

Б.Г. Гнідець, Б.М. Ониськів, В.М. Васьків, І.Д. Кавацюк, М.Р. Щеглюк
 Національний університет "Львівська політехніка",
 кафедра мостів та будівельної механіки
 79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ ЗБІРНО-МОНОЛІТНОЇ ЕСТАКАДИ

© Гнідець Б.Г., Ониськів Б.М., Васьків В.М., Кавацюк І.Д., Щеглюк М.Р., 2007

Розглядається конструктивне вирішення автомобільної естакади в складних умовах транспортного вузла. Описано експериментальні дослідження конструкцій елементів її прогонової будови. Конструкція естакади являє собою багато-прогонову нерозрізну систему з кроком опор 28,8 м із збірно-монолітного залізобетону, з застосуванням типових попередньо напружених двотаврових балок прогоном 18,0 м, монолітних надопорних попередньо напружених балок прогоном 10,8 м зі захованим ригелем в одному рівні з балками.

In this article the structural decision of overhead road is examined in the difficult conditions of a transport knot. Experimental researches of constructions model of span elements are described also. The construction of overhead road is reinforced concrete much span continuous system with the step of buttress 28,8 m, with using of typical pre-stressed 18,0 m I-beams, monolithic over-buttress pre-stressed 10.8 m beams with hide flange in one level of beams.

Вступ. До складу комплексу одного з міжнародних аеропортів авіапідприємства України була запроєктована автомобільна естакада, призначена для доставки пасажирів до третього поверху терміналу на висоту 9,6 м. від умовної позначки. При заїзді з існуючої дороги інтенсивного руху на естакаду було передбачено один заїзд на кривій в плані і два з'їзди, один з яких проходить естакадою в зворотному напрямі від терміналу, а другий з'їзд також на кривій веде з естакади на автомобільну стоянку. Криволінійні з'їзди при малих радіусах близько 40 м в місцях їх приєднання до прямолінійної ділянки естакади проходять над 3-ма смугами автомобільної дороги з інтенсивним автомобільним рухом. Заїзд на естакаду і з'їзди здійснюються рампами, насипи яких огорожені підпирними стінами (рис. 1)

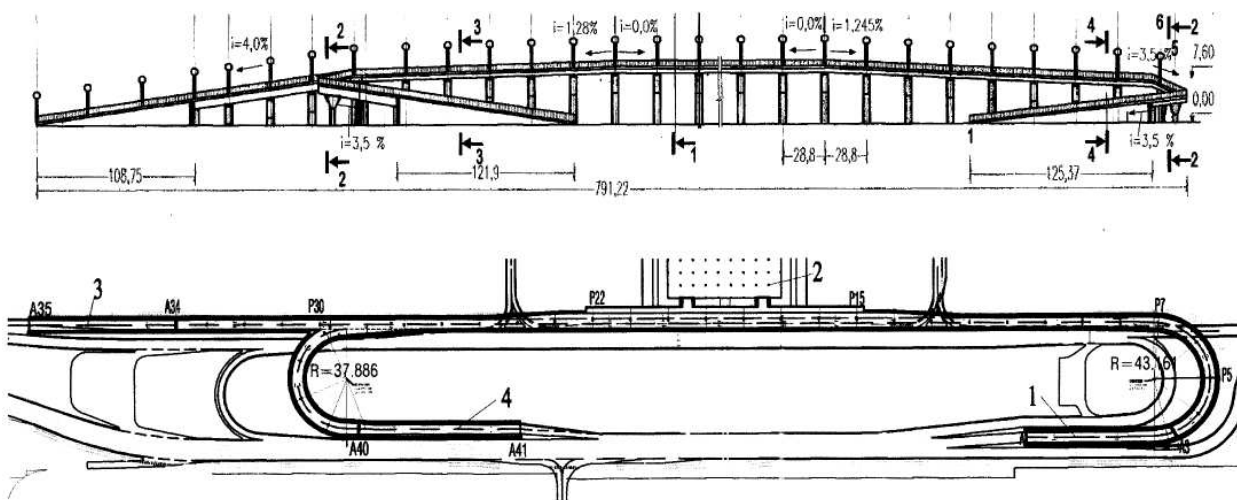


Рис. 1. Фасад і план естакади:
 1 – в'їзд на естакаду; 2 – термінал;
 3 – прямий з'їзд; 4 – з'їзд на автостоянку

Конструктивні особливості естакади. На естакаді передбачені дві проїзні смуги шириною по 3,75 м. У межах горизонтальної ділянки навпроти терміналу ширина проїзної частини збільшена додатково смугою для стоянки автотранспорту шириною 3,5 м і перону шириною 5,0 м для висадки пасажирів. Загальна ширина естакади на окремих ділянках змінюється, враховуючи збільшення її на кривих з віражами і на перехідних кривих та поступовим збільшенням її ширини від найменшої, що дорівнює 12,1 м до найбільшої навпроти терміналу – 18,3 м.

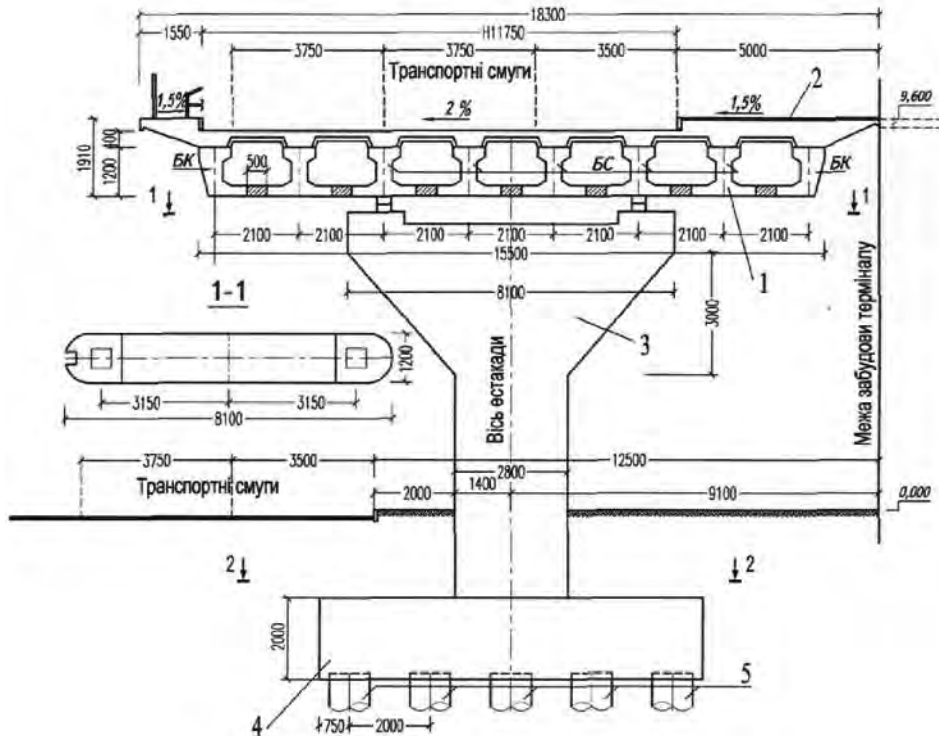


Рис. 2. Поперечний переріз естакади в межах терміналу:

- 1 – прогонова будова коробчастої форми; 2 – перон;
- 3 – одностовпчата опора; 4 – ростверк;
- 5 – буронабивні палі діаметром 1,0 м

Складність проектування естакади полягала не тільки у постійній зміні ширини прогонової будови, а також у додаткових вимогах обмеження її конструктивної висоти до 1,8 м і підвищених архітектурних вимогах. Крім цього, були задані величини прогонів по 28,8 м, а на криволінійних ділянках підмостові габарити за шириною вимагали їхнього збільшення до 33,0 м і за висотою згідно з новими нормами до 5,5 м. Із врахуванням цих складних умов прогонову будову естакади було запроєктовано як багатопрогонову збірно-монолітну нерозрізну конструкцію з пустотами коробчастої форми, розділену за довжиною деформаційними швами на окремі ділянки. Конструкції прогонів естакади завдовжки 28,8 і 33,0 м запроєктовано в надопорній частині у вигляді монолітних залізобетонних двотаврових балок з плитою знизу, а в середній частині із збірних залізобетонних двотаврових балок двох типів: крайніх балок БК–18 і середніх БС–18 завдовжки 18,0 м. Віддалі між балками дорівнювали 2,1 м (рис. 2). Збірні балки БС–18 і БК–18 об'єднуються з монолітними балками надопорної частини прогонової будови в нерозрізні конструкції із застосуванням попередньої напруженої арматури при монтажі. До натягу арматури на верхніх полицях збірних і монолітних балок встановлюються збірні залізобетонні ребристі плити, які приварюються до закладних деталей балок і разом з монолітною частиною плити проїзної частини після бетонування створюють коробчасту конструкцію прогонової будови естакади. Для забезпечення суцільності і жорсткості збірної монолітної конструкції прогонової будови коробчастої форми із збірних залізобетонних і монолітних балок, а також з ребристих плит передбачені випуски арматури в монолітну частину плити проїзної частини і стиків [1–5].

Збірні балки БС–18 і БК–18 для прогонової будови естакади передбачається виготовляти з бетону класу В40 на заводах за стендовою технологією з натягом напруженої робочої арматури на упори стендів або силових форм. Напружена арматура збірних балок може бути виготовлена із пучків, з застосуванням високоміцного дроту діаметром 5 мм класу ВІ, К–7 або з окремих стрижнів класів АІV і АV. Попередньо напружена арматура застосовується також при монтажі прогонової будови естакади для об'єднання збірних балок БС–18 і БК–18 з монолітними надпорними балками у збірно-монолітну багатоугонову нерозрізну конструкцію. Конструктивним вирішенням передбачено, що вся надпорна напружена арматура розташовується рядами між ребрами збірних плит (рис. 3) і проходить по всій довжині над монолітними та частково над збірними балками, обтискуючи їх в стиках, шви між якими заповнені бетоном під час замонолічування діафрагми збірних балок.

Анкерування напруженої надпорної арматури здійснюється на упорах, передбачених в збірних і монолітних балках, конструкція яких може залежати від виду напруженої арматури і методу її натягу. Для пучків і канатів з високоміцного дроту класу ВІІ рекомендується застосовувати силовий метод натягу за допомогою гідродомкратів, а для стрижневої арматури класів АІV і АV може бути застосований електротермічний метод [5].

На криволінійних ділянках прогонової будови естакади використовується також і нижня попередньо напружена арматура, розташована в бетоні замонолічування стиків нижньої плити коробчастого перетину між збірними балками. Після натягу нижня напружена арматура з'єднується за допомогою анкерів із випусками арматури монолітних ділянок. Перед замонолічуванням стиків плити між збірними балками випуски напруженої арматури з нижньої плити з'єднуються з випусками арматури з монолітних балок. Натяг верхньої напруженої арматури передбачено проводити після монтажу збірних ребристих плит. На криволінійних ділянках прогонової будови верхня напружена арматура із пучків або канатів натягується з відгинами в плані в місцях горизонтальних девіаторів, закладених в стиках збірних і монолітних балок. Стрижнева напружена арматура на цих ділянках виконується з застосуванням в місцях відгинів спеціальних монтажних стиків.

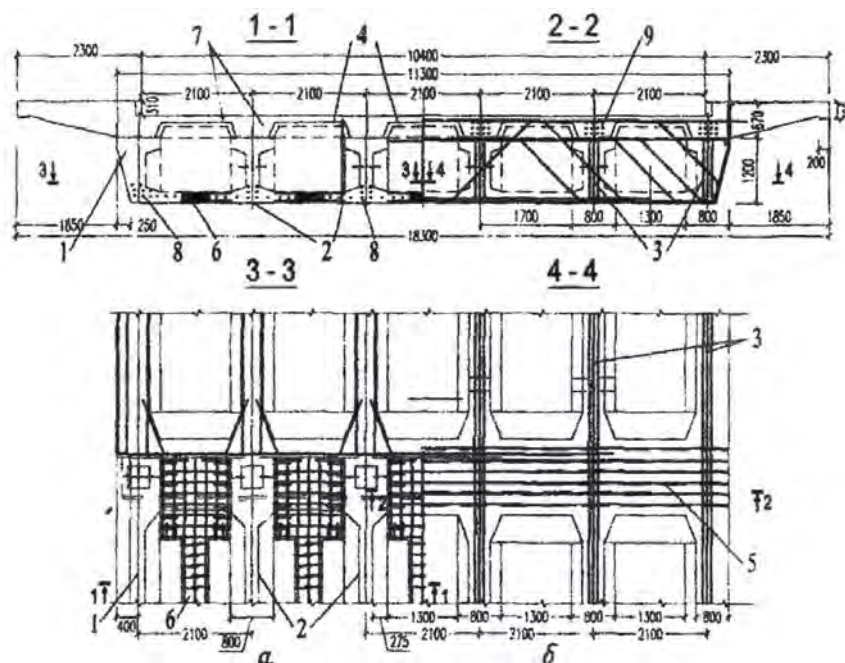


Рис. 3. Фрагмент плану і перерізів прогонової будови:

- а – план і переріз в межах монтажного стику; б – план і переріз на опорі;
- 1 – крайня збірна балка БК-18; 2 – середні збірні балки БС-18; 3 – монолітні балки;
- 4 – ребристі плити; 5 – ригіль у монолітній надпорній частині прогонової будови;
- 6 – стики нижньої плити збірних балок; 7 – монолітна плита проїзної частини;
- 8 – робоча напружена арматура збірних балок в прогонах;
- 9 – надпорна напружена арматура

Характерною особливістю запроєктованої прогонової будови естакади є її обмежена до 1,6 м висота поперечного перерізу, що робить її непрохідною. За довжиною прогонова будова поділена на дев'ять ділянок деформаційними швами, розташованими в основному у прогонах у місцях монтажних швів, зміни габаритів і примикання криволінійних ділянок до прямолінійних.

Проектом автомобільної естакади передбачено 40 опор прогонової будови, більшість з яких відповідно до величини прогонів розташовано з кроком 28,8 м і тільки в одному прогоні на віддалі 33,0 м, а в крайніх прогонах на в'їзді і двох з'їздах вони зменшені до величини 23,4 м.

Проміжні опори естакади монолітні одностовпчасті і розташовані за довжиною з кроком 28,8 м і 33 м, крайні опори запроєктовані аналогічно береговим опорам мостів. Проміжні опори запроєктовані двох типів залежно від ширини прогонової будови і мають у верхній частині двоконсольну постійну конічну форму висотою 4,0 м, а нижню – прямокутну з заокругленням на кінцях відповідно 1,2x2,2 м і 1,2x2,8 м в перерізі, висота якої змінюється залежно від повздовжнього нахилу естакади. Опори виконуються із бетону класу В30 і армовані арматурою класу АІІІ (рис. 2).

Фундаменти опор естакади запроєктовані з врахуванням гідрогеологічних умов території будівництва, які можна також віднести, як і для прогонової будови, до складних умов. На території будівництва естакади на глибині до 4,2 м від поверхні землі залягають лесоподібні суглинки, які належать до просідаючих ґрунтів 1-го типу просадання. Основою для фундаментів опор естакади прийняті щільні дрібні піски з прошарками пілуватих пісків та такими фізико-механічними характеристиками:

$\rho_{II} = 1,99 \text{ г/см}^3$; $\varphi_{II} = 36^\circ$; $c_{II} = 0,03 \text{ кг/см}^2$; $\epsilon = 35 \text{ МПа}$, розташовані на глибині до 16 м від поверхні землі. Вертикальне навантаження на фундаменти проміжних опор естакади на прямій становить 2200 тс, на криволінійних ділянках виїзду і з'їзду – 1600 тс, а на прямолінійних ділянках з'їзду – 1400 тс.

У зв'язку з цим в проекті використані фундаменти з палями (рис. 2). Запроєктовані три типи фундаментів для проміжних опор з різною величиною навантаження і фундаменти опор рамп на в'їзді і виїзді естакади. З метою вибору найраціональнішої конструкції фундаментів в проекті застосовано два види палей: буронабивні і забивні. Буронабивні палі діаметром 1000 мм занурені в ґрунти основи на 12 м від поверхні землі, із них 4,3 м – в дрібні щільні піски. Довжина палі від підшови ростверку становить величину 8 м. Несуча здатність однієї палі на вертикальне навантаження за методикою „СНІП 2.02.03-85 дорівнює 218 тс. Найбільше навантажений фундамент проміжної опори естакади запроєктований у вигляді куща палей із 15 буронабивних палей діаметром 1000 мм і низького ростверку завтовшки 2,0 м, закладеного на глибину 4,0 м від планувальної позначки з розмірами в плані 5,5x9,5 м. Віддаль між палями відповідно до вимог нормативних документів прийнято – 1000 монолітних ділянок, монтувати збірні балки і плити можна одночасно на декількох прямолінійних і криволінійних частинах естакади незалежно, а виробництво збірних елементів налагоджене ще до початку проведення робіт із спорудження фундаментів і опор.

Програма експериментальних досліджень. Особливості конструктивного вирішення прогонової будови естакади загалом і окремих елементів, їхніх стиків, а також технології монтажу в різних стадіях, з врахуванням застосування прийнятих методів розрахунку, вимагало проведення спеціальних експериментальних досліджень. З цією метою була розроблена програма випробування елементів прогонової будови естакади. Для випробувань одного з найважливіших елементів прогонової будови було запроєктовано, виготовлено і випробувано дослідну конструкцію в масштабі 1:2 у вигляді балки монолітної ділянки завдовжки 5,7 м і двох частин збірних балок завдовжки 3,0 м. Для випробувань досліджуваної конструкції в стадії монтажу і моделювання передачі на її консолі навантажень від збірних балок естакади був запроєктований і змонтований спеціальний випробувальний стенд. Загальний вигляд досліджуваної конструкції на стенді показано на рис. 4.

Навантаження конструкції зосередженою силою на консолі проводилось поступово до появи тріщини на опорі і її розкриття до 0,2 мм. На другому етапі випробувань було проведено натяг напруженої надпорної арматури, в результаті якого величина прогину консолі, яка становила при завантаженні 14,8 мм, зменшилось до 50%, а тріщина закрилась повністю.



Рис. 4. Загальний вигляд досліджуваної конструкції балки монолітної ділянки, підготовленої до випробувань на стенді

Для випробувань елементів прогонової будови на кривій було розроблено конструкцію в масштабі 1:2, загальний вигляд якої показано на рис. 5.



Рис. 5. Загальний вигляд досліджуваної конструкції прогонової будови естакади на кривій на випробувальному стенді

Досліджувана конструкція естакади на кривій складається із збірної двотаврової балки БС-4,6 завдовжки 4,6 м і двох двотаврових балок монолітних надпорних ділянок завдовжки по 3 м.

Збірні балки в стадії монтажу вільно опираються на консолі балок монолітних надпорних ділянок, а після натягу надпорної арматури і замонолічування із збірними плитами проїзної частини жорстко з'єднуються в стиках.

Армування дослідної конструкції запроектовано за аналогією відповідно до армування збірних балок і балок монолітних надпорних ділянок натурних розмірів прогонової будови естакади на кривій.

Ненапружену робочу арматуру ребра збірної балки двотаврової форми запроектовано із двох зварних плоских каркасів, поперечну арматуру – в двох сітках ребра.

Армування нижньої плити виконується сітками і окремими стрижнями.

Ненапружену арматуру ребра балок двотаврової форми монолітних надопорних ділянок запроектовано із двох зварних плоских каркасів, армування верхньої полицки нижньої плити виконується сітками. Напружену арматуру прийнято із стрижнів $\varnothing 16$ класу А500С. У збірній балці напружена арматура розташована в нижній полицці двотаврової балки в кількості 2 шт. і після натягу з'єднується за допомогою анкерів з випусками арматури балок монолітних надопорних ділянок. У верхній зоні балок напружена арматура розташована в проміжку між збірними ребристими плитами проїзної частини в межах монолітної і збірної балок. Проміжок між збірними ребристими плитами проїзної частини після натягу арматури замонолічується.

Висновок. Внаслідок особливостей конструктивного вирішення прогонової будови розглянутої естакади, а також технології її монтажу в різних стадіях вирішено провести спеціальні експериментальні дослідження прийнятих методів розрахунку. З цією метою було розроблено програму та методику випробування елементів прогонової будови естакади.

1. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Исследование стыков многопролетных неразрезных мостов с напряженной арматурой, замоноличиваемый в открытых каналах // Вестник Львовск. Политехн. ин-та. – 1977. – № 113. – С.8–13. 2. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Совершенствование конструктивно технологических решений сборно-монолитных неразрезных пролетных строений мостов // Труды союздор НИИ. – М., 1987. – С.28–34. 3. Hnidets B. Salo W. Reinforced concrete composite multi-span bridgts with prestressed joints. XLI konf. Naukowa „Krynica 1995”. – Krakov – Krynica, 1995. – S.61–68. 4. Гнідець Б.Г. Збірно-монолітні нерозрізні конструкції прогонових будов для будівництва та реконструкції мостів і шляхопроводів НАН України: Зб. наук. пр. Фіз.-мех. ін-ту ім. Г.В. Карпенка. – Вип. 4, 2002. – С.38–43. 5. Гнідець Б.Г. Стики з напруженою арматурою і регулюванням зусиль в збірно-монолітних нерозрізних балкових і рамних мостах: Наук.-техн. збірник. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2004. – Вип. 69. – С.48–53. 6. Ониськів Б.М., Сорока Я.В., Канюк В.М. Конструктивні особливості фундаментів опор мостів на передгірських ділянках рік Прикарпаття // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва”, 2006. – № 562.