

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНОСТІ І МІЦНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОЇ ЗБІРНО-МОНОЛІТНОЇ БАЛКИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ ПРОЛЬОТОМ 12 М

© Сало В. Ю., Сало О. Ю., 2017

Висвітлені проблеми мостів щодо теоретичних і проектних аспектів і питань їхнього зведення.

Описано натурні випробування дослідної збірно-монолітної попередньо напруженої залізобетонної балки для будівництва мосту. Одержані значення тріщиностійкості, деформативності і міцності балки, описані етапи роботи і форми руйнування досліджуваної балки. Проведено порівняння експериментальних та теоретичних величин. Виділено характерні стадії напружено-деформованого стану. В статті проаналізовано стан та практику зведення збірно-монолітних залізобетонних конструкцій з використанням високопродуктивної сучасної технології. Виконано аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень. Дослідження натурних мостів з доведенням конструкцій до руйнування, що дозволяє уникнути впливу масштабного фактора є особливо цінним.

Ключові слова: збірно-монолітні конструкції, згинальний момент, момент тріщиноутворення, прогини, жорсткість.

V. Salo, O. Salo*

Lviv Politechnic National University,
Department of Roads and Bridges,
*Motor road college

EXPERIMENTAL RESEARCHES DEFORMATIONS AND DURABILITY PRESTRESSED REINFORCED MULTI-SPAN BEAM OF THE BRIDGE ELEMENTS LENGTH 12m

© Salo V., Salo O., 2017

The paper presents only some problems of design and construction of the bridge.

The active provides the results of the research out composite multi-span prestressed reinforced concrete beam for time building bridges. Comparison of experimental and theoretical sizes. Values of crack resisting, deformation property and strength index are received, work stages and studied slabe collapse odes are also described. The characteristic stage of the tensely deformed state are selected. State and practic making of multi-span iron concrete constructions by high productive modern technology. The analysis of the got results of experimental research is executed. The investigation of the large-scale bridge structure with bringing them to failure, thus avoiding the scale factor effect, is very important. Improving methods for calculation will provide the lower expence of materials when designing rainforced concred strutuctes and allow more efficient using all elements that make the construction.

Key words: multi-span construction, cracring moment, bending moments, deflection, stiffness.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших напрямків технічного прогресу у будівництві є врахування і повніше використання специфічних властивостей матеріалів, що використовують для створення конструкцій. Перспективним є застосування ефективних конструкцій, що дозволяють набагато поліпшити показники матеріалоемності, вартості і трудоемкості.

Практика вітчизняного і закордонного будівництва доводить доцільність широкого застосування при зведенні автодорожніх мостів збірно-монолітного залізобетону, який поєднує в собі основні переваги збірного і монолітного (рис. 1).

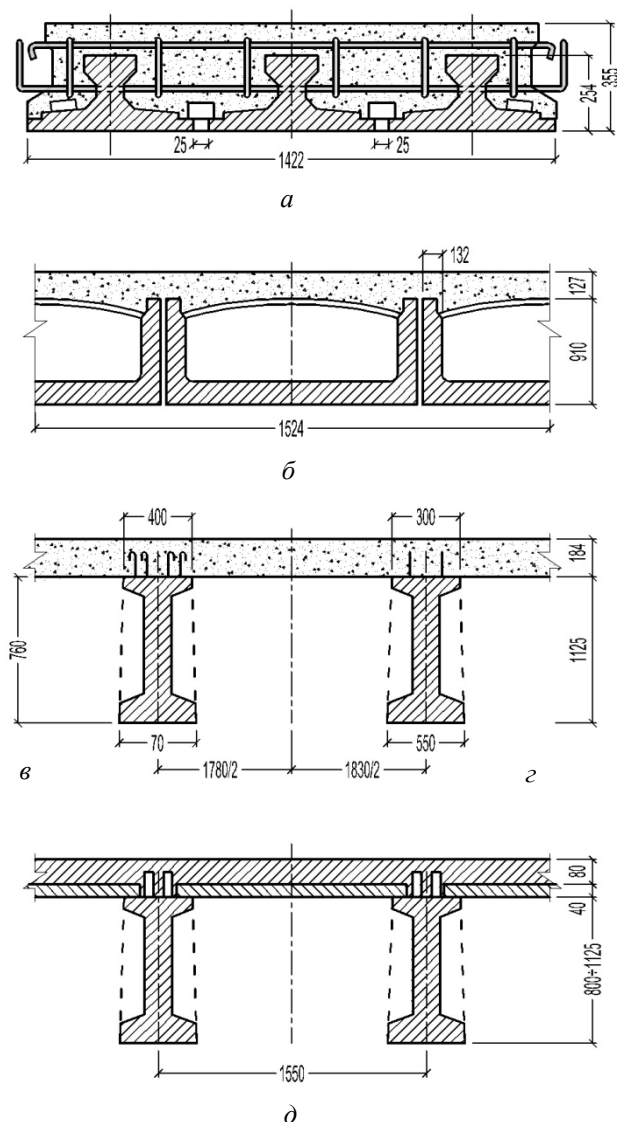


Рис. 1. Характерні поперечні перерізи збірно-монолітних прогонових будов

Особливо доцільно використовувати його в нерозрізних конструкціях, перехід до яких не вимагає зміни технологічного процесу і економічних затрат (рис. 2). Однією із головних переваг збірно-монолітних залізобетонних конструкцій є можливість створення балкових прогонових будов статично-невизначених систем порівняно простими способами з попередньо напруженою прогоною і надпорною арматурою, за допомогою якої можна регулювати зусилля і при виготовленні збірних елементів, і в процесі об'єднання в нерозрізні прогонові будови [1, 2].

Для підвищення ефективності та ширшого використання конструкцій із збірно-монолітного залізобетону необхідно розробити методи їхнього розрахунку з урахуванням стадійності їхньої роботи. Вдосконалення методів розрахунку конструкцій з урахуванням усіх етапів виготовлення та роботи є актуальним завданням.

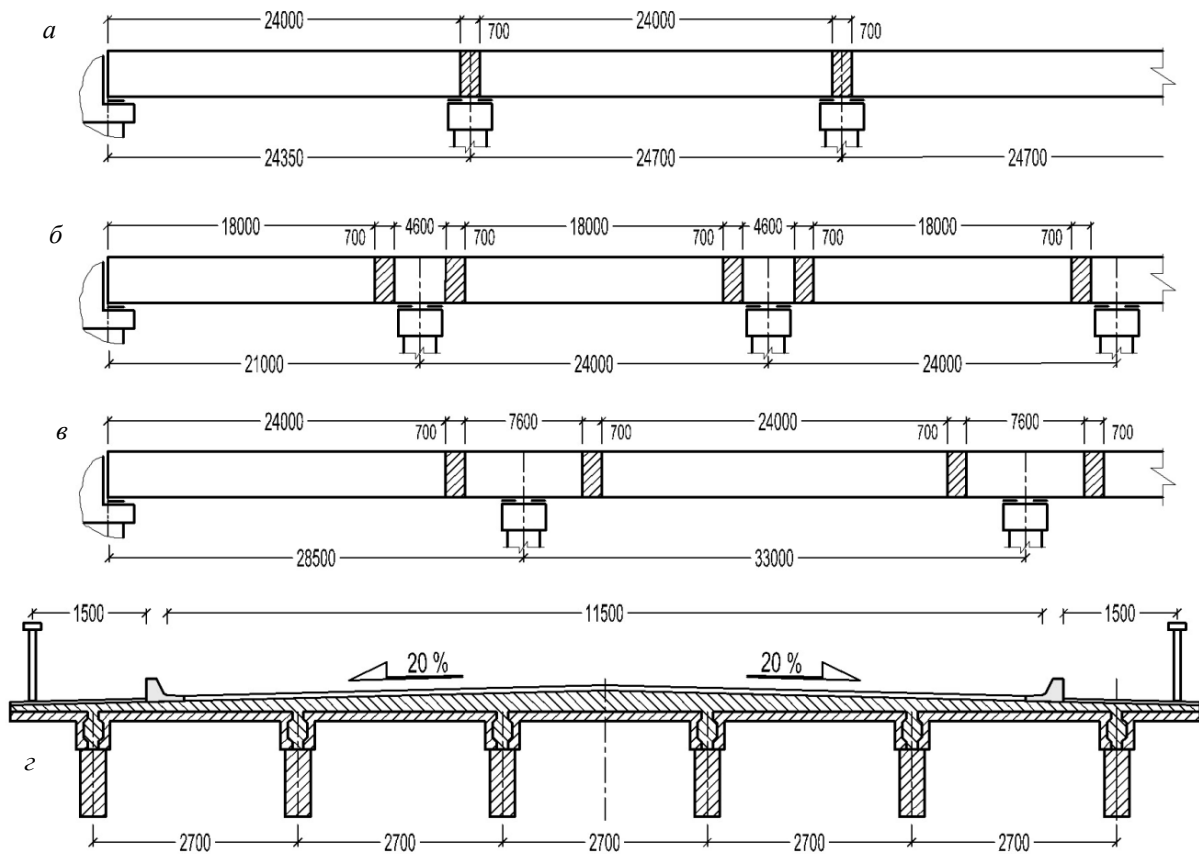


Рис. 2. Схеми об'єднання збірних елементів (а, б, в) в нерозрізну систему; поперечний переріз збірно-монолітної прогонової будови (z)

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Перетворення однопрогонових вільно опертих балок у статично-невизначені збірно-монолітні нерозрізні конструкції дає низку переваг:

- зменшення витрати металу в бетоні, так як у нерозрізних конструкціях максимальні згинальні моменти в прольотах набагато менші, ніж у розрізних за рахунок розвантажувального впливу опорних згинальних моментів;
- зниження будівельної висоти прогонових будов;
- збільшення жорсткості всієї конструкції.

Після появи збірно-монолітних конструкцій були знайдені і вивчені заходи щодо забезпечення надійного зв'язку між збірними і монолітними частинами [3–5]. Для цього створюють штучну шорсткість, рифлення у виді пазів і шипів по поверхні спряження, арматурні випуски із збірних елементів, впадини в торцях раніше виготовлених елементів.

Різниця віку бетонів в умовах експлуатаційних навантажень може створювати позитивний вплив на роботу збірно-монолітної конструкції [2, 3].

На кафедрі автомобільних доріг та мостів Національного університету “Львівська політехніка” для прогонів 18–42 м запропоновані та опрацьовані конструктивні вирішення нерозрізних прогонових будов зі застосуванням збірних балок трапецієподібного перерізу об'єднаних між собою монолітною плитою проїзної частини [7, 8].

Мета та завдання досліджень. Згідно з нормами [9, 10] збірно-монолітні конструкції необхідно розраховувати за міцністю, утворенням та розкриттям тріщин, за деформаціями для двох стадій роботи:

- до отримання бетоном, укладеним на місці заданої міцності;
- після отримання монолітним бетоном заданої міцності – на навантаження, що діють при експлуатації конструкції.

Основна мета експериментального дослідження – виявити особливості поведінки збірно-монолітної конструкції, виконаної із попередньо-напруженого збірного залізобетонного елемента і монолітного бетону за статичної дії зовнішнього навантаження на різних стадіях роботи.

Завдання дослідження: дослідити напружено-деформований стан конструкції на стадіях її монтажу та експлуатації, провести порівняльний аналіз з їх теоретичними розрахунками за існуючими методиками.

Експериментальні дослідження. Попередньо напружена залізобетонна балка довжиною 12 м запроєктована і виготовлена як прольотна вставка нерозрізної прогонової будови. Збірний елемент дослідної балки довжиною 12 м з поперечним перерізом 240 (280)×500 мм був виготовлений у силувій касетній формі з натягом арматури електротермічним способом на опори. Величина попереднього напруження в напруженій арматурі з 4 Ø 28 А-Шв (А 500С) дорівнювала 495,0 МПа. Бетон збірного елемента дослідної балки класу В 30 (С30), бетон замоноличення класу В 20 (С20). У бетоні замоноличення заввишки 300 мм був встановлений просторовий каркас з поздовжньою арматурою з 4 Ø 10 А-III (А400С). Конструкція балки до і після замоноличення показана на рис. 3.

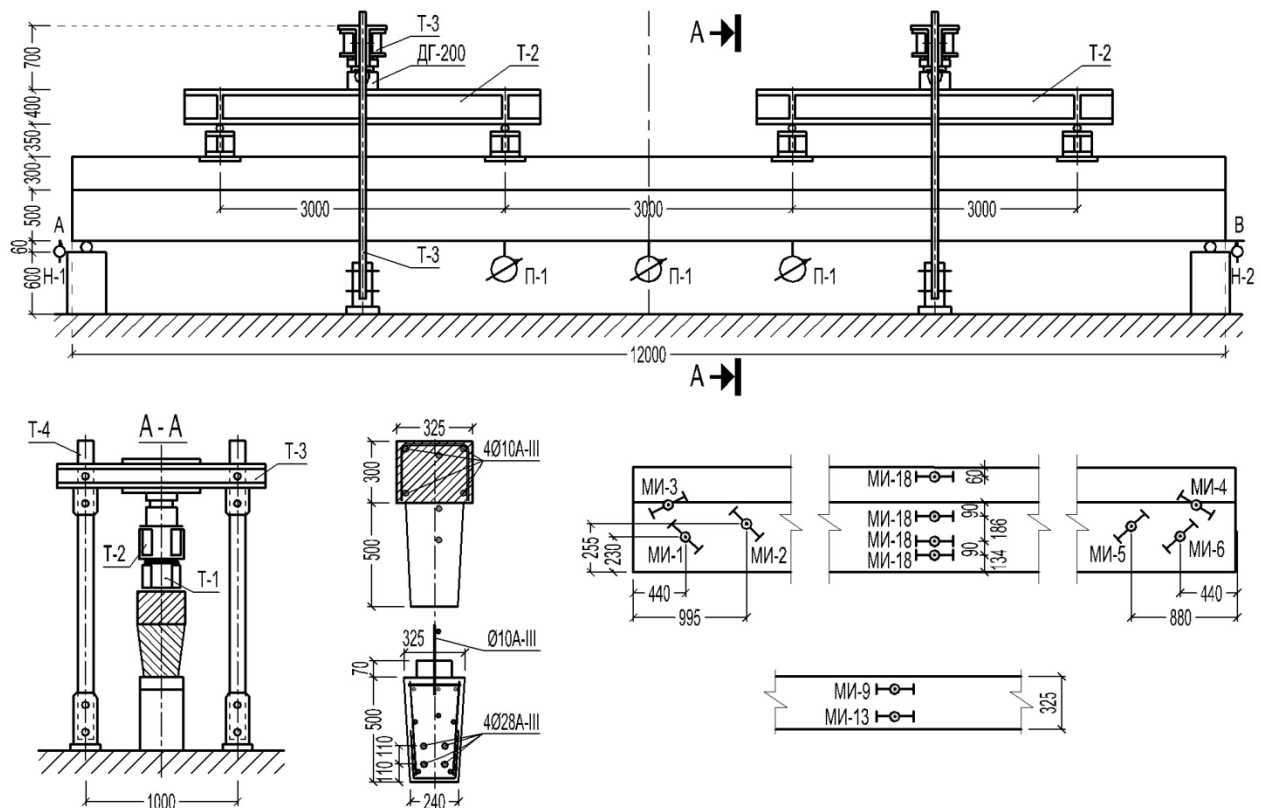


Рис. 3. Схема випробування збірно-монолітної балки прольотом 12 м і розстановка приладів

Випробування проводились на дослідному стенді. Завантаження балки проводилось чотирма зосередженими силами від гідродомкратів ДГ-50; сили докладались ступенями по 12,5 кН. Схеми випробувань балки до і після замоноличення показані на рис. 3. У процесі випробувань з допомогою приладів проводили замір прогинів балки і деформацій бетону стиснутої і розтягнутої зон нормальних перерізів в прольоті, а також похилих перерізів біля опор і зон контактів бетону збірного елемента і бетону замоноличення. Одночасно велись спостереження за появою і розвитком тріщин. Виміряні величини прогинів балки і ширини розкриття тріщин від випробувального навантаження приведені на рис. 5. При теоретичному визначенні прогинів до моменту появи тріщин враховують, що $V=0,85 E_b \times I_{red}$ [2, 3]. На цій стадії роботи прогини були дещо меншими теоретичних (розходження – 4,7 %). Тріщини в зоні найбільшого згинального моменту по нижній

грані балки появились при навантаженні $P=45$ кН і величині повного згинального моменту, рівного 374,0 кНм, що становить 44,0 % M_p . Теоретичний момент тріщино утворення, підрахований по формулі ядрових моментів [5] з врахуванням повних теоретичних втрат $M_{cr}=358,1$ кНм. Графік зміни згинальних моментів показаний на рис. 4.

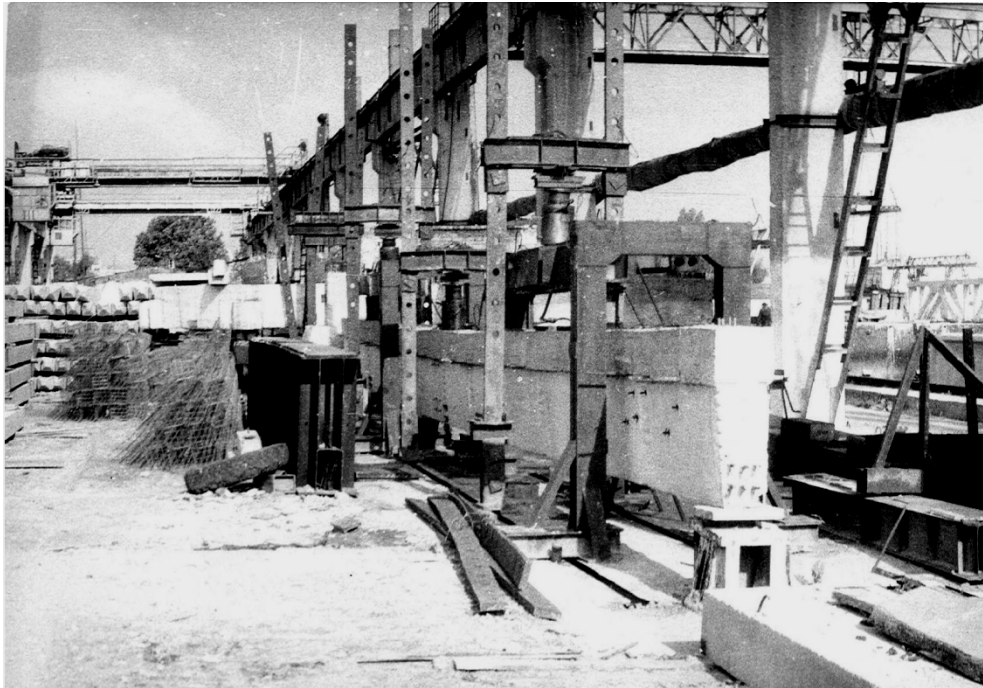


Рис. 4. Випробовування дослідної конструкції

Характер розподілу і розвитку тріщин на боковій поверхні балки показаний на рис. 6. При навантаженні $P=75$ кН ширина розкриття досягала 0,2 мм, а безпосередньо перед руйнуванням віддаль між тріщинами складала 12–19 см при ширині розкриття 0,8–1,0 мм.

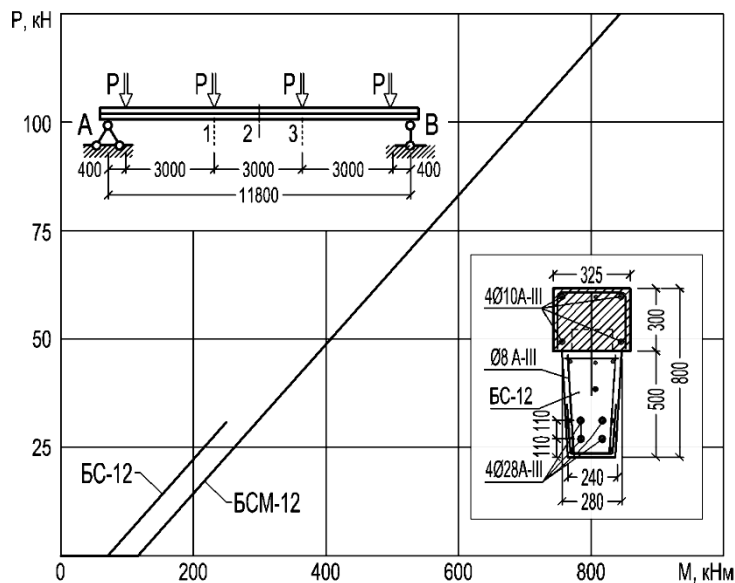


Рис. 5. Графік зміни згинальних моментів в балці БСМ-12

Теоретичне значення руйнівного моменту, визначеного за формулою 3.15 [3] склало 827,4 кНм. Фактичний руйнівний момент був досягнутий при величині навантаження $P=125,0$ кН і був рівним 845,3 кНм. При випробовуванні балки похилі тріщини в припорних ділянках не появились. Арматурні випуски із збірної балки, шпонки і нідзрюватість бетону забезпечили

надійний зв'язок між збірною і монолітною частиною, що підтверджується замірами зсувів монолітної частини балки відносно збірної в при опорній зоні, які були такими незначними, що їх не вдалось зафіксувати використовуваними приладами.

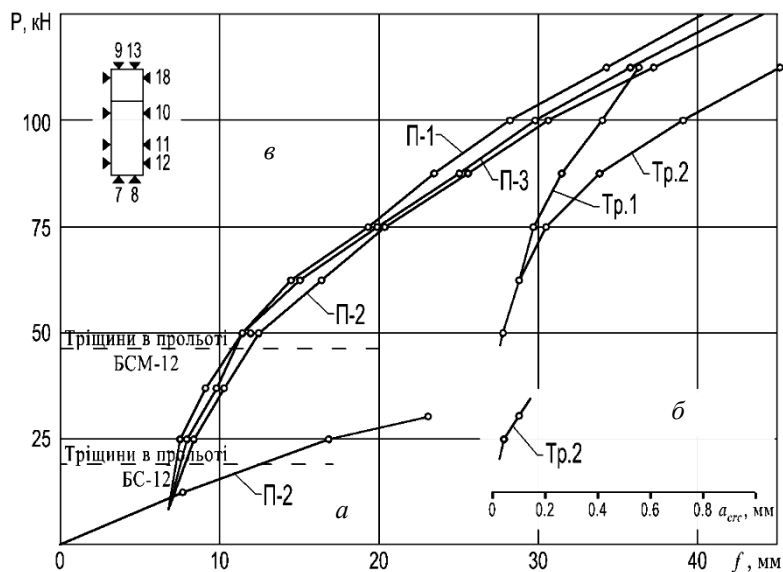


Рис. 6. Графік залежності прогинів і ширини розкриття тріщин балки БСМ-12 від зовнішнього навантаження

Визначення деформацій бетону в різних перерізах при прикладенні зовнішнього випробувального навантаження проводили по встановлених приладах. На останніх ступенях завантаження балки випробувальним навантаженням ширина розкриття тріщин інтенсивно збільшувалась і різко зростав прогин балки. Сумарна величина прогину від початку випробування складала 4,30 см, або 1/275 довжини прогону. Фактичного руйнування не пройшло із-за інтенсивного наростання прогину на останніх етапах завантаження.

Висновки. 1. Аналіз і зіставлення результатів випробування балок БС-12 і БСМ-12 показав, що в результаті омоноличення збірної елементу головної балки прогонової будови з плитою проїзної частини набагато підвищуються експлуатаційні якості. При цьому, в стадії експлуатації тріщиностійкість може бути збільшена більше ніж удвічі, а жорсткість майже утричі.

2. На основі одержаних результатів відзначено, що зчеплення монолітного бетону із збірним елементом забезпечує надійний зв'язок між ними на всіх стадіях роботи конструкції впритул до руйнування.

3. Дослідження показали високі позитивні дані міцності, жорсткості і тріщиностійкості збірно-монолітної попередньо-напруженої залізобетонної балки прогонової будови довжиною 12 м.

1. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций / Гольшев А. Б., Полищук В. П., Сунгатулин Я. Г. и др. – К.: Будівельник, 1975. – 215 с. 2. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций / под ред. А. Б. Гольшева. – Киев: Будівельник, 1982. – 152. 3. Руководство по проектированию железобетонных сборно-монолитных конструкций. – М.: Стройиздат, 1977. – 59 с. 4. Сунгатулин Я. Г. Особенности расчета сборно-монолитных железобетонных конструкций по первой группе предельных состояний. – Казань, 1983. – 44 с. 5. Питулько С. М. Исследование трещиностойкости и деформативности изгибаемых сборно-монолитных конструкций при кратковременном и длительном действии загрузки: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – М., 1972. – 21 с. 6. Полищук В. П. Расчет сборно-монолитных конструкций на образование нормальных трещин с учетом неупругих деформаций // Бетон и железобетон. – 1982. – № 3. – С. 40–41. 7. Сало В. Ю., Гнидец Б. Г. Исследование образования наклонных трещин в натуральных мостовых конструкциях с двузначной эпюрой моментов // Вестн. Львов. политехн. ин-

та. Резервы процесса в архитектуре и стр-ве. – 1986. – № 213. – С.74-76. 8. Гнидец Б. Г., Сало В. Ю. Совершенствование конструктивно-технологических решений сборно-монолитных неразрезных пролетных строений мостов. Труды СоюздорНИИ. – М.: 1987. – С. 28–34. 9. ДБН В.2.3-14-2006. Мостыи трубы. Правила проектирования. – К., Мін. буд. України. 2006. – 359 с. 10. ДБН В. 2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 52 с.

References

1. *Proektyrovanye y yz-hotovlenye sborno-monolytnykh konstruktsyy* / Нолышев А. В., Polyshchuk V. P., Sunhatulyн Ya. H. y dr. – Kyev: Budivel'nyk, 1975. – 215 s. 2. *Proektyrovanye y yz-hotovlenye sborno-monolytnykh konstruktsyy*/ Pod red. A. B. Нолышева. – Kyev: Budivel'nyk, 1982. – 152. 3. *Rukovodstvo po proektyrovanyuu zhelezobetonnykh sborno-monolytnykh konstruktsiy.* – М.: Stroyizdat, 1977. – 59 s. 4. Sunhatulyн Ya. H. *Osobennosti rascheta sborno-monolytnykh zhelezobetonnykh konstruktsyy po pervoy hruppe predel'nykh sostoyanyu.* – Kazan', 1983. – 44 s. 5. Pytul'ko S. M. *Yssledovanye treshchynostoykosti y deformatyvnyosti yz-hybaemykh sborno-monolytnykh konstruktsyy pry kratkovremennom y dlytel'nom deystvyu zahruzky: Avtoref. dyss. kand. tekhn. nauk.* – М., 1972. – 21 s. 6. Polyshchuk V. P. *Raschet sborno-monolytnykh konstruktsiy na obrazovanye normal'nykh treshchyn s uchetom neupruhykh deformatsyy // Beton y zhelezobeton.* – 1982. – #3. – S. 40–41. 7. Salo V. Yu., Hnydets B. H. *Yssledovanye obrazovanyua naklonnykh treshchyn v naturnykh mostovykh konstruktsyyakh s dvuznachnoy эpyуроу momentov // Vestn. L'vov. polytekh. un-ta. Rezervы protsessa v arkhytektуре y str-ve.* – 1986. – # 213. – S. 74–76. 8. Hnydets B. H., Salo V. Yu. *Sovershensvovanye konstruktivno-tekhnolohycheskykh reshenyy sborno-monolytnykh nerazreznykh proletnykh stroenyy mostov. Tруды SoyuzdorNYU.* – М., 1987. – S. 28–34. 9. ДБН В.2.3-14-2006. Мостыи трубы. Правыла проектырованыа. – Kyiv, Min. bud. Ukrayiny. 2006. – 359 s. 10. ДБН В. 2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основни вимоги проектування. – Kyiv: Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny, 2009. – 52 s.