

## АНАЛІЗ РОБОТИ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ЗА ТИПОВИМ ПРОЕКТОМ 122-63 НА СУЧАСНІ НАВАНТАЖЕННЯ

*Долженко А.І., Барибін Ю.О. ДМ-36т1-19  
Науковий керівник: к.т.н., доцент С.Н. Краснов  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

На шляхах сполучення України експлуатуються 28447 мостів та шляхопроводів. Мостів загального користування – 16306, комунальних – 4082 і залізничних – 8059. 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 попередньо напружених 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 [2] та попередніми, і на теперішній час не відповідають вимогам ДБН В.2.3-22:2009 „Мости та труби” [3], 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. Використання для цього сучасних програмних комплексів є спрощенням процесу розрахунку.

Предмет дослідження – діафрагмові прольотні будови за типовим проектом Випуск №122-63[4].

Задачі дослідження. Аналіз методів розрахунку, та обґрунтування обраного методу для використання при розрахунках ребристих діафрагмових прольотних будов. Перевірка адекватності кінцево-елементної моделі, яка

пропонується для подальших розрахунків, методом порівняння результатів розрахунків за іншими методами та експериментальними даними. Перевірка несучої здатності попередньо напружених діафрагмових прольотних будов на прикладі типового проекту Випуск №122-63 на сучасні навантаження.

*Аналіз існуючих методів розрахунку прогонових будов мостів.*

Багато авторів [5, 6] рекомендують всі розрахунки мостових конструкцій на міцність, стійкість і деформації виконувати з урахуванням їхньої просторової роботи.

Несуча конструкція балкових прольотних будов, а також наскрізних надаркових будов аркових мостів являє собою систему взаємно пересічних поздовжніх і поперечних балок, перекритих плитою, досить складну в розрахунковому відношенні.

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 згинальних моментів і поперечних сил від постійного й тимчасового навантажень.

Власна вага у збірних прольотних будовах, у яких окремі блоки з'єднуються між собою не по всій довжині, а лише по діафрагмах, а також у широких прольотних будовах міських мостів, головні балки, 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 цей 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 [5]:

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.

Для вибору способу розрахунку необхідно знати класифікацію способів просторового розрахунку мостів [6, 7].

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. Тому класифікація способів просторового розрахунку мостів повинна бути побудована на основних характеристиках їхніх розрахункових схем. Класифікувати розрахункові схеми доцільно, дотримуючись В.З.Власова, за ознакою просторової довжини основних несучих конструкцій прольотних будов. За цією ознакою всі існуючі способи просторового розрахунку мостів можуть бути розділені на три класи, у яких прольотні будови розглядаються так:

1) стержні й системи стержнів суцільного перетину;

2) пластинки й оболонки;

3) тонкостінні стержні відкритого твердого або деформованого й закритого деформованого поперечних перерізів.

Розглянута в роботі розрахункова модель прольотної будови відповідає саме третьому класу і буде розрахована методом скінченних елементів [7-9] за допомогою програмного комплексу „ЛІРА”, тому на загальних принципах цього методу варто зупинитись більш детально [10,11].

Теоретичною основою ОК “ЛІРА” є метод скінченних елементів (МКЕ), реалізований у формі переміщень.

Метод скінченних 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. Тому для подальших розрахунків обрано цей метод.

*Обґрунтування обраної скінчено елементної моделі для розрахунку діафрагмових прогонових будов мостів.*

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. Розрахунок просторових систем вручну є досить трудомістким і вимагає більших витрат часу, тому раціональним буде використання в розрахунку електронно-обчислювальної техніки. Інструментарієм було обране середовище ПК „Ліра”, що використовує в метод скінченних елементів, представлений у вигляді методу переміщень.

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-II,

по 24 дротів діаметром 5 мм в кожному пучці, а середніх балок – шістьма пучками. Розрахункові характеристики прогонової будови – клас бетону В-40.

В якості випробувального навантаження використовувались чотири автомобілі КрАЗ та два автомобілі КАМАЗ. При випробуванні прогонової будівлі, використані три схеми завантаження: схема №1 – установка двох автомобілів біля парапетної огорожі; схема №2 – установка додатково двох автомобілів приблизно по осі мосту; схема №3 – установка додатково ще двох автомобілів біля іншого огороження проїзної частини. Масу автомобілів було визначено шляхом їх зважування.

Вертикальні переміщення (прогини) головних балок в середині прольоту №2 замірялись прогиномірами Максимова марки ПМ. Для замірів прогинів головних балок було встановлено 9 прогиномірів. За результатами випробувань було побудовано лінії прогинів, які потім об'єднанні з лініями прогинів, отриманими декількома теоретичними методами.

Прогини головних балок в середині прольоту, отримані різними методами розрахунків і експериментальним шляхом, наведені на рис 1.

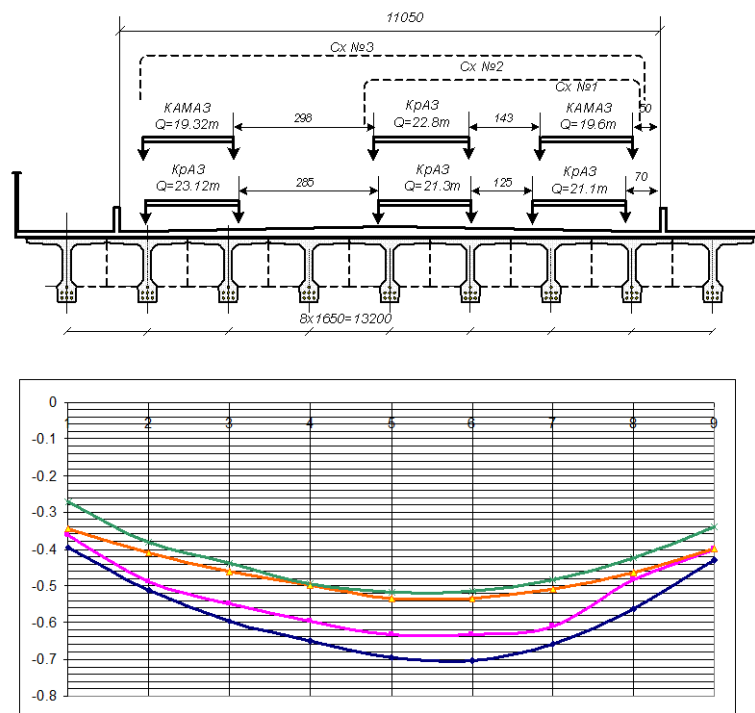


Рисунок 1 – Лінії прогинів в середині прольоту від завантаження за схемою №3

Характер експериментальних та теоретичних прогинів, визначених за декількома методиками, ідентичний, що свідчить про вірність обраної моделі для визначення напружено-деформованого стану прогонової будови за допомогою ПК «Ліра».

Для перевірки можливості використання залізобетонних попередньо-напружених балок за типовим проектом 122-63, було проведено розрахунок прольотних будов з усіма прольотами, які розроблені в проекті: 10,0 м, 12,5 м, 15,0 м та 20,0 м (табл. 1).

Таблиця 1 - Максимальні згинальні моменти, які виникають в балках від сучасних навантажень

Проліт у просвіті, м	Розрахунковий проліт, м	Повна довжина, м	Довжина в осях опор, м
10,0	11,1	11,36	11,41
12,5	13,6	14,06	14,11
15,0	16,3	16,76	16,81
20,0	21,5	22,16	22,21

Згинальні моменти та прогини у головних балках від сучасних навантажень наведені у таблицях 2 і 3.

Таблиця 2 - Максимальні згинальні моменти, які виникають в балках від сучасних навантажень

Прольоти у просвіті	Максимальний згинальний момент від навантажень, М, т·м				Несуча здатність, М <sub>гран.</sub> , т·м
	А 11	А 15	НК- 80	НК- 100	
10,0 м	<b>82,2</b>	<b>102,35</b>	67,75	78,1	83,29
12,5 м	<b>110,6</b>	<b>135,4</b>	91,3	103,6	102,46
15,0 м	<b>144,9</b>	<b>174,25</b>	119,85	133,8	117,5
20,0 м	<b>240,64</b>	<b>283,7</b>	194,1	212,05	217,55

Таблиця 3 - Максимальні прогини, що виникли в балках від сучасних навантажень

Прольоти у просвіті	Максимальний прогин від навантажень, мм				Максимальний прогин, мм
	A 11	A 15	НК- 80	НК-100	
10,0 м	8,26	10,2	7,16	8,23	27,75
12,5 м	16,95	20,5	14,25	16,1	34
15,0 м	21,3	25,4	17,64	19,52	40,75
20,0 м	38,63	45,35	29,9	32,3	53,75

### Висновки

Аналіз результатів розрахунків прогонових будов свідчить про те, що несуча здатність головних балок прогонових будов, без урахування дефектів, які зменшують їх вантажопідйомність достатня для пропуску розрахункових навантажень Н-30, НК-80 та тимчасових навантажень за схемою НК-100. Для пропуску сучасного навантаження за схемами А11 та А15 – несуча здатність даних прогонових будов недостатня.

### 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. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. /СН 200-62/. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 328с.
3. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с.
4. Типовой проект сооружений на автомобильных дорогах. Выпуск 122-63, часть 2. Пролетные строения железобетонные сборные с натяжением прямолинейной арматуры до бетонирования. – М.: Мин. Транспортного строительства СССР, «Главтранспроект», «Союздорпроект», 1969. – 155 с

5. Семенец Л.В. Пространственные расчеты плитных мостов.- К.: Вища школа, 1976. – 104 с.
6. Улицкий Б.Е. Пространственные расчеты балочных мостов. М.: Автотрансиздат, 1962. – 212с.
7. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541с.
8. Розин Л.А. Метод конечных элементов в применении к упругим системам. – М.: Стройиздат, 1977. – 132с.
9. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. – М.: Мир, 1977. – 349с.
10. Руководство пользователя „LIRA-WINDOWS”. Программный комплекс, том V, Киев, 1996.
11. А.С. Городецкий, В.С. Шмуклер, А.В. Бондарев Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.
12. ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 44 с.
13. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 50 с.