

3. Материалы, из которых сделаны мосты разнообразные – камень, бетон, сталь, современный железобетон;

4. Мостовые сооружения находятся как на автомобильных, так и на железных дорогах и испытывают, в частности, воздействие тяжелых подвижных нагрузок;

5. Мосты строятся в рамках международного сотрудничества с учетом опыта и норм разных стран;

### Література

1. Королевство Марокко: Справочник/АН СССР, Институт Африки, Институт востоковедения. — М. : [Наука](#), 1991. –270 с.
2. Деловая Марокко, тома VIII-IX. Спецвыпуск / [Вачнадзе Г.Н.[и др.]; под. ред. Г.Н. Вачнадзе. – М.: «ПОЛПРЕД Справочники», 2009. – 196 стр.
3. Сионтьяндиоби С. Экономическая политика Китая в Африке / Сионтьяндиоби С. // Дискуссия. – 2016. – № 4 (67), – р. 64 –70.
4. Атлас мира: Максимально подробная информация / Руководители проекта: А. Н. Бушнев, А. П. Притворов. – М.: АСТ, 2017. – С. 66 – 96.

## РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ ДІАФРАГМОВИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ

*Дорожко А., ДМ-41-15, ХНАДУ  
Керівник доц.. каф. МКіБМ Краснов С.М*

Актуальність проблеми. У теперішній час на дорогах України експлуатуються більш ніж 28000 мостів та шляхопроводів. Загальна протяжність залізобетонних мостів складає 91,5%, металевих - 6%, кам'яних і бетонних – 1,3%, дерев'яних – 1,2. Залізобетонні мости поділяються на монолітні (30%), збірно-монолітні (5%) та збірні (65%) [1]. Збірні в свою чергу поділяють на плитні, коробчасті та ребристі. Близько 43% прольотних будов є ребристими. Найпоширенішими є прольотні будови зі збірних залізобетонних балок, зведених за типовими проектами, з них майже 40% відносяться до ребристих прольотних будов, які об'єднуються в сумісну роботу за допомогою поперечних балок - діафрагм.

Більшість мостів та шляхопроводів на дорогах України були побудовані за технічними нормами 1962 року та попередніми, і на теперішній час не відповідають вимогам ДБН В.2.3-22:2009 „Мости та труби” [2], як по вантажопідйомності так і по габаритам проїзної частини.

Тому при проведенні поточних та капітальних ремонтах штучних споруд, актуальним є питання розрахунку конструкцій споруди на існуючі навантаження з використання сучасних програмних комплексів.

Предмет дослідження: діафрагмові прольотні будови за типовими проектами.

Задачі дослідження: Аналіз методів розрахунку, та обґрунтування обраного методу для розрахунків ребристих діафрагмових прольотних будов. Вибір раціональної розрахункової скінченно-елементної моделі для розрахунків діафрагмових прогонових будов.

Розрахунок усіх несучих конструкцій і основ мостів повинен виконуватись за методом граничних станів [2]. Граничними називаються такі стани, при яких конструкція або основа під впливом силових навантажень перестає задовольняти експлуатаційним вимогам. При розрахунку споруджень за граничними станами величини зусиль або напружень і деформацій від прийнятих до розрахунку силових впливів не повинні перевищувати їх гранично допустимих значень.

Розглядаються дві групи граничних станів, за межами яких споруда або її елемент не задовольняє вимогам експлуатації:

I група – за повною неможливістю експлуатації конструкцій, основ або втратою несучої спроможності споруди в цілому (аварійне руйнування конструкції);

II група – за перешкодами до нормальної експлуатації, зменшенню проектної довговічності споруди (ускладнення чи зупинення нормальної експлуатації).

Розрахунки за першим граничним станом роблять із застосуванням розрахункових коефіцієнтів: перевантаження  $n$ , однорідності матеріалів  $k$ , умов роботи  $m$ , а також динамічного коефіцієнта  $(1+\mu)$ , що вводять тільки до автомобільного навантаження і що враховується при розрахунках конструкцій на стійкість проти перекидання й ковзання.

В розрахунках за другим і третім граничних станах коефіцієнти перевантаження й динамічної дії автомобільного навантаження не враховуються, тобто розрахунки ведуть на дію статичних характеристичних (нормативних) навантажень.

Багато авторів [3-9] рекомендують всі розрахунки мостових конструкцій на міцність, стійкість і деформації виконувати з урахуванням їхньої просторової роботи, впливу усадки, повзучості й пластичних деформацій бетону, тріщино утворення й температурних впливів, причому доцільність врахування перерахованих факторів, допустимість наближеного врахування або неврахування їх, варто визначати залежно від значимості, складності, призначення й інших особливостей конструкції.

*Розрахунок елементів конструкцій за несучою здатністю.* Елементи, що піддаються згину, (плити й балки) збірних залізобетонних мостів, які виконуються без попереднього напруження, розраховують на міцність (перший граничний стан) за формулами теорії залізобетону, що наводяться в них.

*Розрахунок елементів конструкцій за загальними деформаціями.* Розрахунок конструкцій за деформаціями складається в порівнянні їхніх теоретичних величин із гранично допустимими.

*Розрахунок елементів конструкцій за утворенням і розкриттям тріщин.* Розрахунок залізобетонних елементів за граничним станом на розкриття тріщин складається у визначенні величин можливого найбільшого розкриття окремих тріщин на стадії експлуатації, а також при виготовленні, транспортуванні й монтажі й у порівнянні їх із граничною величиною розкриття. За граничну величину розкриття окремих тріщин у мостових конструкціях приймають  $a_{np}=0,020\text{см}$ , а при розрахунку на додаткові сполучення нормативних навантажень без множення їх на коефіцієнти, що понижують  $a_{np}=0,025\text{см}$ .

Попередньо напружені елементи мостів повинні бути розраховані на тріщиностійкість по перетинах, нормальних до поздовжньої осі елементів, на всіх стадіях їхньої роботи. Цей розрахунок полягає у визначенні за [2] нормальних розтягуючих напружень у бетоні, які не повинні перевершувати нормованих. Напруження в бетоні обчислюють від статичних нормативних навантажень і сил попереднього напруження, причому останні приймають із урахуванням втрат цього напруження.

Для визначення розмірів всіх елементів прольотної будови, тобто плит, поздовжніх (головних) і поперечних балок, а також кількості арматури в них, необхідно знати величини виникаючих у них зусиль (згинальних моментів і поперечних сил) від постійного й тимчасового навантажень.

Головні балки, які розташовані під тротуарами й під проїзною частиною, вважають навантаженими тією частиною постійного навантаження, що безпосередньо над ним розташована.

Для розрахунку елементів прольотних будов на дію системи рухомих навантажень, які можуть займати на мості будь-яке положення, у наш час існує досить велика кількість методів, розроблених вітчизняними й закордонними вченими. Кожний із цих методів у більшому або меншому ступені враховує просторовий характер роботи плит і балок прольотної будови і є в тому або іншому ступені точним.

І в наш час фахівці продовжують займатися питаннями розрахунку балкових прольотних будов з метою уточнення існуючих і знаходження нових, найбільш ефективних, розрахункових методів, які давали б найкращий збіг з даними випробувань мостів й одночасно були б найменш трудомісткими для використання.

Розрахункові методи можна розділити на дві групи [3].

1. Методи, в яких вся прольотна будова подумки розчленовується на елементи, що розраховують самостійно: плити, головні балки (прогони) і поперечні балки (діафрагми)

2. Методи, в яких прольотна будова розглядається як єдина конструкція, що складається із плит і системи балок, спільно сприймаючих навантаження при будь-якому положенні їх на прольотній будові.

Переважає більшість існуючих способів просторового розрахунку прольотних будов заснована на теорії будівельної механіки й дає достатню для практичних цілей точність. При розрахунках мостів варто застосовувати найбільш прості (наближені) способи, які найбільше повно враховували б всі фактори, що впливають на роботу розглянутого типу прольотної будови, і забезпечували б прийнятну для практичних цілей точність.

Основною характеристикою кожного способу або групи способів одного напрямку варто вважати розрахункову схему

прольотної будови, тобто спрощене його зображення, що враховує тільки основні дані, які визначають роботу конструкції під навантаженням.

Найбільш розповсюдженими способами просторового розрахунку можуть бути віднесені: спосіб важеля; спосіб позацентрового стиску; спосіб пружних опор; всі способи, у яких прольотна будова розглядається як балковий ростверк або як система перехресних балок з урахуванням або без урахування крутіння.

Розглянемо модель прольотної будови у вигляді балкового ростверку, яка буде розрахована методом скінченних елементів за допомогою програмного комплексу ПК «ЛПРА» [10].

Теоретичною основою ПК “ЛПРА” є метод скінченних елементів (МСЕ), реалізований у формі переміщень.

Метод кінцевих елементів не вимагає від розраховувача визначення відносної поперечної жорсткості прольотної будови. Всі його розрахункові формули зручні для практичного застосування, відрізняються порівняною простотою, ясністю фізичного змісту величин, що в них входять, наочністю й доступністю для розуміння.

Вибір моделі для розрахунку прольотної будови визначається декількома факторами, серед яких – якомога більш точний збіг теоретичних результатів розрахунку з даними випробування мостів і мінімізація витрат часу на проектування. Проаналізувавши в даній роботі тенденції й методи розрахунку, що мають місце при моделюванні напружено-деформованого стану прольотних будов, ми намагаємось обрати адекватну розрахункову модель прольотної будови з урахуванням її просторової роботи та конструктивних особливостей.

Тестування методу виконувалось методом порівняння результатів розрахунків прольотної будови шляхопроводу, отриманих за різними методиками, та результатів випробування.

Для випробування було обрано другий прогін шляхопроводу довжиною 22,16 м. Балки прогонової будови довжиною 22,16 м виконані з попередньо напруженого залізобетону. Висота балок 120см. Армування крайньої балки виконано сьома пучками з високоміцної арматури класу В-ІІ, по 24 дротів діаметром 5мм в кожному пучці, а середніх балок – шістьма пучками. Поперечний переріз балки та її приведенний переріз наведено на рисунку 2. Для

урахування арматури, при моделюванні прольотної будови у вигляді стержневої системи, вводимо приведений модуль деформації, який враховує наявність в перерізі крім бетону арматурні пучки.

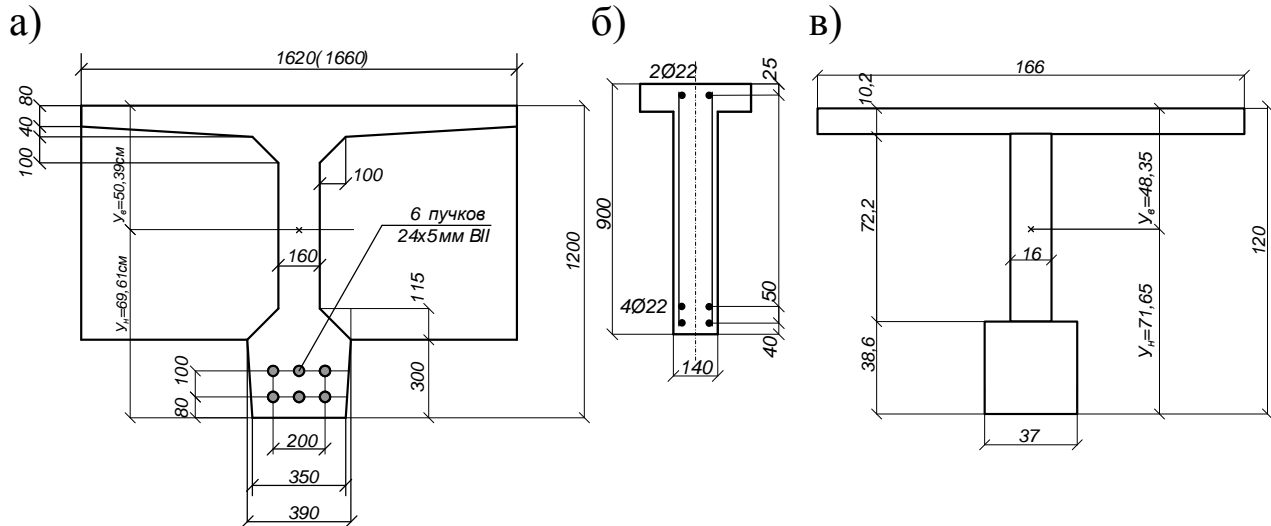


Рисунок 2 – Конструкція головної балки прольотної будови по Т/П 122-63, довжиною 22,16 м: а - фактичний поперечний переріз балки; б - поперечний переріз діафрагми; в - приведений переріз балки

В якості випробувального навантаження використовувались чотири автомобілі КраЗ та два автомобілі КАМАЗ. Середина прольоту №2 та опора завантажувались шістьма автомобілями, поставленими задніми бортами один до одного. При випробуванні прогонової будівлі, використані три схеми завантаження: схема №1 – установка двох автомобілів біля бордюрної огорожі; схема №2 – установка додатково двох автомобілів приблизно по осі мосту; схема №3 – установка додатково ще двох автомобілів біля іншого огороження проїзної частини. Маса автомобілів було визначено шляхом їх зважування.

За результатами випробувань було побудовано лінії прогинів, які потім об'єднанні з лініями прогинів, отриманими теоретичним шляхом за декілька ми методами (методом проф.. Лукіна Н.П., метод проф.. Кожушка В.П., та МСЕ ПК «ЛІРА»).

В основі обраної скінченно-елементної моделі лежить уявлення прольотної будови у вигляді елементів балкового ростверку, у якому поперечний переріз поздовжніх балок (ребер)

задається у вигляді таврів (або двотаврів відповідного до типового перерізу балок), а поперечних балок (діафрагм) у вигляді прямокутника. На рисунку 1 показана схема скінченно-елементної моделі прольотної будови довжиною 22,16. Шаг головних балок (1) та шаг діафрагм (2) прийнято відповідно з типовим проектом. Спирання прольотної будови змодельоване шляхом створення рухомих опор з однієї сторони та нерухомих опор з іншої, відповідно реальній конструкції.

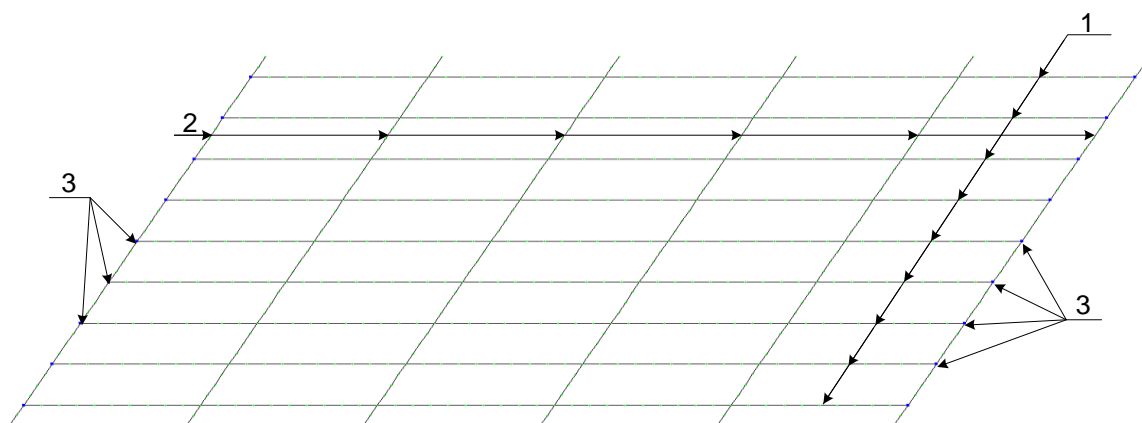


Рисунок 1 – Схема скінченно-елементної моделі прольотної будови в ОК «ЛІРА»: 1 – поздовжні балки; 2 – діафрагми; 3 – опорні частини

Наступним етапом створення розрахункової моделі прольотні будови є розміщення в межах прольоту моста тимчасового рухомого навантаження. Задача ускладнюється тим, що плита проїзної частини відсутня і у разі попадання навантаження за межі стрижневих елементів його необхідно розподілити на найближчі елементи, що й було зроблено відповідно до експериментального навантаження.

Прогини головних балок в середині прольоту отримані експериментальним та теоретичними методами (проф. М.П. Лукіна, проф. В.П. Кожушка та ПК «ЛІРА») для кожної схеми завантаження наведено на рисунку 3.

**Висновки.** Характер експериментальних та теоретичних прогинів, визначених за декількома методиками, ідентичний, що свідчить про можливість застосування прийнятої скінченно-елементної моделі ПК «ЛІРА» для розрахунку ребристих діафрагмових прольотних будов при робочому проектуванні та визначенні несучої здатності будов що експлуатуються.

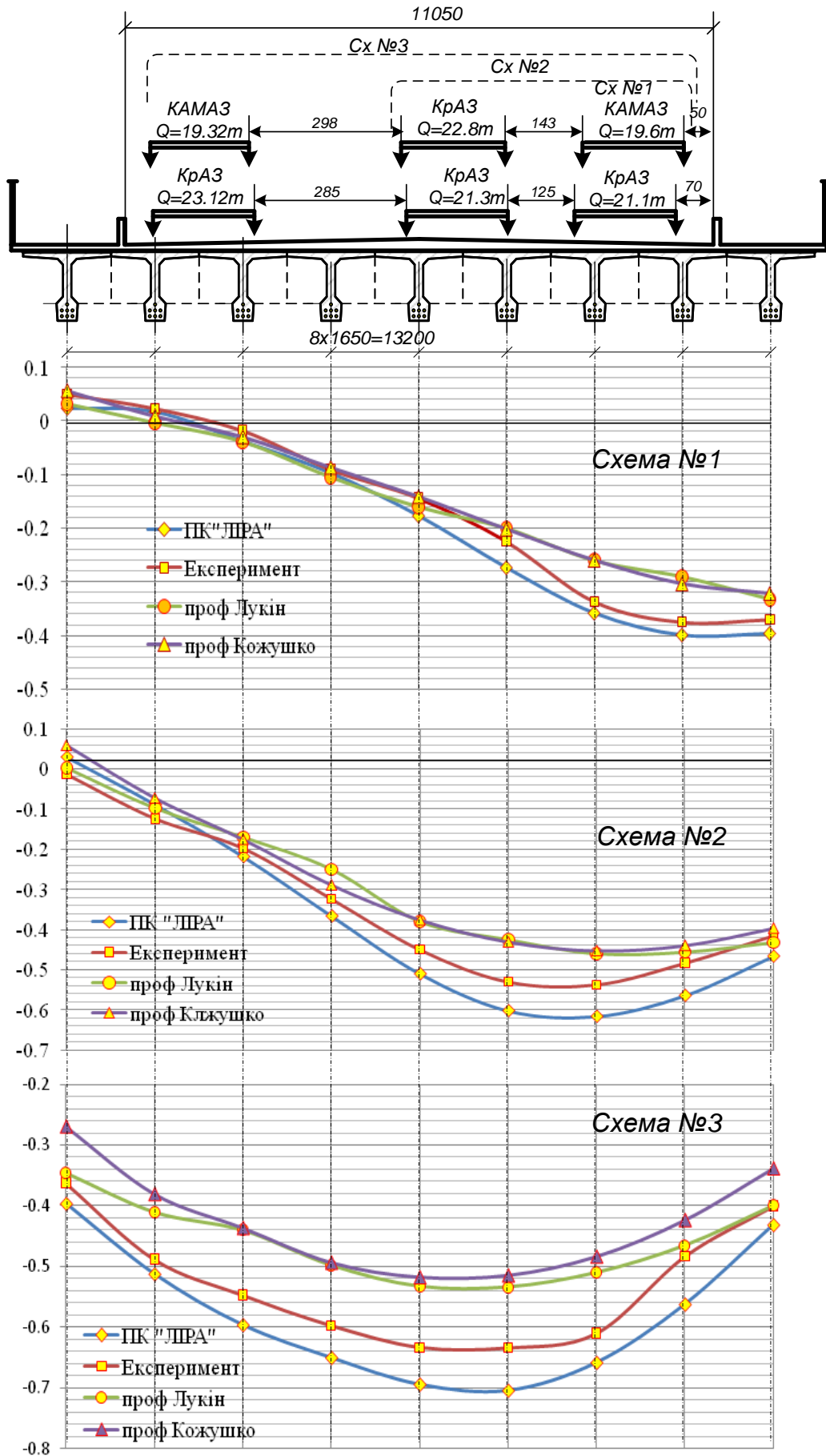


Рисунок 3 – Лінії прогинів середини прольоту головних балок



### Література

1. Експлуатація і реконструкція мостів / Страхова Н.Є., Голубєв В.О., Ковальов П.М., Тодіріка В.В. – 2-е вид., випр.. – К., 2002.- 408с.
2. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с.
3. Семенец Л.В. Пространственные расчеты плитных мостов.- К.: Вища школа, 1976. – 104 с.
4. Лившиц Я.Д., Онищенко М.М., Шкуратовский А.А. Примеры расчета железобетонных мостов. – К.: Вища школа, 1986. – 263 с.
5. Саламахин П.М., Воля О.В., Лукин Н.П. и др. Мосты и сооружения на дорогах /Учебник/; ч.1 и 2 –М.: Транспорт, 1991, 322с. и 448с.
6. Назаренко Б.П. Железобетонные мосты. – М.: Высшая школа, 1970. –432 с.
7. Донченко В.Г. Пространственный расчет балочных автодорожных мостов. М.: Автотрансиздат, 1953. - 168с.
8. Улицкий Б.Е. Пространственные расчеты балочных мостов. М.: Автотрансиздат, 1962. – 212с.
9. Российский В.А., Назаренко Б.П., Словинский Н.А. Примеры проектирования сборных железобетонных мостов, М.: Высшая школа, 1970. - 520с.
10. Руководство пользователя „ЛІРА-WINDOWS”. Программный комплекс, том V, Киев, 1996.

## РАЦІОНАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ПІШОХІДНИХ МОСТІВ

*Іванова Ю. Д., ДМ-18-11, ХНАДУ  
Керівник доц. каф. МКіБМ Краснов С.М.*

Як показує статистика, більша частина всіх дорожніх аварій в містах відбувається за участю пішоходів, які є найчисленнішою і вразливою категорією учасників дорожнього руху. Причиною переважної більшості цих ДТП є перетин пішохідних і транспортних шляхів. Комплексне вирішення питань, пов'язаних із забезпеченням безпеки на дорогах шляхом застосування новітніх