

ЗБІРНО-МОНОЛІТНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ КОРОБЧАСТОЇ ФОРМИ ДЛЯ СКЛАДНИХ УМОВ БУДІВНИЦТВА

© Гнідець Б.Г., 2010

Розглянуто конструктивні вирішення збірно-монолітних прогонових будов мостів для складних умов будівництва за наявності поворотів з обмеженими радіусами в плані, розгалужень, примикань, складного профілю віражами, змінною шириною габаритів і величини прогонів та обмеженою конструктивною висотою прогонової будови коробчатої форми.

Ключові слова: коробчаті конструкції, прогонові будови мостів, складні умови будівництва.

In the article the structural decisions of built-up-monolithic span structures of bridges are examined for the difficult terms of building at presence of turns with the limited radiuses in a plan, branching, joining, hard-to-make by turns, variable width of sizes and size of spans and limited structural height of span structure of box-type form.

Keywords: box-type constructions, span structures of bridges, difficult terms of building.

Постановка проблеми. Вирішення проблем автомобільного і міського транспорту в сучасних умовах, у зв'язку зі зростанням інтенсивності його руху, особливо в приміських зонах, містах і густозаселених місцевостях, з урахуванням перспективи, пов'язане з необхідністю прискорення темпів будівництва мостів, шляхопроводів і естакад та інших інженерних споруд. З урахуванням наявної забудови, яка склалась раніше в цих місцях, а також у місцевостях зі складним рельєфом в передгірських і гірських районах, часто виникають складні умови проектування, в яких необхідні спеціальні підходи і застосування нових нетипових конструктивно-технологічних вирішень. До таких складних умов можна зарахувати такі умови:

1. Складний план споруди з поворотами, обмеженими радіусами кривих у плані, наявністю розгалужень або примикання, з перехідними кривими в плані.
2. Складний профіль споруди з великими похиленнями і радіусами вертикальних кривих, наявністю віражів в поєднанні з горизонтальними кривими.
3. Змінна ширина габаритів проїзду, захисних смуг та тротуарів.
4. Нетипові величини прогонів, які можуть змінюватись невідповідно до прийнятої при проектуванні модульної системи або рекомендованих співвідношень з умов статичного розрахунку.
5. Обмежена конструктивна висота прогонової будови.
6. Підвищені навантаження з урахуванням перспективи розвитку транспорту.
7. Підвищені або змінні підмостові габарити.
8. Підвищені архітектурні вимоги до конструкцій прогонової будови й опор з фасаду і знизу.
9. Складні геологічні і гідрогеологічні умови будівництва.
10. Спеціальні вимоги до водовідведення, гідроізоляції та електроосвітлення.
11. Інші умови, такі як урахування наявності підземних комунікацій, архітектурних пам'яток або необхідність прокладання трубопроводів чи систем зв'язку.
12. Мінімальні терміни зведення споруд з урахуванням вимог несезонності будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз відомих збірних типових, а також нетипових індивідуальних конструктивно-технологічних вирішень, зокрема з монолітного залізобетону, підтверджує низьку їх ефективність, що часом унеможлиблює їх широке застосування в складних умовах будівництва.

Мета та завдання дослідження. З урахуванням цих недоліків відомих типових і нетипових конструкцій прогонових будов необхідно розробити нові конструкції. Особливості і переваги нових конструктивно-технологічних вирішень можуть бути обґрунтовані на основі аналізу їх конструктивних схем, поперечних перерізів, схем розміщення елементів прогонової будови на кривих у плані і вертикальних кривих і порівняння їх з відомими типовими і нетиповими індивідуальними (рис. 1–3).

Виклад основного матеріалу. Одним з вирішень цієї проблеми може бути перехід до застосування збірно-монолітних нерозрізних конструкцій прогонових будов коробчатої форми. Такі конструктивно-технологічні вирішення були запропоновані й опрацьовані в Національному університеті “Львівська політехніка” [1–9].

На рис. 1, а показана конструктивна схема (тип I) нерозрізної коробчатої конструкції прогонової будови на прямолінійних ділянках з монолітного залізобетону, а на рис. 1, б – схема збірної конструкції з типових збірних коробчатих блоків на всю ширину прогонової будови завдовжки 2,5–3,0 м.

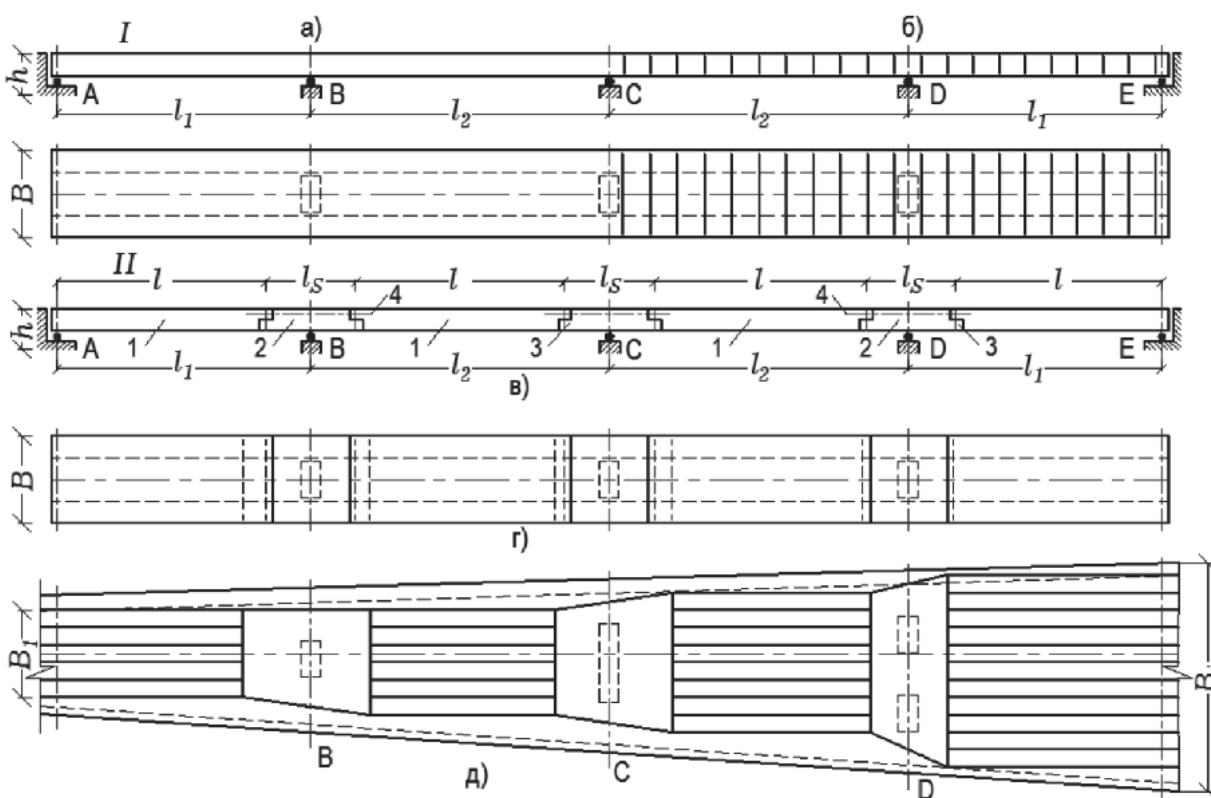


Рис. 1. Конструктивні схеми прогонових будов мостів коробчатої форми:
а – монолітних; б – типових збірних; в – збірно-монолітних;
г – план прогонової будови з постійною шириною; д – план зі змінною шириною

У запропонованому конструктивно-технологічному вирішенні зі збірно-монолітного залізобетону поділ на збірні елементи по довжині прогонової будови (тип II) здійснюється на великорозмірні збірні елементи: прогонові 1 довжиною l і надопорні 2 довжиною l_S (рис. 1, в). Прогонові збірні елементи 1 об’єднуються з надопорними блоками 2 стиками 3, розміщеними по довжині в зонах нульових моментів за допомогою напруженої арматури 4. На відміну від коробчатих конструкцій прогонової будови типу I, запропоновані збірно-монолітні коробчаті конструкції типу II можуть застосовуватись як з постійною шириною B (рис. 1, г) так і зі змінною по довжині шириною (рис. 1, д). Ширина габариту може змінюватись симетрично або несиметрично до осі моста від B_1 до B_2 .

У таких випадках надпорні ділянки прогонової будови довжиною l_s виконують непрямокутної форми в плані із застосуванням монолітного або збірно-монолітного залізобетону.

На рис. 2 показано основні, відомі із практики поперечні перерізи коробчатої форми (1–5), які застосовувались для конструктивних схем типу I і поперечні перерізи запропонованих збірно-монолітних конструкцій (6–10), для конструктивних схем типу II. Особливістю поперечних перерізів коробчатої форми з вертикальними стінками (1–2) і перерізів з похилими стінками (3–5) для конструктивних схем типу I є те, що вони можуть застосовуватись тільки для постійної ширини, складеної з одного, двох або трьох однопорожнинних, двопорожнинних або трипорожнинних блоків (форм) на всій довжині прогонової будови. При цьому може змінюватись тільки висота перерізів від h у прогонах до h_s на опорах.

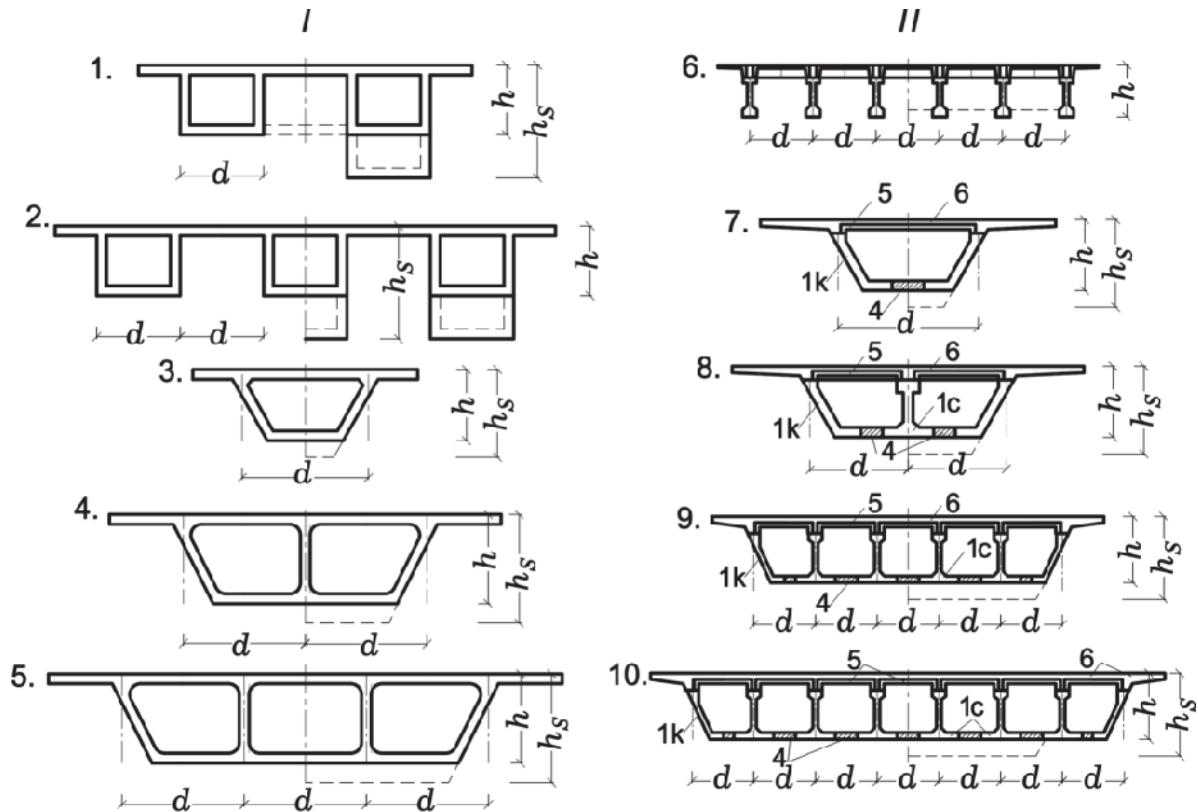


Рис. 2. Поперечні перерізи мостів коробчатої форми:

I – монолітні і збірні типові; II – збірно-монолітні.

1 і 2 – з вертикальними стінками дво- і трикоробчаті; 3, 4, 5 – з похилими стінками;

6 – збірно-монолітні з двотавровими балками; 7 – збірно-монолітні однокоробчаті;

8 – збірно-монолітні двокоробчаті; 9 і 10 – збірно-монолітні багатокоробчаті

У запропонованих збірно-монолітних конструкціях перерізів коробчатої форми (7–10) цей недолік типових поперечних перерізів відсутній. Це стало можливим в результаті застосування нового способу поділу коробчатої конструкції прогонової будови на збірні елементи. Було запропоновано коробчатую конструкцію прогонової будови поділити по довжині на великорозмірні збірні елементи 1 і 2 (рис. 1, в), а в поперечному розрізі по висоті відділити від стінок 1 плиту прогонової будови 3 (рис. 2). При цьому частина коробчатого перерізу, нижча від плити, поділяється по довжині на два види збірних елементів: крайню балку кутникового типу 1к в однокоробчатих конструкціях (7) і середні двотаврові балки типу 1с у двокоробчатих і багатокоробчатих конструкціях (8–10). Крайні балки кутникового типу 1к і середні двотаврові балки 1с з'єднуються по довжині нижньої плити стиками 4 з замоноличуванням випусків арматури. Ширина цих стиків з метою збільшення ширини коробчатого перерізу або для зменшення ваги збірних елементів може бути змінною.

Плита проїзної частини 3 у таких збірно-монолітних коробчатих конструкціях прогонових будов мостів може виконуватись монолітною або збірно-монолітною з застосуванням ребристих плит 5 з їх домонолічуванням бетоном 6. Плита проїзної частини об'єднується з балками 1к і 1с стиками з випусками арматури, подібно як в збірно-монолітних балкових мостах [7].

Застосування типових конструкцій при малих радіусах закруглень на горизонтальних кривих може обмежуватись величиною прольотів. Як видно із схеми на рис. 3, а, величина прольоту l залежить від стрілки хорди f , яка повинна міститись у межах тротуарної консолі. Звідси випливає, що збільшувати прольоти прогонової будови можна за рахунок лише зміщення перелому осі з опори в прольоти, де розміщені стики 3 балок 1 і 2 (рис. 1, в), як показано на схемі (рис. 3, в). При цьому стрілка хорди f значно зменшуватиметься, а прольоти збільшаться.

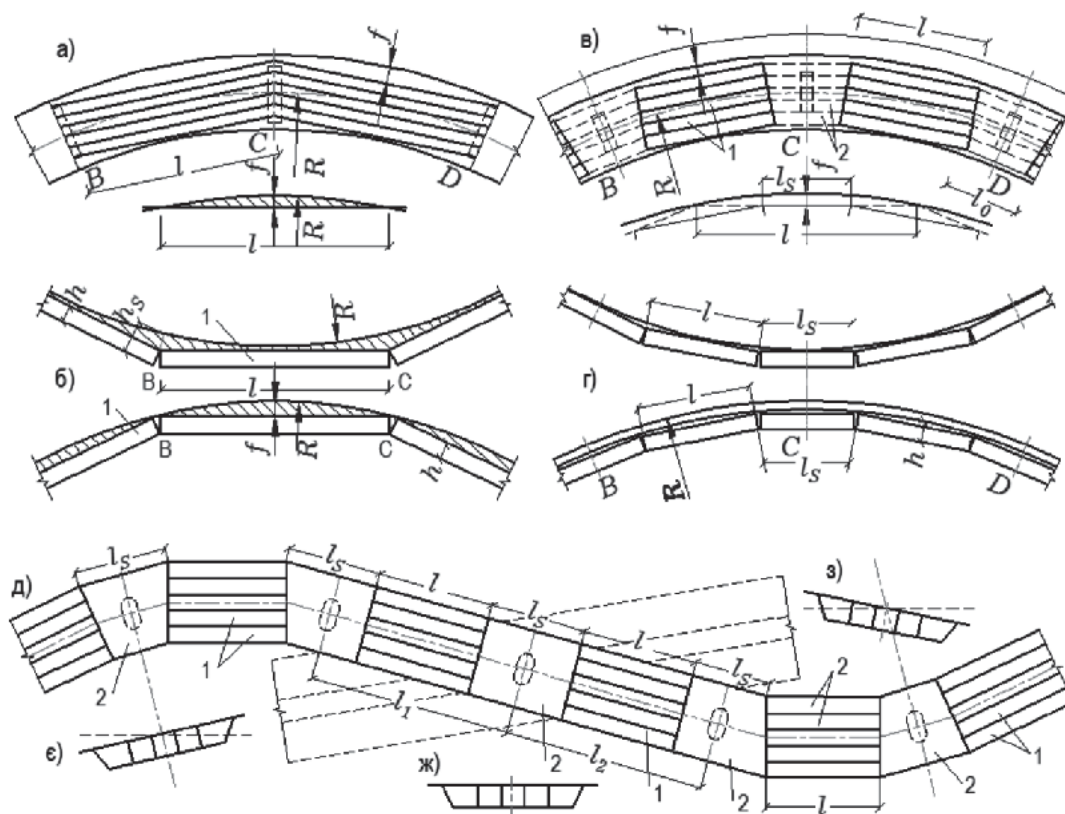


Рис. 3. Конструктивні схеми прогонових будов на кривих:

а – з переломом осі прогонової будови на опорах B, C, D;

б – на вертикальних увігнутих і опуклих кривих; в – з переломом осі прогонової будови

в прольотах у місцях стиків балок 1 і 2; г – на вертикальних увігнутих і опуклих кривих

з переломами осі прогонової будови в прольотах у місцях стиків балок;

д – схема перетину естакади з дорогою під гострим кутом на кривих ділянках

з віражами (е і з) і перехідними кривими від е до ж і від ж до з

Подібно, як при горизонтальних кривих, при малих радіусах вертикальних кривих стрілки хорди f можуть впливати на величину прольотів l з умови обмеження товщини покриття на опорах моста при увігнутих кривих або в прольотах при опуклих (рис. 3, б). Для зменшення стрілки хорди f вертикальних кривих і відповідно товщини покриття при малих радіусах доцільно місця переломів прогонової будови розміщати у стиках збірних балок 1 з надпорними ділянками 2, як це показано на схемі (рис. 3, г).

Одночасно при застосуванні таких збірно-монолітних коробчатих конструкцій у межах надпорних ділянок можуть влаштовуватись віражі і розміщатись перехідні криві, як це показано на схемі (рис. 3, д, е, з), перетину естакади з дорогою під гострим кутом.

З використанням запропонованого збірно-монолітного конструктивного вирішення прогонових будов мостів у Національному університеті “Львівська політехніка” був розроблений і замовником реалізується проект автомобільної естакади для нового терміналу Державного міжнародного аеропорту “Бориспіль” в м. Києві в складних умовах транспортного вузла.

При заїзді з наявної дороги інтенсивного руху на естакаду було передбачено один заїзд на кривій у плані і два з'їзди, один з яких проходить естакадою прямо 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 у місцях їх приєднання до прямолінійної ділянки естакади проходять над трьома смугами автомобільної дороги з інтенсивним автомобільним рухом. Заїзд на естакаду і з'їзди здійснюються по рампах, насипи яких огорожені підпірними стінами (рис. 1).

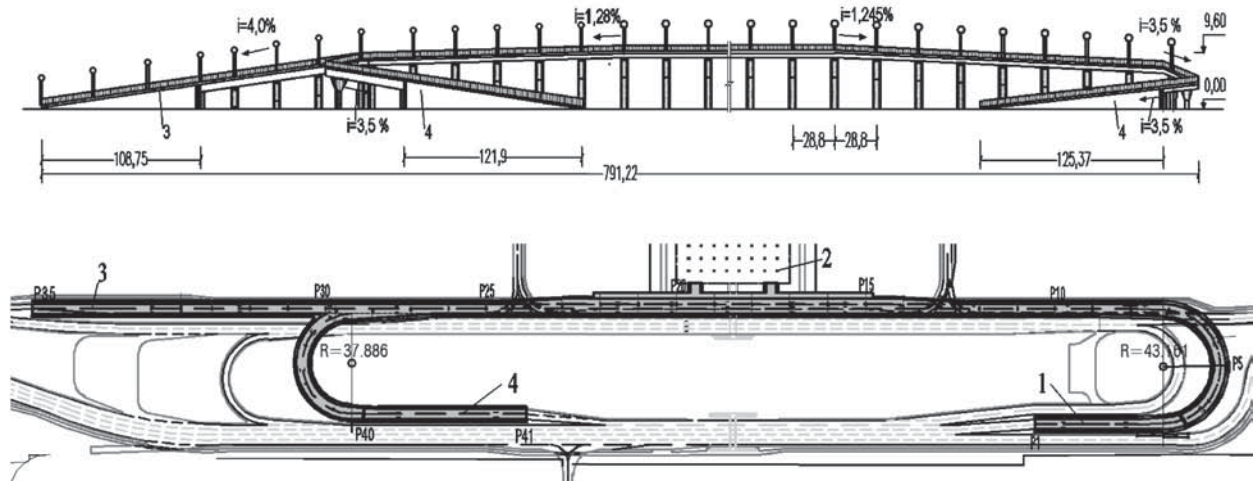


Рис. 4. Фасад і план естакади:

1 – в'їзд на естакаду; 2 – термінал; 3 – прямий з'їзд; 4 – з'їзд на автостоянку

На естакаді передбачені дві проїзні смуги завширшки по 3,75 м. У межах горизонтальної ділянки напроти терміналу ширина проїзної частини збільшена додатковою смугою для стоянки автотранспорту завширшки 3,5 м і перону завширшки 5,0 м для розвантаження пасажирів. Загальна ширина естакади на окремих ділянках змінюється, враховуючи збільшення її на кривих з виражами і на перехідних кривих та поступовим збільшенням її ширини від найменшої, яка дорівнює 12,1 м, до найбільшої напроти терміналу – 18,3 м.

Складність умов проектування естакади визначалась не тільки постійною зміною ширини прогонової будови, а й додатковими вимогами обмеження її конструктивної висоти до 1,6 м і підвищеними архітектурними вимогами. Крім цього, були задані величини прогонів по 28,8 м, а на криволінійних ділянках підмостові габарити по ширині вимагали їх збільшення до 33,0 м, і по висоті згідно з новими нормами до 5,5 м. Відповідно із урахуванням цих складних умов прогонова будова естакади була запроєктована як багатопрогонова збірно-монолітна нерозрізна конструкція з пустотами коробчатої форми, розділена по довжині деформаційними швами на окремі ділянки. Конструкції прогонів естакади завдовжки 28,8 і 33,0 м запроєктовані в надпорній 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 довжиною 18,0 м. Віддалі між балками прийняті такими, що дорівнюють 2,1 м (рис. 5). Збірні балки БС-18 і БК-18 об'єднуються з монолітними балками надпорної частини прогонової будови в нерозрізні конструкції із застосуванням попередньо напруженої арматури при монтажі. До натягу арматури на верхніх полицках збірних і монолітних балок встановлюються збірні залізобетонні ребристі плити, які приварюються до закладних деталей балок і разом з монолітною частиною плити проїзної частини після бетонувань створюють коробчату конструкцію прогонової будови естакади. Для забезпечення суцільності і жорсткості збірної монолітної конструкції прогонової будови коробчатої 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].

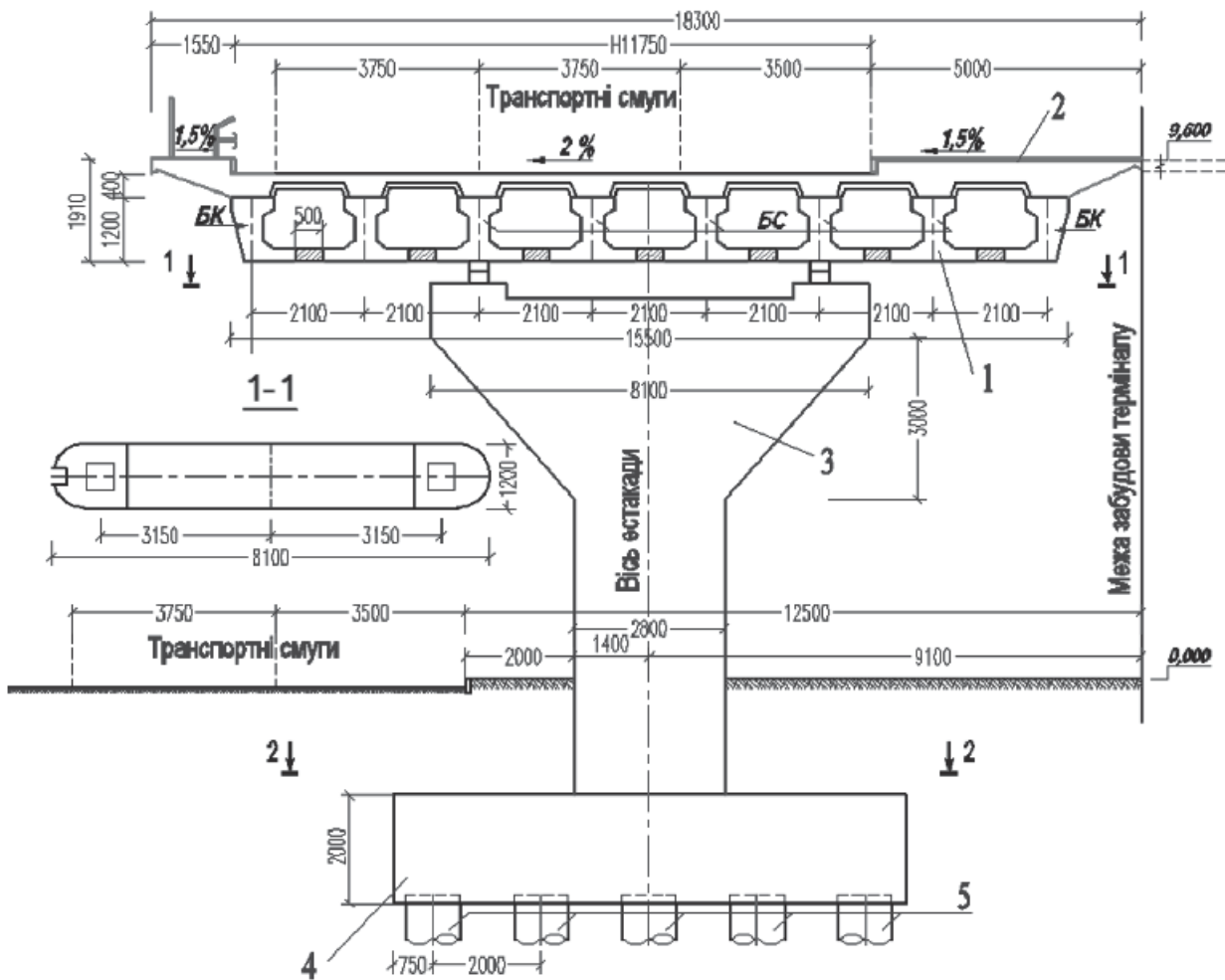


Рис. 5. Поперечний переріз естакади в межах терміналу:
 1 – прогонова будова коробчатої форми; 2 – перон; 3 – одностовпчата опора;
 4 – ростверк; 5 – буронабивні палі діаметром 1,0 м

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 із застосуванням високоміцного дроту діаметром 5 мм класу В-II, канатів К-7 або з окремих стержнів класів А-IV і А-V. Попередньо напружена арматура застосовується також при монтажі прогонової будови естакади для об'єднання збірних балок БС-18 і БК-18 з монолітними надпорними балками в збірно-монолітну багатопогонову нерозрізну конструкцію. Конструктивним вирішенням передбачено, що вся надпорна напружена арматура розташовується рядами між ребрами збірних плит (рис. 6) і проходить по всій довжині над монолітними та частково над збірними балками, обтискуючи їх в стиках, шви між якими заповнені бетоном при замонолічуванні 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 В-II рекомендується застосовувати силовий метод натягу за допомогою гідродомкратів, а для стержневої арматури класів А-IV і А-V може бути застосований електротермічний метод [5].

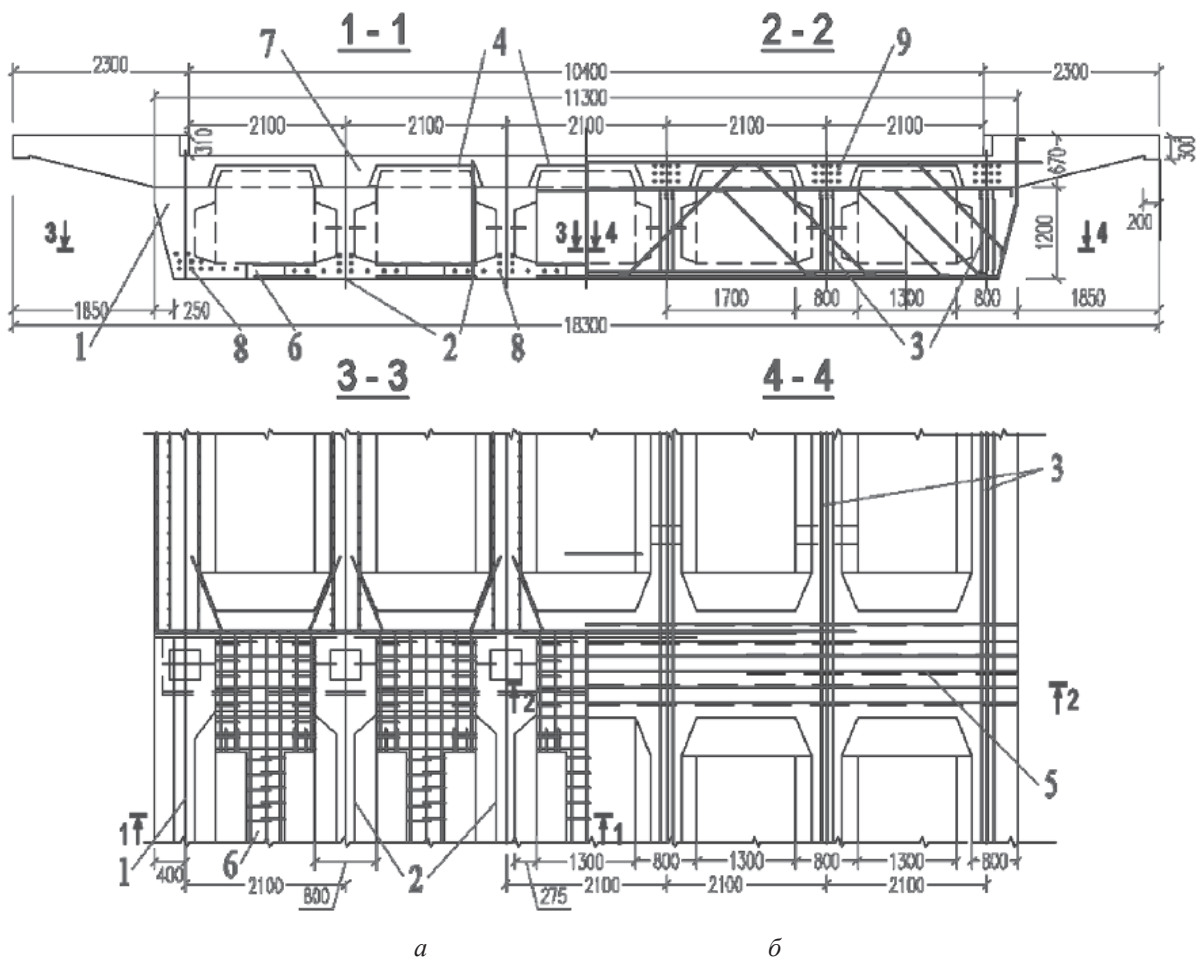


Рис. 6. Фрагмент плану і перерізів прогонової будови:

а – план і переріз у 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 – ригель у монолітній надопірній частині прогонової будови;

6 – стики нижньої плити збірних балок; 7 – монолітна плита проїзної частини;

8 – робоча напружувана арматура збірних балок у прогонах;

9 – надопорна напружувана арматура

На криволінійних ділянках прогонової будови естакади використовується також і нижня попередньо напружувана арматура, яка розташовується в бетоні замонолічування стиків нижньої плити коробчатого перетину між збірними балками. Після натягу нижня напружувана арматура з'єднується за допомогою анкерів із випусками арматури монолітних ділянок. Перед замонолічуванням стиків плити між збірними балками випуски напружуваної арматури з нижньої плити збірних балок з'єднуються з випусками арматури з монолітних балок.

Натяг верхньої напружуваної арматури передбачено здійснювати після монтажу збірних ребристих плит. На криволінійних ділянках прогонової будови верхня напружувана арматура із пучків або канатів натягується з відгинами в плані в місцях горизонтальних девіаторів, закладених у стиках збірних і монолітних балок. Стержнева напружувана арматура на цих ділянках виконується з застосуванням у місцях відгинів спеціальних монтажних стиків.

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

У проєкті автомобільної естакади передбачено 40 опор прогонової будови, більшість з яких відповідно до величини прогонів розташована 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 23,4 м.

Проміжні опори естакади монолітні одностовпчаті і розташовані по довжині з кроком 28,8 і 33 м, крайні опори запроектовані аналогічно береговим опорам мостів. Проміжні опори запроектовані двох типів залежно від ширини прогонової будови і мають у верхній частині двоконсольну постійну конічну форму заввишки 4,0 м, а нижню прямокутну із заокругленням на кінцях відповідно 1,2x2,2 м і 1,2x2,8 м у перерізі, висота якої змінюється залежно від повздовжнього нахилу естакади. Опори виконуються із бетону класу В30 й армовані арматурою класу А-III (рис. 5).

Фундаменти опор естакади запроектовані з урахуванням гідрогеологічних умов території будівництва, які можна також зарахувати, як і для прогонової будови, до складних умов. На території будівництва естакади на глибину до 4,2 м від поверхні землі залягають лесоподібні суглинки, які належать до просідаючих ґрунтів першого типу просідання. Основою для фундаментів опор естакади прийняті щільні дрібні піски з прошарками пілуватих пісків.

Особливості конструктивного вирішення прогонової будови естакади загалом і окремих елементів, їх стиків, а також технології монтажу в різних стадіях, з урахуванням застосування прийнятих методів розрахунку, вимагало спеціальних експериментальних досліджень. З цією метою була розроблена програма випробування дослідних елементів прогонової будови естакади. Для випробувань одного з найважливіших елементів прогонової будови була запроектована, виготовлена і випробувана дослідна конструкція у масштабі 1:2 у вигляді балки монолітної ділянки завдовжки 5,7 м і двох частин збірних балок завдовжки 3,0 м. Для випробувань дослідної конструкції в стадії монтажу і моделювання передавання на її консолі навантажень від збірних балок естакади був запроектований і змонтований спеціальний випробувальний стенд. Загальний вигляд випробувань дослідної конструкції на стенді показаний на рис. 7.

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

Для випробувань елементів прогонової будови на кривій була розроблена дослідна конструкція у масштабі 1:2. Загальний вигляд дослідної конструкції прогонової будови естакади на кривій показано на рис. 8.



Рис. 7. Загальний вигляд досліджуваної конструкції балки монолітної ділянки, підготованої до випробувань на стенді



Рис. 8. Загальний вигляд дослідної конструкції прогонової будови естакади на кривій на випробувальному стенді

Дослідна конструкція естакади на кривій складалась зі 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 спирались на консолі балок монолітних надпорних ділянок, а після натягу надпорної арматури і замонолічування зі збірними плитами проїзної частини жорстко з'єднувались в стиках.

Армування дослідної конструкції було запроєктовано за аналогією відповідно до армування збірних балок і балок монолітних надпорних ділянок натурних розмірів прогонової будови естакади на кривій. Напружувана арматура стиків була прийнята зі стержнів Ø16 класу А500С. У збірній балці напружувана арматура розташована також у нижній полиці двотаврової балки в кількості 2 шт., і після натягу з'єднувалась за допомогою анкерів з випусками арматури балок монолітних надпорних 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 замонолічували одночасно з замонолічуванням плити.

Крім цього проекту, автор розробив також проектні пропозиції естакади в м. Львові для складних умов наявної забудови. Від вул. Винниченка і вул. М. Кривоноса естакада проходить з північної сторони центральної історичної частини м. Львова недалеко від трьох театрів і двох великих готелів і виходить на магістральну вул. В. Чорновола. Це може вирішити транспортну проблему північно-східної частини і доїзду до центру міста. В інший спосіб ця проблема не може бути вирішена через неможливість прокладання внутрішніх кільцевих доріг, оскільки на північно-східній частині міста розташовані три парки: Високий замок, Гай Шевченка і Знесіння. Така міська вулична естакада в м. Львові може не тільки створити умови для доїзду до центральної частини і ліквідації багатьох заторів на міському транспорті, але й одночасно звільнити три площі і багато вулиць для пішоходів і туристичних груп, а також зменшити шум і загазованість у нижніх поверхах будинків, і бути вписаною в середовище.

Висновки

1. Основною перевагою запропонованих збірно-монолітних коробчатих конструкцій прогонових будов мостів є можливість їх ефективного застосування при малих радіусах горизонтальних і

вертикальних кривих, а також за наявності віражів і перехідних кривих. Саме такі конструкції необхідні для проектування транспортних розв'язок і мостів у складних умовах будівництва.

2. Запропонований спосіб поділу коробчатих конструкцій прогонових будов мостів на великорозмірні збірні елементи створює умови для їх виготовлення за технологією з натягом арматури на упори в заводських умовах, а для монтажу дає змогу застосовувати різні методи з використанням для їх з'єднання перевірених практикою і надійних стиків зі звичайною або попередньо напруженою арматурою. Напружена арматура може розміщатись у відкритих каналах, у бетоні замоноличування або ззовні без зчеплення з бетоном.

3. Однією з переваг запропонованих збірно-монолітних коробчатих конструкцій прогонових будов мостів порівняно з типовими є те, що при прогонах 24–42 м їх можна застосовувати для обмеженої висоти, непрохідними. Типові збірні коробчаті конструкції, а також індивідуальні монолітні проєктують переважно прохідними з висотою, більшою від 2,1 м, і тому їх застосування при прольотах 24–42 м є малоефективним.

1. Гнідець Б.Г. Сборные предварительно напряженные неразрезные железобетонные мосты малых пролетов из типовых балок пролетных строений. Вестник Львов политехн. ин-та. – 1965. – № 7. – С. 17–22. 2. Курьлло А.С. Гнідець Б.Г. Сборные железобетонные конструкции производственных зданий с натяжением арматуры в монтажных стыках // Бетон и железобетон. – 1966. – № 5. – С. 12–18. 3. Гнідець Б.Г., Завадяк П.П. Особенности работы и характер разрушения натуральных конструкций сборно-монолитных неразрезных покрытий и предварительно напряженными стыками // Вестник Львов. политехн. ин-та. – 1971. – № 51. – С. 13–19. 4. Гнідець Б.Г. Сало В.Ю. Сборно-монолитные неразрезные железобетонные мосты с предварительно напряженными стыками в двух направлениях // Вестник Львов. политехн. ин-та. – 1980. – № 145. – С. 17–19. 5. Гнідець Б.Г. Завадяк П.П. Щеглюк М.Р. Изготовление преднапряженных стыков конструкций с электротермическим натяжением и ванной сваркой арматуры // Бетон и железобетон. – 1989. – № 2. – С. 30–31. 6. Гнідець Б.Г. Збірно-монолітні нерозрізні конструкції прогонових будов для будівництва та реконструкції мостів і шляхопроводів. НАН України // Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В. Карпенка. Збірник наукових праць. Вип. 4. – Львів: Каменяр 2002. – С. 38–43. 7. Гнідець Б.Г. Стики з напруженою арматурою і регулюванням зусиль в збірно-монолітних нерозрізних балкових і рамних мостах // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. Вип. 69. – К., 2004. – С. 48–53. 8. Гнідець Б.Г. Збірно-монолітні залізобетонні попередньо-напружені прогонові будови мостів для будівництва методом поздовжнього пасування // Збірник наукових праць "Дороги і мости". Вип. 6. – К., 2006. – С. 24–32. 9. Гнідець Б.Г., Ониськів Б.М., Васьків Б.М. та ін. Експериментальне дослідження елементів прогонової будови збірно-монолітної естакади // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – № 600. "Теорія і практика будівництва". – Львів, 2007. – С. 57–62.