСНД та 09Г2С.

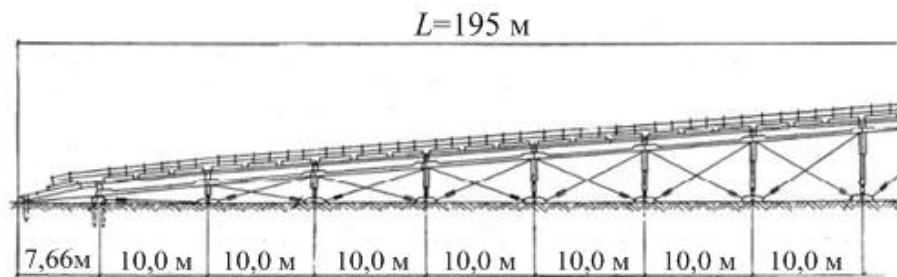


Рисунок 1 – Схема шляхопроводу із комплексу ММП

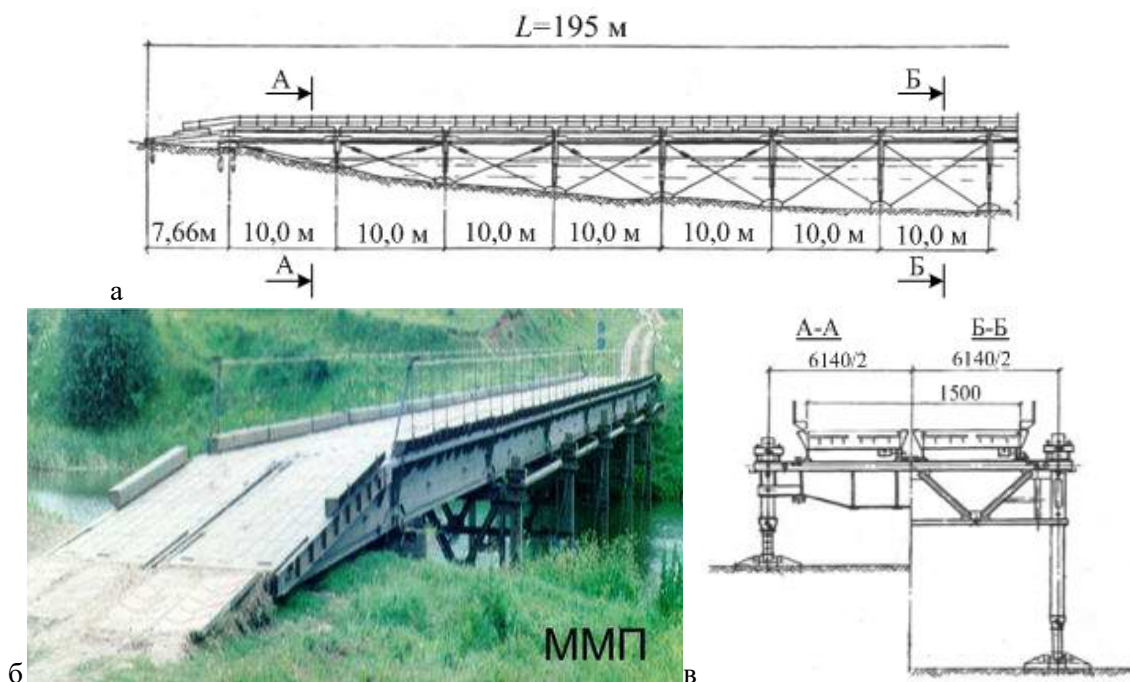


Рисунок 2 – Міст із комплексу ММП: а - схема мосту; б – вид; в – конструкція опори

Комплект ММП включає: прогонові будови, опори, монтажне обладнання, запасні частини, пристосування для транспортування.

Блок прогонової будови Б1 являє собою порожнисту зварну конструкцію, що складається з двох головних поздовжніх балок, трьох проміжних поздовжніх балок, двох торцевих і дев'яти проміжних поперечних балок, листа проїзної частини, куточків, що облямовують, і стикових пристроїв (рис. 3).

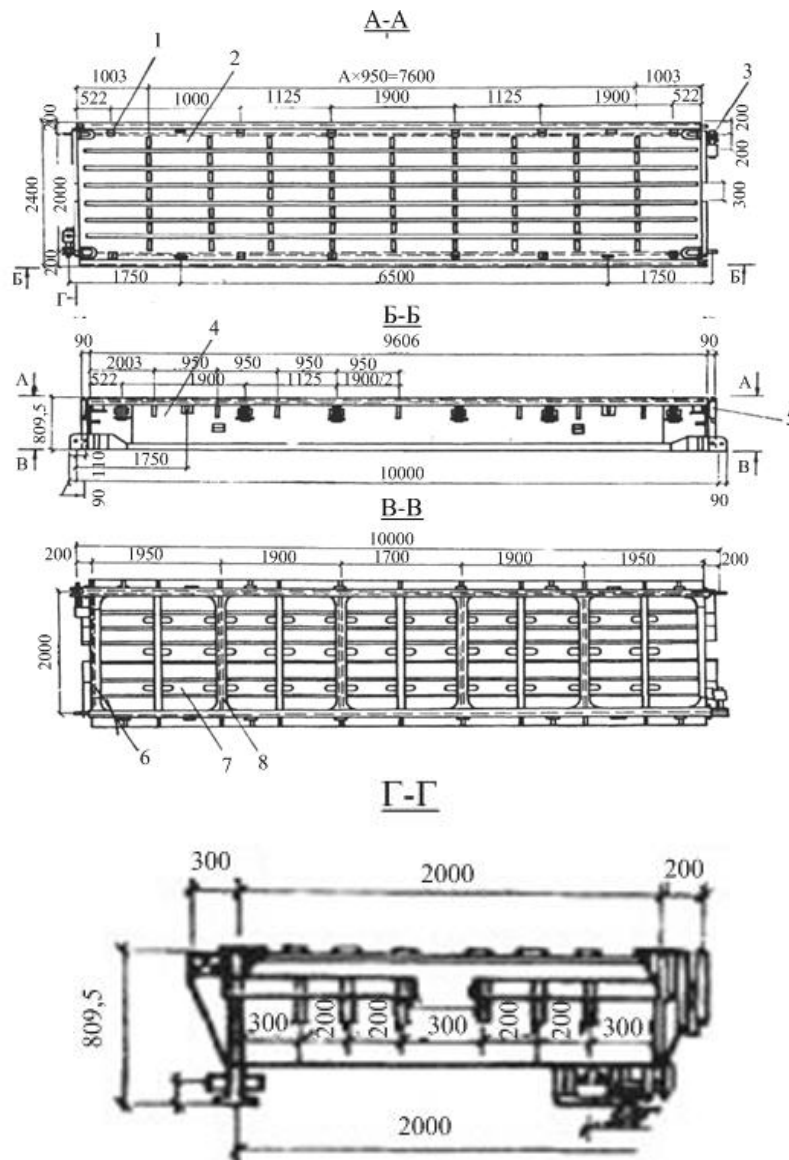


Рисунок 3 – Блок прогонової будови: 1 – гніздо для встановлення колесовідбоїв; 2 – лист проїзної частини; 3 – стиковий пристрій; 4 – головна поздовжня балка; 5 – балка Б1-1; 6 – торцева поперечна балка; 7 – проміжна поздовжня балка; 8 – проміжна поперечна балка

На торцевих частинах блоку прогонової будови Б1 кососиметрично закріплені балки Б1-1.

Головні поздовжні балки є основними елементами блоку, що несуть.

На блоки прогонової будови встановлюються колесовідбій, деформаційні щити та перильне огородження.

Проміжні поздовжні балки штамповані, П-подібного профілю, висотою 120 мм, виконані з листа товщиною 3,5 мм і приварені верхніми кромками до нижньої площини листа настилу, а торцями – до стінок поперечних балок.

Поперечні балки зварні таврового перерізу. П'ять поперечних балок мають вертикальні стінки висотою 250 мм і горизонтальні перетини 100х5 мм; у чотирьох поперечних балках висота вертикальних стінок 690 мм. Дві торцеві поперечні балки зі стінкою 560х6 мм мають зовнішні столики з гнутого куточка 100х90х3,5 мм, посилені ребрами жорсткості для опори деформаційних щитів.

Лист проїзної частини є одночасно верхнім поясом поздовжніх та поперечних балок. Виконаний із листової сталі товщиною 3,5 мм зі штампованими шипами протиковзання. Лист проїзної частини посилений наварними смугами, розташованими в створі поздовжніх та поперечних балок.

Стикові пристрої призначені для поєднання блоків прогонової будови в безперервний ланцюг як при монтажі, так і на стадії експлуатації. Вони являють собою одноштирьові з'єднання, що складаються з одинарної та подвійної вушок і штиря.

Для забезпечення взаємозамінності блоків прогонової будови на кожному торці блоку є по одній одиночній та одній подвійній вусі, які розташовані кососиметрично щодо поздовжньої осі блоку.

Кожна подвійна вуха обладнана запірним пристроєм, що складається з корпусу, штиря із зубчастою рейкою, шестерні та стопора штиря.

Балка Б1-1 призначена для забезпечення безперервності шляхів накатки опор під час монтажу.

Балки Б1-1, як і стикові пристрої, розташовуються кососиметрично щодо поздовжньої осі блоку прогонової будови.

Апарелі А1 призначені для поєднання прогонової будови з берегом. При монтажі моста методом поздовжньої насування апарелі служать для закріплення на них пристрої для монтажу опор.

За конструкцією апарель подібна до блоку прогонової будови Б1 і відрізняється від нього змінною висотою і меншою довжиною. Опорний кінець виконаний у вигляді прямокутної коробки з суцільними нижнім та верхнім листами, в які вварені коробки для пропуску забивних анкерних паль Н2.

Колесовідбій К1 обмежує ширину проїзної частини моста і є відкритою з одного боку звареною коробкою з листа товщиною 3 мм з шістьма діафрагмами.

Деформаційний щит Д1 призначений для перекриття ділянки проїзної частини між торцями сусідніх блоків прогонових будов та апарелів.

Перильне огородження складається з перильних стійок К2 та перильного заповнення з капронового каната К3. Перильна стійка виконана із сталеві труби діаметром 27 мм.

У групу опор входять проміжні та берегові опори, гнучкі поздовжні гальмівні зв'язки та забивні палі.

Проміжні опори (рис. 2, в) являють собою плоскі двостоїчні рами, призначені для спирання на них блоків прогонових будов та передачі тиску на ґрунт від маси прогонових будов та тимчасового рухомого навантаження. Проміжна опора складається з ригеля, набору стійок, черевиків, штирів та інших кріпильних деталей.

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Бугаєвський С.О. Відновлення мостів і труб після пошкодження : конспект лекцій (частина 1) / С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, С.М. Краснов, Ю.В. Бугаєвська. Харків: ХНАДУ, 2023. 178 с.
3. Дианов Н.П., Милородов Ю.С. Табельные автодорожные разборные мосты: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). М: МАДИ (ГТУ), 2009. 236 с.

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ І ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Митрохіна М. О., викладач вищої категорії, викладач методист
Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж, м. Харків*

Область застосування композитних матеріалів для посилення з/б конструкцій:

- потрібно підвищити міцність конструкції в наслідок можливості виникнення надзвичайних навантажень;
- потрібно підвищити довговічність конструкції;
- потрібно усунути помилки проектування або виконання робіт (занижений переріз арматури, міцність бетону не відповідає проектній, відхилення від проекту положення арматури);
- змінилась конструктивна схема елементів будівлі;
- потрібно збільшити несучу здатність конструкції у зв'язку з збільшенням розрахункових навантажень;
- потрібно усунути наслідки пошкодження конструкції у ході її експлуатації.

Існує три основних способи посилення з/б конструкцій:

- посилення з/б обоймою;
- посилення металевим профілем;
- посилення композитними матеріалами.

Технологічна послідовність робіт з посилення балки з/б обоймою (сорочкою):



- видалення захисного шару бетону із усіх поверхонь ребра балки;
- з'єднання нової арматури з існуючою зварюванням;
- встановлення опалубки для бетонування;
- нанесення на існуючу поверхню балки полімерцементного тонкого шару для забезпечення міцного зчеплення з новим бетоном посилення;
- бетонування обойми («сорочки»); бетонна суміш повинна бути на дрібному щебені, пластичної консистенції, класу > В-25).

Технологічна послідовність робіт з посилення балки металевим профілем:



- оштукатурювання або торкретування поверхні балки;
- улаштування отворів для анкерів;
- нанесення на поверхню отворів цементного розчину з додаванням епоксидного клею;
- встановлення у отвори анкерів, які з'єднані з металевим профілем;

Технологічна послідовність робіт з посилення балки композитними матеріалами:



а) окреме перемішування компонентів клею «А» електричною низькообертовою мішалкою;



б) змішування компонента клею «В» з компонентом клею «А» співвідношенні 1:4 по масі;



в) нарізка полотен;



г) знежирення і активація полотна;



д) нанесення клеєвого шару на бетон в кількості від 0,8 до 1,5 кг/м²;



е) накладення першого шару активованого полотна на шар клею;



Для посилення з/б конструкцій використовують різноманітні матеріали, але дуже часто – вуглерідну тканину FibARM Tape.



Технічні характеристики тканини FibARM Tape:

- висока гранична міцність на розрив;

- не піддаються корозії;
- висока межа витривалості;
- низька вага;
- легке укладення;
- коефіцієнт температурного розширення ~ 0 ;
- лінійно пружні до руйнування.

Параметри видів композитного полотна “FibARM Tape”

Тип тканини	ПАРАМЕТРИ							
	Тип плетіння	Ширина, мм	Поверхнева щільність, г/мм ²	Кількість філаментів	Подовження на розрив волокна	Розрахункова товщина плити моношару, мм	Модуль пружності ГПа (волокна)	Міцність на розтяг, ГПа (волокна)
Однонапрямні вуглеводні стрічки								
FibARM Tape 200/300	Полотно	300	200	12К	1,8%	0,111	245	4,3
FibARM Tape 230/300	Полотно	300	230	12К	1,8%	0,128	245	4,3
FibARM Tape 300/300	Полотно	300	300	12К	1,8%	0,167	245	4,3
FibARM Tape 350/300	Полотно	300	350	12К	1,8%	0,194	245	4,3
FibARM Tape 530/300	Полотно	300	530	12К	1,8%	0,294	245	4,3
Двонапрямні вуглеводні стрічки								
FibARM Tape 40/1200 twill	Полотно	1200		3К	1,8%	0,066	245	4,3
FibARM Tape 00/1200 twill	Полотно	1200		6К	1,8%	0,083	245	4,3
FibARM Tape 50/1200 twill	Полотно	1200		12К	1,8%	0,125	245	4,3

Приклади використання композитних матеріалів для виконання ремонту та посилення залізобетонних конструкцій:

1. Ремонт і посилення балок прогінних будов мостів і шляхопроводів



2. Ремонт колон будинків і стійок опор мостів та шляхопроводів



3. Ремонт плит перекрытия



4. Ремонт стін



5. Ремонт стельових отворів



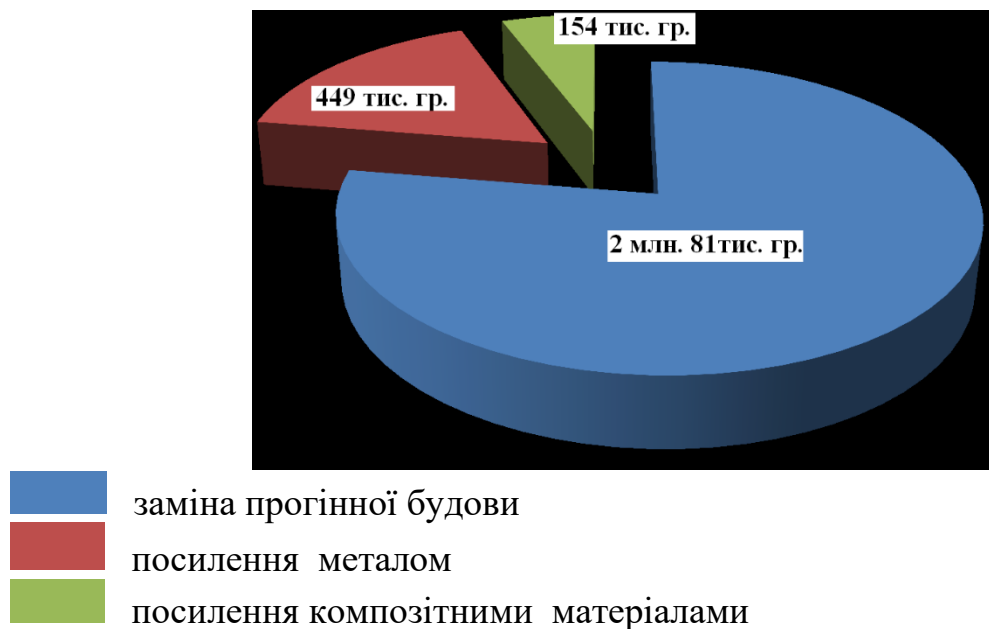
6. Ремонт стінних отворів



7. Ремонт ферм



Техніко-економічне порівняння засобів ремонту і заміни прогінної будови моста довжиною 50м



Аналіз використання композитних матеріалів для посилення і ремонту з/б конструкцій показав, такі їх переваги:

- скорочення витрат часу;
- скорочення працевитрат у зв'язку з тим, що не потрібно залучати важку техніку;

- можливість виконання робіт без зупинки руху транспорту;
- скорочення витрат коштів на ремонт;
- збільшення міжремонтного періоду;
- можливість виправлення помилок, що зроблені при проектуванні і будівництві;
- не обважнюються початкові конструкції.

Перелік посилань

1. «Рекомендації щодо застосування композитних матеріалів фірми Sika для підсилення залізобетонних конструкцій» ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» 2014 р.
2. <https://teknosel.com.ua/ua/news/remont-betona/kak-i-chem-ukreplyat-jelezobetonnye-konstruktsii/> «Як і чим зміцнювати залізобетонні конструкції».
3. «Застосування композиційних матеріалів для підвищення несучої здатності залізобетонних конструкцій»/ В.Б. Ігнат'єва, В.М. Білінський // Логос: зб. наук. праць за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції «Підсумки розвитку наукової думки: 2018», 2018 рік, м. Івано-Франківськ.
4. ДБН В.2.3-14:2006 «Мости і труби. Правила проектування» (При проектуванні пішохідних мостів, а також при реконструкції і посиленні мостів (крім залізничних) допускається використовувати полімер-композитні матеріали).
5. РВ.2.3-37641918-892:2018 «Рекомендації застосування неметалевих композитних ґраток при ремонті залізобетонних транспортних споруд методом торкретування». 2018 р.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З АСФАЛЬТОБЕТОННИМ ПОКРИТТЯМ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ

Весіч І.В, аспірант

Національний транспортний університет, м. Київ

В останні роки проблема зчеплення асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах виходить на передній план серед всіх інших дефектів покриття. Недостатнє зчеплення асфальтобетонного покриття на мостах призводить до зсувів, напливів, колієутворення, сітки тріщин, тощо. Даний вид дефекту знижує рівень безпеки руху на мостах, а також наносить значного збитку економіці країни. Це відбувається у зв'язку зі збільшенням вартості автомобільних перевезень через низький рівень споживчих характеристик, а також необхідністю більш частішої заміни покриття на мостах.

Така проблема призводить до зниження ефективності використання фінансових ресурсів, що надходять в дорожню галузь, так як з'являється необхідність проводити ремонт покриття на мостах частіше, ніж передбачено нормативними документами. Актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої практичної задачі забезпечення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах за рахунок зчеплення дорожнього одягу з гідроізоляційними матеріалами на мостах.

Метою роботи є забезпечення зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах. Для досягнення мети були поставлені такі задачі: провести аналіз публікацій умов роботи зчеплення асфальтобетонного покриття на мостах; розробка методики оцінки ефективності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах; проведення експериментальних досліджень з оцінки ефективності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах.

Аналіз публікацій. В роботах [1-6] показано, що значення напружень, які виникають на контакті шарів при коливанні температури, достатньо великі і можуть приводити до порушення зчеплення між шарами за рахунок різних коефіцієнтів температурного розширення [1-6]. Матеріали із захисного - зчеплюючого шару повинен володіти дуже гарними когезійними властивостями, значно більшими, ніж для доріг [1-7].

Як показує досвід, саме вода є одним із факторів, які негативно впливають на експлуатаційний стан споруд та значно знижують її довговічність. Тому, зараз дуже актуальне питання влаштування гідроізоляційних шарів з таких матеріалів, які б забезпечували необхідне зчеплення і термін служби транспортної споруди [5,6]. Тривалий час широко використовувались рулонні гідроізоляційні матеріали, які з часом почали уступати більш новим технологічним гідроізоляційним матеріалам [1-7]. В роботі було визначено властивості гідроізоляційних матеріалів при влаштуванні асфальтобетонного

покриття на залізобетонній плиті проїзної частини в місцях, найбільш наближених до умов Подільського мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві. На даному етапі були виконані такі роботи: визначення існуючої вологості проїзної частини мосту, оцінка технології нанесення гідроізоляційного матеріалу «Елімінатор» та «FLEXIGUM-HP», визначення адгезії гідроізоляційного матеріалу з проїзною частиною мосту [6, 7].

Використовується прилад «Адгезиометр» для визначення адгезії тільки для жорстких гідроізоляційних матеріалів, а для еластичних гідроізоляційних матеріалів такий прилад не підходить [2, 5]. Методика оцінки ефективності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах. Дана методика дозволяє визначитись (з врахуванням водо - морозних факторів) з когезією зчеплення гідроізоляційних матеріалів (чи оптимальної витрати в'язучого, бітумної емульсії, емульсії, модифікованої полімерами, бітумів в'язких чи рідких, бітумів, модифікованих полімерами та ін.), з асфальтобетонним покриттям на мостах.

Методика полягає у визначенні когезійної міцності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах при дії горизонтальних і вертикальних зусиль, що моделюють дію зовнішнього навантаження на асфальтобетонне покриття при гальмуванні транспортних засобів згідно схеми рис. 1.

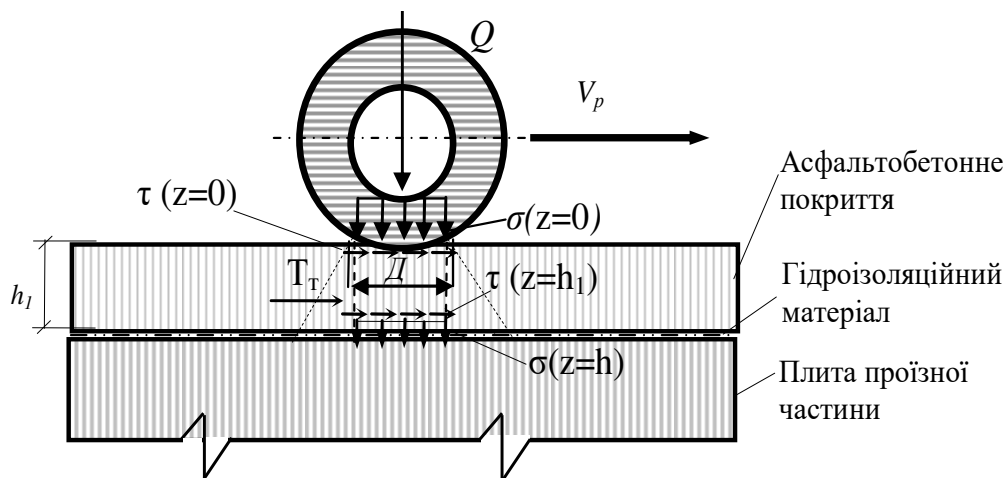


Рисунок 1 – Схема дії зусиль від колеса транспортного засобу при його гальмуванні Q – вертикальне зусилля, що створює транспортний засіб; T_T – дотичне зусилля на контакті шарів від дії транспортних засобів

Зразок випробовують за допомогою приладу, що встановлюється на плиту випробувального пресу і дозволяє створювати напруження σ та за допомогою пресу створювати між асфальтобетонним покриттям + гідроізоляцією + захисним шаром напруження τ за схемою, що наведена на рис. 2.

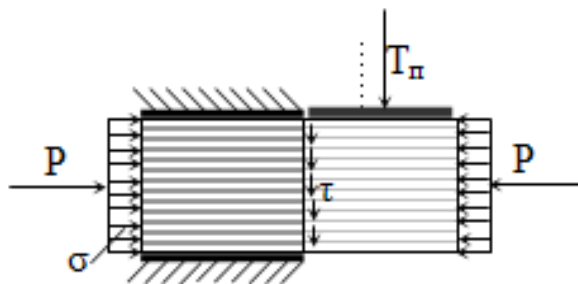


Рисунок 2 – Схема випробувань зразків-кернів на зчеплення між шарами

P – нормальне зусилля, що діє перпендикулярно до торця зразка імітуючи вертикальне зусилля від транспорту; σ – нормальне напруження рівномірно розподіленого по поверхні торців зразка, що імітує контактний тиск від транспортного колеса; T_n – дотичне зусилля, що створює випробувальний прес на контакті шарів зразка імітуючи горизонтальне зусилля від транспорту T_T (рис. 1); τ – дотичне напруження між асфальтобетонними шарами, що витримує зразок-кern до порушення зчеплення між ними.

Під час випробування при різних значеннях σ визначають граничне дотичне напруження τ . Врахування особливостей прояву реологічних властивостей реалізується за рахунок випробування зразків-композицій при різних режимах навантаження. Воно проводиться при швидкому режимі навантаження (швидкість переміщення траверси пресу становить 100 мм/хв) та повільному (швидкість переміщення траверси пресу становить 3 мм/хв).

При швидкому режимі навантаження імітує дію екстремального гальмування транспортних засобів, а повільний режим навантаження імітує нормальний режим гальмування.

На основі результатів випробувань при визначенні граничних дотичних напружень τ обчислено параметри f і c для відповідних режимів навантаження, що дозволило вирахувати значення розрахункового допустимого граничного допустимого напруження $[\tau]$ в гідроізоляційному матеріалі (асфальтобетонним покриттям + гідроізоляцією + захисним шаром) для розрахункових груп автомобілів A_1 , A_2 і Б [2].

Для випробувань зразки необхідно відбирати з проїзної частини мосту у вигляді кернів діаметром 100-150 мм в композиції асфальтобетон + гідроізоляція + захисний шар штучної споруди.

Граничне дотичне напруження τ між асфальтобетонними шарами зразка-керна визначається за допомогою приладу НТУ-ЗЧ-1 [2, 6] при заданих режимах навантаження [6].

Випробування необхідно проводити за найбільш несприятливої температури для зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах при температурі + 50 °С. Проведення експериментальних досліджень з оцінки ефективності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах. Проведення випробування здійснюється в наступній послідовності: 1 - зразки нагрівають до температури

випробування $+50\pm 1^{\circ}\text{C}$, витримуючи їх у термошафі не менше 4-х годин; 2 - нагрітий зразок розміщують в приладі НТУ-ЗЧ-1, закріплюючи фіксатором 9 за допомогою гвинтів 10; 3 - на зразок створюють з двох торців через пластини 7 за допомогою системи 3 напруження σ ; 4 - підготовлений прилад для випробувань встановлюють на плиту випробувального пресу, за допомогою якого визначають дотичне зусилля T_{Π} при заданій швидкості переміщення плити пресу (на основі фіксації порушення зчеплення між асфальтобетонними шарами зразку-керна знімають відлік зі шкали пресу для визначення дотичного зусилля T_{Π}).

При значеннях $\sigma_1 = 0,3$ МПа і $\sigma_2 = 0,7$ МПа розраховуються граничні дотичні напруження відповідно τ_1 і τ_2 , при заданих швидкостях навантаження: для отримання τ_1 і τ_2 випробовуються по три керни, визначаючи відповідно $T_{\Pi 1}$, $T_{\Pi 2}$ при заданій швидкості випробування; середньоарифметичні їх значення $\bar{T}_{\Pi 1}$ і $\bar{T}_{\Pi 2}$ обчислюють за результатами випробувань трьох зразків (розходження між результатами випробувань окремих зразків не повинно перевищувати $\pm 30\%$); обраховують відповідні значення τ за формулою

$$\tau = \frac{T_{\Pi}}{S}, \quad (1)$$

де S – площа зразка, см^2 .

- обчислюють параметри f і c за формулами для кожної швидкості випробувань:

$$f = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\sigma_1 - \sigma_2}; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} c' &= \tau_1 - \sigma_1 \cdot f; \quad \tilde{n}'' = \tau_2 - \sigma_2 \cdot f; \\ \tilde{n} &= \frac{\tilde{n}' + \tilde{n}''}{2}. \end{aligned} \quad (3)$$

- для відповідних режимів навантаження обчислюють значення розрахункового допустимого граничного дотичного напруження $[\tau]$ між асфальтобетоном + гідроізоляцією + плитою проїзної частини мосту для розрахункових груп автомобілів A_1 , A_2 і Б за [2, 6] за формулою:

$$[\tau] = \sigma \cdot f + c, \quad (4)$$

де σ – нормальне напруження, МПа;

f – коефіцієнт тертя;

c – питоме зчеплення;

- оцінку зчеплення гідроізоляційного матеріалу з асфальтобетонним покриттям на проїзній частині штучних споруд перевіряючи умову міцності:

$$[\tau] > \tau_{\max},$$

де $\tau_{\max}$ – горизонтальне дотичне напруження, що діє від навантаження на границі гідроізоляційного матеріалу між асфальтобетонним покриттям і настилом проїзної частини (приймається на основі нормативних табличних даних [6] або на основі розрахунків обґрунтованих і затверджених в установленому порядку Замовником індивідуально для кожного конкретного об'єкту); $[\tau]$ – розрахункове допустиме граничне дотичне напруження (розраховується на основі отриманих результатів експериментального визначення параметрів зчеплення гідроізоляційного матеріалу з асфальтобетонним покриттям на проїзній частині).

Як приклад наведено дві конструкції дорожнього одягу [6-7] з досліджуваного технологічного місту через озеро Бабине [6-7]. З проїзної частини мосту відбирались керни в необхідній кількості згідно [2, 6] після чого проводили випробування по визначенню показників зсувостійкості шарів композиції „асфальтобетон + гідроізоляційний матеріал + бетон плити проїзної частини” шляхом випробування на зчеплення між шарами згідно рис. 1,2.

Результати по визначенню оцінки зчеплення гідроізоляційного матеріалу з асфальтобетонним покриттям і проїзною частиною мосту наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати випробувань

Ділянка	Параметри режиму випробувань, Р, σ, МПа	Швидкість ходу плити пресу, мм/хв	Середні дотичні зусилля, Тп, кгс	Площа зразка, S, см ²	Розрахункове дотичне напруження, [τ], МПа	Коефіцієнт тертя, f	Питоме зчеплення, c, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
№1	0,3	3	750	78,5	0,96	0,79	0,72
	0,7	3	997		1,27		
	0,3	100	879		1,12	0,96	0,83
	0,7	100	1179		1,50		
№2	0,3	3	688		0,88	0,93	0,60
	0,7	3	980		1,25		
	0,3	100	776		0,99	0,94	0,71
	0,7	100	1070		1,36		

При визначенні показників зсувостійкості шарів композиції „асфальтобетон + гідроізоляційний матеріал + бетон плити проїзної частини” шляхом

випробування зчеплення між шарами при температурі 50 °С було встановлено: №1 для композиції литий асфальтобетон “Тусасфальт” - гідроізоляція напиляема - бетон плити проїзної частини мосту середнє значення зсувостійкості становить 1,50 МПа (руйнування відбулося по асфальтобетону); №2 для композиції ЦМА - гідроізоляція напиляема - бетон плити проїзної частини мосту середнє значення зсувостійкості становить не менше 1,36 МПа.

Умова зчеплення гідроізоляційного матеріалу на контактi шарів зразків-кернів задовольняє умову міцності $[\tau] > \tau_{\max}$, що дає нам можливість прогнозувати його довговічність. Дана методика свідчить про необхідність використання такого приладу НТУ-ЗЧ-1 для широкого застосування, що дасть можливість визначитись з ефективним гідроізоляційним матеріалом для застосування на штучних спорудах різних об’єктів України.

Перелік посилань

1. Безбабічева О.І. Сучасні конструктивні і технологічні рішення мостового полотна автодорожніх мостів із ефективними варіантами гідроізоляційного захисту / Безбабічева О.І., Бережна К.В., Жданюк К.В. // Вісник ХНАДУ. – 2002. – С.142–144.
2. М 02070915-750:2016. Методика проектування асфальтобетонного покриття залізобетонних автодорожніх мостів. К. : Укравтодор, 2016. 50 с.
3. М 218-02071168-681:2011. Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість. 2011. 50 с.
4. Онищенко А. М. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві /Онищенко А. М., Мозговий В.В., Жуков О.О., Куцман О.М., Білан О.О., Жданюк К.В., Юнак А.Л.// Вісник ДонНАБА. – 2010.-№1(81).-С.53-60.
5. Онищенко А.М. Патент України №47625 Прилад для випробування зразків асфальтобетону НТУ-ЗЧ-1./ Онищенко А.М., Мозговий В.В., Козлов П.В., Резнік Ю. Л., Шверцер Ю.М., Жуков О.О. Заяв. 12.10.2009; Опубл. 10.02.2010. бюл: №3. – 8 с
6. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах : монографія. К. : НТУ, 2015. 323.
7. Коваль П.М., Бабяк І.П., Харченко С.З., Шверцер Ю.Н. Перспективи застосування матеріалу мембранного типу «FLEXIGUM-HP» при влаштуванні гідроізоляції на автодорожніх мостах. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2006. - №23. С. 32 – 38.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА НАКОПИЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ В АСФАЛЬТОБЕТОННОМУ ПОКРИТТІ

Загородній О.В., аспірант

Національний транспортний університет, м. Київ

Автодорожні мости є невід'ємною складовою мережі автомобільних доріг транспортної інфраструктури України. Транспортно-експлуатаційний стан переважної більшості, автодорожніх мостів не відповідає сучасним вимогам і потребує поліпшення з урахуванням соціально-економічних потреб держави. Рівність дорожніх покриттів обумовлює важливі споживчі властивості автомобільної дороги. З погіршенням рівності знижується середня швидкість руху транспортного засобу. У деформованих зонах покриття накопичується вода, яка призводить до зменшення коефіцієнта зчеплення пневматичного колеса з покриттям. Як відомо кількість транспортних засобів на автомобільних дорогах постійно зростає це призводить до появи на асфальтобетонному покритті з урахуванням високої температури до напливів, колій, зсувів [1-3]. Такі деформації в покритті найбільш часто виникають в місцях зафіксованих зупинок, біля світлофору та в зоні перехрестя де присутній підвищений рух транспортних засобів, а також повільний рух на автодорожніх мостах в крайніх правих полосах руху великовантажних транспортних засобів [5]. Нерівність призводить до виникнення динамічних навантажень у результаті, яких максимальне зусилля, що передається на від колеса на покриття в середньому зростає 1,3 рази [2]. При цьому мінімальне зусилля знижується до 0,7 – 0,8 від статичного навантаження. Така варіація величини навантаження призводить до різних переміщень (деформувань) поверхні покриття вздовж траєкторії руху транспортного засобу і являється причиною подальшого зниження повздовжньої рівності. Тому прогнозування рівності покриття є актуальним завданням. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Великий внесок з розв'язку проблем деформування середовища від дії транспортного засобу внесли такі вчені як: В.К. Жданюк, К. Джонсон, А.Ю. Ішлінський, Б.С. Радовський, В.О. Золотарьов, В.В. Мозговий, А.М. Онищенко [1-8] та інші дослідники. Аналіз цих робіт показав, що на даний час існуючі моделі з використанням реологічних основ механіки матеріалу дуже складні, пов'язані з його показниками, які визначаються експериментальним шляхом в лабораторних умовах, у цьому випадку [1-7] запропоновано модель деформування для оцінки колієутворення в матеріалі дорожнього одягу від дії жорсткого та пневматичного колеса. Тому актуальність роботи полягає в пошуку моделей деформування асфальтобетону для прогнозування рівності покриття. Ремонт колії є складним, трудоемким та вартісним процесом, що супроводжується значними матеріало- і енергозатратами. Крім того виконання ремонтних робіт не завжди досягає бажаного результату по усуненні колії. Як відомо, на практиці широко використовують типові конструкції для мостів, які

не завжди забезпечують необхідну колієстійкість, а методи їх розрахунку недосконалі. Існуючі методи запобігання утворення колії в покритті на мостах не в повній мірі враховують комплексний вплив термореологічних властивостей асфальтобетону, інтенсивність руху великовагових транспортних засобів для різних температурних умов.

Відсутність науково обґрунтованих теоретичних, експериментальних та практичних методів з прогнозування колії в асфальтобетонному покритті на мостах, призводить на практиці до зменшення довговічності покриття та зниження рівня безпеки руху, що наносить значні збитки економіці країни. Дана проблема загострюється із збільшенням вартості автомобільних перевезень, а також через виконання передчасних ремонтів покриття. У зв'язку з тим, що відомі методи розрахунку не в повній мірі враховують вплив зазначених факторів, тому актуальним є вирішення народно-господарської проблеми підвищення довговічності покриття за рахунок розробки наукових основ підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії на залізобетонних автодорожніх мостах.

Аналіз робіт показав, що на даний час математичні моделі і методи з прогнозування утворення колії на покритті не в повній мірі враховують комплексну дію термо-в'язкопружнопластичних властивостей асфальтобетону та внутрішніх і зовнішніх факторів, а також не мають єдиної наукової та методологічної основи. На практиці відомі методи розрахунку колії на покритті автодорожніх мостах не в повній мірі враховують основні фактори, а саме: зміна температури в полосі накату від інтенсивності транспортних засобів; термореологічні властивості асфальтобетону; інтенсивність руху великовагових транспортних засобів. Вивченням зміни температур в дорожньому покритті присвячено роботи таких вчених, як: О.І. Безбабічева, І.П. Гамеляка, В.І. Гуляєва, В.К. Жданюка, В.О. Золотарьова, В.В. Мозгового, А.М. Онищенко та інші дослідники [1-8]. З'ясовано, що існуючі методи: з визначення температури асфальтобетону не в повній мірі враховують спільну дію сонячної радіації та пневматичних коліс в смугі накату покриттям при їх коченні; лабораторні і стендові для експериментальних дослідження є недосконалими та не повністю враховують вплив конструктивних, технологічних, експлуатаційних факторів на утворення колії покриття. Таким чином, проведено критичний аналіз результатів існуючих теоретичних, практичних і експериментальних досліджень з прогнозування утворення колії на асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів, установлено, що переважна їх більшість має залізобетонну плиту проїзної частини з асфальтобетонним покриттям, в останні роки на яких спостерігається інтенсивне зростання дефектів у вигляді колії, у зв'язку з ростом параметрів транспортних навантажень та аномальними високими літніми температурами.

В даній тезі проаналізовано існуючі моделі для прогнозування накопичення залишкових деформацій в покритті від дії транспортних засобів та високої температури. В роботі запропонована класифікація причин утворення колії на асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів.

Професором А.М. Онищенкою запропонована наукова ідея [3]: утворення колії в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах відбувається від дії циклічного вертикального навантаження пневматичних коліс транспортних засобів при високих літніх температурах за рахунок накопичення залишкових пластичних деформацій в конструкції мостового полотна, що опирається на жорстку залізобетонну основу з урахуванням комплексного впливу внутрішніх (структурні, конструктивні технологічні) та зовнішніх (кліматичні, транспортні, експлуатаційні) факторів.

Та робочі гіпотези[3]: Прогнозування утворення колії в асфальтобетонному покритті залізобетонних автодорожніх мостів базується на феноменологічній моделі, що описує закономірності накопичення залишкових вертикальних деформацій від дії зовнішніх факторів не залежно від виду прояву внутрішніх факторів утворення колії. Математична модель прогнозування колії в асфальтобетонному покритті на залізобетонних автодорожніх мостах базується на основі застосування положень теорії пружнопластичності при вирішенні задач утворення колії від дії пневматика з урахуванням термов'язкопружнопластичних властивостей асфальтобетону та на основі експериментального встановлення параметрів цієї моделі в умовах, що відображають особливості роботи покриття.

Для практичного застосування запропоновано рівняння [3] для прогнозування показника стійкості асфальтобетону до утворення колії в залежності від кількості прикладань навантажень їх величини, температури та рецептурно-структурних характеристик матеріалу.

Також запропонований метод прогнозування утворення колії в асфальтобетонному покритті як в термов'язкопружнопластичному тілі на залізобетонних автодорожніх мостах, від впливових факторів вище зазначених факторів.

Перелік посилань

1. Жданюк В. К., Костін Д. Ю., Воловик О. О. Колієстійкість щобеневомастикових асфальтобетонів різних видів. Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів : матеріали міжнародній науково-технічній конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету. Харків : ХНАДУ, 2010. С. 98-102.
2. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Ольховий Б.Ю., Опрощенко І.О., Куцман О.М., Баран С.А., Різніченко О.С. Оцінка довговічності асфальтобетонного покриття шляхом випробування асфальтобетону на стійкість до накопичення залишкових деформацій // Вісник Національного транспортного університету. 2016. Вип. 34, С.283-293.
3. Онищенко А.М. Наукові основи підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії на автодорожніх мостах. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису: дис... докт. техн. наук : 05.22.11 / Онищенко Артур Миколайович. – К., 2017. – 394 с..
4. Онищенко А. М. Оцінка надійності при прогнозуванні величини колії в асфальтобетонному покритті на транспортних спорудах // Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2015. Вип. 15, Частина 1 : Серія «Технічні науки». С. 119-128.
5. 28. Онищенко А. М. Теорія колієутворення в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 96. С. 163-191.
6. Онищенко А. М. Методологія розрахунку колієутворення в асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 97. С. 158-182.
7. Онищенко А. М. Практичні методи підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до колії на транспортних спорудах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2017. Вип. 101. С. 145-187.
8. Онищенко А. М. Математична модель розрахунку колії в асфальтобетонному покритті автодорожніх мостів // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2017. Вип. 66. С. 177-183.

ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ

Круль Ю.М., к.т.н., старший викладач

Фірсов П.М., к.т.н., доцент

Харківський національний університет міського господарства імені

О.М.Бекетова

Сталезалізобетонні прогонові будови мостів є сучасним і перспективним видом мостових конструкцій, що поєднують у собі позитивні властивості залізобетонних і металевих систем. Одним із основних питань, що стоять перед проектувальниками, є зменшення власної ваги конструкції при заданій несучій здатності. Як один з варіантів може бути розглянуто використання перфорованих металевих елементів. Перфоровані елементи є високо потенційним видом конструктиву та, незважаючи на тривалий термін використання, залишають поле дії для проектувальників. Поліпшення характеристик перфорованих елементів та конструкцій може бути досягнуто шляхом зміни конфігурації, розмірів та кроку отворів.

В роботі розглянута конструкція ефективної полегшеної сталезалізобетонної прогонової будови. Пропонована конструкція є просторовою двокомпонентною системою, що складається з металевих перфорованих блоків коробчастого перерізу, які включаються в роботу з ефективною полегшеною залізобетонною плитою проїзної частини за допомогою системи дискретно-континуальних зв'язків зсуву. Дане рішення може бути використане при проектуванні дорожніх та міських мостів будь-яких конструктивних систем.

Основними несучими елементами конструкції є металеві перфоровані блоки коробчастого перетину. В склад блоку входять дві головні балки, діафрагми та нижня металева пластина. Об'єднання блоків в єдину просторову конструкцію прогонової будови здійснюється за допомогою високоміцних болтів, а також монолітної залізобетонної плити проїзної частини [1].

Дискретно-континуальна система з'єднання металевої та залізобетонної частин конструкції представлена у вигляді жорстких упорів, виконаних із сегментів двотаврової балки. Для сприйняття розтягуючих зусиль і запобігання відокремленню плити від металевих балок упори у двох рівнях, у поперечному та поздовжньому напрямках, з'єднані між собою арматурними стрижнями періодичного профілю.

З огляду на складний характер напружено-деформованого стану перфорованих елементів, виправданим є перехід до методу біо-енергетичної оптимізації (БЕО - метод), суть якого полягає в формулюванні критеріїв і обмежень, в основі яких проводиться конструювання і вибір оптимальної конструкції [2].

При цьому, за доцільне для побудови еталонного рішення є використання нових положень, заснованих на енергетичних принципах [3, 4], а саме:

– твердження про те, що для регульованих систем, з постійним об'ємом матеріалу, числом зовнішніх і внутрішніх зв'язків (зовнішні параметри) під дією статичної навантаженням - власної ваги, потенційна енергія деформації (ПЕД) після перебудови досягає нижньої межі, на раціональному об'єднанні величин геометричних параметрів:

$$U = \inf U(\alpha^k), k=1,2,\dots,\infty, \quad (1)$$

де U – потенційна енергія деформації системи (ПЕД), k – номер варіанту; $\alpha \in M$; M – безліч допустимих значень зовнішніх геометричних параметрів.

– вимога ізоенергетичності стану системи, тобто такого стану, при якому:

$$e[\{\bar{x}\}] = \text{const} \quad (2)$$

де e – щільність потенційної енергії деформації (ЩПЕД); $\{\bar{x}\}$ – вектор внутрішніх параметрів.

Ця концепція істотно розширює можливість побудови оптимального рішення, однак, при цьому, воно сильно залежить від конкретного завантаження конструкції. У зв'язку з чим, пропонується алгоритм наближеного вирішення цієї задачі. В результаті роботи БЕО-методу отримано рішення для перфорованих балок у вигляді конструкції балки зі ступінчастою зміною висоти. Далі, згідно розробленого алгоритму, ця балка замінюється на еквівалентну перфоровану балку зі змінними відстанями між отворами та їх розмірами [5]. Суть методу полягає в наступному:

– для виготовлення перфорованого елемента використовують дві суцільні заготовки, які розрізаються однаковим зрізом на дві пари однакових напівбалок. Вони з'єднуються вздовж існуючих гребенів, попередньо повернувши одну з напівбалок під кутом 180° щодо поздовжньої осі. В результаті виходять дві перфоровані балки з відкритим і закритим кінцями, які згодом поєднуються в єдину балку. Перед з'єднанням та зварюванням готової балки балка із закритими кінцями розрізається навпіл. Після цього виконується стикування з обох боків для формування єдиної конструкції (рис. 1).

Розміри проміжних гребенів і вирізів можуть бути довільні, а заготовки розрізаються таким чином, що загальна довжина заготовки дорівнює:

$$L=2n+(2n-1)+2x(2n-1)p \quad (3)$$

де $2n$ – парне число проміжних гребенів; $(2n-1)$ – непарне число проміжних вирізів, p – довжина проекції похилої частини отвору по горизонтальній осі.

Пріоритетність БЕО-методу обумовлена можливістю безпосереднього формування геометричної форми і, при необхідності, фізико-механічного змісту великих конструктивних систем. Можна констатувати, що остаточно зведена конструкція являє собою сучасну ефективну систему, що забезпечує мінімізацію власної ваги, розходу матеріалів та загальну вартість і трудомісткість процесу виготовлення прогонових будов. Застосування безвідходної технології створення перфорованих елементів відкриває нові перспективи виготовлення еквівалентних конструкцій, що відповідають заданому напружено-деформованому стану при мінімальних витратах матеріалів.

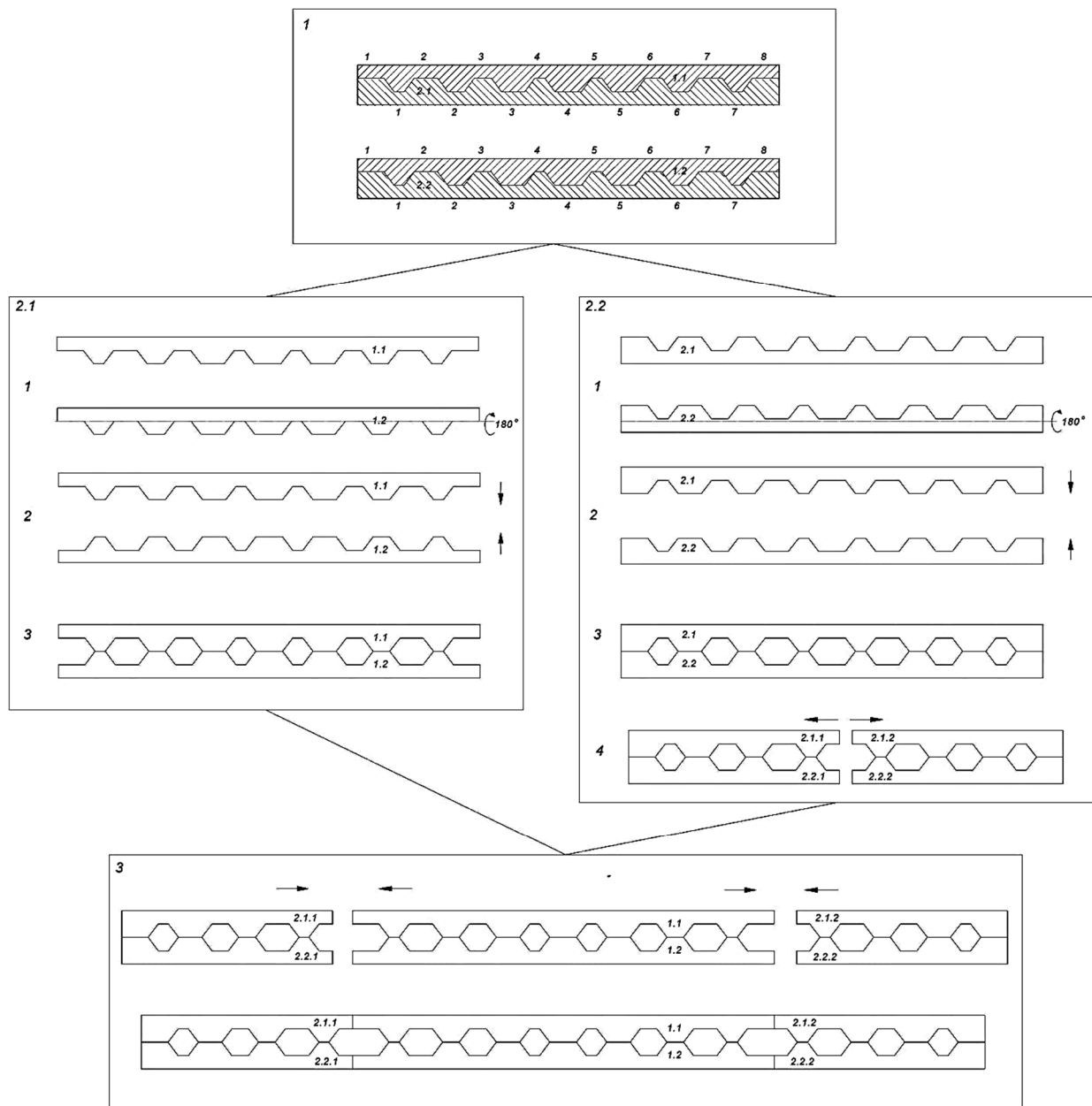


Рисунок 1 – Принцип формування еквівалентної перфорованої балки

Перелік посилань

1. Круль Ю.М. Про формування раціональної конструкції прогонової будови автомобільно-дорожнього мосту. / Ю.М. Круль // Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник / Вип. 101, 2011. – с.31-40.
2. Шмуклер В.С. Каркасні системи полегшеного типу / В.С. Шмуклер, Ю.О. Климов, Н.П. Бурак – Харків: Золоті сторінки, 2008. – 336с.
3. Шмуклер В.С. Еволюціоністський підхід у раціоналізації будівельних конструкцій. ISEC-03 / Третя Міжнародна конференція з структурного проектування та будівництва; Шунань, Японія; 2005.
4. Бабаєв В.М., Бугаєвський С.О., Євель С.М., Євзеров І.Д. Лантух-Лященко А.І., Шеветовський В.В., Шимановський О.В., Шмуклер В.С. Чисельні та експериментальні методи раціонального проектування та зведення конструктивних систем. – К.: Вид-во «Сталь», 2017. – 404с., рис. 370, табл. 75.

Патент №141171 Україна. Бабаєв В.М., Шмуклер В.С., Круль Ю.М., Бугаєвський С.О., Каплін Р.Б. Спосіб виготовлення полегшених балок. 2020.

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ РУЙНУВАНЬ НА ДІЛЯНКАХ СПОЛУЧЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ МОСТІВ З НАСИПАМИ

Махонько Д.М., аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Природа та причини виникнення ям на підходах до мостового переходу стали предметом зростаючого числа досліджень в останні роки. Просідання дорожнього полотна на під'їзді до моста не лише призводить до некомфортної поїздки, але і створює небезпечні умови для швидкого руху транспорту, відволікає водіїв, зростають витрати на ремонт автомобілів. Дефекти поверхні дороги потребують витратних ремонтних робіт, які зазвичай включають демонтаж покриття, вирівнювання основи та відновлення покриття. На важливих транспортних артеріях такі роботи можуть заважати нормальному руху. Зі зростанням будівництва сучасних автодоріг проблема стала більш помітною, тому інженери проєктувальники мостів розглядають способи усунення або мінімізації ефектів цих небажаних явищ на підходах до мостів.

Т. С. Hopkins і R.C Deen [1] провели обстеження існуючих мостових споруд в Кентуккі, США, кожного літа з 1964 по 1968 роки. В 1964 році було проінспектовано 782 підходу до моста і виявлено, що 51% досліджених ділянок мали просідання на підходах. До 1968 року кількість виросла до 78%. Умови виникнення цих дефектів більш детально досліджені в роботі [2] і підтверджують результати огляду Т. С. Hopkins-а і R.C Deen-а.

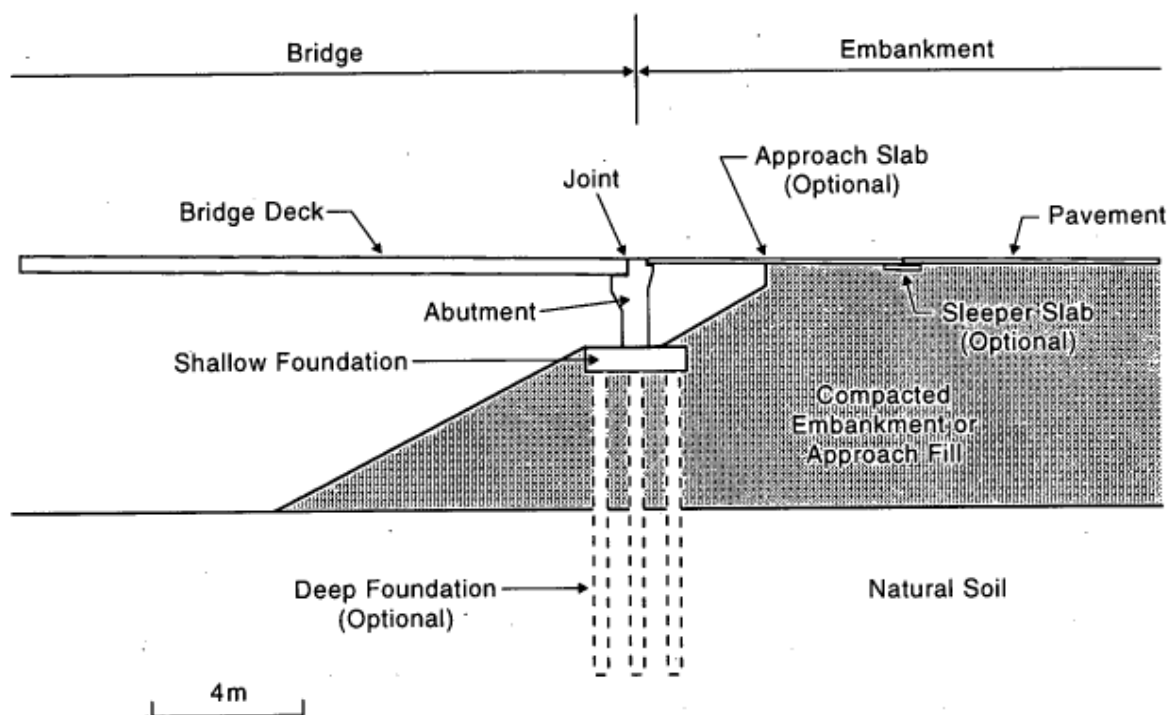


Рисунок 1 – Схема ділянки з'єднання моста з підходами [2]

Згідно з дослідженням Jean-Louis Briaud, Ray W. James and Stacey B.

Hoffman, Texas A&M University [2], передмостова яма виникає на 25 відсотках мостів в Америці, а це 150 тисяч мостових споруд. Найчастіше причинами дефекту, за обстеженнями є:

- Загальні осідання та локальні просадки насипів внаслідок консолідації – поступового ущільнення ґрунтів від власної ваги:

- неякісно виконані будівельні роботи;
- осідання насипу від дії транспортного навантаження;
- різниця жорсткості конструкції мостової споруди та насипу;
- поганий водовідвід;
- неякісні будівельні матеріали насипу;
- вимивання матеріалів насипу біля крайніх опор;
- неякісні деформаційні шви;
- температурні цикли.

Також є дані [2], які вказують на те, що з великою ймовірністю передмостова яма виникне при таких передумовах:

- високі насипи підходів;
- крайні опори мостів на пальових фундаментах;
- інтенсивний рух вантажівок;
- м'який глинистий або мулистий ґрунт;
- часті сильні дощі.

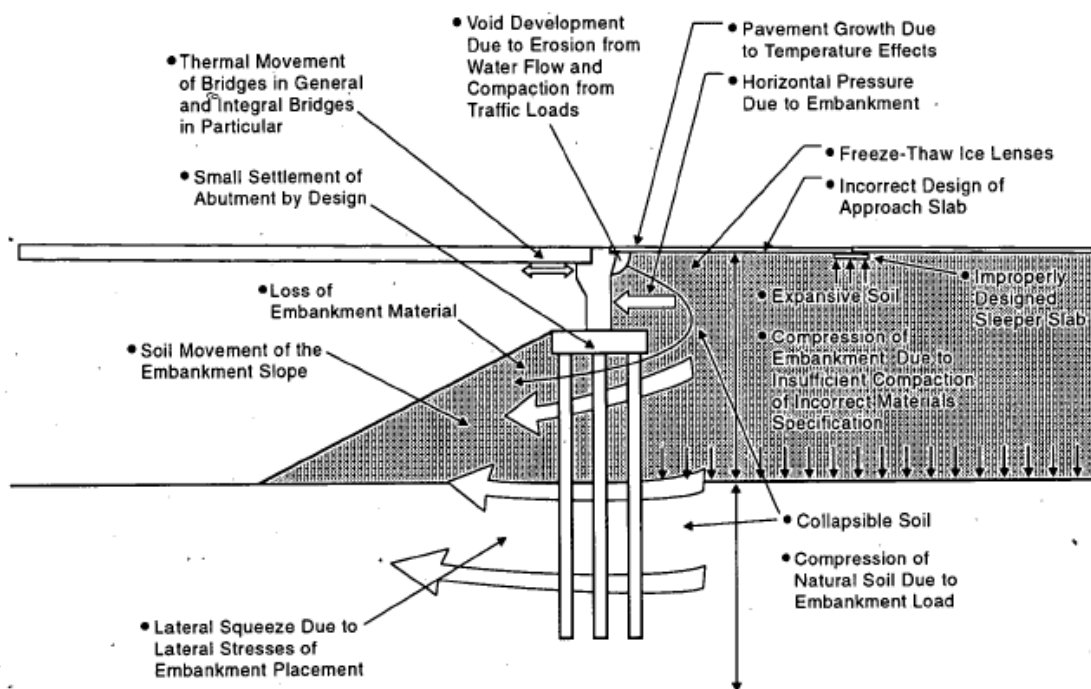


Рисунок 2 – Схема причин виникнення передмостових ям [2]

Звісно проблеми перехідних ділянок стосуються і мостів України. Нижче приведені фото передмостових ям на автомобільних дорогах у Львівській області, зроблені у 2022 році. Дослідження умов виникнення таких дефектів є ключовим для попередження їх виникнення, а у разі виникнення – швидкого і

ефективного усунення.



Рисунок 3 – Ділянка сполучення малого мосту з насипом. Латки, тріщини в покритті, локальні просідання основи



Рисунок 4 – Сітка тріщин в асфальтобетонному покритті, завдяки вимову ґрунту утворилася яма перед опорою.

Перелік посилань

1. Hopkins, Tommy C. and Deen, Robert C., "The Bump at the End of the Bridge" (1969). Kentucky Transportation Center Research Report. 1167.
2. Briaud J-L, James R. W., Hoffman S. B. Settlement of bridge approaches (The bump at the end of the bridge) NCHRP, Synthesis of Highway Practice 234, Transportation Research Board, 1997.
3. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проєктування.
4. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів.

ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ

В.В. Мостовий, аспірант

В.В. Мостовий, аспірант

В.С. Семененко, аспірант

Харківський національний автомобільно дорожній університет, м. Харків

Зростаючі обсяги будівництва об'єктів транспортної інфраструктури потребують застосування інноваційних рішень для забезпечення відповідності проектним вимогам. Оперативний контроль якості на будівельному майданчику дозволяє підтвердити якість влаштованих шарів, доставлених матеріалів та виготовлених конструкцій, щоб без втрати у часі продовжити будівництво. Для вирішення таких завдань виробники обладнання застосовують нові методики, випускають портативні зручні прилади для польового використання і отримання достовірних результатів. Відтворюваність результатів вимірювання дозволяє зробити порівняння та підтвердити відповідність результатів випробувань в лабораторії та на об'єкті.

Метою роботи є ознайомлення з інноваційними приладами для контролю якості на будівельному майданчику [1]:

- прилад для контролю якості паль та фундаментів.
- вимірювач вологості цементобетону та інших будівельних матеріалів.
- прилад для визначення місця розташування арматури у цементобетоні.
- ультразвукові прилади для вимірювання міцності цементобетону, пошуку дефектів та пустот.
- прилад для визначення міцності на відрив.

Контроль якості буронабивних паль. У «портфелі» компанії Pile Dynamics (США) знаходиться два цікавих прилади для визначення якості паль: Champ-Q (Міжскважений аналізатор паль) та PИT (перевірка цілісності паль).

Аналізатор поперечних перерізів Champ-Q визначає якість і рівномірність структури бетону просвердлених шахт, шламових стін, буронабивних паль, паль, забетонованих на місці та інші видів бетону основи. Champ-Q ідеально підходить для тестування до шести профілів за одне занурення, заощаджуючи час і гроші.



Рисунок 2 – Міжскважений аналізатор паль Champ-Q в роботі

Прилад РІТ виконує неруйнівні дослідження фундаменту на основі хвильових рівнянь, відомі, як випробування цілісності при ударі низької деформації або динамічні випробування низької деформації. Ці випробування можуть бути виконані за допомогою методів імпульсного (або звукового) відображення або перехідної реакції. За допомогою РІТ будь-яка форма випробування виконується швидко, що потенційно дає можливість перевірити кожну палю на робочому місці.



Рисунок 3 – Прибор для перевірки цілісності палей РІТ у роботі

Неруйнівний контроль цементобетонних конструкцій. Прилади для неруйнівного контролю компанії NDT James Instrument (США) гарно зарекомендували себе у США та Європі.

Прилади для пошуку арматури дозволяють визначити розташування арматури та розмір арматурного стрижня. Корисними ці прилади можуть бути при реконструкції залізобетонних конструкцій, їх підсиленні та ремонті.



Рисунок 4 – Прилад для пошуку арматури Rebarscope

Ультразвукові прилади визначення якості цементобетону набули попиту в Україні можливістю швидко визначити проблемні місця у конструкції. За їх допомогою можливо визначення міцності бетону, пошуку пустот і тріщин, перевірка резонансної частоти для визначення модуля Юнга і коефіцієнта

Пуассона, визначення товщини цементобетону.



Рисунок 4 – Прилад для визначення міцності цементобетону, пошук пустот і тріщин V-Meter MK IV

Для більш детального аналізу бетону конструкції розроблені прилади для контролю складних параметрів таких як водонепроникність, концентрація хлоридів, ступеню карбонізації.



Рисунок 5 – Прилад для визначення водонепроникності цементобетону Porosiscop.

Визначення міцності зчеплення [2]. Адгезиметр визначає силу зчеплення і міцність на відрив двох слоїв матеріалів (бетону, штукатурки, будівельних розчинів, гідроізоляції) в особливості підходить для випробувань при ремонті будівельних конструкцій, коли зчеплення поміж шарами відіграє важливу роль.



Рисунок 6 – Адгезиметр

Нове обладнання для контролю якості на будівельному майданчику значно прискорює виконання робіт, що безпосередньо економить час та гроші на реалізацію проекту. При цьому якість, точність та надійність результатів залишаються на високому якісному рівні. Можливість зберігання на приладі великої кількості даних та GPS-навігації відкриває можливості для подальшого аналізу якості виконання робіт і підготовці звітів.

Перелік посилань

1. <https://industry.hlr.ua/building-materials-testing/research-and-diagnostics-of-building-materials/>
2. <https://industry.hlr.ua/building-materials-testing/control-of-light-reflection-of-road-markings-and-signs/>

СТАН МОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ ТА ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗБІРНО-РОЗБІРНИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

Смагло Я.Д., аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Розвиток шляхів сполучення та будівництво мостів напряму пов'язано з розвитком та будівництвом будь-якої країни. Мостове господарство є невід'ємною складовою транспортної інфраструктури України. Мости є дуже вразливими елементами доріг, вони потребують постійної уваги для безвідмовної та безаварійної роботи.

Загалом в Україні функціонує близько 28,4 тис. мостів [7]. Основними балансоутримувачами споруд є:

- Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України;
- Обласні державні адміністрації (військові - під час режиму воєнного стану);
- Органи місцевого самоврядування;
- АТ «Укрзалізниця».

Через брак фінансування галузі та зменшення догляду за штучними спорудами з 90-х років минулого століття в мостовому господарстві України почали активно накопичуватися проблеми.

За даними [3] Державного підприємства «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» 81% автодорожніх мостів України було побудовано до 1980 року (рис. 1). Середній вік мостів на дорогах загального користування перевищує 58 років. Найстарші мости на державних дорогах у Закарпатській області, де середній вік споруд становить понад 65 років. Найстарші мости на місцевих дорогах у Львівській області з середнім віком понад 103 роки.

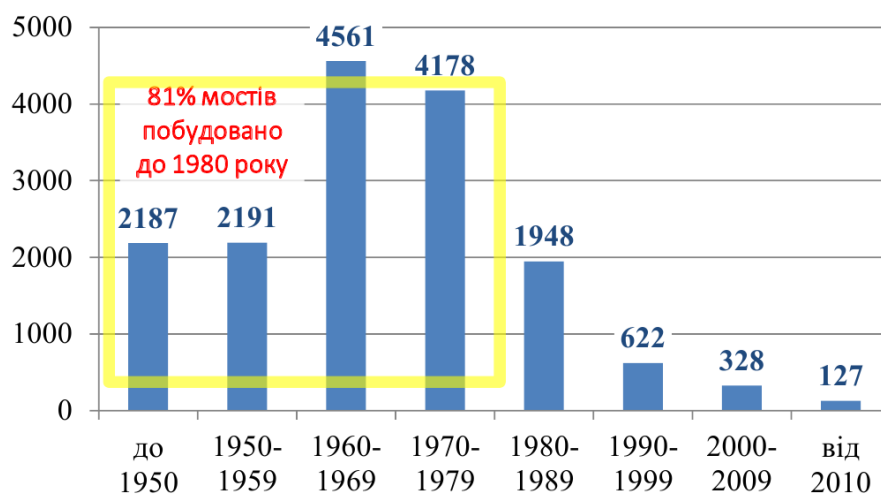


Рисунок 1 - Розподіл мостів за роками будівництва [3]

Загальна кількість автодорожніх мостів державного та місцевого значень в

Україні складає 16142 шт [3]. За довжиною мости в Україні поділяють на: малі - до 25 м, середні - від 25 м до 100 м та великі - понад 100 м [5].

Автомобільні дороги державного значення поділяються на міжнародні, національні, регіональні та територіальні [9]. Фінансування робіт, пов'язаних з будівництвом, реконструкцією, ремонтом і утриманням цих доріг здійснюється переважно з Державного бюджету України [10]. На дорогах державного значення знаходиться 5909 шт. мостів, що складає 36,6 % від загальної кількості (табл. 2). Загальна протяжність мостів при цьому сягає 194,62 пог.км – 50,4 % від загальної кількості мостів. Доля малих мостів (табл. 1) складає 3851 шт. - 65% від всіх мостів на дорогах державного значення [3].

Автомобільні дороги місцевого значення поділяються на обласні та районні [9]. Фінансування здійснюється переважно з обласних, міських, сільських та селищних бюджетів [10]. На цих дорогах знаходиться 10233 шт. мостів, що складає 63,4 % від загальної кількості мостів (табл. 2). Загальна протяжність мостів сягає 191,7 пог.км – 49,6 % від загальної кількості мостів. Доля малих мостів (табл. 1) складає 8329 шт. – 81 % від всіх мостів на дорогах місцевого значення [3].

Таблиця 1 - Розподіл мостів по довжині на дорогах України [3]

NN	Область	МОСТІВ , ШТ				МОСТІВ , ШТ				Найдов- ший міст, м
		Всього	в т.ч. при довжині:			Всього	в т.ч. при довжині:			
			до 25м	25-100м	більше 100 м		до 25м	25-100м	більше 100 м	
1	Автономна республіка Крим	198	138	53	7	151	100	49	2	153
2	Вінницька область	215	144	59	12	629	551	70	8	296
3	Волинська область	179	128	42	9	208	186	20	2	127
4	Дніпропетровська область	353	186	141	26	325	221	100	4	204
5	Донецька область	173	48	116	9	377	295	82		91
6	Житомирська область	180	103	70	7	370	271	92	7	229
7	Закарпатська область	396	304	73	19	902	807	85	10	389
8	Запорізька область	149	90	54	5	238	186	51	1	169
9	Івано-Франківська область	453	341	82	30	725	584	122	19	232
10	Київська область	222	120	76	26	277	202	68	7	310
11	Кіровоградська область	172	97	63	12	356	313	39	4	213
12	Луганська область	209	105	90	14	354	278	72	4	273
13	Львівська область	459	345	100	14	1 182	991	164	27	199
14	Миколаївська область	97	57	35	5	159	134	23	2	111
15	Одеська область	389	294	88	7	483	424	54	5	219
16	Полтавська область	113	52	46	15	458	287	144	27	265
17	Рівненська область	305	240	47	18	254	232	17	5	199
18	Сумська область	210	135	59	16	286	210	69	7	217
19	Тернопільська область	243	174	67	2	582	490	92		73
20	Харківська область	243	116	94	33	557	422	124	11	270
21	Херсонська область	54	18	22	14	45	28	10	7	155
22	Хмельницька область	232	171	58	3	326	282	43	1	106
23	Черкаська область	183	123	48	12	319	276	40	3	156
24	Чернівецька область	204	146	46	12	413	362	45	6	145
25	Чернігівська область	253	169	72	12	246	193	50	3	175
26	місто Севастополь	25	7	15	3	11	4	7		82
РАЗОМ:		5 909	3 851	1 716	342	10 233	8 329	1 732	172	
			65 %	29 %	6 %		81 %	17 %	2 %	

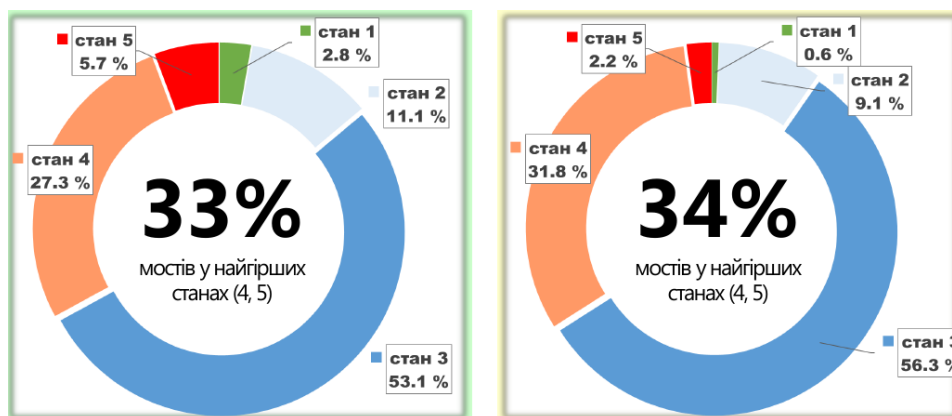
Таблиця 2 – Розподіл мостів за адміністративним значенням [3]

Адміністративн е значення	Кількість		Протяжність	
	шт.	%	пог.м	%
Державні:	5909	36.60	194 616.60	50.40
- міжнародні	1287	8.00	64 477.20	16.70
- національні	1048	6.50	34 896.43	9.00
- регіональні	1153	7.10	36 868.03	9.50
- територіальні	2421	15.00	58 374.94	15.10
Місцеві:	10233	63.40	191 677.58	49.60
- обласні	4 710	29.20	92 733.88	24.00
- районні	5 523	34.20	98 943.70	25.60
РАЗОМ:	16142		386 294.18	

Для оцінки технічного стану мостової споруди використовуються показники експлуатаційного стану елементів моста та формалізованої експертної оцінки споруди в цілому [6]. Класифікація експлуатаційних станів елементів наступна: стан 1 (справний), стан 2 (обмежено справний), стан 3 (працездатний), стан 4 (обмежено працездатний), стан 5 (непрацездатний).

В Україні з 2004 року Державним дорожнім науково-дослідним інститутом та Національним транспортним університетом було розпочато роботу над створенням «Аналітичної експертної системи управління мостами» – «АЕСУМ». Цей програмний комплекс допомагає структуровано зберігати інформацію про окремі мостові споруди, дозволяє оцінювати їх стан, прогнозувати залишковий ресурс, а також отримувати обґрунтування стратегій ремонтів і реконструкції мостів в умовах обмеженого фінансування [4].

На середину 2022 р. в АЕСУМ наявна детальна інформація щодо технічного стану 5969 шт. мостів на дорогах загального користування [3]. Понад 33% з обстежених мостів на всіх дорогах загального користування знаходяться у 4-му та 5-му експлуатаційних станах (рис. 2), що вимагає постійного нагляду за спорудами, обмеження руху транспортних засобів за вагою, швидкістю, габаритними параметрами, вживання тимчасових заходів для запобігання аварії та термінового вирішення питання про реконструкцію споруди або ж про її закриття. Залишковий ресурс 7,9 % з цих споруд майже вичерпано.



а)

б)

Рисунок 2 - Експлуатаційний стан мостів [3] на дорогах:

а) державного значення; б) місцевого значення

Через збройну агресію російської федерації в Україні було зруйновано 346 мостів, з них 157 на дорогах державного значення [2]. Це статистика тільки по території, що підконтрольна Україні.

За інформацією Служби відновлення та розвитку інфраструктури Харківської області та ДП «Дороги Харківщини» в результаті збройної агресії в регіоні було повністю зруйновано або пошкоджено 27 мостів та шляхопроводів і 2 мостові споруди. Роботи по відновленню ведуться на 19 спорудах, а на трьох роботи вже завершено [8].

Швидко побудувати капітальний міст неможливо і потреба у використанні тимчасових збірно-розбірних мостів значно зростає. Нажаль, в Україні немає власного виробництва таких конструкцій. Тимчасові мости, що зберіглися на складах з радянських часів, наприклад, комплекти САРМ [1], мають вантажопідйомність до 60т та могли б дуже допомогти у перетині перешкод та в наявності їх не багато і вони самі теж потребують відновлення (рис. 3, 4).



Рисунок 3 - Стан комплекту САРМ, що зберігався на складі



Рисунок 4 - Збірно-розбірний міст САРМ, який після відновлення встановлено у Харківській області

Від країн Західної Європи для відбудови необхідних для України переправ, що пошкоджені в результаті бойових дій, стихійних лих та від інших впливів було передано кілька комплектів збірно-розбірних мостів. Ці мости мають можливості для застосування при різних габаритах проїзної частини, довжині прогонових будов, вантажопідйомності тощо.

Поміч надійшла з Чехії, Франції, Швеції, Норвегії, Німеччини, США ті від інших держав. Серед наданих конструкцій є збірно-розбірні мости Acrow/Bailey

(рис. 5, 6), Bailey Bridge (рис. 7, 8), Mabey Bridge (рис. 9), чеські комплекти важких мостів TMS - Těžka mostova souprava (рис. 10), понтонні секції (рис. 11) та катери, які можна використовувати у якості понтонів, мости UNIBRIDGE® компанії Matiere (рис. 12, 13), німецькі мостові машини Viber на базі шасі танку Leopard 1 для потреб ЗСУ (рис. 14). Також застосовувалися тимчасові автодорожні мости індивідуального проектування з двотаврових пакетів (рис. 15) та механізовані мости ТММ-3 (рис. 16).

На середину 2023 р. для відновлення транспортного сполучення в Україні було зведено, в тому числі з використанням переданих комплектів мостів, 85 тимчасових переправ [2], по Харківській області - 25 переправ [8].



Рисунок 5 - Збірно-розбірний міст Acrow/Bailey, який встановлено у Львівській області



Рисунок 6 - 120-метровий збірно-розбірний міст Acrow/Bailey, який влаштовано у Чернівецькій області



Рисунок 7 - Збірно-розбірний міст Bailey Bridge, який влаштовано у

Харківській області



Рисунок 8 - Двоповерховий модульний міст, який передано з Франції та встановлено на Чернігівщині



Рисунок 9 - Найбільший модульний міст в Україні Mabey Bridge, який влаштовано у Закарпатті



Рисунок 10 - Чеський міст TMS (Těžka mostova souprava), який встановлено у Харківській області



Рисунок 11 - Понтонний міст, що влаштовано у Харківській області



Рисунок 12 - Модульний міст UNIBRIDGE® виробництва компанії Matiere (Франція) на стадії монтажу



Рисунок 13 - Модульний міст UNIBRIDGE® виробництва компанії Matiere, який збудовано в Чернігівській області



Рисунок 14 - Німецькі мостоукладальні машини Viber на базі танку Leopard 1, що надано для потреб ЗСУ

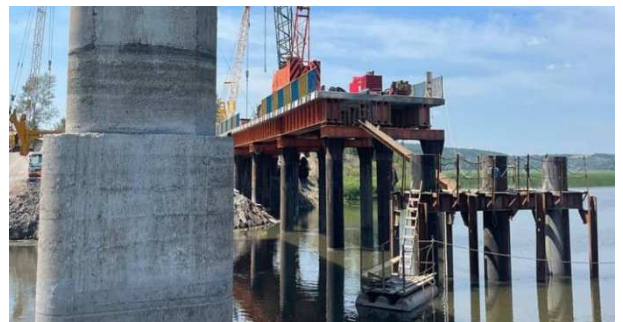


Рисунок 15 - Тимчасовий міст індивідуального проектування, який влаштовано у Харківській області



Рисунок 16 – Важкий механізований міст ТММ-3, який встановлено на автомобільній дорозі Р-69 між м. Чернігів та м. Київ.

Мостове господарство України дуже довго перебувало без належного фінансування та без уваги фахівців і тепер знаходиться у дуже незадовільному стані. Для відновлення пошкоджених та зруйнованих споруд необхідно вкладати суттєві для бюджету держави та місцевих громад кошти.

Застосування тимчасових модульних, збірно-розбірних мостів має важливе значення для швидкої ліквідації наслідків аварій, терактів, стихійних лих чи як допоміжна споруда при будівництві капітальних мостів. Існує багато різновидів тимчасових мостів, проте в Україні виробництва таких конструкцій немає, вартість закупівлі у закордонних підприємств дуже велика. Постає необхідність у розробці вітчизняних збірно-розбірних мостів, які б можна було виготовляти в Україні з місцевого металу та інших матеріалів. Можливим варіантом також є вдосконалення рішень по існуючим мостам-аналогам із забезпеченням пропуску сучасних важких тимчасових навантажень, як цивільних, так і воєнних.

Перелік посилань

1. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Бугаєвський С.О. та ін. Вісник ХНАДУ. 2023. № 100. С. 80–97. URL: <https://doi.org/10.30977/bul.2219-5548.2023.100.0.80> (дата звернення: 08.09.2023).
2. Агентство відновлення продовжує активно відбудовувати мости в Україні. Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. URL: <https://restoration.gov.ua/press/news/55516.html> (дата звернення: 12.09.2023).
3. Боднар Л.П. Аналітична експертна система управління мостами АЕСУМ - інструмент для стратегічного управління експлуатацією мостів. Матеріали Всеукраїнської науково-практичного онлайн-форуму «Місцеві дороги: новачки, нормативна база та практичні кейси» (Київ, 28 липня 2022 р.). Київ: ДП «ДерждорНДІ ім. М.П. Шульгіна», 2022.
4. Боднар Л. П., Канін О.П., Панібратець Л.Г. Програмний комплекс АЕСУМ: досвід впровадження, сучасний стан та напрями подальшого розвитку. Вестник ХНАДУ. 2012. № 58. С. 20–23.
5. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проєктування.
6. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів.
7. Лучко Й.Й, Распопов О.С. Будова та експлуатація штучних споруд : Підручник. Львів : Каменяр, 2011. 879 с.
8. На Харківщині продовжують відновлювати пошкоджені окупантами дороги та мости. Харківська обласна військова адміністрація. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/news/122114> (дата звернення: 28.11.2023).
9. Про автомобільні дороги : Закон України від 08.09.2005 р. № 2862-IV : станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text> (дата звернення: 11.09.2023).
10. Про джерела фінансування дорожнього господарства України : Закон України від 18.09.1991 р. № 1562-XII : станом на 6 трав. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1562-12#Text> (дата звернення: 11.09.2023).

ТЕМПЕРАТУРНІ ГРАДІЄНТИ В МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ ЗА НОРМАМИ РІЗНИХ КРАЇН

Лукін Д.О., аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Дорожньо-будівельний сектор і стан мостових споруд має стратегічне значення для України. Беручи до уваги зміни клімату і як наслідок збільшення температурних впливів на мостові конструкції важливим є удосконалення урахування впливу температурного середовища на елементи конструкції мостів. В цій статті розглядаються температурні впливи в будівельних стандартах різних країн, беручи до уваги їх клімат, для того щоб порівняти з відповідними будівельними нормами України, з метою впровадження досвіду інших країн та удосконалення підходу врахування і прогнозування впливів і навантажень спричинених температурою оточуючого середовища та її перепадами.

В практиці проектування мостів, зазвичай, температурні навантаження прийнято розподіляти на дві частини:

1. складову рівномірно розподіленої температури, за допомогою якої визначають лінійні переміщення конструкції;

2. складову вертикального температурного перепаду (або температурного градієнту), що виникає через нерівномірне нагрівання прогонової будови мосту і викликає внутрішні напруження в елементах мосту та їх деформації.

Далі розглянемо будівельні стандарти деяких країн, в яких нормується визначення температурного градієнту в мостових конструкціях.

Євросоюз. На території Євросоюзу впливи на конструкції нормуються комплектом гармонізованих європейських стандартів для розрахунку несучих конструкцій будівельних споруд, а саме Eurocode. Температурні впливи нормуються Eurocode EN 1991-1-5 [1]. Через свої географічні особливості, температурні впливи в залежності від клімату конкретної країни можуть бути нормовані і уточнені національним додатком до Eurocode.

Територія Європи значна і знаходиться одразу в декількох кліматичних поясах: від арктичного та субарктичного на півночі, до субтропічного на півдні. Але переважаюча частина Європи знаходиться в помірному кліматичному поясі. Через це, значення максимальних і мінімальних температур, які є в країнах Євросоюзу, значно варіюються. Так мінімальна температура в тіні коливається від нижчої за -50°C в Фінляндії до 0°C в Португалії, а максимальна температура в тіні змінюється від $+24^{\circ}\text{C}$ на Оркнейських островах в Шотландії, до $+46^{\circ}\text{C}$ в Болгарії [2].

При визначенні температурного градієнту стандарт [1] пропонує два підходи: лінійний і нелінійний. Зупинимося на останньому. Температурний градієнт залежить від виду конструкції (а точніше матеріалу конструкції), яких виділяється три: метал, бетон і складена конструкція. Так, для конкретного типу конструкції можна визначити перепад температури по висоті для двох

випадків: нагрівання і охолодження.

Велика Британія. Клімат Великої Британії відноситься до помірного морського, що характеризується теплим літом і не дуже холодною зимою але великою кількістю опадів протягом всього року. Південь країни, як правило, тепліший, ніж північ, і там більш сухо. Основними факторами, що впливають на клімат, тут є близькість до Атлантичного океану і течія Гольфстрім. Максимальна температура повітря $+37^{\circ}\text{C}$ в Лондоні, Англія, а мінімальна -24°C в Інвернессі, Шотландія [4].

Вплив температури на мостові конструкції нормується стандартом BS 5400-2:1978 [4], який як і Eurocode розділяє вплив температури на дві складові: зміну рівномірно розподіленої температури конструкції і температурний градієнт. Стандарт [4] поділяє типи конструкції, для визначення температурного градієнту, на чотири групи: металева плита проїзної частини на металевих балках коробчастого перерізу; металева плита проїзної частини на металевих фермах, або плитних балках; залізобетонна плита на металевих балках; залізобетонна плита на залізобетонних балках. Значення ж температури по висоті перерізу нормується для кожного з цих типів конструкції.

США. Територія США розташована майже у всіх кліматичних поясах: від субарктичного на Алясці до тропічного на Гаваях, проте більша частина знаходиться в зоні помірного континентального клімату. Території на заході країни з пустелями і напівпустелями відрізняються сухою погодою і малою кількістю опадів. Схід країни характеризується підвищеною вологістю. Температура коливається від мінімальної $-60^{\circ}\text{F} = -51,11^{\circ}\text{C}$ на Алясці, до максимальної $+130^{\circ}\text{F} = +54,44^{\circ}\text{C}$ в Каліфорнії [5].

Вплив температури на елементи мостових конструкцій нормується стандартом AASHTO LRFD Bridge Design Specifications [5]. В ньому ж приводяться карти максимальних і мінімальних температур для проектування мостів (окремо металевих і залізобетонних).

При визначенні температурного градієнта територія США умовно розділюється на чотири кліматичні зони за температурою і величиною температурної зміни по висоті перерізу, визначається виходячи з розміщення мосту, матеріалу його конструкцій і конструктивних особливостей.

Австралія. Більша частина Австралії простягається у тропічному поясі, тому клімат теплий, а середньомісячна температура повітря тут не опускається нижче 10°C . Морози бувають лише в гірській місцевості. Над більшістю рівнинної частини Австралії панує сухе тропічне повітря, опади на східному узбережжі спричинені південно-східними пасатами, а опади у північній частині материка спричинені сезонним пануванням вологого екваторіального повітря.

Температурні впливи нормуються стандартом AS 5100.2:2017 [6]. Так згідно з ним територія Австралії поділяється на три регіони: перший – північніше $22,5$ південної широти, південніше $22,5$ південної широти та Тасманія. Максимальна температура дорівнює $+46^{\circ}\text{C}$, а мінімальна -10°C .

Для визначення температурного перепаду або градієнту, на відміну від інших норм використовуються функції, в залежності від типу конструкції і

матеріалу. Так основна частина температурного профілю для прогонових будов з залізобетону будується за допомогою залежності:

$$T(y) = T \left(1 - \frac{y}{1200}\right)^5$$

А для прогонових будов з металу:

$$T(y) = (T + 5) \left(1 - \frac{y}{1200}\right)^5$$

При аналізі температурного градієнту металевих прогонових будов можна знайти спільні риси з Американським стандартом AASHTO LRFD Bridge Design Specifications [5], який використовував досвід Австралійських колег при розробці власного стандарту.

Індія. Клімат Індії є тропічним мусонним. Територія Індії простягається у субекваторіальному кліматичному поясі, а регіон Джамму і Кашмір належить до субтропічного високогірного поясу. Коливання температури повітря продовж року переважно незначні, зима не набагато холодніша за літо.

Вплив температури на мости нормуються стандартом IRC:6-2017 [7]. Максимальні і мінімальні температури тут приведені в додатку F [7], керуючись яким можна зазначити, що найбільша температура нормується в Сідхі +52,3°C, а мінімальна в Срінагарі -20,0°C. При цьому, як і в інших стандартах температурний вплив поділяється на дві складові: загальна температура мосту і різниця температур в конструкції.

Температурний перепад нормується для двох випадків: зростання температури повітря (нагрівання мосту) і падіння температури повітря (охолодження мосту). При цьому значення і вигляд температурного градієнту буде різним для залізобетонних прогонових будов і прогонових будов з металу чи сталезалізобетонних.

Україна. Переважна частина території України простягається в помірному кліматичному поясі в області помірно континентального клімату, лише частина південного берега Криму знаходиться в субтропічному поясі. Також, через протяжність території, основні кліматичні показники (температура повітря і кількість опадів) помітно відрізняються в різних частинах країни. Через перепад висот в Українських Карпатах і Кримських горах утворилися свої кліматичні особливості: кількість опадів збільшується, а середньомісячні температури зменшуються.

Кліматичні умови, що впливають на споруди тут нормуються стандартом ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [8]. Територія України, згідно якому, поділяється на п'ять районів з різними кліматичними характеристиками. Температура повітря забезпеченістю 0,98 коливається взимку: від -32°C в Чернігівській області до -10°C в Ялті, та влітку: від +31°C в Ялті до +20°C Плай, Закарпатська область.

Вплив температури на мостові конструкції нормується ДБН В.1.2-15:2009 [9], згідно якому визначаються характеристичні значення найбільшої і

найменшої температур споруди, що дозволяють визначити лінійні поздовжні деформації.

В ДБН В.2.3-14:2006 [10], який був замінений [9] в частині навантажень і впливів на мости, написано що середню по перерізу нормативну температуру елементів або їхніх частин припускається приймати рівною (з невеликими уточненнями для металевих мостів) і те, що температуру елементів зі складним поперечним перерізом слід визначати як середньозважену за температурою окремих елементів (стінок, полиць та ін.). А в ДБН В.1.2-15:2009 [9] сказано, що колір фарбування конструкцій при розрахунках температур не береться до уваги. Таким чином видно, що температурний градієнт тут ніяк ненормований.

З 2014 року в дію вступає також ДСТУ-Н Б EN 1991-1-5:2012 [3], що є фактично перекладом Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-5 [1] і зміна №1 до нього, яка вносить уточнення дозволені національним додатком до Єврокоду. Ці зміни представляють собою температури повітря і карту районування території України запозичену з [8] та характеристичні температури мосту запозичену з [9]. В частині температурного градієнту стандарт такий самий, як і відповідний Єврокод [1].

При порівнянні температурних впливів і навантажень на мостові конструкції найважливішим фактором є кліматичні умови регіону, де знаходиться міст. Так, температура повітря по будівельним нормам України в цілому холодніша за температуру повітря в розглянутих країнах. Якщо порівнювати регіони з помірним кліматом, який притаманний більшій частині України, можна зробити висновок, що літо тут холодніше, як і зима.

Розглянемо температурні градієнти по кожному з цих стандартів. Для порівняння побудуємо графік зміни температури для перерізу залізобетонної балки з монолітною плитою. В якості балки візьмемо поширену на існуючих мостах України балку Т-подібного перерізу по ВТП-16 висотою 750 мм і довжиною 11,36 м. На балці влаштована монолітна залізобетонна плита товщиною 140 мм і двошарове дорожнє покриття товщиною 110 мм згідно [11]. Результати визначення температурного градієнту приведено на рис. 1.

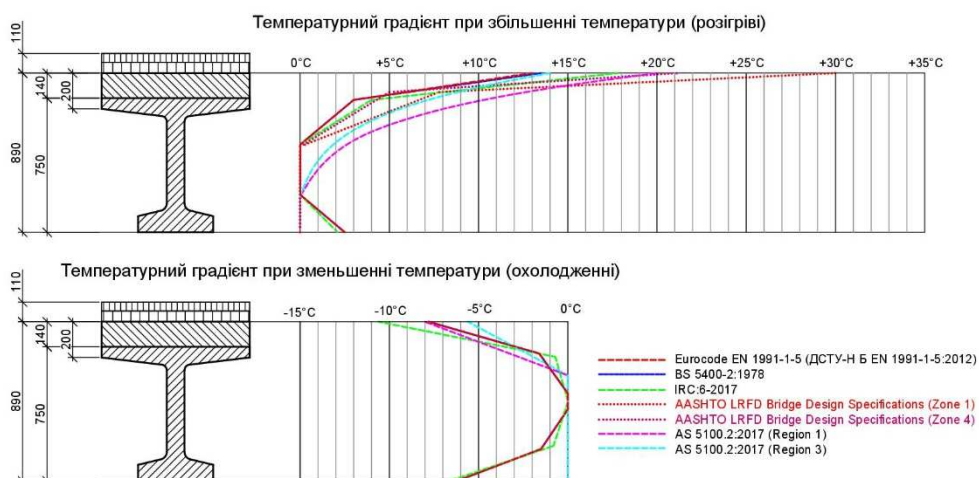


Рисунок 1 – Температурні градієнти за нормами різних країн

Таким чином бачимо, що найбільший перепад температури нормований стандартами США, навіть не зважаючи на те що помірний клімат найпоширеніший на території цієї країни (на рисунку приведені градієнти для зони 1 та 4, як максимальної і мінімальної за перепадом температури). Що стосується температурного градієнта при зменшенні температури то тут він в цілому подібний в різних стандартах (там де нормується). Температурний градієнт по Єврокоду і Британським нормам майже у всьому однаковий, що мабуть не зовсім доречно для країн Євросоюзу, що знаходяться в субарктичному або субтропічному кліматичному поясі, таких як Норвегія, Португалія, або Україна яка віддалена від океану і має більш холодний клімат. Тож можна припустити, що відповідність температурних градієнтів наданих в ДСТУ-Н Б EN 1991-1-5:2012 [3] підлягають вивченню і аналізу для відповідності кліматичним умовам України.

Перелік посилань

1. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-5: General actions – Thermal actions – Brussels: European committee for standardization. 2003
2. Athanasopoulou, Adamantia, et al. Thermal design of structures and the changing climate. Publications Office of the European Union, 2020.
3. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-5:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5. Загальні дії. Теплові дії (EN 1991-1-5:2003, IDT). Зміна № 1– Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 59 с.
4. BRITISH STANDARD BS 5400-2:1978 Steel, concrete and composite bridges — Part 2: Specification for loads
5. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 5th ed. (2010), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, D.C.
6. Australian Standard AS 5100.2:2017 Bridge design. Part 2: Design loads (2017)
7. STANDARD SPECIFICATIONS AND CODE OF PRACTICE FOR ROAD BRIDGES IRC:6-2017 SECTION : II LOADS AND LOAD COMBINATIONS (SEVENTH REVISION) (2017), Indian Roads Congress
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія– Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. – 127 с.
9. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Навантаження та впливи. Мости та труби – Київ: Мінрегіонбуд України. 2009. – 83 с.
10. ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування . – Київ: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства. 2006. – 217 с.

ЗАСТОСУВАННЯ АРМОВАНИХ ГРУНТОВИХ ОБОЙМ ПРИ БУДІВНИЦТВІ НАСИПІВ НАВКОЛО ГОФРОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ

Юдін В.О., аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Представлений один з перспективних варіантів застосування армогрунтової обойми при будівництві металевих гофрованих водопропускних труб (МГК).

В Україні будівництво металевих гофрованих водопропускних труб (МГК) ведеться вже протягом 30 років. Але розвиток та удосконалення таких конструкцій та супутніх технологій часто носить інноваційний характер, потребує індивідуальних проектних та технологічних рішень. Світовий досвід вказує на затребуваність в інженерних розробках, пов'язаних з застосуванням МГК у транспортному будівництві. При цьому розширюється напрями з створення надійних, конструкційно безпечних та довговічних штучних споруд з металевих гофрованих елементів.

Можемо відмітити, що досі існує небагато власних вітчизняних досліджень щодо комбінованого використання МГТ із різними геосинтетичними матеріалами, зокрема з високоміцними тканими геотекстилями. З застосуванням таких матеріалів виконуються так звані армовані ґрунтові обойми, які вже зарекомендували себе в деяких країнах як ефективні. Подібні технологічні рішення використовують при зведенні насипів на слабких основах, при високих насипах, а також при зведенні металевих гофрованих труб великого діаметра.

Армована ґрунтова обойма – це інженерна конструкція, яка являє собою систему, що включає ґрунтову масу, укріплену або підтримувану з використанням різних геосинтетичних матеріалів. Сам принцип армування ґрунтів відомий ще у 4-5 тисячолітті до нашої ери, проте офіційно визнаний світовою спільнотою лише у 1965 році, коли французький інженер Видадь розробив патент і ввів поняття армований ґрунт (патент E02 d 27/28 199790 1964 р) [1]. Тепер такий термін та сам матеріал визнаються у всьому світі, а конструкції з застосуванням подібних технологій поширюються та удосконалюються. Паралельно з тим розвиваються та уточнюються методи розрахунків вказаних систем [2-4]. Можна відзначити, що на багатьох сучасних дорожньо-будівельних об'єктах геосинтетичні матеріали застосовуються, як армуючи прошарки земляного полотна та як елементи армування шарів дорожнього одягу.

Однак будівництво металевих гофрованих труб великого діаметра ведеться без використання армованого ґрунту. Армування ґрунтового масиву при зведенні насипів навколо МГТ дозволить збільшити довговічність конструкції, перетворивши штучну споруду з МГТ на тверде тіло. У зв'язку з тим, що МГТ працює виключно з ґрунтом, потужність та стійкість відсипання впливає на

Пропонується розглянути варіант армування насипу навколо МГТ на прикладі будівництва шляхопроводу тунельного типу під залізничними шляхами, з армуванням насипу високоміцними геосинтетиками. На рис.1 показано фрагмент креслення з проекту основного технічного рішення, а саме армогрунтову обійму навколо СМГК P8357S6950 $t=7\text{mm}$.

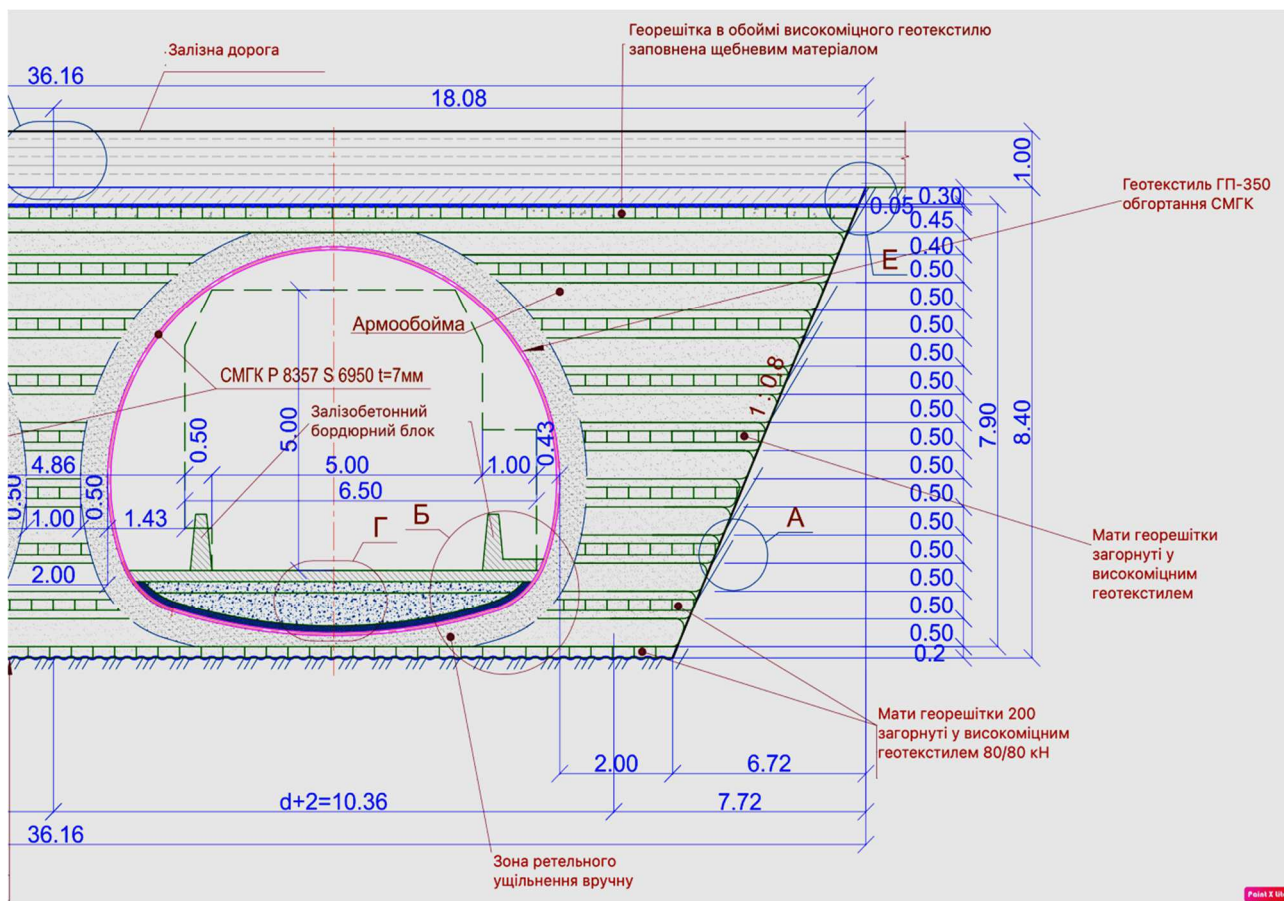


Рисунок 1 - Армогрунтова обойма навколо СМГК

Навколо збірної металевої гофрованої конструкції, що будується, передбачена армована ґрунтова обойма, з використанням високоміцного геотекстилю міцністю 80/80 кН. Крок відсипання шарів насипу при зведенні даної обойми складає 50 см, що дає можливість для постійного контролю над споруджуваною конструкцією. Відсипання може вестися одночасно з двох боків СМГК або пошарово з кожного боку, що не дасть одній зі сторін насипу піднятися вище і створити зайвий тиск на СМГК. Навколо труби передбачений шар геотекстилю для захисту цинкового покриття конструкції від матеріалу відсипки (в даному конкретному випадку це пісок). Висота насипу над СМГК є відносно невеликою (2,15 м), що мало, так як навантаження, що передаються від залізничного полотна можуть негативно позначитися на конструкції. Тому рішення про застосування армованого ґрунту навколо насипу було виправдано, а також підтверджено розрахунками.

Висновки. Світовий та власний досвід будівництва насипів навколо металевих гофрованих труб із застосуванням армованих ґрунтових обойм показує актуальність таких рішень. Вони дозволяють виключити ризики нерівномірного відсіпання та впливу людського фактору при будівництві МГТ, що впливає на підвищення якості та довговічності споруд.

Перелік посилань

1. Vidal H. The Principal of Reinforced Earth // Highway Research. 1969. №282. Pp. 1-16.
2. Усиченко О.Ю. Барабанова Т.Г Аналіз існуючих методів розрахунків армування основ дорожніх конструкцій //Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2010, Вип. 78 , с. 30-43
3. Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві: ВБН В.2.3-218-544:2008 – К. Державна служба автомобільних доріг (Укравтодор), 2008. – С. 11-19.
4. Юдін В. Актуальність застосування металевих гофрованих конструкцій при будівництві та ремонті транспортних споруд на дорогах України. *І Міжнародна науково-практична конференція імені П.М. Ковалю «Актуальні питання мостового господарства та шляхи його покращення», м. Запоріжжя, 15 – 17 вересня 2021р.*

СУЧАСНІ МОНОЛІТНІ ПОСТ-НАПРУЖЕНІ ПЛИТНІ КОНСТРУКЦІЇ

Назаренко І.В., аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

У світовій історії саме монолітний бетон є початківцем серед будівельних матеріалів. Ще в 1908 р. знаменитий винахідник Т.А. Едісон запатентував метод зведення будинків з монолітного бетону. В сучасному світі широкого застосування набуває технологія зведення попередньо напружених монолітних конструкцій. Головні переваги попередньо напружених конструкцій порівняно із застосуванням традиційних рішень – підвищена надійність та довговічність споруди. Це можливо завдяки усуненню або обмеженню ширини тріщин у бетоні, зменшенню прогину плити, великій стійкості до дії вертикальних навантажень, надійного захисту арматури від корозії.

Пост-напруження – це спосіб попередньої напруги з натягом на бетон в будівельних умовах, який полягає в тому, що арматура, що напружується, натягується механічним способом після бетонування і набору бетоном достатньої міцності. Переднапружені сталеві канати усередині пластикових труб розміщуються в опалубці до укладання бетону. Після того, як бетон набере міцність, але до застосування постійних навантажень, сталеві канати натягуються і закріплюються на зовнішніх краях бетону. Розкладка системи пост-напруження здійснюється за заданою проектом траєкторією, яка описує епюру моментів конструкції.

У світовій практиці пост-напруження широко застосовується при будівництві мостів [1]. Ця технологія дозволяє виконати навіть дуже важкі геометричні вимоги, включаючи складні криві, змінні віражі та значні зміни ухилу, а також відкриває можливості для збільшення завантаження та довжини прольоту.

В Україні технологія пост-напруження вперше була застосована в 2010 р. при будівництві компанією EUROCON нового комплексу Посольства США в Києві, а саме при зведенні монолітної залізобетонної будівлі гаража (рис. 1) [2].



Рисунок 1 – Будівля гаража Посольства США в Києві

На дорогах України ми теж маємо приклади застосування монолітних пост-напружених конструкцій. А саме: шляхопровід на пересіченні а/доріг державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський та Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка при реконструкції а/дороги державного значення Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка (рис. 2, а), естакада-підкова на перетині автомобільних доріг державного значення загального користування М-03 Київ-Харків та Р-11 Полтава – Красноград (рис. 2, б), шляхопровід на а/дорозі міжнародного значення Київ-Чоп (рис. 3) та ін.



Рисунок 2 – Шляхопровід (а) та естакада-підкова (б) Полтавська область



Рисунок 3 – Шляхопровід на а/дорозі міжнародного значення Київ-Чоп.

У попередній напрузі сталевий арматури на бетон прийнято дві схеми:

- зі зчепленням пост-напруженого армування з бетоном;
- без зчеплення із бетоном.

Схема "без зчеплення з бетоном" широко застосовується при будівництві жилих будинків та загалом в цивільному будівництві. Технологія пост-напруження зі зчепленням бетону з арматурою довела свою ефективність при зведенні масивних балкових конструкцій та плитних мостових прольотів.

Незважаючи на високу технологічність та технічну досконалість, обладнання для пост-напруження просте в експлуатації на всіх етапах: складання, проштовхування, напруження і, врешті, ін'єктування. Крім того розроблено стандартний комплект конструкційних елементів для пост-напруги, в якому номенклатура елементів є надзвичайно універсальною, що дозволяє виконання практично будь-якого технічного завдання.

Обладнання та елементи для пост-напруження пропонує велика кількість міжнародних компаній: DYWIDEG (Німеччина), GTI General Technologies

(США), REGBAR CONSTRUCTION (Туреччина), Tendom Systems (США), Williams Form Engineering (Великобританія), Eurocon (Естонія). Деякі з них представлені і в Україні.

Розглянемо технологію та обладнання для пост-напруження на прикладі системи DYWIDAG. Завдяки винятковій надійності та видатним експлуатаційним характеристикам системи DYWIDAG для пост-напруження залізобетонних конструкцій отримали світове визнання. Їх використовують у всіх сферах, де передбачене застосування натягу арматури «на бетон».

Системи пост-напруження DYWIDAG відповідають вимогам всіх міжнародних специфікацій та рекомендацій (ASTM, AASHTO, BS, Eurocode, DIN, Austrian Code, SIA, FIP, fib, EOTA, тощо) [3].

Технологія виготовлення пост-напруженої конструкції виконується в наступній послідовності:

1. В підготовлену опалубку монтуються арматурні стержні та каналоутворювачі.
2. Проводиться бетонування конструкції (використовуваний бетон повинен відповідати необхідному проектному класу міцності).
3. Після достатньої набору міцності бетону в підготовлені каналоутворювачі проштовхуються металеві канати.
4. Після проштовхування канати з'єднуються в пучок за допомогою анкера.
5. Відбувається напруження кожного канату до проектного значення за допомогою гідравлічних домкратів та насосних станцій.
6. Простір, що залишився всередині каналоутворювача заповнюють бетонною сумішшю методом ін'єктування.

Каналоутворювачі бувають трьох типів: металеві, круглі з та плоскі поліетилену/поліпропілену (ПЕ/ПП) (рис. 4). DYWIDAG виготовляє прямолінійні ПЕ/ПП каналоутворювачі всіх типорозмірів довжиною до 24 м. Найбільш зручна для транспортування довжина становить 12 м, проте у бухтах можна транспортувати і більші довжини каналоутворювачів всіх розмірів, крім діаметру 130 мм.

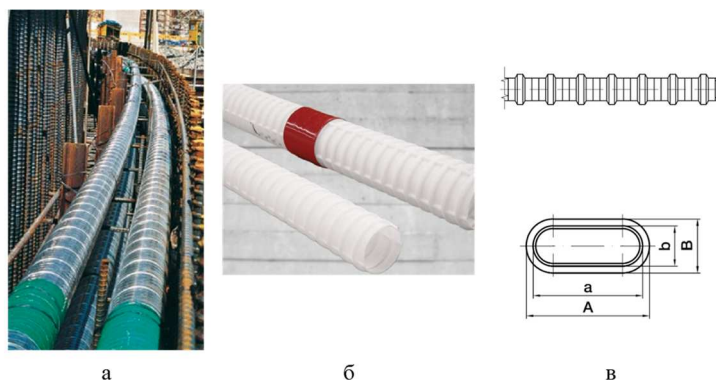


Рисунок 4 – Види каналоутворювачів: а) круглий металевий; б) круглий пластиковий; в) плоский пластиковий

Канати виготовляються із семи окремих холоднокатаних дротів: 6 спірально накручених зовнішніх дротів навколо одного центрального.

Компанією DYWIDAG були розроблені три методи влаштування канатів в каналоутворювачах, такі як: прошовхування, протягування, використання пучків попереднього збирання [3]. Вибір методу залежить від технологічних обмежень на будівельному майданчику.

Анкерування пучків в каналоутворювачах відбувається за рахунок застосування різних типів анкерів, кожен з яких розроблений під конкретні цілі.

Досягнення проектного рівня напруження виконується при застосуванні гідравлічних домкратів та насосних станцій (рис. 5, 6). Необхідна універсальність досягається за рахунок змінних елементів, які роблять один комплект обладнання придатним до використання з різною кількістю канатів у пучку. Обладнання DYWIDAG створене для забезпечення широкої сфери застосування при величині зусилля натягу від 250 кН до 15000 кН [3].



Рисунок 5 – Домкрат для напруження канатів



Рисунок 6 – Насосні станції

Надійність та довговічність пост-напружених конструкції залежить, головним чином, від правильного ін'єктування каналоутворювачів. Затверділий цементний розчин забезпечує зв'язок між бетоном конструкції та канатним пучком, а також первинний довготривалий захист від корозії для попередньо напруженої арматури. Роботи по ін'єктуванню у DYWIDAG базуються на застосуванні тиксотропного, сильно пластифікованого розчину з використанням відповідного обладнання (рис. 7).

Переваги системи пост-напруги порівняно з іншими технологіями (наприклад, порівняно з використанням металоконструкцій, ненапруженого залізобетону, збірних конструкцій заводського виготовлення):

- збільшується стійкість до дії вертикальних навантажень, а відповідно і довговічність конструкції;
 - зменшується або усувається поява тріщин при усадці, тому потрібно влаштовувати менше робочих швів;
 - тріщини, що виникають, не збільшуються;
 - прискорюється процес формування перекриттів. Це стає можливим завдяки використанню стандартних конструкційних елементів для пост напруги, мінімальної завантаженості конструкції арматурою, використанню бетону високої міцності та швидкому зняттю опалубки після завершення пост напруги;
 - скорочуються витрати пов'язані із формуванням та обслуговуванням оболонкових конструкцій, необхідних при створенні великих прольотів у традиційному армуванні;
 - підвищується гнучкість об'ємно-планувальних рішень. універсальність конфігурації приміщень;
 - підвищуються естетичні якості конструкцій;
 - скорочується витрата бетону та сталі;
- знижуються сумарні витрати на будівництво.



Рисунок 7 – Обладнання для ін'єктування (замішування та нагнітання розчину)

Складання і монтаж напружених елементів може проводитись лише кваліфікованими підприємствами, що мають відповідне обладнання і досвід роботи із влаштування систем напруження. Призначений підприємством виконавець робіт на будівельному майданчику повинен бути сертифікованим власником ЕТА і мати відповідне посвідчення, що він пройшов навчання у власника ЕТА, отримав фахові знання, має необхідну компетентність та досвід роботи із системами напруження. На будівельному майданчику повинні враховуватись діючі національні норми та правила.

Перелік посилань

1. PTI, "Post-Tensioning Manual, 6th Edition," Post-Tensioning Institute, Phoenix, AZ, 2006.
2. <http://eurocon.com.ua/ua/services/modern-technology.html>
3. DYWIDAG Bonded Post-Tensioning Systems using Strands.

ТЕХНОЛОГІЇ ДЕМОНТАЖУ МОСТІВ

*Чумакова А.Д., аспірант
Рябовол О.О., магістрант*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

В даний час демонтаж мостів на автомобільних дорогах державного та місцевого значення є дуже затребуваним заходом, що в першу чергу пояснюється аварійним станом багатьох мостів, які були зведені ще в часи Радянського Союзу, а також військовими діями Російської Федерації на території України. Безумовно, демонтажні роботи на мосту, що зруйнований, слід здійснювати негайно, оскільки продовження його експлуатації може мати серйозні наслідки для людей, якщо раптом він почне обриватися остаточно.

Аварії та руйнування мостів останнім часом стали звичайним явищем. Основні причини та закономірності виникнення аварій та руйнування мостів [1]:

- аварії та руйнування мостів відбувалися в минулі години, мають місце в даний час і швидше за все відбуватимуться у майбутньому;
- аварії та руйнування мостів відбуваються у всіх куточках земної шару, у всіх країнах, незалежно від їх економічного стану; при цьому наявність великої кількості мостів може бути причиною більшої кількості їх аварій та руйнувань;
- погіршення економічного стану та кризи зазвичай призводять до зростання кількості аварій та руйнувань мостів;
- реальних причин для зниження кількості аварій і руйнувань мостів в найближчу годину не передбачається, причому руйнуванню піддаватимуться переважно мости, які тривалу годину знаходяться в експлуатації;
- систематизація інформації про аварії та руйнування мостів, вивчення причин їх появи, доведення цієї інформації до фахівців, які займаються проектуванням, будівництвом та експлуатацією мостів, дозволити зменшити кількість аварій та знизити масштаб їх наслідків;
- вивчення причин настання аварійних ситуацій та руйнування мостів, а також способів їх запобігання під час підготовки інженерних та наукових кадрів для галузі транспортного будівництва дозволити знизити інтенсивність частотності таких подій.

Залежно від виду мосту, що підлягає демонтажу, вибирається і тип демонтажу, кожен із яких має індивідуальні особливості реалізації. Демонтаж мосту може проводитись за допомогою механічних, технічних та вибухових засобів. Тип робіт із демонтажу залежить від численних факторів:

- розмірні показники моста;
- матеріал, з якого він побудований;
- тип конструкції;
- особливості його мостового полотна.

Крім цього, на вибір варіанту демонтажу впливає:

- фізичний стан мосту;

- його фактичне місцезнаходження (будується міст через водну перешкоду або розташований на автомагістралі);
- наявність об'їзних доріг поряд з можливістю під'їзду до мостового переходу важкої техніки.

Демонтаж конструкцій мостів може здійснюватись різними способами:

- розбирання на риштуваннях;
- демонтаж з використанням плавзасобів (рис. 1);
- підрив конструкцій;
- скидання з постійних або тимчасових опор;
- інші способи (рис. 1-4).

Інші способи демонтажу конструкцій мостів, що містять цікаві та актуальні рішення наведено далі.

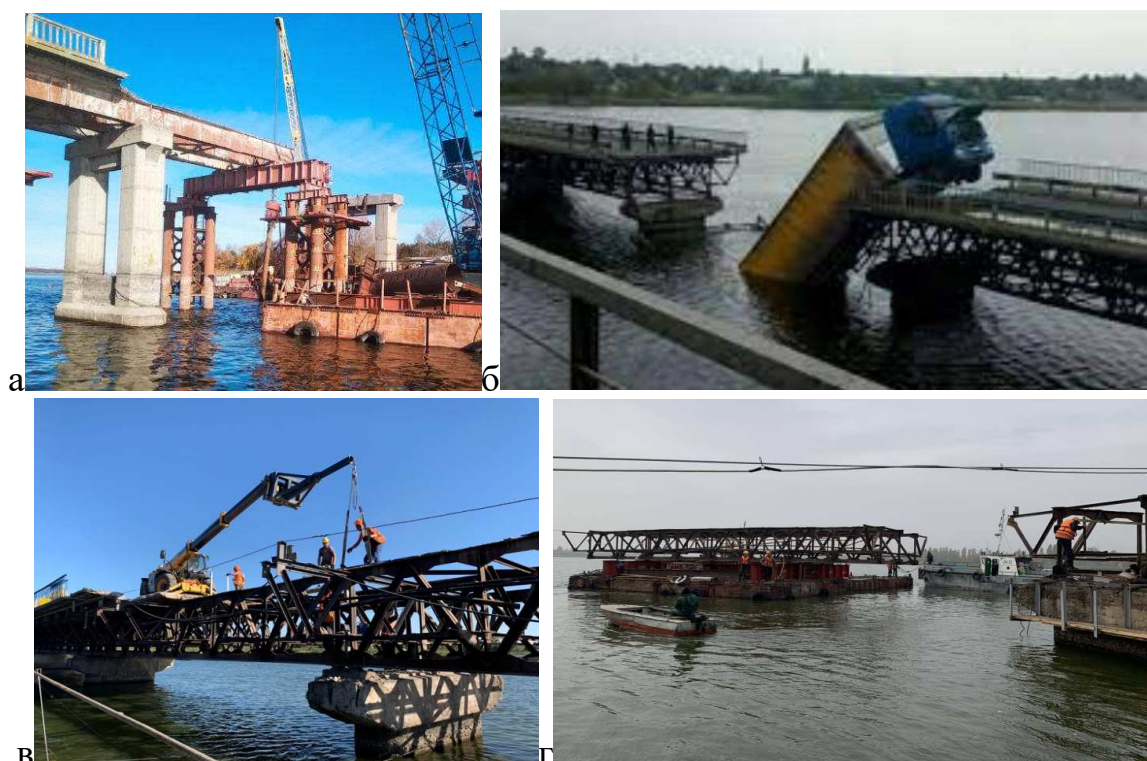


Рисунок 1 – Реконструкція моста через р. Сулу на дорозі Н-08 (а), демонтаж прогонової будови на мосту через р. Чортотлик (б-г)

Спосіб демонтажу об'ємними блоками гратчастої прогонової будови мосту без тривалого заняття акваторії плавучими засобами та тимчасовими опорами та забезпечення скорочення матеріальних та трудових витрат при виконанні цих робіт (рис. 2). Спосіб демонтажу об'ємними блоками гратчастої прогонової будови моста з висотою верхнього пояса над рівнем води до 30-35 м і з прогоном понад 40 м включає спорудження тимчасових допоміжних опор у місцях членування ферм прогонової будови на об'ємні блоки. Гідравлічні домкрати встановлюють на допоміжні тимчасові опори під нижніми вузлами ферм. Тимчасово фіксують їх принаймні на період членування від вертикального переміщення шляхом підклинки сталевими листами на

капітальних або допоміжних опорах. Розбирають проїзну частину у зоні об'ємних блоків. Розчленовують на об'ємні блоки довжиною не менше 20 м прогонової будови. Регулювання внутрішніх зусиль у фермі забезпечено шляхом підклинків та/або за допомогою встановлених на допоміжних опорах гідравлічних домкратів у межах, що діють в елементах ферми статичних навантажень розрахункові, потім виконують стропування. Звільняють від тимчасової фіксації та демонтують блоки плавучим краном вантажопідйомністю не менше 80 т із переміщенням їх на заздалегідь підготовлені приймальні стапелі для розукрупнення їх на березі. Демонтують тимчасові допоміжні опори. Членування ферми можна проводити спочатку по верхньому, а потім – по нижньому поясу, починаючи з верхової площини ферми. Приймальні стапелі розміщують на березі, а переміщення на них блоків роблять плавучим краном безпосередньо після їх демонтажу, за винятком перекладки на баржу або плашкоут.

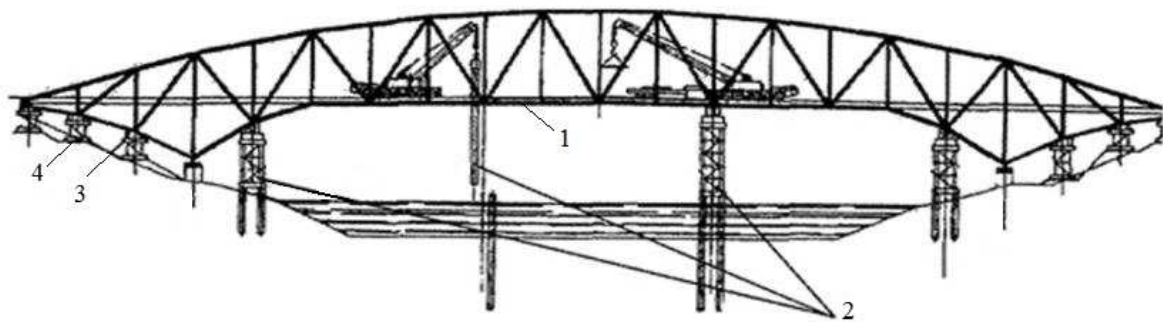


Рисунок 2 – Спосіб демонтажу об'ємними блоками прогонової будови мосту: 1 – гратчастої прогонової будови мосту; 2 – спорудження допоміжних опор; 3 – гідравлічні домкрати; 4 – допоміжні опори [2]

Спосіб демонтажу балочної залізобетонної прогонової будови моста з використанням вантової системи дозволяє максимально швидко видалити прогонову будову з місця його розташування та можливість демонтажу прогонової будови на березі (рис. 3). Гідравлічні домкрати встановлюють під нижнім поясом для піддомкращування, після чого під нижній пояс балок встановлюють швелери, а потім встановлюють металеву траверсу, після цього траверсу об'єднують зі швелерами, потім на траверсі споруджують пілон, далі підвішують і натягують ванти, змінюють опорні частини балок на рухомий пристрій, витягують прогонову будову разом з утвореною збірною конструкцією на приймальні стапеля, розміщені на березі, і розбирають прогонову будову.

Траверсу і швелери об'єднують за допомогою вертикальних тяг з наступним зварюванням між собою. Пілон споруджують у середині прогонової будови. Як рухомий пристрій використовують катки або фторопластові прокладки.

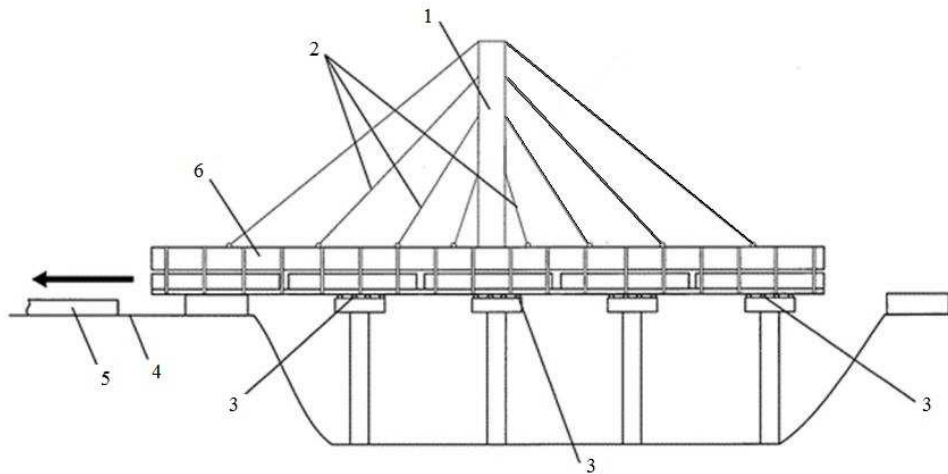


Рисунок 3 – Спосіб демонтажу балочного залізобетонного прогонової будови моста з використанням вантової системи: 1 – пілон; 2 – ванти; 3 – рухомий пристрій; 4 – стапель; 5 – елемент прогонової будови; 6 – збірна конструкція [2]

Спосіб демонтажу прогонової будови моста з використанням вантової системи включає (рис. 4): попереднє спорудження на нижньому поясі в тротуарній зоні прогонової будови Н-подібного пілона на кшталт баштового крана, що монтується самостійно, який перевищує висоту прогонової будови, підвішування прогонової будови вантами та підтягування вант, розбирання частини берегових опор до рівня прогонової будови та встановлення аванбека з одного боку прогонової будови, а з іншого боку – установку для викочування, далі піддомкращування прогонової будови та установку її на катки, після чого викочування прогонової будови цілком на берег на заздалегідь підготовлені стапелі та подальше розбирання.

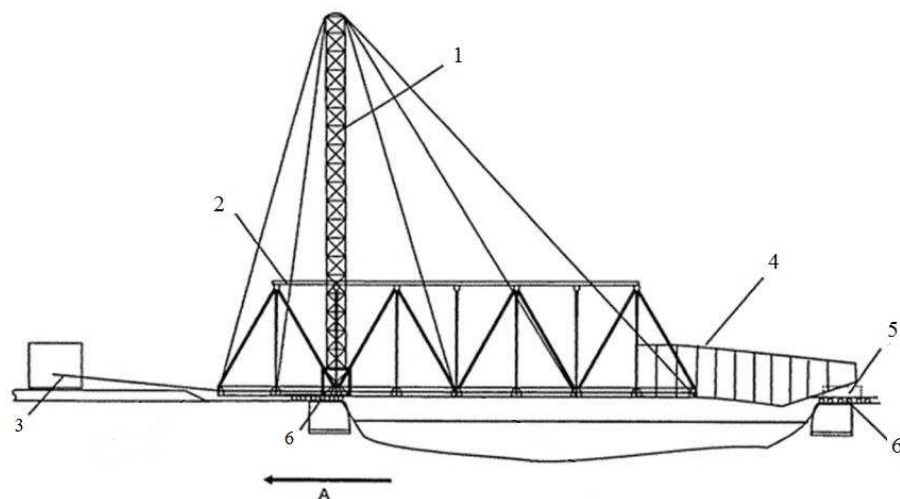


Рисунок 4 – Спосіб демонтажу прогонової будови моста з використанням вантової системи: 1 – пілон; 2 – прогонова будова; 3 – установку для викочування; 4 – аванбек; 5 – розбирання частини берегової опори; 6 – катки [2]

Спосіб демонтажу аварійної балки прогонової будови моста (рис. 5) полягає в тому, що: розрізають аварійну балку на окремі елементи балки, потім монтують опорні траверси, спираючи їх через опорні елементи на дві сусідні балки, після чого монтують підтраверси, далі свердлять стропувальні отвори в горизонтальній плиті аварійної балки, потім тягами через стропувальні отвори об'єднують опорні траверси з елементами балки та підтраверсами, після цього натягують тяги та піднімають елементи балки, потім транспортують елементи балки до місця демонтажу траверс, після цього демонтують траверси та транспортують елементи балки до місця утилізації.

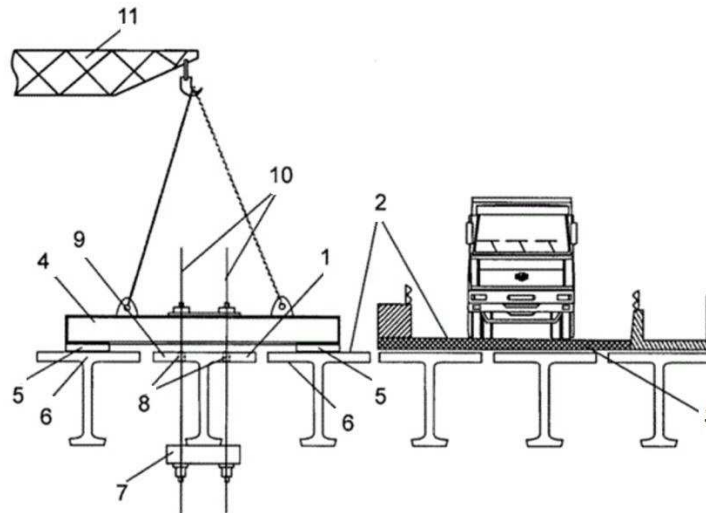


Рисунок 5 – Спосіб демонтажу аварійної балки прогонової будови моста: 1 – аварійна балка; 2 – прогонова будова; 3 – тимчасове покриття; 4 – траверса; 5 – підкладки; 6 – сусідні балки; 7 – під траверса; 8 - стропувальні отвори; 9 – аварійна балка; 10 – тяги; 11 – підйомними кран [2]

Різання аварійної балки на окремі елементи балки виконують алмазним інструментом.

Усі роботи проводять локально, не заважаючи експлуатації незачепленої ремонтом ділянки. Місце встановлення опорних траверс і підтраверс на кожен елемент балки визначають розрахунковим шляхом. Підйом елементів балки виконують підйомними кранами відповідної вантажопідйомності.

Кожен з цих способів має свої особливості, переваги та недоліки, які часто залежать від місця та часу робіт, що виконуються.

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Овчинников И.И. Аварии транспортных сооружений и их предупреждение: учебное пособие для магистрантов направлению 08.04.01 «Строительство». Прикладная программа «Искусственные сооружения на транспорте, способы возведения и эксплуатации» / И.И. Овчинников, Ш.Н. Валиев, И.Г. Овчинников, И.С. Шатилов. Чебоксары: ИД «Среда», 2020. 216 с.

ВИБІР РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГИНІВ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОСТУ

Гіль Ю.Б., магістрант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Забезпечення довговічності мостових конструкцій є актуальною задачею мостобудування. При проектуванні сучасних мостобудівних конструкцій для розрахунку їх основних характеристик: міцності, жорсткості, стійкості – використовуються як дані теоретичних розрахунків, так і результати відповідних експериментальних досліджень. Вказані два підходи є взаємопов'язаними, бо об'єм експериментальних робіт у значній мірі залежить від точності застосовуваних розрахункових методів. Тому розробка і впровадження в інженерну практику вдосконалених методів розрахунку елементів будівельних конструкцій є актуальною задачею.

На сьогоднішній день найбільшого розповсюдження дістали проекційні методи, прямі варіаційні методи, а також метод скінчених елементів [1], що є логічним розширенням і вдосконаленням проекційних методів, які трактуються як проекція точного розв'язку з нескінченновимірною гільбертовою простору на скінченновимірний підпростір.

При чисельному моделюванні реальних мостових споруд результат залежить від рівня адекватності моделі реальному об'єкту, ступеня розбиття моделі на скінченні елементи, стійкості розв'язку відповідного диференціального рівняння за заданої кількості скінченних елементів.

В роботі розглядається проїзна частина мосту, що представлена монолітною залізобетонною плитою з бетону класу С32/40, яка моделюється пластиною у вигляді паралелограма з розміром у плані 24,2×14,52 м і товщиною 0,25 м. Знизу пластину підкріплюють вісім залізобетонних балок таврового перерізу висотою 1,1 м, що виготовляються на заводі залізобетонних конструкцій з бетону класу С20/25 та доставляються безпосередньо на будівельний майданчик під час будівництва.

На цьому етапі досліджень за допомогою методу скінченних елементів необхідно було знайти величини та характер вертикальних прогинів поверхні прогонової будови від власної ваги. Для вирішення цього завдання використовувався обчислювальний комплекс «SCAD++» версії 23.1.1.1 [2]. Було проведено розрахунки за двома варіантами розрахункових схем, які представлено на рисунку 1, що відрізнялися одна від одної використанням абсолютно жорстких вставок між монолітною плитою та балкою.

Результати моделювання, які представлено на рисунку 2, свідчать, що при першій розрахунковій схемі найбільший вертикальний прогин спостерігається в середині прогонової будови і складає 58,43 мм. Отримане максимальне значення відповідає вимогам діючого нормативного документу [3], в якому при зазначеній довжині прогону допускаються граничні прогини елементів до $l/250$.

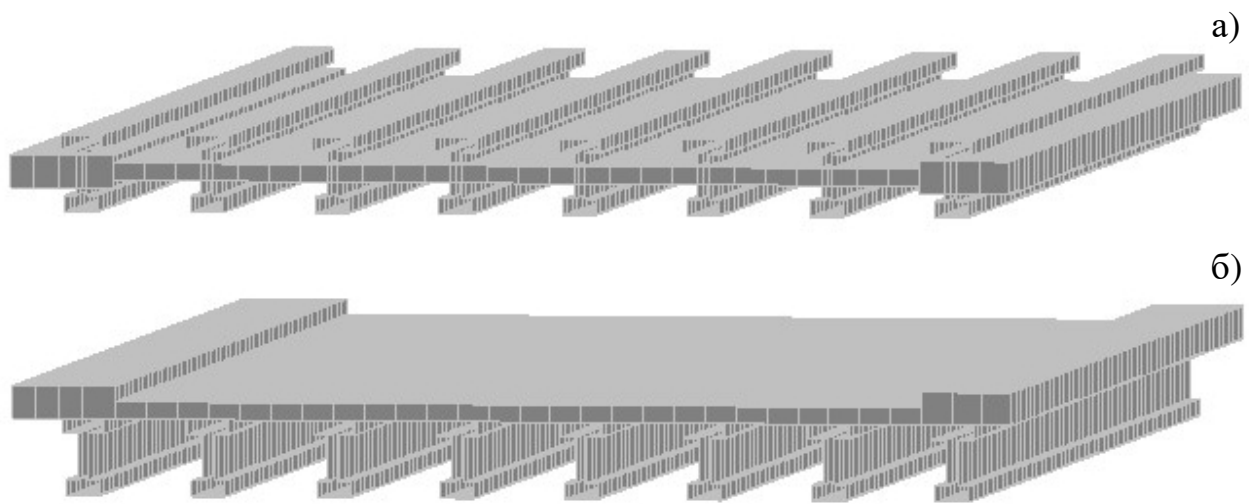


Рисунок 1 – Розрахункова схема прогонової будови без жорстких вставок (а)
і з жорсткими вставками (б)

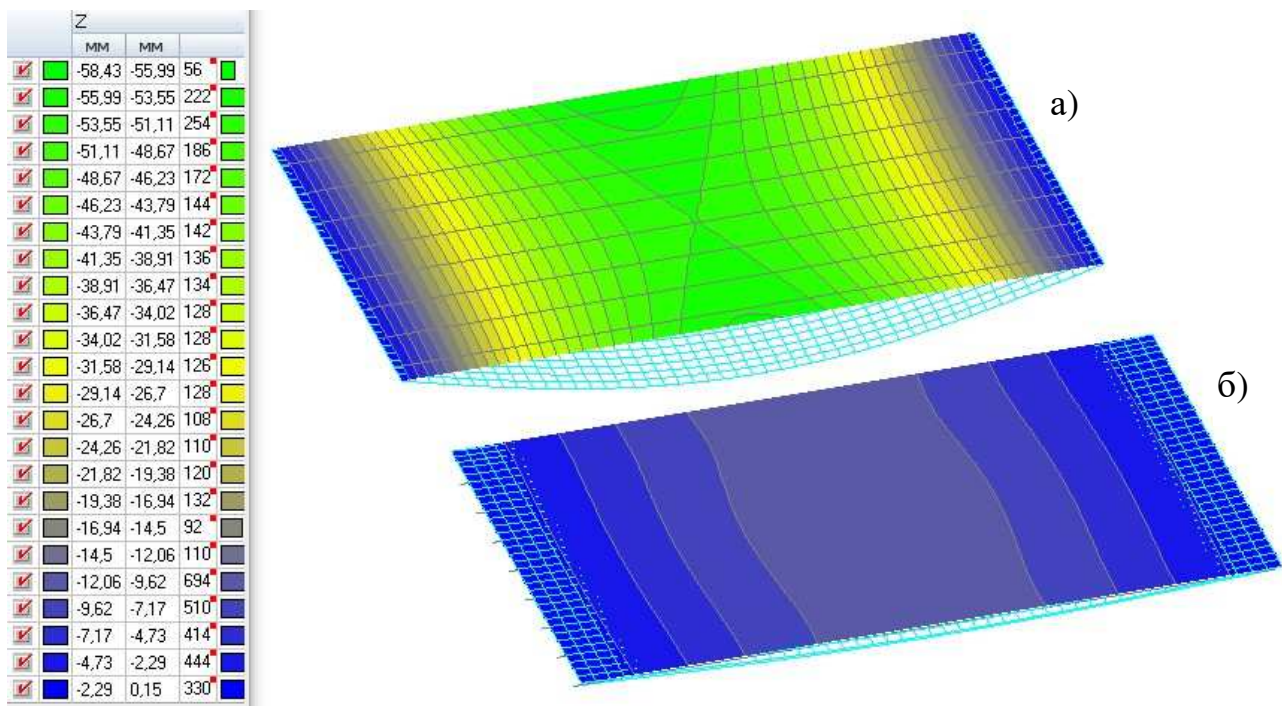


Рисунок 2 – Результати визначення вертикальних прогинів прогонової будови від власної ваги за розрахунковою схемою без жорстких вставок (а)
і з жорсткими вставками (б)

Використання жорстких вставок в розрахунковій схемі прогонової будови мостової споруди максимально наближує її роботу до реальних умов, не змінює характер розподілу полів прогинів у порівнянні з першим варіантом, але суттєво уточнює розрахунок, про що свідчить зменшення в п'ять разів абсолютного значення переміщень, яке в середині проїзної частини досягає лише 11,48 мм.

ТАКТИЧНИЙ АВТОДОРОЖНІЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (ТАРМ)

Коляка Р.Я., магістрант

Агібалов Р.Ю., студент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Тактичний автодорожній розбірний міст (ТАРМ) призначений для подолання водних перешкод завдовжки до 30 м, неглибоких каньйонів та розмивів насипів при дорожньому забезпеченні армійських операцій (рис. 1, 2) [1-3].

Міст довжиною 43,0 м, габаритом 3,8 м та вантажопідйомністю 40 т збирається вручну розрахунком у складі 36 військових за 4 год. 10 хв., а з використанням автомобільного крана – 28 військових за 2 год. 50 хв.



Рисунок 1 – Вид мосту із комплекту ТАРМ

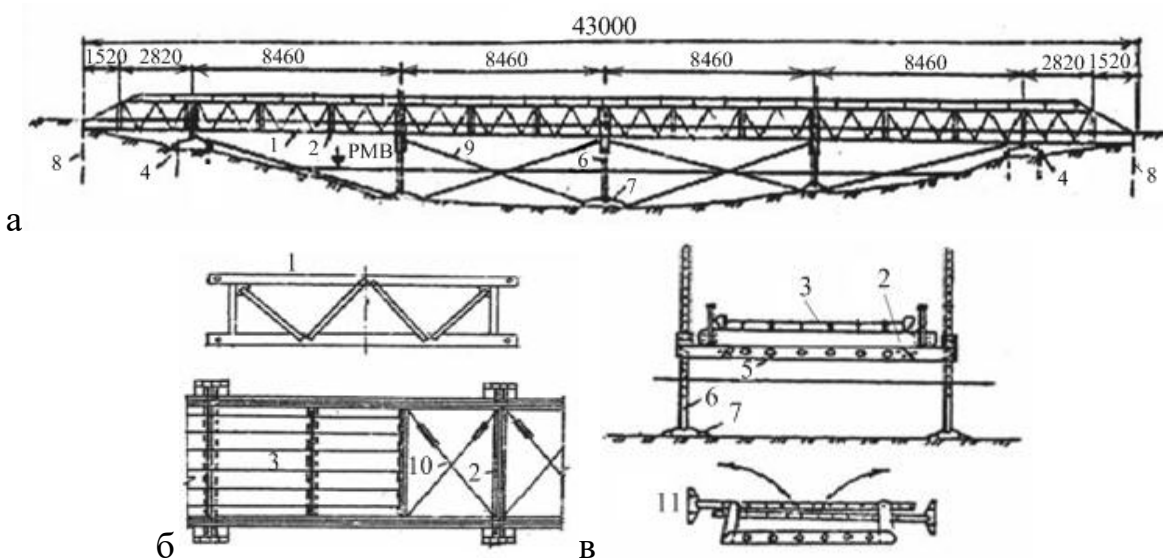


Рисунок 2 – Міст із комплекту ТАРМ: а - схема мосту; б – прогонові будови; в – опори; 1 – головна ферма; 2 – поперечні балки; 3 – щити проїзної частини; 4 – берегова опора; 5 – ригель; 6 – стійка; 7 – черевик; 8 – паля; 9, 10 – зв'язки; 11 – подача та встановлення опори

Максимальний прогін моста 8,46 м, висота опори 3,0 м, крок зміни висоти опори 0,155 м. Маса комплексу без монтажного обладнання 39,0 т.

Прогонова будова відкритого типу з їздою понизу складається із двох головних наскрізних ферм, що об'єднуються між собою поперечними балками, поверх яких укладаються поздовжні щити проїзної частини (рис. 2, б). По довжині ферми мають 14 середніх і 2 кінцевих секцій. На період монтажу ферми прогонової будови об'єднуються за схемою 4,58-4×8,46-4,58 м. Проміжна опора є плоскою двостійковою рамою, зміна висоти опори здійснюється в межах від 750 до 3000 мм із кроком зміни 150 мм (рис. 2, в).

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Бугаєвський С.О. Відновлення мостів і труб після пошкодження : конспект лекцій (частина 1) / С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, С.М. Краснов, Ю.В. Бугаєвська. Харків: ХНАДУ, 2023. 178 с.
3. Дианов Н.П., Милородов Ю.С. Табельные автодорожные разборные мосты: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). М: МАДИ (ГТУ), 2009. 236 с.

ВАЖКИЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (ВРМ)

Мануйленко В.О., студент
Позднишев О.М., студент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Важкий розбірний міст (ВРМ) призначається для зведення нових та відновлення зруйнованих великих висоководних мостів через великі водні перешкоди на автомобільних дорогах (рис. 1) [1-3].

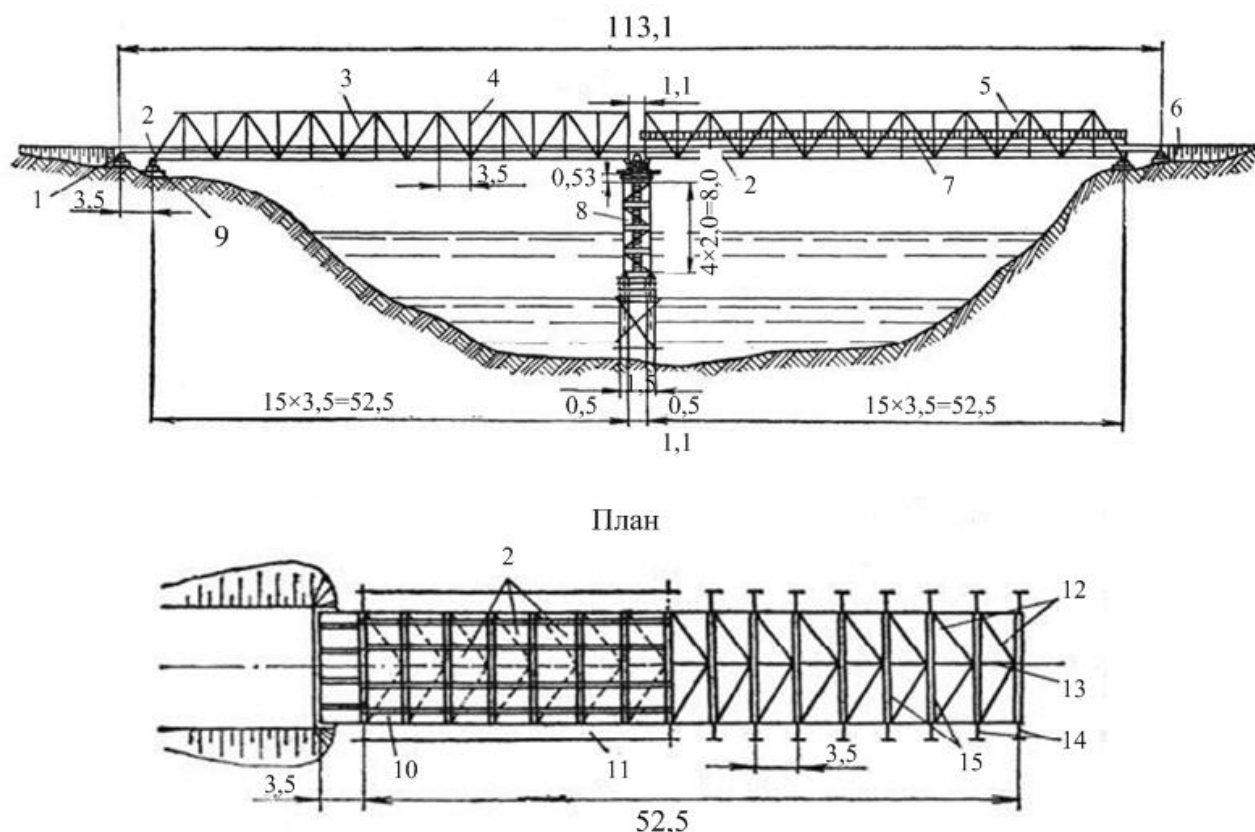


Рисунок 1 – Схема двохпрогонового мосту із комплекту ВРМ: 1 – береговий лежень; 2 – щити настилу; 3 – розкіс; 4 – стійка; 5 – прогонова будова; 6 – насип; 7 – перила; 8 – надбудова проміжної опори; 9 – берегова подушка; 10 – колесовідбійник; 11 – тротуар; 12 – діагональні зв'язки; 13 – розпірка зв'язків; 14 – тротуарні консолі; 15 – поперечні балки

Комплект мосту ВРМ включає дві прогонові будови з їздою понизу довжиною по 52,5 м, надбудову проміжної опори висотою 9,5 м, берегові сполучення і монтажне обладнання.

Головні ферми прогонової будови наскрізні з паралельними поясами та трикутними ґратами, додатковими стійками та підвісками, з відкритими верхніми поясами. Членування прогонової будови лінійне, з'єднання у вузлах багатоболтові. До групи головних ферм входять елементи: пояс, розкіс, опорний вузол, стійка, стикова накладка пояса та кінцевий швелер.

Проїзна частина мосту збирається з поздовжніх щитів металевого настилу,

що укладаються на поперечні балки. Кожна поперечна балка складається по довжині з двох частин, що є зварними балками двотаврового перерізу.

Колесовідбій виконано зі штампованих швелерів заввишки 290 мм. З зовнішнього боку головних ферм розташовуються тротуари та перила.

Надбудова проміжної опори призначається для зведення опор заввишки до 10 м. Надбудова є жорсткою просторовою рамою, що встановлюється на частини опор, що збереглися, зруйнованих мостів або на пальовий ростверк. Конструкція та розміри елементів надбудови дозволяють змінити висоту опори через 2 м.

До групи надбудови проміжної опори входять: секції опори, ригелі, діагоналі та розпірки зв'язків. Елементи надбудови з'єднуються між собою болтами. Ригелі мають двотаврові перерізи і утворюють верхню та нижню обв'язки надбудови.

Як берегові опори можуть використовуватися клітинні, пальові і масивні опори, що збереглися, а при щільних ґрунтах прогонова будова може спиратися на берегову подушку, покладену безпосередньо на ґрунт.

До групи монтажних улаштувань та обладнання відносяться: аванбек, напрямні та сполучні пояси, велика та мала тяги, талреп, тяга зтяжка, домкратна розпірка, накаткові візки, лебідки, блоки, домкрати, підйомні стропи, підвісні підмостки, сходи-драбинки, інструмент та укладання .

Аванбек, якщо він не потрібний для насування, може бути використаний для сполучення тимчасового мосту з берегом.

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Бугаєвський С.О. Відновлення мостів і труб після пошкодження : конспект лекцій (частина 1) / С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, С.М. Краснов, Ю.В. Бугаєвська. Харків: ХНАДУ, 2023. 178 с.
3. Дианов Н.П., Милородов Ю.С. Табельные автодорожные разборные мосты: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). М: МАДИ (ГТУ), 2009. 236 с.

РОЗБІРНИЙ МЕТАЛЕВИЙ МІСТ РММ-4

Тихоненко О.О., студент

Федоров П.Б., студент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Наприкінці 40-х років ХХ ст. було розроблено розбірний металевий міст РММ-4 для прискореної споруди нових та відновлення зруйнованих низько- та висоководних мостів (рис. 1-3) [1-3].

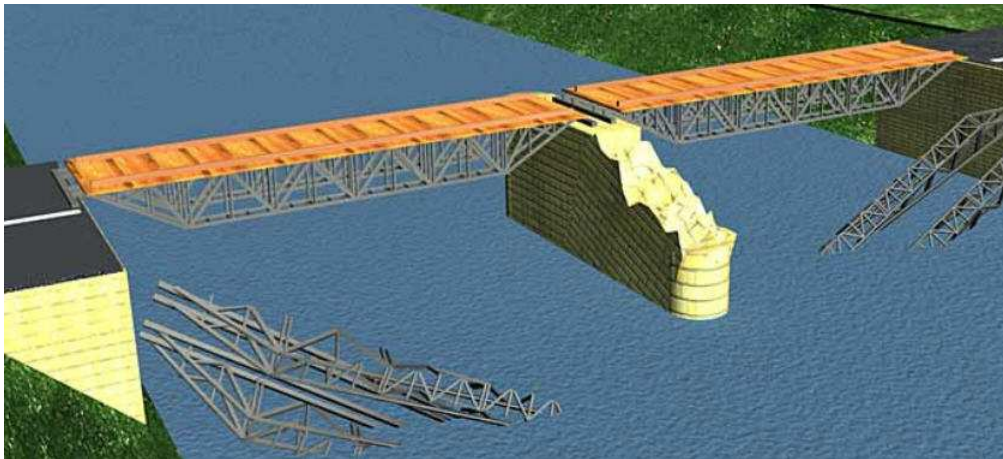


Рисунок 1 – Розбірний металевий міст РММ-4

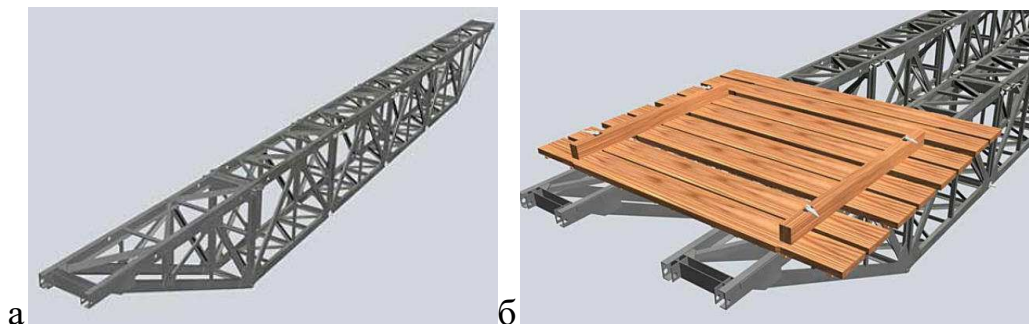


Рисунок 2 – Прогонова будова РММ-4

З елементів РММ-4 зводяться однопрогонові і багатопрогонові тимчасові мости вантажопідйомністю до 60 т з жорсткими (рис. 4, а і б) або плавучими (рис. 4, в) проміжними опорами, що споруджуються з місцевих матеріалів або наявних плавучих засобів.

Усі однойменні монтажні елементи матеріальної частини взаємозамінні; максимальна маса монтажного елемента дорівнює 540 кг.

Складання та встановлення ферм прогонової будови на опори проводяться за допомогою спеціальних монтажних улаштувань, включених у таблиць мосту.

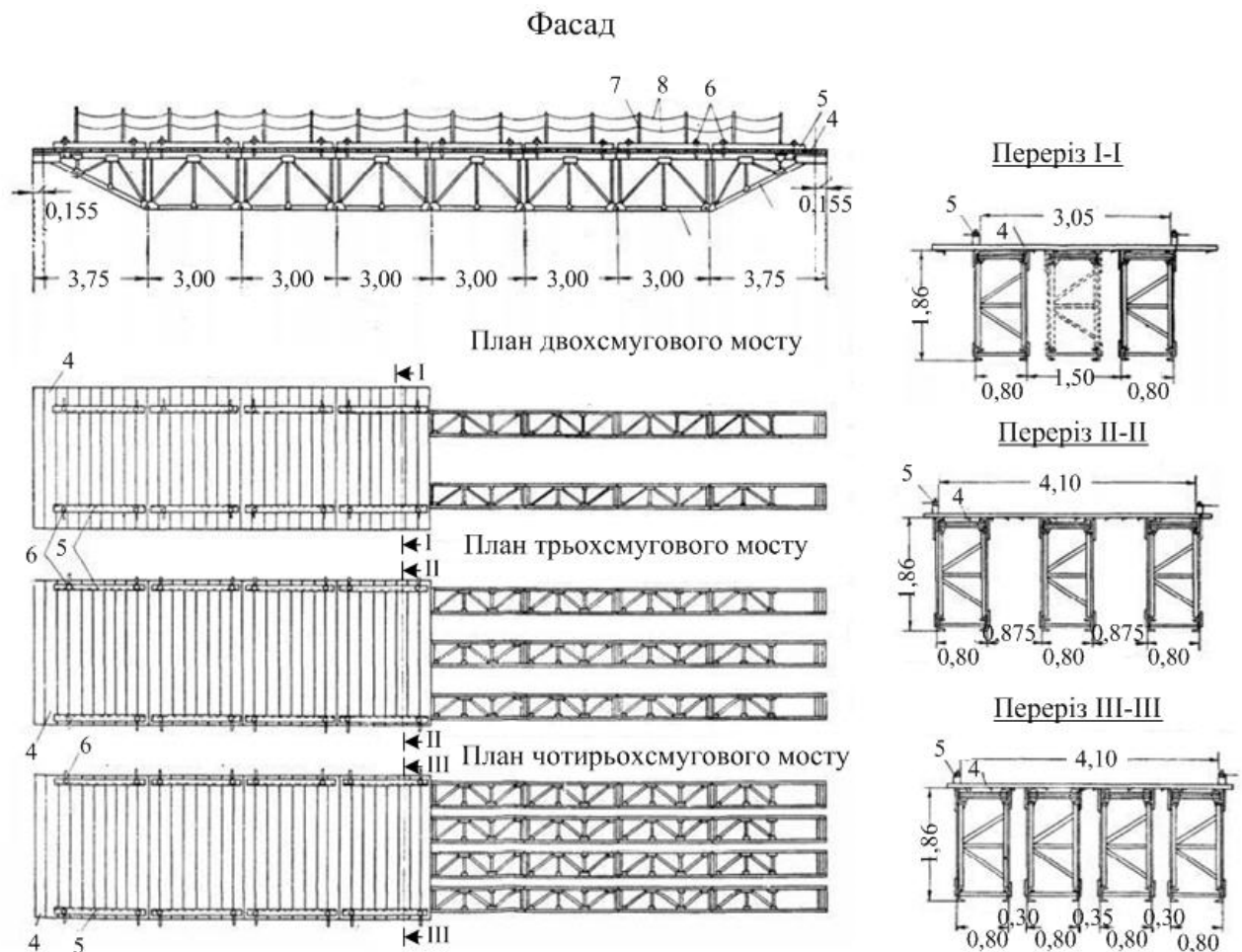


Рисунок 3 – Збірні схеми прогонової будови: 1 – проміжні секції ферми; 2 – кінцеві секції ферми; 3 – вузловий штир; 4 – настилочний щит; 5 – колесобій; 6 – пажильний болт; 7 – перильна стійка; 8 – перильний канат

Час складання та насування однопрогонового мосту довжиною 22-28 м підрозділом у складі 37 осіб складає: для мосту з двома фермами в поперечному перерізі 3,5 год.; для мосту з трьома фермами в поперечному перерізі 4 год.; для мосту з чотирма фермами в поперечному перерізі 4,5-5 год.

Основними елементами розбірного металевго мосту РММ-4 є: головні ферми, проїзна частина, опорні частини та улаштування для збирання ферм та встановлення їх на опори.

Головна ферма просторового типу складається із двох зварних плоских ферм. Ґрати ферм трикутні з додатковими стійками та підвісами. Ферма утворюється з проміжних та кінцевих секцій. До елементів проїзної частини відносяться: щити настилу, колесовідбої і перильні стійки. До елементів опор та берегових частин відносяться: лежні, анкерні коли та сходи.

Монтажними улаштуваннями, призначеними для збирання ферм та встановлення їх на опори, є: порталні рами, аванбеки, рами противаги, монтажні ковзанки, траверси, домкрати, талі та лебідки.

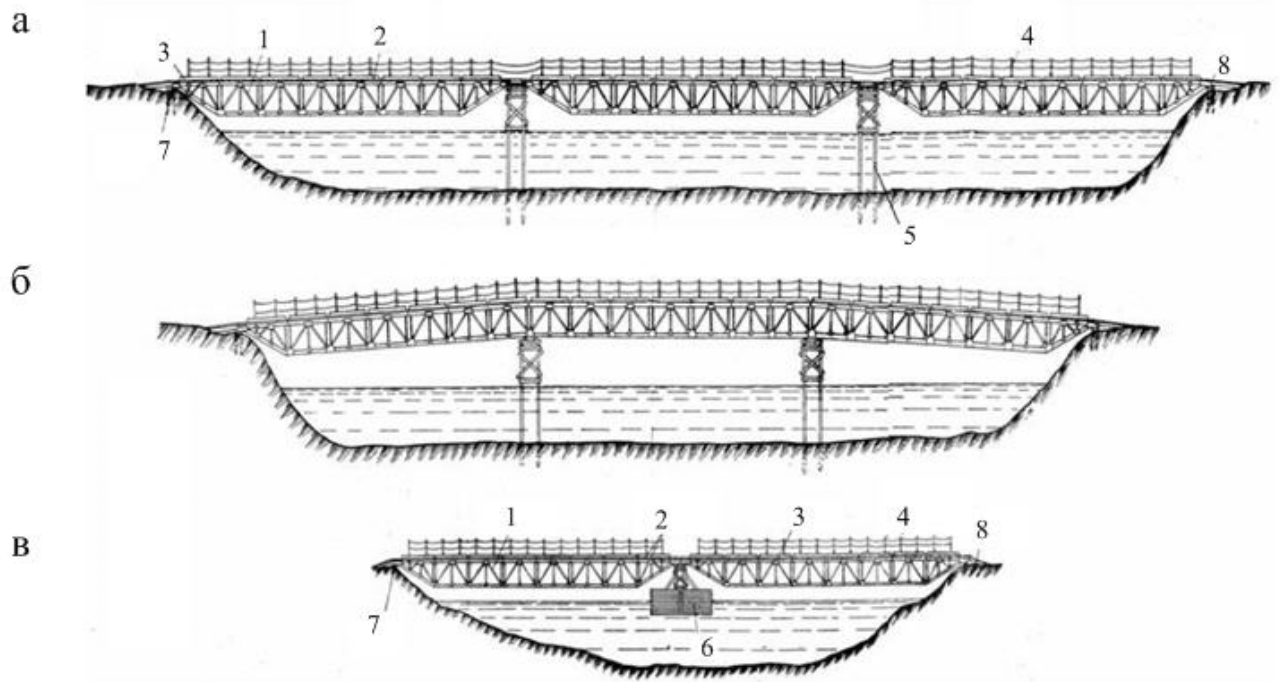


Рисунок 4 – Схеми мосту із комплекту РММ-4: а, б – на жорстких опорах; в – на плавучих опорах: 1 – головні ферми; 2 – настилочні щити; 3 – колесобій; 4 – перильні стойки; 5 – проміжна опора; 6 – проміжна плавуча опора; 7 – береговий лежень; 8 - східні

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Бугаєвський С.О. Відновлення мостів і труб після пошкодження : конспект лекцій (частина 1) / С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, С.М. Краснов, Ю.В. Бугаєвська. Харків: ХНАДУ, 2023. 178 с.
3. Дианов Н.П., Милородов Ю.С. Табельные автодорожные разборные мосты: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). М: МАДИ (ГТУ), 2009. 236 с.

СЕРЕДНІЙ АВТОДОРОЖНІЙ РОЗБІРНИЙ МІСТ (САРМ)

Ялов Ю.М., магістрант

Воробйов Є.О., студент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Середній автодорожній розбірний міст (САРМ) призначений для зведення нових та відновлення зруйнованих висоководних мостів на автомобільних дорогах за короткий термін (рис. 1) [1-4].

З матеріальної частини САРМ зводять одно- та багатопрогонові мости з прогонами 18,6, 25,6, 32,6 м як розрізної, так і нерозрізної систем під дво- та одноколіїний рух з проміжними опорами, що встановлюються на основи, що споруджуються з місцевих матеріалів (рис. 2). Як опори можуть бути використані капітальні і тимчасові опори, що збереглися, а також табельні і нетабельні плавучі засоби.

Комплект мосту САРМ складається з трьох прогонових будов з їздою поверху розрахунковим прогоном 32,6 м та габаритом проїзду 7,2 м, двох проміжних опор висотою 8,84 м, монтажного обладнання та улаштувань для транспортування. З комплекту може бути зібрано шість прогонових будов розрахунковим прогоном 32,6 м та габаритом проїзду 4,2 м.

Вся матеріальна частина мосту поділяється на групи: прогонових будов, опор, монтажного обладнання, улаштувань для транспортування.

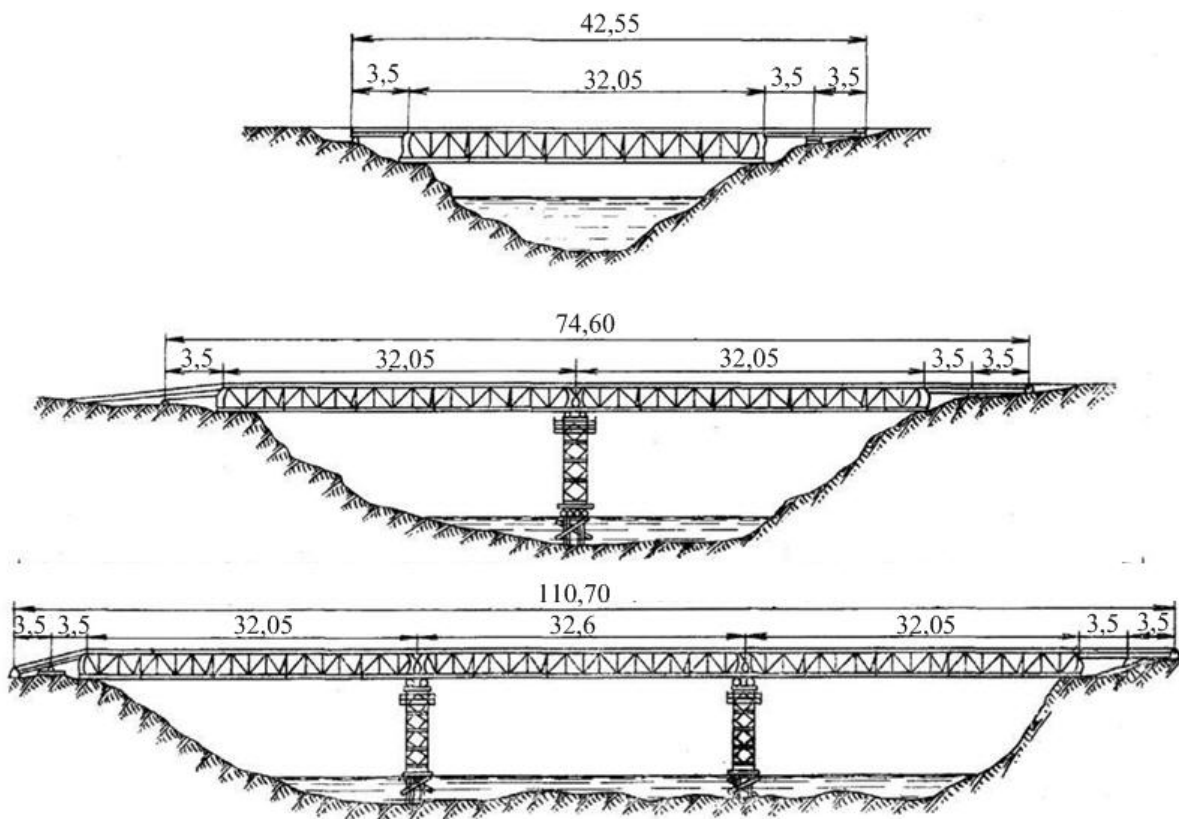


Рисунок 1 – Схеми мосту із комплекту САРМ



Рисунок 2 – Вид мосту із комплекту САРМ

Група прогонових будов. Середня секція є зварним просторовим блоком, який складається з двох головних ферм, проїзної частини, зв'язків нижнього пояса і поперечних зв'язків (рис. 3). Кінцева секція відрізняється від середньої меншими розмірами за довжиною та оформленням опорного кінця.

Опори є конструкцією баштового типу. Збираються вони або одиночними – для моста габаритом 4,2 м, або спареними – для моста габаритом 7,2 м. По висоті опори можуть змінюватись через 2 м (рис. 4).

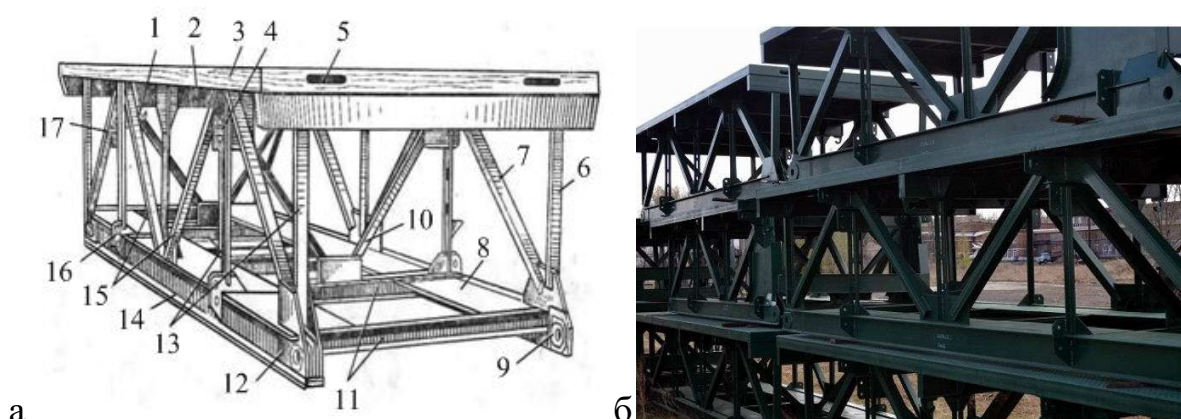


Рисунок 3 – Середня секція: 1 – гак для стропування секції; 2 – поперечна балка; 3 – проїзна частина; 4, 17 – фасонки для кріплення діагональної та горизонтальної стяжок; 5 – овальний виріз для тяги верхнього пояса; 6, 13 – стійки; 7, 15 – розкоси; 8 – оглядовий настил; 9 – однощока вуха; 10 – поперечні зв'язки блоку; 11 – поперечні розпірки; 12 – двощока провущина; 14 – нижній пояс; 16 – фасонка для кріплення підкосу або діагональної та горизонтальних стяжок

Нижній ригель є основою опори (рис. 4). Надбудови опори складаються з рам, об'єднаних за допомогою розпірок та діагоналей у просторові блоки. Верхній ригель є підферменним майданчиком опори (рис. 4).

До монтажного устаткування належать аванбек, складальні та опорні візки,

підйомні стропи, лебідки, домкрати, інструменти.

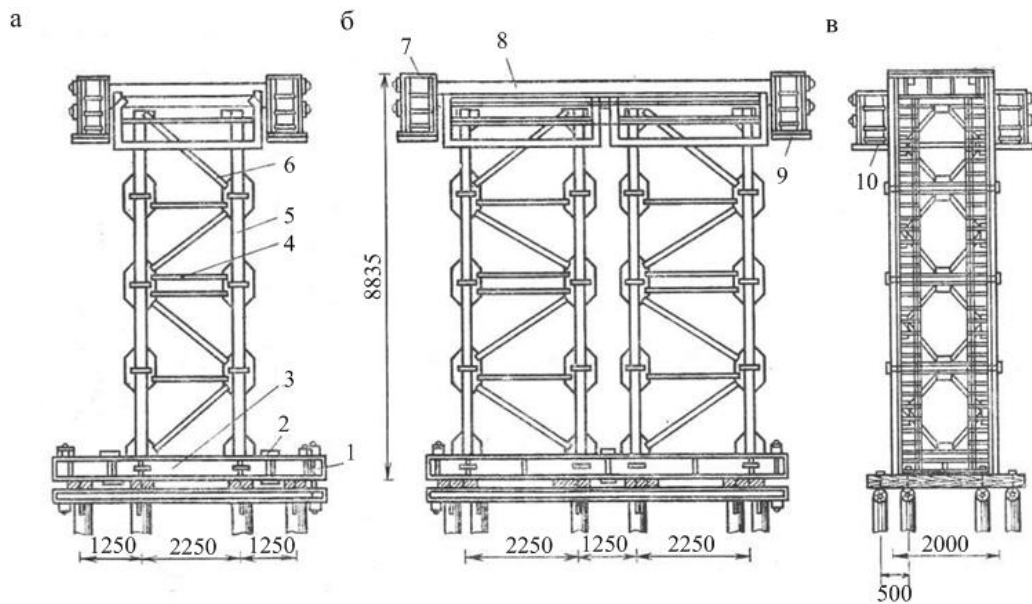


Рисунок 4 – Опори: а – одиночна; б – спарена; в – вид з боку; 1 – консоль нижнього ригеля; 2 – стикова накладка; 3 – нижній ригель; 4 – розпірка; 5 – стійка; 6 – діагональ; 7 – монтажний майданчик; 8 – верхній ригель; 9 – консоль монтажного майданчика; 10 – балка монтажного майданчика

Модернізований середній автодорожній розбірний міст САРМ-М надходить на оснащення мостових частин дорожніх військ із 1982 р. (рис. 5).

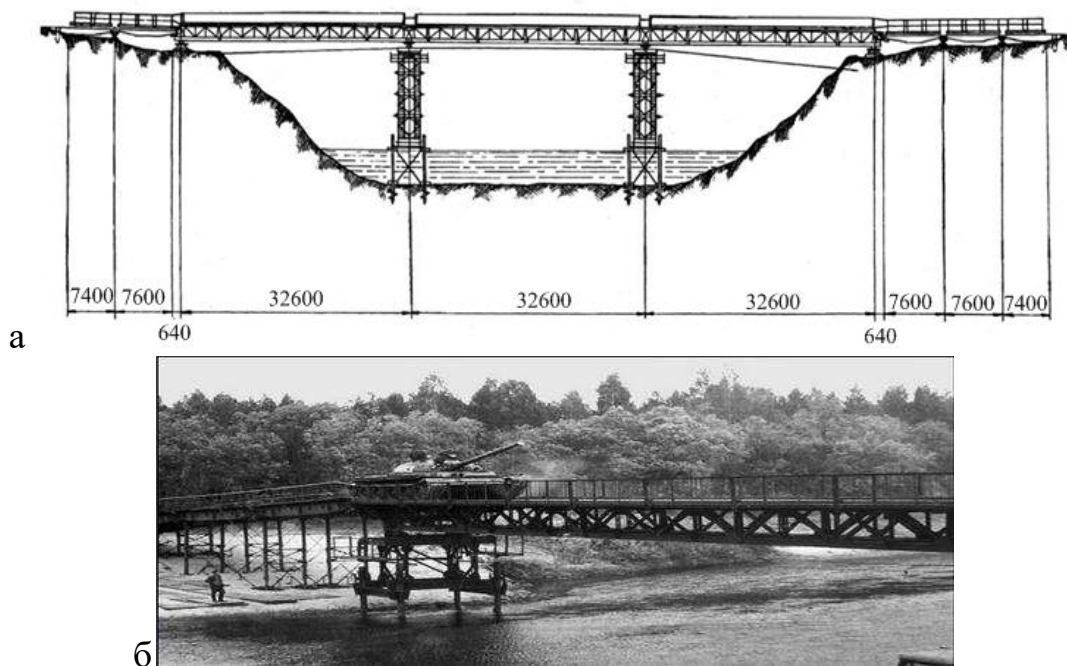


Рисунок 5 – Міст із комплекту САРМ-М: а – схема; б – вид

Основними конструктивними особливостями мосту САРМ-М є:

- введення в комплект подовженого до 21 м аванбеку, що дозволяє скоротити довжину складального майданчика до 25 м;
- нова конструкція берегової опори, що включає нерухому опорну частину;
- інвентарні фундаменти проміжних опор виконані на металевих гвинтових палях;
- введено зменшену до 1 м стійку надбудови опори;
- в'їзди на міст передбачені з матеріальної частини малого автодорожнього розбірного мосту МАРМ із САРМ нової конструкції.

Аванбек подовженої конструкції збирається з трьох секцій: кореневої, середньої та кінцевої (рис. 6).

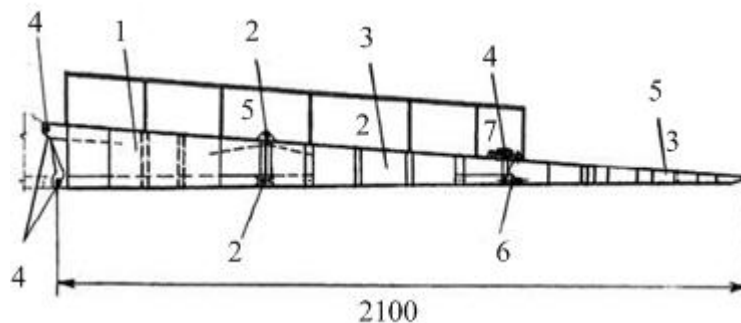


Рисунок 6 – Схема аванбека: 1 – коренева секція; 2 – штирі діаметром 59 мм; 3 – середня секція; 4 – стяжка аванбека; 5 – передня секція; 6 – штир діаметром 39 мм; 7 – штирі діаметром 79 мм

Застосування подовженого аванбеку дозволяє зменшити обсяг робіт з підготовки складального майданчика, проводити складання та насування моста в обмежених умовах, а також забезпечувати складання та насування однопрогонових мостів без привантаження. Крім того, відпадає необхідність у заміні укороченої монтажною тяги на тягу нормальної довжини між першим та другим прогонами моста, що вимагає виконувати підймання прогонової будови домкратами. Це забезпечує зниження загального часу на збирання мосту.

Перелік посилань

1. Бугаєвський С.О., Ненастіна Т.О., Шеховцова Т.О., Штефан О.М., Маций М.Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, вип. 100. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 80-97.
2. Бугаєвський С.О. Відновлення мостів і труб після пошкодження : конспект лекцій (частина 1) / С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, С.М. Краснов, Ю.В. Бугаєвська. Харків: ХНАДУ, 2023. 178 с.
3. Дианов Н.П., Милородов Ю.С. Табельные автодорожные разборные мосты: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). М: МАДИ (ГТУ), 2009. 236 с.
4. Средний автодорожный разборный мост. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. М: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1982. 132 с.

ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЬНИХ БУДИНКІВ У ВІЙСЬКОВИЙ ТА ПІСЛЯВІЙСЬКОВИЙ ЧАС

Нагісв А.М., магістрант

Завгородній Д.О., магістрант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Модульне будівництво є одним з найперспективніших напрямків у сучасному архітектурному дизайні. Воно дозволяє створювати оригінальні і функціональні будинки, які враховують індивідуальні потреби і бажання замовників. Модульне будівництво також викликає інтерес у науковців і митців, які експериментують з новими формами і матеріалами для модульних конструкцій. Модульне будівництво - це метод будівництва, при якому будівля створюється з окремих модулів або блоків, виготовлених заздалегідь в заводських умовах. Ці модулі потім транспортуються на будівельний майданчик і збираються на місці в кінцеву будову.



Рисунок 1 – Приклади модульних будинків

Основні переваги модульного будівництва є:

- Ефективність часу і витрат. Модульне будівництво дає змогу скоротити час будівництва за рахунок паралельної роботи над виготовленням модулів і підготовкою будівельного майданчика. Після транспортування модулів на місце їх складання займає значно менше часу, ніж традиційне будівництво.

- Контроль якості. Модулі виготовляються у заводських умовах, що забезпечує більш високу якість будівельних матеріалів та компонентів. Контроль виробництва на заводі усуває вплив погодних умов та забезпечує більш точну відповідність стандартам якості.

- Здатність до змін і модифікацій. Модульні конструкції легко модифікуються, тобто зміна розмірів, конфігурації або функціонального призначення будівлі здійснюється шляхом додавання, видалення або переміщення модулів. Це надає можливість адаптуватися до мінливих потреб і умов.

- Стійкість до погодних умов. Швидкий процес складання модульних блоків на місці зменшує вплив несприятливих погодних умов на будівництво, що підвищує загальну стійкість проекту.

- Екологічність та менший вплив на навколишнє середовище. Модульне будівництво сприяє зменшенню відходів будматеріалів і раціональному використанню ресурсів, що робить його більш екологічним. Також можливе застосування більш енергоефективних матеріалів. Оптимізований процес виробництва модульних блоків на заводі сприяє зменшенню впливу будівництва на навколишнє середовище, включно з рівнем шуму, забрудненням та іншими негативними аспектами.

- Інновації та технологічний прогрес: Модульне будівництво активно інтегрує інновації та передові технології, даючи змогу створювати розумні й технологічно просунуті будівлі.

- Стандартизація та повторне використання. Стандартизація модулів спрощує процес проєктування, а також дає змогу повторно використовувати модулі для різних проєктів.

В наш час, коли світ стикається з низкою глобальних викликів, таких як військові конфлікти, природні катастрофи та гуманітарні кризи, питання відновлення пошкодженої інфраструктури та забезпечення житла для місцевого населення стає особливо актуальним. В умовах військового та після військового стану виникає необхідність швидкого та ефективного втручання для подолання наслідків руйнувань та забезпечення життєво важливих умов для людей, втрачених у вихрі подій.

Модульне будівництво в умовах військового конфлікту допомагає вирішити низку питань, пов'язаних із відновленням будинків та інфраструктури.

Воно є ідеальним рішенням для екстреного реагування на наслідки військових конфліктів. Модульні конструкції легко транспортуються та швидко монтуються на місці. Модульні житлові комплекси можуть надати тимчасовий притулок для постраждалих громадян, забезпечуючи їм необхідні умови проживання.

Також, модульні будинки можна використовувати як тимчасове житло для будівельників, які працюють на будівництві або відновленні мостових споруд після їх руйнування.

При модульному будівництві передбачається використання дерев'яних, металевих та залізобетонних модулів. Всі вище представлені модулі мають свої переваги та недоліки. У меншій степені представлене залізобетонне модульне будівництво.

Залізобетонне модульне будівництво — це інноваційний підхід до конструювання споруд, який базується на використанні залізобетонних

модулів, створених на заводах за стандартизованими параметрами, та їх подальшій збірці на місці будівництва. Цей метод дозволяє швидко та ефективно будувати різноманітні будівлі, скорочуючи терміни введення в експлуатацію та забезпечуючи високий рівень міцності та надійності конструкцій.

Основні переваги залізобетонного модульного будівництва:

- Залізобетонні конструкції відрізняються високою міцністю, що дозволяє їм витримувати важкі навантаження та зовнішні впливи, забезпечуючи довговічність будівель.

- Додаткові шари у вигляді утеплювачів можуть бути включені до залізобетонних модулів для поліпшення теплоізоляції та зниження витрат енергії на опалення та охолодження.

- Залізобетон має хороші тепло- та звукоізоляційні характеристики, що сприяє створенню комфортного мікроклімату у приміщеннях та забезпечує звукоізоляцію від зовнішнього шуму.

- Залізобетонні модулі можна швидко збирати та комбінувати для створення комплексних конструкцій, що значно прискорює процес будівництва та дозволяє адаптувати проект до потреб замовника.

- Виробництво залізобетонних модулів може бути максимально оптимізоване та автоматизоване на заводі, що гарантує високу якість та швидкість виробництва.

- Залізобетонні модулі можуть бути оздоблені та оброблені різноманітними матеріалами, що дозволяє створювати архітектурно привабливі та естетично вишукані споруди.

- Залізобетон відзначається високою стійкістю до пожежі та корозії, що гарантує безпеку та тривалу експлуатацію будівель.

Основною будівельною одиницею є залізобетонний каркасний модуль, виготовлений на заводі. Це може бути стандартний блок, який може включати в себе стіни, стелі та підлогу.

Запропонований нами залізобетонний каркас представляє із себе жорстко поєднані між собою систему балок та колон (рис.2).

З метою полегшення виробництва залізобетонних модулів було вирішено стандартизувати їх розміри. Таким чином, основним уніфікованим розміром став 300 мм. Практично всі балки та колони мають однаковий поперечний перетин, що спрощує виробничий процес і забезпечує єдність та стандартизацію у конструкції модулів.

На рисунку 3 представлено залізобетонний модуль разом із плитами перекриття та покриття.

Завдяки високій мобільності та компактним розмірам, одномодульний будинок легко адаптується для установки на обмеженій земельній ділянці.

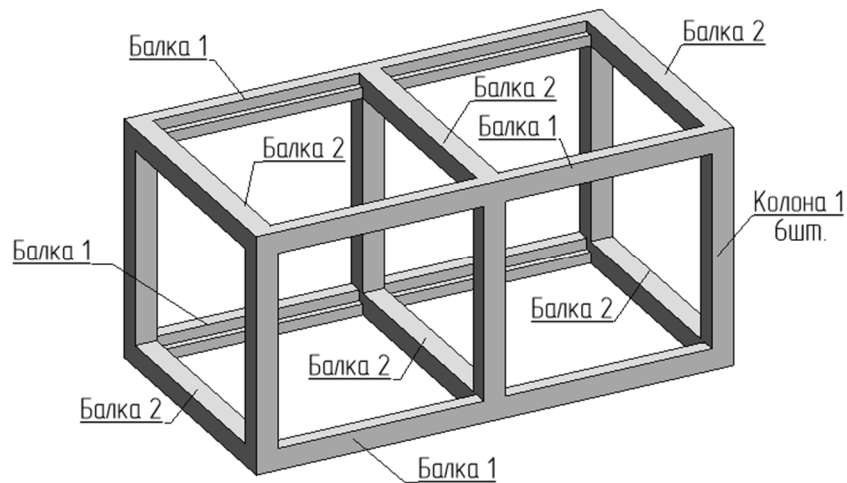


Рисунок 2 – Каркас залізобетонного модуля

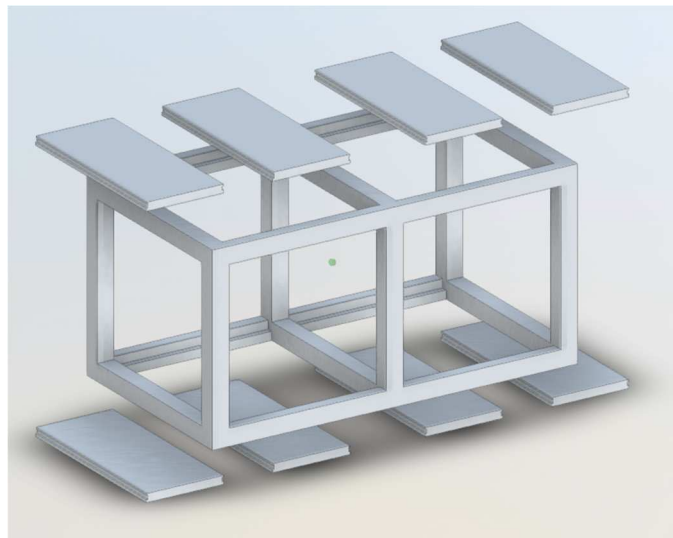


Рисунок 3 – Візуалізація збірки залізобетонного модуля

Цей унікальний одномодульний будинок (рис. 4) розроблений, враховуючи сучасні вимоги до комфорту та функціональності. Модуль, виготовлений на заводі, об'єднує в собі житлові, кухонні та санітарні зони, а також ергономічно розташовані вікна та двері для оптимального освітлення та доступу.

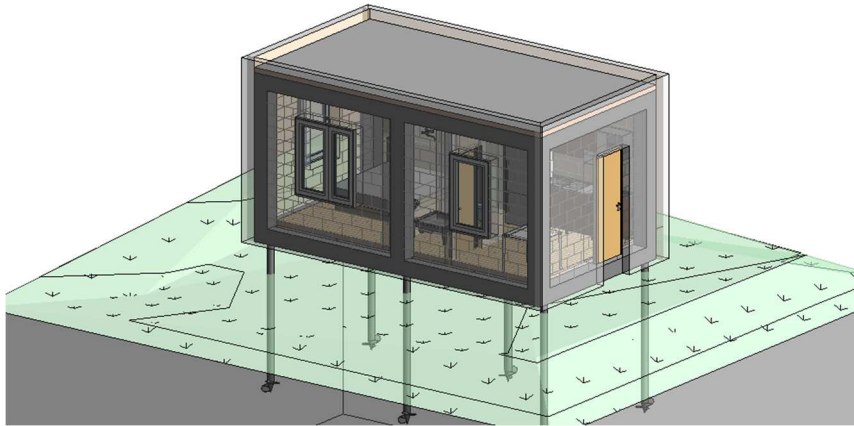


Рисунок 4 – 3D вид одномодульного будинку

Перелік посилань:

1. Новік Г.В., Гнатюк Л.Р., Візір А.С. Практичність модульного будівництва: досвід минулого та перспективи / Г.В. Новік, Л.Р. Гнатюк, А.С. Візір // Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць / Національний авіаційний університет. - К., 2022. - Вип. № 25. С. 76-84.

ВИБІР СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОДУЛЯ

Мелещенко Р.М., магістрант

Задорожний Д.А., магістрант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Оцінка напружено-деформованого стану (НДС) залізобетонного каркасу є завданням високої складності, оскільки вона вимагає врахування різноманітних факторів. Насамперед, ця складність пов'язана з необхідністю аналізу специфіки деформацій конструктивних матеріалів та врахування різних типів навантажень. Зокрема, велика статична невизначеність конструкції та її неоднорідність ускладнюють процес оцінки. Це обумовлено особливостями самої конструкції, яка має високий ступінь статичної невизначеності, а також виявляє неоднорідні характеристики в різних її частинах. Такий аналіз вимагає урахування конструктивних особливостей, що впливають на статичну невизначеність та неоднорідність, щоб надати точну та надійну оцінку НДС залізобетонного каркасу конструкції.

Під час створення теоретичної моделі системи, вирішальним аспектом є вибір методу та способу обробки інформації. Як зазначено вище, це стосується компіляції методів будівельної механіки та послідовного аналізу, які в сукупності дозволяють ефективно та вчасно обробляти інформацію для неоднорідної статично невизначеної конструкції. При цьому важливо враховувати не лише ефективність методу, але й наявність відповідних програмних інструментів для реалізації рішення. Досвід та аналіз дозволяють визначити SCAD Office, що ґрунтується на методі скінчених елементів та представлений у вигляді методу переміщень, як підходящий розрахунковий інструмент. Його бібліотека, яка включає різноманітні типи зв'язків і кінцевих елементів, а також можливість введення матриць жорсткості у чисельному вигляді, робить його основним інструментом для чисельної реалізації. Важливою перевагою SCAD Office є також можливість візуалізації вхідної та вихідної інформації. Це дозволяє користувачеві аналізувати дані, включаючи поля зусиль, головні напруження та переміщення, сприяючи не лише чисельному розв'язанню, але й науковому аналізу та раціоналізації параметрів системи. Однак важливо враховувати, що при розв'язанні задач великої розмірності виникає виклик у забезпеченні правильного подання та осмислення інформації. SCAD Office забезпечує блоки візуалізації, які допомагають вирішувати це завдання, відображаючи результати обчислень і дозволяючи перейти від чисто обчислювальної проблеми до аналізу системи в цілому, включаючи оптимізацію параметрів її елементів.

Для аналізу було обрано один залізобетонний модуль із укладеними на нього залізобетонними плитами. Модуль представляє собою набір залізобетонних балок у кількості 10 шт., вертикальних колон (6 шт.), а також збірних монолітних плит перекриття (4 шт.) та плит перекриття (4 шт.).

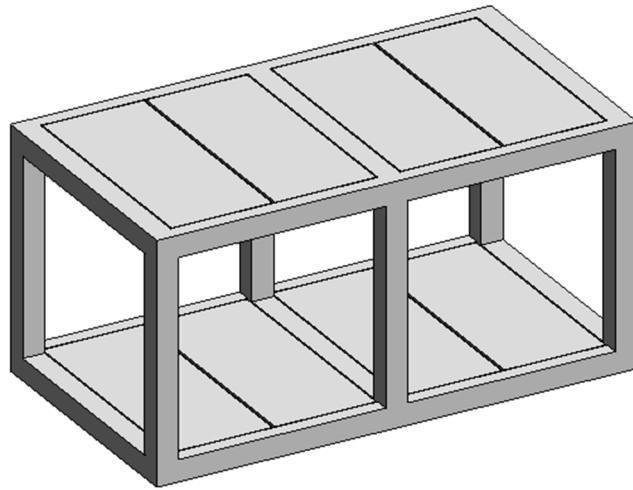


Рисунок 1 – Модуль у забраному стані

Створена скінчено-елементна модель для аналізу залізобетонних балок та колон використовує скінчений елемент СЕ-5, який представляє собою просторовий стержень. Такий підхід дозволяє реалістично моделювати поведінку балок та колон під дією навантажень, враховуючи різноманітні фізичні параметри матеріалів конструкції. Використання скінченого елемента СЕ-5 сприяє більш точному відтворенню реальних умов і динаміки взаємодії між структурними компонентами.

Для моделювання залізобетонної плити використовувався скінчений елемент СЕ-41 - універсальний прямокутний елемент оболонки. Для забезпечення адекватного відображення реальних фізичних властивостей плити, ця СЕМ була розділена на елементи із приблизними розмірами 50х50 см та товщиною 150 см. Визначення розмірів скінченого елемента здійснювалось шляхом розв'язання тестових завдань, що дозволило забезпечити оптимальні параметри для ефективного моделювання плити. Типи скінчених елементів, що використовувалися при моделюванні зображені на рисунку 2.

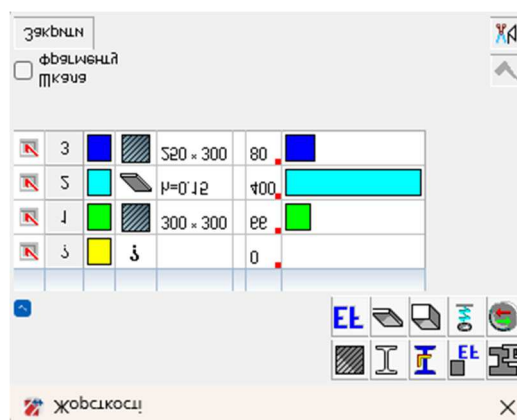


Рисунок 2 – Типи скінчених елементів

На представленому зображенні залізобетонного модуля відображено структуру модуля, включаючи його плити перекриття та покриття. Це зображення надає загальний огляд архітектурного конструктиву, демонструючи взаємодію ключових елементів, таких як перекриття та покриття, які є важливими складовими цілісної конструкції модуля. Ілюстрація допомагає легше розуміти взаєморозташування та функціональність різних частин модуля у контексті його загальної архітектури.

Для відтворення конструкції модуля за допомогою іншого типу СЕ, використовувався об'ємний скінчений елемент СЕ-36, який є 8-вузловим ізопараметричним скінченим елементом у формі паралелепіпеда. Геометричні розміри елементів були обрані не більше 15х15х15 см. Такий розмір обумовлено геометричними розмірами плити та балки конструкції модуля. Такий підхід дозволяє деталізувати модель, враховуючи особливості геометрії елементів цієї конструкції. Просторову схему можна розглянути на рисунку 3.

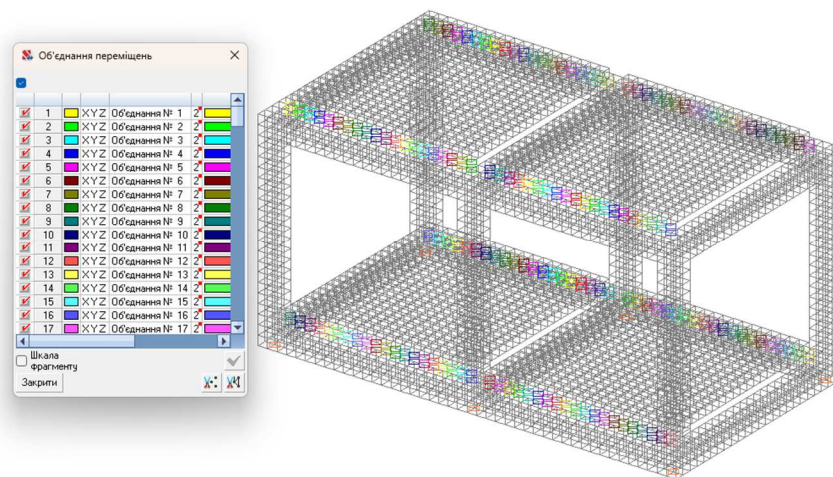


Рисунок 3 – Об'ємна схема модуля

Після проведення розрахунків (під дію власної ваги), отримали ізополя переміщень, напружень а також епюри зусиль у стержньовій моделі.

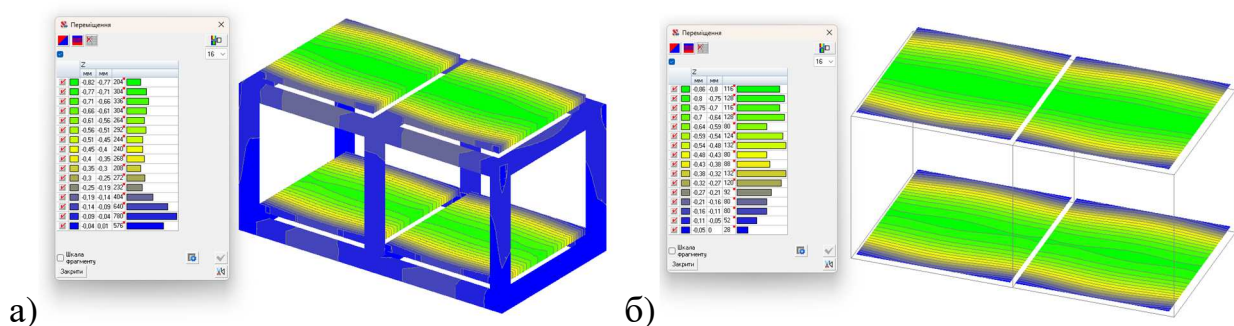


Рисунок 4 – Вертикальні переміщення: а)-об'ємні СЕ; б)-стержньові та пластинчасті

Проаналізувавши результати розрахунку, можна зробити висновок, що об'ємна СЕМ більш точно відповідає реальній поведінці конструкції. Цю СЕМ набагато складніше моделювати, а також за результатами розрахунку відносно мало вихідної інформації. В свою чергу, СЕМ із балок і пластин дає більше результатів для аналізу та дозволяє відразу провести доволі швидкий й досить точний розрахунок арматури.

Перелік джерел:

1. Гребенюк С. М., Гоменюк С. І. Чисельні методи розв'язання механічних задач: навчальний посібник для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 80 с.
2. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ЛІРА-САПР ® Приклади розрахунку і проектування: URL: <https://www.liraland.ua/files/format-pdf/> (дата звернення 12.12.2023).
3. Барабаш М.С., Кір'язев П.М., Лапенко О.І., Ромашкіна М.А. Основи комп'ютерного моделювання: НАУ, 2019, ISBN978-966, С. 500.

ПРОЄКТУВАННЯ ОДНОМОДУЛЬНОГО БУДИНКУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОДУЛЯ

Колдовський А.С., магістрант

Панченко І.Ю., магістрант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Для виробництва залізобетонних модулів використовувався бетон класу С16/20. У конструкціях використовувалася арматура класу А400С як поздовжня та класу А240 для вертикальної арматури у вигляді хомутів.

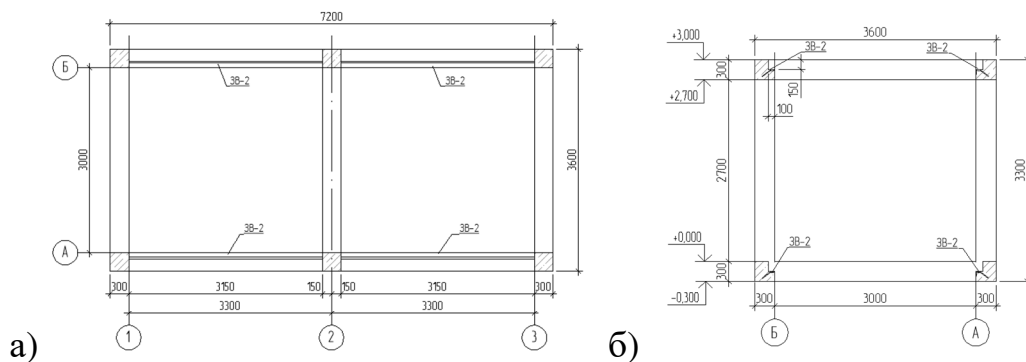


Рисунок 1 – Залізобетонний модуль: а)-план; б)-поперечний розріз

Діаметри арматури приймалися у відповідності до розрахунку. Для прискорення та автоматизації процесу збірки, було вирішено використовувати у конструкції модуля вже готові, заздалегідь зібрані просторові арматурні каркаси КП-1, КП-2, КП-3. Схема встановлення модулів показана на рисунку 2. Залізобетонний модуль також обладнаний закладними деталями ЗВ-1, які розташовані в характерних точках з метою подальшого з'єднання блоків у багатомодульний будинок шляхом зварювання. Цей підхід гарантує ефективне, швидке та точне з'єднання блоків на будівельному майданчику.

Крім того, в рамках проєкту передбачено встановлення закладної деталі ЗВ-2 в паз головних балок. Ці елементи необхідні для з'єднання залізобетонних плит шляхом зварювання; плити встановлюються у відповідні пази, що забезпечує їхню додаткову фіксацію. Зазначені закладні деталі можуть використовуватися і як опори для монтажу направляючих швелерів, які, у свою чергу, можуть послужити опорою для встановлення монолітної плити. Остання може бути використана для створення нестандартних отворів, наприклад, для сходів.

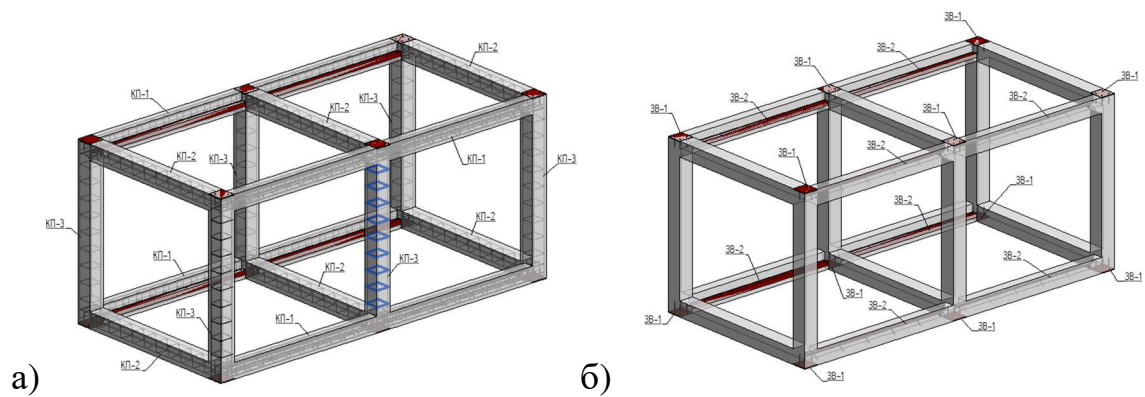


Рисунок 2 – 3D схема встановлення: а)-просторових б)- закладних виробів

Поперечні розміри балок та колон із зазначенням місця розташування каркасів та закладних виробів відображені на наступних рисунках.

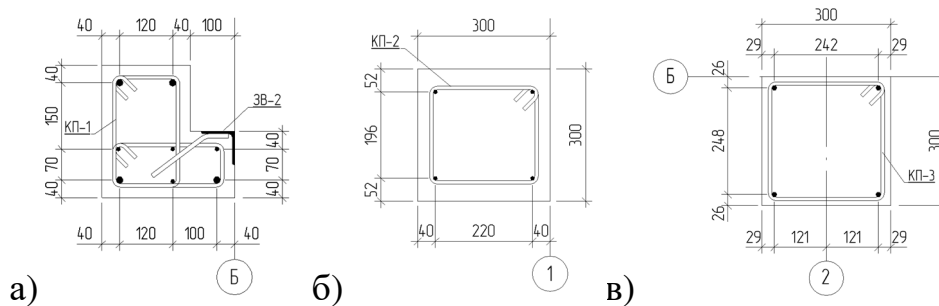


Рисунок 3 – Схеми встановлення закладних виробів та каркасів: а)- у головну повздовжню балку; б) – у другорядну поперечну балку; в) – у колону

Такими чином, запропонований залізобетонний каркас може використовуватись у різних поєднаннях модулів при побудові багатомодульного будинку. Всі елементи розроблені таким чином, щоб прискорити швидкість виробництва.

Перелік посилань:

1. Ніколаєв В.П., Ніколаєва Т.В., Інформаційне моделювання будівель: імперативи оптимізації будівельно-експлуатаційного процесу // Будівельне виробництво. – 2015. – № 59. – С. 17-26.
2. ДСТУ Б В.2.7-43:96 "Бетони важкі. Технічні умови"
3. ДСТУ 3760:2019 "Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій"
4. ДСТУ Б В.2.6-168:2011 "Арматурні та закладні вироби зварні, з'єднання зварні арматурні і закладних виробів залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови"
5. ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування"
6. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 "Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги."