

## НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 624.04: 539.3

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТИПІВ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ МОСТОВИХ БАЛОК ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

**В.А. Теміргалієв, магістр, Б.В. Гриневицький, доцент, к.т.н.,  
Національний транспортний університет, м. Київ**

*Анотація.* Запропоновано новий тип попередньо напружених балок, виконаних за проектом 108-11-0.2-КБ для навантажень А-15, НК-100. Описано конструктивні вимоги щодо застосування мостових балок при проектуванні. Наводяться деякі результати розрахунків і випробувань конструкцій за даним проектом.

*Ключові слова:* попередньо напружені мостові балки, розрахункова модель, напружено-деформований стан.

### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ТИПОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЁННЫХ МОСТОВЫХ БАЛОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

**В.А. Темиргалиев, магистр, Б.В. Гриневицкий, доцент, к.т.н.,  
Национальный транспортный университет, г. Киев**

*Аннотация.* Предложен новый тип предварительно напряжённых балок, выполненных по проекту 108-11-0.2-КБ для нагрузок А-15, НК-100. Описаны конструктивные требования по применению мостовых балок при проектировании. Приводятся некоторые результаты расчётов и испытаний конструкций по данному проекту.

*Ключевые слова:* предварительно напряжённые мостовые балки, расчётная модель, напряженно-деформированное состояние.

### FEATURES OF APPLICATION OF NEW TYPES OF PRESTRESSED BEAMS IN THE DESIGN OF ROAD BRIDGES

**V. Temirgaliyev, Master, B. Grynevitskyi, Associate Professor, Candidate of Technical  
Science, National Transport University, Kyiv**

*Abstract.* A new type of prestressed beams manufactured according to 108-11-0.2-KB project for loads for A-15, NK-100 is offered. The design requirements for application in the design of bridge beams are described. Particular results of calculations and design tests for this project are offered.

*Key words:* prestressed bridge beams, design model, stress-strain state.

#### Вступ

На сучасному етапі транспортного будівництва в Україні спостерігається широке використання збірних-монолітних конструкцій мо-

стів. Найбільш ефективними є попередньо напружені балки двотаврового перерізу, об'єднані монолітною плитою товщиною не менше 200 мм. Їх застосування при перекритті найбільш розповсюджених малих та

середніх прольотів є достатньо економічним. При цьому є небагато типових рішень з проектування таких мостових прогонових будов, які б відповідали сучасним вимогам з проектування за навантаженнями [1, 2].

### Аналіз публікацій

Аналіз публікацій та проектів, розроблених науково-дослідними інститутами України [3], та аналіз сучасних нормативних документів [1, 2] дав змогу сформулювати мету і задачу дослідження.

### Мета і постановка задачі

Метою даної роботи була розробка нових конструктивних рішень та методик розрахунку нових типів попередньо напружених ба-

лок з урахуванням вимог сучасних нормативних документів [1, 2].

Керуючись саме цими чинними на сьогодні нормами, компанія «Обербетон» розробила альбом конструктивних рішень та виготовляє на власному виробництві нові типи мостових балок висотою від 1100 мм до 1500 мм з довжинами прогонів від 21 м до 33 м відповідно.

### Розрахунки балок

Розроблені балки мають двотавровий переріз, є попередньо напруженими, з арматурними випусками з верхньої полиці для жорсткого об'єднання з монолітною накладною плитою (рис. 1, 2).

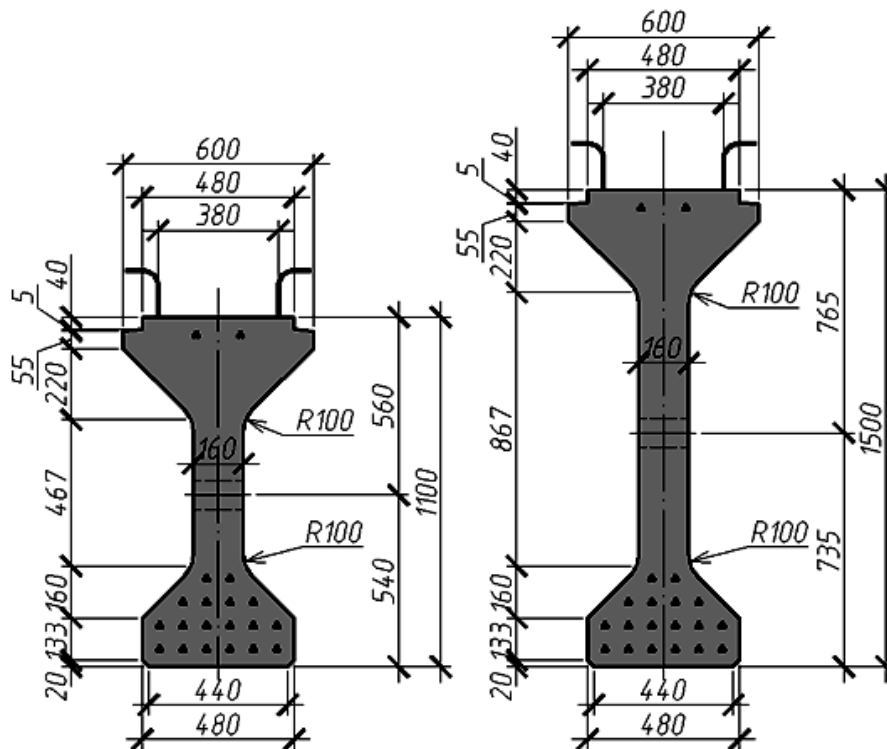


Рис. 1. Поперечні перерізи попередньо напружених мостових балок висотою 1100 та 1500 мм



Рис. 2. Модель армування балки 24 м

Статичні розрахунки балок виконані виходячи з умов виготовлення конструкцій за стеновою технологією з напруженням на упори (механічним способом). Для виготовлення балок прийнято: бетон класу В40, арматура Y1770S7, канати семипасового типу К-7 виробництва ПрАТ ВО «Стальканат-Сілур» за Pr EN 10138-3-2005 Prestressing steel. Part. 1-4 (ГОСТ 13840-68). Діаметр – 12,5 мм. Використання вказаних арматурних сталей

дозволяється за умов обов'язкової приймальної перевірки, незалежно від наявності сертифікатів, яка містить механічні випробування. При цьому розрахункові опори канатів, що приймалися до розрахунку, відповідно до нормативних документів складають 1055 МПа, хоча реальні характеристики, згідно з випробуваннями канатів, є в 1,5 рази більшими. Канати К-7 поєднуються у групи по 3 шт. Балки розраховані на застосування у збірно-монолітних прогонових будовах з монолітною плитою проїзної частини товщиною 20 см, що включена до сумісної роботи з балками. Балки пройшли сертифікаційні випробування і мають сертифікати відповідності.

При розробці нових мостових конструкцій необхідно, щоб розрахункова модель, яка використовується, відображала реальні умови роботи конструкції на етапах виготовлення, будівництва та експлуатації. Тому розрахунок балок проводився з урахуванням сучасних методів розрахунку на різних стадіях роботи конструкції. Розрахунок попередньо напружених залізобетонних балок довжиною 24 та 33 м виконано для збірно-монолітних прогонових будов мостів і шляхопроводів, розташованих на автомобільних дорогах загального користування, вулицях і дорогах міст та сільських населених пунктів. При цьому враховано застосування балок для мостів з кількістю смуг руху від двох до шести.

Геометричні характеристики попередньо напружених балок наведено в табл. 1.

При розрахунках конструкцій прийнято такі стадії роботи:

- I стадія – виготовлення (вік балки – 1 доба);
- II стадія – влаштування монолітної плити (вік балки – 60 діб);

III стадія – експлуатація (вік споруди – до 100 років).

Для розрахунку окремої балки довжиною 33 м на перших двох стадіях використовувалась просторова модель (рис. 3) та аналітичний розрахунок параметризованої балки, який запрограмовано у вигляді алгоритму в програмному комплексі MathCAD.

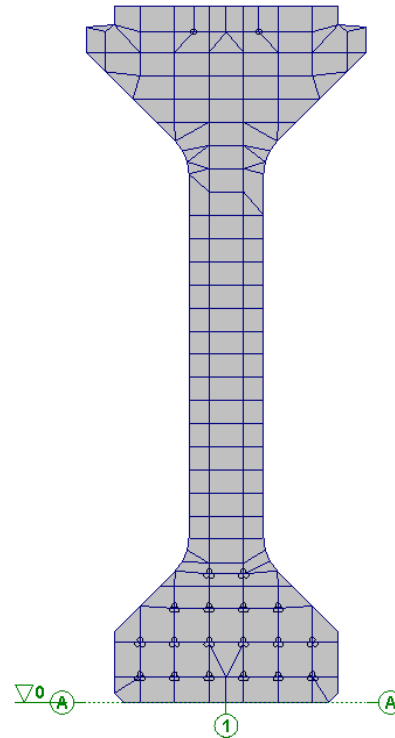


Рис. 3. Поперечний переріз просторової моделі для розрахунку на стадіях виготовлення та монтажу

При визначенні напружень використовувалась просторова розрахункова модель, розроблена у програмному комплексі SCAD. На рис. 4 наведено просторову епюру нормальних напружень на стадії виготовлення.

Таблиця 1 Геометричні характеристики попередньо напружених балок

Параметри балки	Попередньо напружена залізобетонна мостова балка	
	$L = 24$ м	$L = 33$ м
Висота балки, мм	1100	1500
Товщина ребра балки, мм	160	160
Ширина верхньої полки балки, мм	600	600
Ширина нижньої полки балки, мм	480	480
Площа поперечного перерізу, м <sup>2</sup>	0,355	0,4
Крок балок у поперечному перерізі (max), мм	1850	1600
Кількість канатів К-7 діаметром 12,5 мм, шт	50	56
Сила натягу канатів, кН	76,49	79,04
Товщина монолітної накладної плити, мм	200	200
Тимчасове навантаження	A-15, НК-100	A-15, НК-100

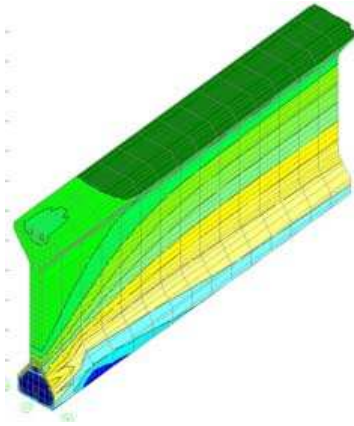


Рис. 4. Розподіл нормальних напружень уздовж балки на стадії виготовлення

На рис. 5 наведено епюри деформацій балки на стадії виготовлення за різними схемами розрахунку (просторова та лінійна).

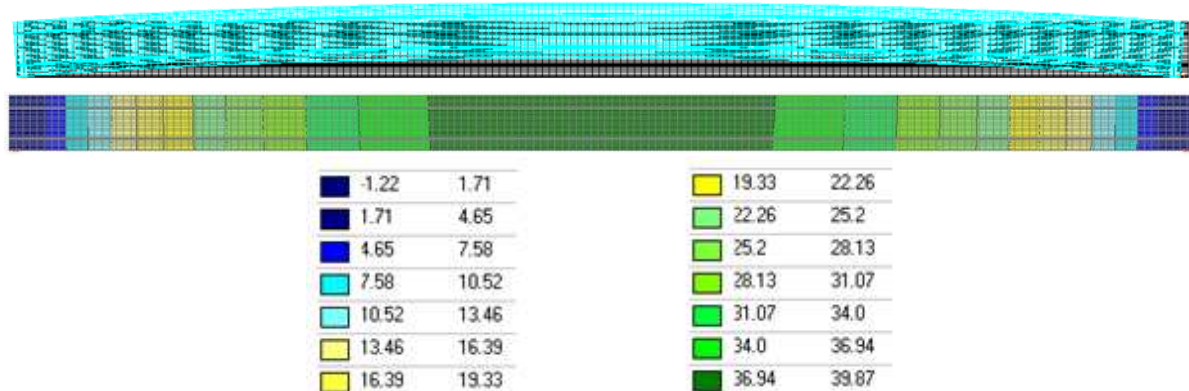
Аналіз напружено-деформованого стану перерізів балки після передачі зусиль з упорів на бетон показав, що значення вигинів за різними схемами розрахунку в перерізі посередині прогону складає 39,87 мм (рис. 5, а) та

36,74 мм (рис. 5, б). Деформації в балці на перших двох стадіях, отримані аналітичним розрахунком, та просторовим розрахунком відрізняються у межах 8 %, що свідчить про достатню достовірність отриманих результатів.

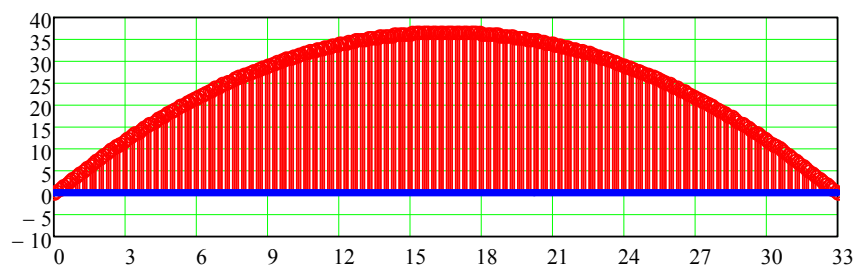
Наступні розрахунки проводились за схемами завантаження просторової моделі (рис. 6) рухомим складом тимчасових навантажень А-15 та НК-100, відповідно до діючих норм [2].

Скінченно-елементна модель, яка використовувалась для розрахунку на стадії експлуатації, враховувала різні класи бетону балки та плити прогонової будови й поетапне включення плити в роботу конструкції.

Напруження по крайніх фібрах балок, деформації та зусилля було отримано на різних стадіях роботи конструкції з урахуванням втрат попереднього напруження в канатах, що моделювались різною силою їх натягу.



а



б

Рис. 5. Вигини балки (в мм) на стадії виготовлення: а – за просторовою схемою (SCAD); б – за балочною лінійною схемою (MathCAD)

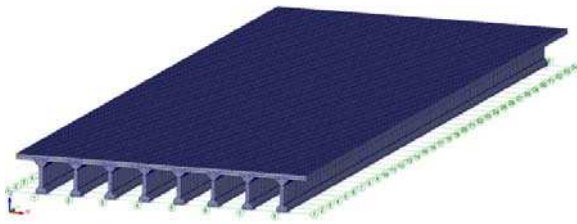


Рис. 6. Просторова скінченно-елементна модель прогонової будови (SCAD)

Отримані результати роботи конструкції також порівнювались з результатами випробувань балки. Мостові балки виготовлені на заводі ТОВ «Обербетон Україна» за проектом 108-11-0.2-КБ, були випробувані у «Державному науково-дослідному інституті будівельних конструкцій» (ДП НДІБК). За допомогою вимірювальної техніки отримано результати напружено-деформованого стану для аналізу міцності, жорсткості та тріщиностійкості балок. Результати теоретичних розрахунків та випробувань попередньо напруженої балки Б-33 висотою 1500 мм підтвердили її достатню жорсткість та міцність.

При розрахунку несучої здатності мостової балки враховано поетапне включення в роботу канатів К-7 за рахунок пластикових ізоляційних труб за довжиною балки, як на стадії виготовлення, так і на стадіях монтажу та експлуатації. На графіку (рис. 7) наведено значення згинаючих моментів (штрихова лінія) на стадії монтажу з урахуванням власної ваги монолітної накладної плити товщиною 200 мм та несучої здатності (суцільна лінія) збірної балки без урахування спільної роботи з монолітною плитою. Стрибки на лінії несучої здатності показують місця за довжиною включення в роботу груп канатів К-7.

На рис. 8 наведено арматурний каркас із канатами К-7 перед формовкою та загальний вигляд щойно виготовлених балок після розпалубки (рис. 9).

Результати розрахунків мають достатню збіжність та підтверджуються результатами випробувань. Це, у свою чергу, дає змогу говорити про те, що обрані моделі розрахунку

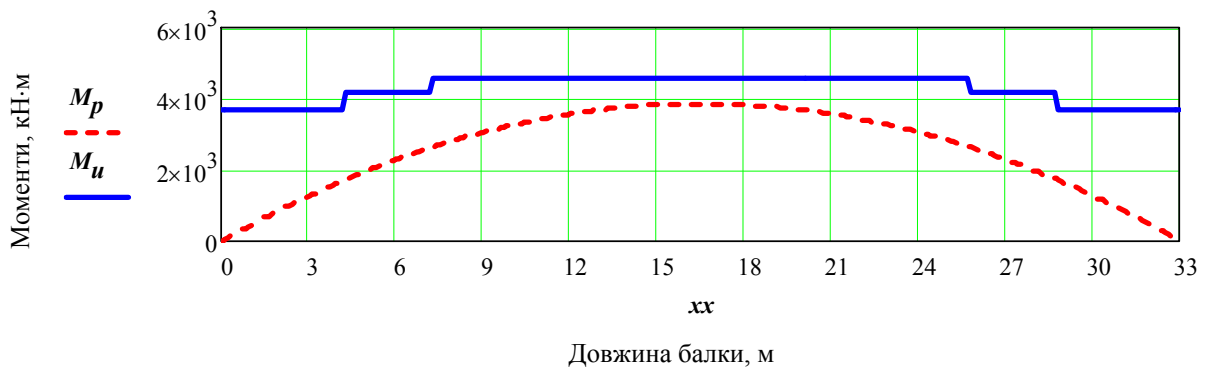


Рис. 7. Несуча здатність та згинаючий момент на стадії монтажу



Рис. 8. Арматурний каркас з попередньо напруженими канатами К-7 в опалубці



Рис. 9. Загальний вигляд виготовлених балок

відповідають реальній роботі прогонової будови.

### Висновки

При розрахунках збірно-монолітних прогонових будов необхідно використовувати різні моделі розрахунку та враховувати стадійність роботи конструкції.

Отримані результати випробувань, їх аналіз та порівняння із проведеними розрахунками балок свідчать про їх відповідність вимогам норм щодо міцності, жорсткості та тріщиностійкості.

### Література

1. Мости і труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006. – К.: Держбуд, 2006. – 360 с.
2. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-15:2009. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с.
3. Научно-технический отчет Укрдортранс НИИ «Предварительно напряженные пролетные строения пролетом 10-30 м» / Отчет по теме № 06-61. – К.: УкрдортрансНИИ, 1960. – 380 с.
4. Гишман М.Е. Проектирование транспортных сооружений / М.Е. Гишман., В.И. Попов. – М.: Транспорт, 1988. – 448 с.

Рецензент: В.С. Шмуклер, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 11 вересня 2012 р.

---