

В.Г. Кваша, Л.В. Салійчук, З.І. Дац *, С.І. Маїк*
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра мостів і будівельної механіки
*ТзОВ “Західтрансбуд”

ЗБІРНО-МОНОЛІТНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ МОСТИ ДЛЯ СІЛЬСЬКИХ ВУЛИЦЬ ТА МІСЦЕВИХ ДОРІГ

© Кваша В.Г., Салійчук Л.В., Дац З.І., Маїк С.І., 2010

Подано конструктивні рішення рамно-нерозрізних і балково-нерозрізних мостів для післяповеневого відновлення або будівництва у сільських населених пунктах і на місцевих дорогах.

Ключові слова: сільські вулиці, місцеві дороги, післяповеневе відновлення, рамно-нерозрізні мости, балково-нерозрізні прольотні будови, одно- і двостовпчаті опори.

Presented structural decisions of frame-uncut and beam-uncut bridges for after-flooding renewal or building in villages and on local roads.

Keywords: village streets, local roads, -flooding renewal, frame-uncut bridges, beam-uncut span structures, one- and two-pillars supports.

Вступ. Постановка питання. У сільських населених пунктах та на позакатегорійних місцевих дорогах, особливо в гірських і передгірських районах Карпат і Прикарпаття, поширені переважно тимчасові мости типу пішохідних “кладок” завширшки 1,5...3,0 м різних конструктивних схем – підвісні або вантові на тросах, балкові металеві, металодерев’яні, дерев’яні, як правило, на тимчасових опорах неглибокого закладання, призначені для задоволення потреб місцевого населення, забезпечуючи насамперед пішохідний рух, а також пропуск поодиноких транспортних засобів – швидкої допомоги, пожежних, поодиноких вантажних автомобілів, окремих типів сільськогосподарської техніки. В одному населеному пункті їх могло бути навіть декілька залежно від планувальних схем і потреб нормального функціонування внутрішньосільської транспортної мережі та задоволення транспортних потреб місцевого населення із забезпечення надійного сполучення у селах з немагістральними вулицями місцевого значення, розташованими на протилежних берегах ріки, забезпеченням під’їздів до провулків, присілків, господарських дворів, окремих будівель і селянських садіб в стиснених умовах гірської місцевості, серед щільної сільської забудови.

Такі мости переважно збудовані за ініціативою органів місцевого самоврядування місцевими жителями або підрядними бригадами без будь-якої проектної документації з підручних матеріалів. Під час повеней вони зазвичай руйнуються або значно пошкоджуються. Наприклад, під час катастрофічної повені 2008 р. в західному регіоні України було пошкоджено і потребувало відновлення майже 600 таких мостів. Після повеней вони знову відновлювались як тимчасові за попередніми схемами з тих самих матеріалів, переважно за рахунок коштів обмеженого місцевого бюджету, а при наступних повенях знову руйнувались.

Безсумнівним і очевидним є те, що мости такого типу вкрай необхідні в сільських населених пунктах, особливо в гірській місцевості, але їх будівництво або післяповеневе відновлення повинно вестись як споруд постійного типу і на відповідному інженерно-технічному рівні з дотриманням певних нормованих експлуатаційних вимог до надійності, довговічності і протистояння повеневим руйнуванням за спеціально розробленою проектною документацією. Водночас чинними ДБН В.2.3-14: 2006 з проектування мостів експлуатаційні параметри таких мостів (габарит, нормовані тимчасові навантаження тощо) для немагістральних (місцевих) вулиць сільських населених пунктів, а також позакатегорійних місцевих доріг між населеними пунктами з незначною перспективною інтенсив-

ністю руху не передбачені. Тому формально з дотриманням вимог ДБН при проектуванні цих мостів експлуатаційні характеристики вимушено приймали за нормативами доріг загального користування IV і V технічних категорій або вулиць місцевого значення, тобто з габаритами мостового полотна 7–8 м і тротуарами до 1,5 м відповідно до додатка В ДБН В.2.3-14: 2006, оскільки менші габарити цими ДБН не передбачені, хоча часто з огляду на малу перспективну інтенсивність руху (декілька десятків транспортних засобів за добу), і майже повну відсутність пішохідного руху, будівництво чи відновлення мостів такого типу з економічних міркувань є недоцільним, а, зважаючи на великі практичні потреби у відновленні або будівництві таких мостів, практично і неможливим через відсутність необхідних коштів, матеріальних і технічних ресурсів. Аналіз складу та інтенсивності місцевого руху показує, що здебільшого експлуатаційні вимоги (споживчі властивості) задовольняють простіші та економічно ефективніші мости з однією смугою руху, але довговічні і надійні з умов протистояння руйнуванню. Однак чинними ДБН такі типи мостів не передбачені, хоча потреба в них, особливо у гірських і передгірських районах, є великою, тому ця проблема має державне значення.

Зважаючи на актуальність проблеми, в ГНДЛ-88 Національного університету “Львівська політехніка” розроблена система залізобетонних збірно-монолітних мостів з експлуатаційними параметрами, які відповідають практичним потребам забезпечення нормального функціонування сільської транспортної мережі. Основна мета розробки – швидке відновлення на відповідному інженерно-технічному рівні зруйнованих стихією мостів на сільських вулицях і місцевих дорогах з помірними затратами коштів і трудових ресурсів.

Нижче наведені основні конструктивні рішення розроблених систем рамних і нерозрізних балкових залізобетонних збірно-монолітних мостів, спроектованих в ГНДЛ-88 і впроваджених у будівництво на об’єктах післяповеневого відновлення у низці населених пунктів Івано-Франківської області.

Загальні дані та технічні умови проектування. Мости спроектовані за завданням і погодженням з органами місцевого самоврядування сільських населених пунктів. Їх експлуатаційні показники і споживчі властивості визначені застосуванням на місцевих позакатегорійних дорогах і місцевих вулицях населених пунктів:

- вулиці місцевого значення, провулки, присілки – одна смуга руху завширшки 3,5...4,0 м з одностороннім тротуаром 1...1,5 м;
- вулиці загального користування – дві смуги руху по 3...3,5 м без смуг безпеки з одно- або двосторонніми тротуарами по 1...1,5 м;
- магістральні вулиці – за вимогами додатка В ДБН В. 2.3-14: 2006;
- місцеві позакатегорійні дороги між населеними пунктами – одна або дві смуги руху по 3...3,5 м без смуг безпеки з одно- або двосторонніми тротуарами по 0,75...1,0 м.

Враховуючи призначення мостів, для розрахунку їх вантажопідйомності прийняті нормовані тимчасові навантаження А8 і НГ-60 за нормами проектування мостів СНіП 2.05.03-84, які не передбачені нормами ДБН В.2.3-14. Розрахункові коефіцієнти (динамічний, надійності за навантаженням), а також навантаження від натопу на тротуарах прийняті за ДБН В.2.3-14.

Геологічна будова основи прийнята характерною для гірських і передгірських районів Карпат за результатами вивчення стану русел після повеней та огляду залишків багатьох зруйнованих мостів і в межах русла рік складена ґрунтами:

- шар ІГЕ-2: гравійно-гальковий ґрунт з піщаним заповнювачем до 27...30 % з включеннями дрібних і середньої величини валунів, галька 40...45 %, гравій 25...30 %.
- шар ІГЕ-3: глина тверда, аргелітоподібна або перешарування тонкоплитчатих пісковиків і аргелітів, косозалягаючих, вивітрених, розмягчуваних у воді.

Враховуючи можливість руслових деформацій і розмиву верхнього гравійного шару ґрунту, за основу фундаментів прийнято корінні ґрунти шару ІГЕ-3 [1,2].

У зв’язку з тим, що корінні породи, на які можливо надійно обпірати фундаменти, залягають на глибині 6...8 м від дна ріки під шаром гравійно-галькових ґрунтів, найефективнішими з умов

протистояння повеневим розмивом є фундаменти з буронабивних паль, занурених в ці ґрунти на глибину до 8...10 м [1]. Цій умові найбільше відповідають одно- або двостовпчаті опори, круглі стовпи яких в підземній частині являють собою буронабивні палі діаметром 0,8...1,2 м, які і слугують фундаментами цих опор.

Мостове полотно має стандартні конструктивні елементи: одно- або двосмугове їздове полотно без смуг безпеки, одно- або двосторонні тротуари, деформаційні шви та типові металеві бар'єрні перильні огороження. Конструкція дорожнього одягу їздового полотна: оклеювальна гідроізоляція 5 мм по плиті мостового полотна, двошаровий асфальтобетон 10 см. Покриття на тротуарах – одношаровий асфальтобетон – 3 см.

Сполучення мостів з насипом підходів прийнято типовим за допомогою перехідних плит завдовжки до 3,0 м, обпертих одним кінцем на поздовжній виступ з тилової частини шафової стіни, а другим на залізобетонну лежневу опору на піщано-щебеневій подушці. Підходами до мостів є примикаючі ділянки сільських вулиць або доріг, як правило, з гравійним покриттям. В окремих випадках при одній смузі руху і довгих мостах для регулювання пропуску автотранспорту в обох напрямках необхідно передбачати регулювання руху із заданою швидкістю та інтервалом встановленням світлофорів з регулюванням переваги проїзду. Для орієнтації водіїв необхідно встановлювати відповідні дорожні знаки.

Водовідведення з мостового полотна здійснюється за рахунок поперечних ухилів через торці плит, захищених покриттям з бітуму і металевим карнизом за необхідності з організованим збиранням у лотки і подальшим відведенням у місця накопичення.

Крім загальноприйнятих техніко-економічних й експлуатаційних вимог до постійних мостів, їх надійності, довговічності, протистояння повеням, під час проектування враховували також і низку технологічних вимог: типізація конструкцій, оптимізація технології їх виготовлення і монтажу, максимальне використання однотипних технологічних монтажних оснащень та обладнання.

З урахуванням викладених вище технічних умов проектування ГНДЛ-88 Національного університету "Львівська політехніка" розроблені декілька типів залізобетонних збірно-монолітних рамно-нерозрізних і балково-нерозрізних мостів місцевого значення, основні конструктивні рішення яких наведено нижче. Для всіх типів мостів використані однотипні збірні залізобетонні балки завдовжки до 24,0 м, з яких замонолічуванням надпорних стиків створюються рамні або нерозрізні балкові системи.

Конструкції рамно-нерозрізних мостів. Особливістю рамних мостів є жорстке об'єднання у рамних вузлах балок прольотних будов зі стояками опор, внаслідок чого вони сумісно працюють на згин. Виникнення згинальних моментів у стояках опор призводить до зменшення додатних моментів у прольотах, що дає можливість зменшити будівельну висоту прольотних будов або збільшити довжину прольотів порівняно з балковими.

Вибір схем рамних мостів визначався місцевими умовами переходу, рельєфом місцевості і підмостовим габаритом, геологічними і гідрологічними умовами місця переходу, виробничими міркуваннями і техніко-економічними показниками. Розроблені мости за типом належать до безшарнірних рам з гнучкими стояками проміжних і берегових опор, жорстко защемленими у верхніх надпорних рамних вузлах і в шарі корінних ґрунтів (рис. 1). Істотною перевагою безшарнірних рам є простота їх конструкції і найбільший ступінь розвантаження ригелів.

Рамно-нерозрізна система мостів спроектована за конструктивною схемою $7,65+n \times 24,5+7,65$ м (рис. 1, а) з максимальним використанням стандартних збірних залізобетонних балок двох типорозмірів довжиною 7,4 м для крайніх і 24,0 м для середніх прольотів. Розрахункова схема рами передбачала два крайні прольоти і від одного до трьох-чотирьох середніх залежно від загальної довжини моста. Універсальність системи забезпечується також можливістю зменшення у разі необхідності довжини балок а, відповідно, і довжини середніх прольотів. Поперечний переріз балок крайніх і середніх прольотів незалежно від їх довжини прийнятий однаковим (рис. 1, б, в) з умов можливості виготовлення в одній опалубці максимальною довжиною 24,0 м. Вони відрізнялись лише армуванням.

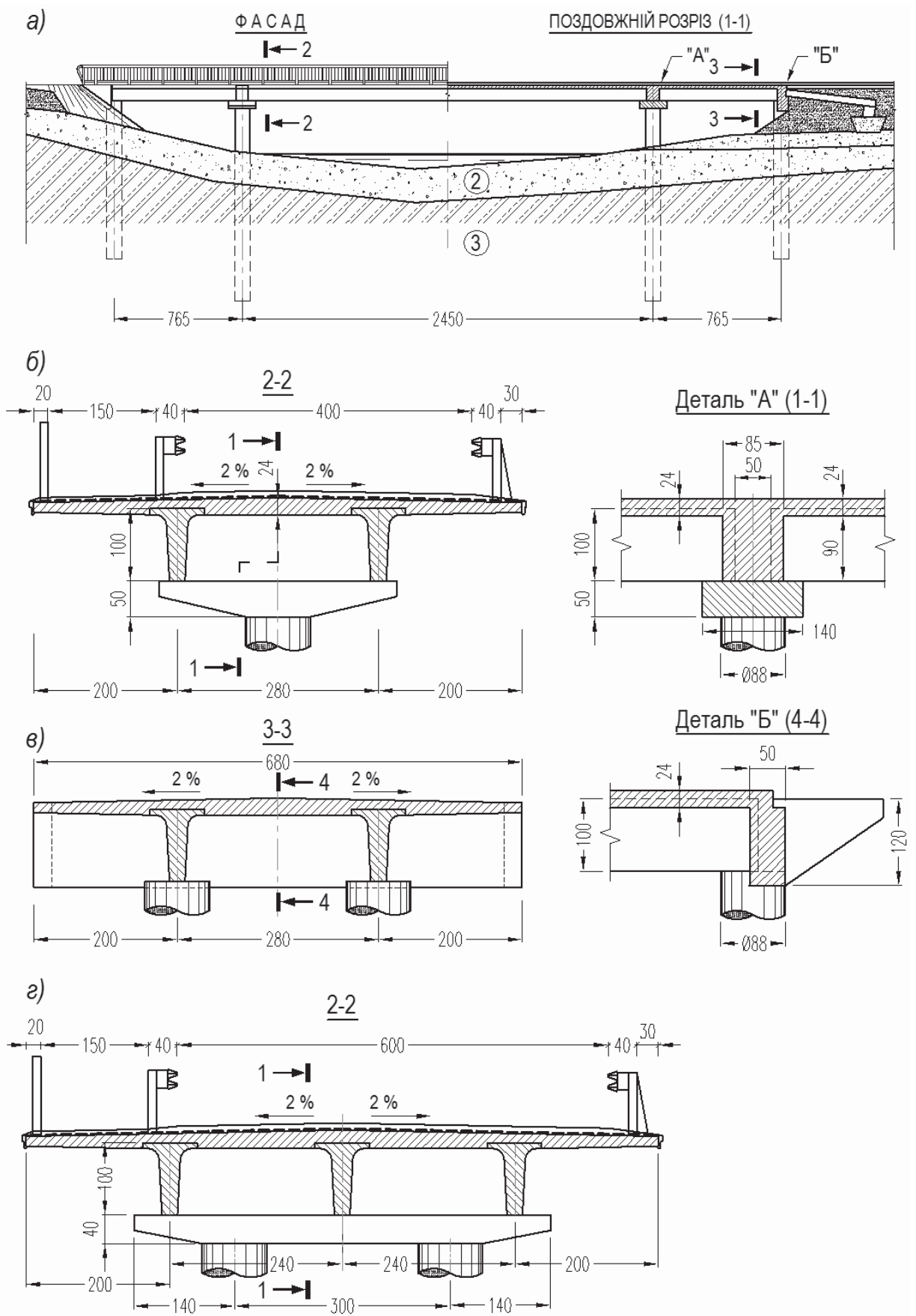


Рис. 1. Конструкція рамно-нерозрізних мостів: а – загальний вигляд; б, г – поперечний переріз у прольоті; в – поперечний переріз на опорах

Поперечний переріз залежно від кількості смуг руху складений з двох (рис. 1, б, в) або трьох (рис. 1, г) збірних балок, об'єднаних поперек прольоту в бездіафрагмову прольотну будову монолітною залізобетонною плитою мостового полотна з двоконсольними ділянками завдовжки 2,0 м (рис. 1, б, в, г). Над проміжними і береговими опорами збірні балки об'єднані з стояками опор в жорсткі рамні вузли за допомогою поперечних монолітних залізобетонних ребер, які розташовані між торцями балок в межах їх висоти і становлять приховану частину двоконсольного ригеля опор (рис. 1, б, в). При монтажі на період бетонування поперечних ребер збірні балки встановлюють на нижню, виступаючу частину двоконсольного ригеля проміжних (рис. 1, б, г) або безпосередньо на верхній обріз стовпів крайніх опор (рис. 1, в) на шар цементно-епоксидного клеючого розчину на основі клею Sikadur 30, 31. Після чого об'єднують зварюванням випуски арматури з торців балок, бетонують поперечні ребра та об'єднують їх з нижньою частиною ригелів за допомогою відповідних випусків арматури з останніх. У результаті і створюється ригель опор. Отже, жорсткі рамні вузли влаштовують до бетонування плити мостового полотна. Тобто на навантаження від її власної ваги та інші постійні навантаження система моста працює як рама.

Надійність збірно-монолітного жорсткого рамного вузла гарантується додатковим обпиранням балок на нижню частину двоконсольного ригеля, заведенням торців балок з нижніми і верхніми прямими і відігнутими випусками арматури в монолітний бетон прихованої частини ригеля, а також об'єднанням суміжних балок зверху монолітною залізобетонною плитою мостового полотна з відповідним її армуванням надопорною арматурою.

До особливостей рамно-нерозрізних мостів зараховують тип проміжних і берегових опор, які вздовж моста працюють як гнучкі стояки, жорстко защемлені в надопорні ділянки прольотні будови і в корінні породи ґрунтів. Проміжні опори одно- або рідше двостовпчаті круглого профілю, найсприятливішого для омивання водним потоком. Двоконсольний ригель проміжних опор одночасно є елементом жорсткого рамного вузла, складається з двох частин, нижня з яких бетонується до монтажу балок і використовується для їх тимчасового обпирання в процесі монтажу, а верхня прихована у вигляді поперечного ребра, замоноліченого у межах висоти балок з замонолічуванням в них їх торців з випусками арматури.

Берегові опори – двостовпчаті обсіпні стояки зі зворотними відкрілками і шафовою стіною, об'єднаною в жорсткий рамний вузол разом з торцями балок крайніх прольотів і монолітною залізобетонною плитою мостового полотна.

Стовпи проміжних і берегових опор влаштовуються одночасно з влаштуванням буронабивних паль як їх надземне продовження. Одночасно бетонується і нижня частина – двоконсольного ригелі опор.

Нині на базі описаних конструктивних рішень рамно-нерозрізних мостів розроблені робочі проекти, які впроваджуються на об'єктах післяповеневого відновлення мостів у гірських населених пунктах Івано-Франківської області.

Конструкція балкових нерозрізних мостів. Балково-нерозрізні прольотні будови застосовують замість рамно-нерозрізних, якщо необхідне перекриття однією несучою балковою конструкцією чотирьох і більше прольотів, а температурні деформації і зусилля у стояках рам є значними. Порівняно з поширеними у вітчизняному мостобудівництві балково-розрізними вони мають низку істотних техніко-економічних і експлуатаційних переваг, зокрема, менші прольотні згинальні моменти завдяки сумісній роботі балок суміжних прольотів, а, відповідно, і меншу будівельну висоту, більшу жорсткість і меншу деформативність прольотних будов. Маючи деформаційні шви тільки над береговими опорами, балково-нерозрізні прольотні будови не мають переломів профілю над проміжними опорами і тому підвищену комфортність руху, характеризуються порівняно високою надійністю і довговічністю, нижчою матеріалоємністю, вартістю будівництва та експлуатації.

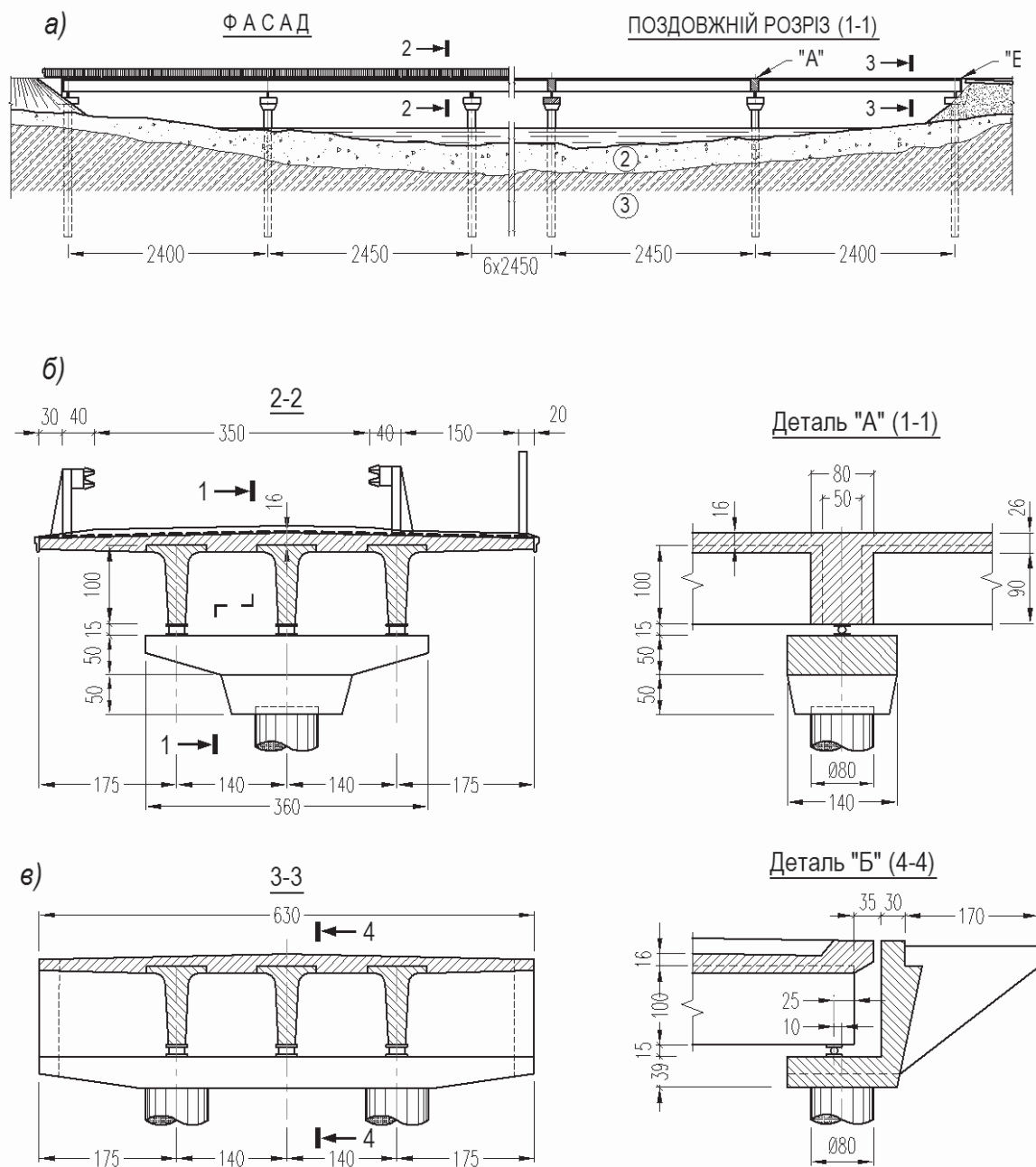


Рис. 2. Конструкція моста з балково-нерозрізною прольотною будовою:
а – загальний вигляд; б, в – поперечний переріз у прольоті і на опорах

Конструктивні особливості розроблених збірно-монолітних балково-нерозрізних мостів розглянемо на прикладі реального моста через р. Свіча в с. Межиріччя Долинського району Івано-Франківської області (рис. 2), будівництво якого нині закінчується.

Відновлюваний мостовий перехід розташований поблизу зруйнованого повинню моста. Його траса є прямою і практично збігається з напрямком ґрунтової дороги між двома частинами населеного пункту Межиріччя. Початок і кінець моста прийняті на прилеглих до берегів р. Свіча ділянках цієї дороги. Траса моста перетинає русло ріки майже під прямим кутом, що створює найсприятливіші умови для пропуску повеневих вод. За результатами аналізу наслідків повені 2008 року загальна довжина отвору моста прийнята 240 м.

За конструктивною схемою міст балково-нерозрізний, десятипрольотний за схемою $24+8 \times 24,5+24$ м з однією смугою руху завширшки 3,5 м й одностороннім тротуаром 1,5 м (рис. 2). Плитно-ребристі прольотні будови в поперечному перерізі зібрані з трьох балок таврового перерізу

з кроком поперек прольоту 1,4 м. З метою максимальної уніфікації та ефективності виготовлення геометричні розміри балок прийняті такими самими, як і для рамно-нерозрізних мостів. Вони можуть відрізнитись лише армуванням. Це найбільше відповідає умовам індустріального будівництва мостів завдяки типізації технології виготовлення і монтажу балок для обох типів мостів. У просторову систему плитно-ребристої прольотної будови балки об'єднані монолітною залізобетонною плитою мостового полотна з консольними ділянками по 1,75 м (рис. 2, б, в). Нерозрізність над проміжними опорами створюється влаштуванням прихованого монолітного залізобетонного поперечного ребра в межах висоти балок, в яке вмонітуються торці балок з нижніми і верхніми прямими і проміжними відігнутими випусками арматури (рис. 2, б; 3). Монолітна залізобетонна плита мостового полотна бетонується після створення нерозрізності, тобто при максимальній розвантаженості балок у прольотах від постійних навантажень.

Десятипрольотна будова має нерухому опорну частину на опорі № 6, на інших опорах – рухомі опорні коткові опорні частини з діаметром катків 9 см. Нерозрізна прольотна будова має два деформаційні шви над береговими опорами, розраховані на максимальне переміщення ± 60 мм.

Збірні залізобетонні балки завдовжки 24,0 м армовані двома плоскими каркасами зі стержневої ненапруженої арматури з багаторядовим її розташуванням по висоті та відгинами на приопорних ділянках. Плоскі каркаси об'єднані в просторовий вертикальними замкнутими хомутами з кроком 200...250 мм вздовж прольоту. Для створення нерозрізності над проміжними опорами в торцях балок проміжних прольотів передбачені верхні і нижні випуски арматури, які після монтажу балок об'єднують між собою зварюванням і замонолічують в поперечних надопорних ребрах.

Монолітна залізобетонна плита мостового полотна армована подвійною арматурою з нижніх і верхніх зварних сіток (рис. 4, в). Для сприйняття опорних згинальних моментів над кожною проміжною опорою в плиті мостового полотна передбачене спеціальне армування верхніми надопорними сітками з робочою арматурою вздовж прольотів. Для бетонування плити влаштовується розроблена в ГНДЛ-88 підвісна опалубка з металевих несучих елементів і ламінованої деревоплити (рис. 4, г).

Для закріплення на мостовій плиті елементів бар'єрних і перильних огорожень передбачені типові металеві закладні деталі, розташовані з кроком, який забезпечує проектну міцність і стійкість елементів огорожень.

Під час монтажу балки встановлюють на тимчасові прокладки з дерев'яних брусків (рис. 3), після чого зварюють між собою випуски арматури, встановлюють у проектне положення постійні металеві коткові опорні частини і бетонують поперечне ребро, яке перетворює балкову клітку прольотних будов на нерозрізну. Отже, при бетонуванні плити мостового полотна балкова клітка працює за нерозрізною схемою. Двостадійне бетонування ребер і плити вигідне тим, що дає можливість максимально зменшити згинальні моменти у прольотах від постійних навантажень.

Проміжні опори одностовпчаті з буронабивних залізобетонних стовпів діаметром 80 см (рис. 2, б, в), підземна частина яких, занурена в корінні ґрунти шару ПЕ-3, одночасно є і фундаментами опор. Висота опор над межею рівня води 5...7 м. По верхньому обрізу стовпів влаштовані двоконсольні, двоступінчаті збірно-монолітні ригелі з закладними деталями для закріплення опорних частин, на які опираються балки прольотної будови.

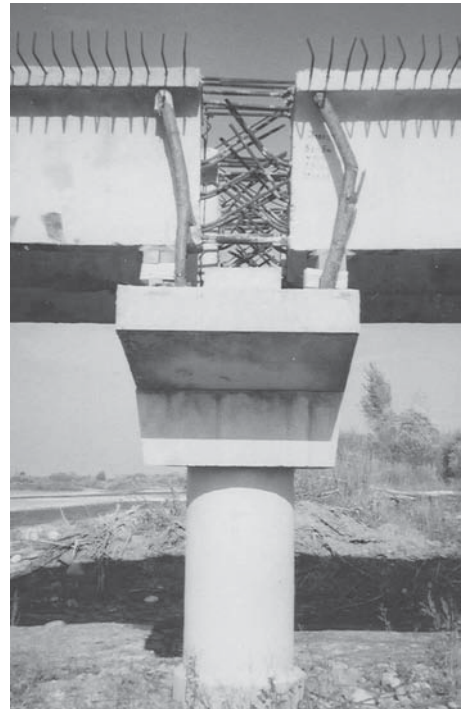


Рис. 3. Проміжна опора з обпертими на тимчасові дерев'яні бруски балками суміжних прольотів і прямими і відігнутими випусками арматури з торців балок

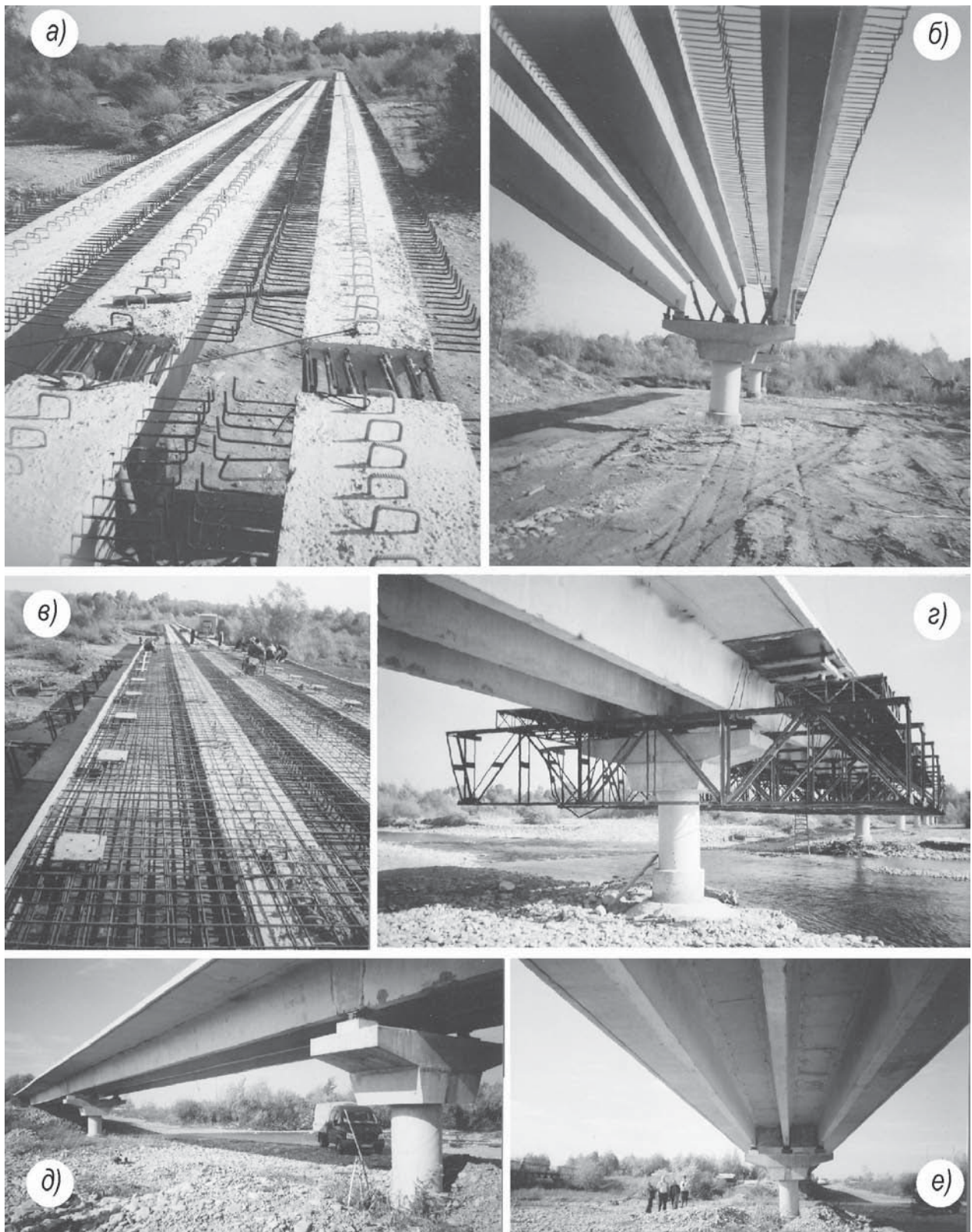


Рис. 4. Видгляд змонтованих балок зверху (а) і знизу (б); армування плити мостового полотна (в); підвісна опалубка для бетонування плити мостового полотна (г), загальний видгляд закінченої ділянки прольотної будови (д, е)

Берегові опори – двостовпчаті обсипні стояни із залізобетонних буронабивних стовпів діаметром 80 см з двоконсольним залізобетонним ригелем, шафовою стіною і зворотними обсипними відкрилками. Над береговими опорами влаштовані деформаційні шви перекритого типу з ковзаючими металевими листами, розраховані на переміщення до ± 60 мм.

На рис. 4 показано основні етапи будівництва моста: вигляд змонтованих збірних балок зверху (рис. 4, а) і знизу (рис. 4, б), армування монолітної залізобетонної плити мостового полотна (рис. 4, в), підвісна опалубка для бетонування плити мостового полотна (рис. 4, г) закінчена несуча конструкція збірно-монолітної балково-нерозрізної прольотної будови (рис. 4, д, е).

Висновки

1. Відновлення зруйнованих повенями і будівництво нових мостів на місцевих дорогах повинно вестись на відповідному інженерно-технічному рівні як споруд постійного типу, надійних і довговічних, стійких проти повеневого руйнувань. Розроблені системи збірно-монолітних мостів цілком відповідають цим вимогам і враховують сучасні тенденції масового мостобудівництва.

2. У нормах проектування мостів необхідно передбачити окремі типи мостів для немагістральних (місцевих) вулиць сільських населених пунктів і позакатегорійних місцевих доріг з обмеженою перспективною інтенсивністю руху з аналогічними до розроблених експлуатаційними показниками, а також для розрахунку таких мостів ввести в норми проектування нормовані тимчасові навантаження А8 і НГ-60, які були в нормах СНіП 2.05.03-84 і необґрунтовано вилучені з ДБН В.2.3-14: 2006.

3. Застосування збірних залізобетонних балок у комплексі з монолітною залізобетонною плитою і замоноліченими надпорними стиками рамних або нерозрізних балкових систем дає змогу не тільки спростити конструктивні рішення прольотних будов, але і скоротити терміни будівництва мостів.

1. Кваша В.Г., Рачкевич В.С., Салійчук Л.В. Реконструкція автодорожнього моста з підсиленням фундаментів аварійних опор // Вісник "Резерви прогресу в архітектурі і будівництві". – Львів, 1994. – № 278. – С. 38–43. 2. Ониськів Б.М., Сорока Я.В., Канюк В.М. Конструктивні особливості фундаментів опор мостів на передгірських ділянках рік Прикарпаття // Вісник "Теорія і практика будівництва". – Львів, 2006. – № 562. – С. 72–77.

УДК 624.072.23

Ю.П. Китов, Г.Л. Ватуля

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ И ПЕРИОДОВ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

© Китов Ю.П., Ватуля Г.Л., 2010

Висвітлено питання раціоналізації конструкції статично невизначеної сталобетонної шпренгельної балки. Включення шпренгеля в роботу балки є ефективним засобом для збільшення її несучої здатності, жорсткості і у багатьох випадках економічності.

Ключові слова: сталобетонна балка, несуча здатність, жорсткість, раціональна конструкція.

The authors provide the researchers in order to obtain the rational structure of statically indeterminate steel concrete trussed beam. The tie rod insertion is very efficient in increasing of structure capacity, rigidity and in many cases economy.

Keywords: steel concrete beam, carrying capacity, rigidity, rational structure.

Введение. В практике проектирования и строительства транспортных искусственных сооружений все чаще в качестве элементов пролетных строений используются комбинированные конструкции, в частности сталобетонные и сталежелезобетонные. При проектировании подобных конструкций значительное внимание уделяется поиску рациональных расчетных схем, то есть оптимальному проектированию, что позволяет значительно улучшить показатели материалоемкости, стоимости и трудоемкости возводимых конструкций.