

werkkoffen. – EMPA Bericht. – Dubendorf. 1993. – N 224. 7. Denring M. CFRP laminatec in the construction indastri. Sprengthenering of concrete structures // Schweiren Ingenieur und Architekt. – 1994. – N 26. 8. Seible F. Structural Rehabilitation with Advaned Composites / report of the IABSE Simposium “Extending the Lifespan of Structures”. – San Francisco, 1995. 9. Piekarczyk L. Nowoczesne technologie I materially Firmy Sika do budowy I renowacj I inzynierskich obiektow awtostradowych // Inzynieria I Budawctwo. – 1996. – N 3. 10. A. Robust apporoach // Bridge Desigh and Engineering. – November 1996. 11. Carbon bond for UK bridge. Civil Engiheer International. – March 1997. 12. Siwowski T. Wzmocnienie mostu zelletowego za pomoca tasm Kompozytowych z Wloknami Wenglowymi (CFRP) / III ogolnopolska konferencija mostowcow // Konstrukcja I wyposazenie mostow. – Wisla, 1997. – S. 383–392. 13. Kaminska M.E., Kotynia R. Badania zelbetowych belek z tasmami CFRP, przyklejanymi na ich powerchniach // XVI Konferencja Naukowo-Technichna “Beton I Prefabrykacja”. – Jadwisin, 1998. S. 479–484. 14. Kaminska M.E., Kotynia R. Stan graniczni nosnosci na zginanie zelbbetovich belek, wzmoekionych tasmami CFRP // XLIV Konferencja Naukowa KIL I W PAN I KNPZITB “Problemy Naukowo Badawzce Budownictwa”. Tom IV: Konstrukcje betonowe. – Krunica, 1998. S. 95–102. 15. Radonski W., Trochimiak W. Przyklady zastosowan materialow compozytowych do budowy I modernizacji mostow // Konferencja Naukowo-Technichna “Mosty zespolone”. – Krakow, 1998. –S. 291–301. 16. Кваша В.Г., Мельник І. В., Климпуш М.Д., Шевчик О. Міцність і деформативність залізобетонних мостових балок, підсилених неметалевою арматурою СРКР // VI Міжнар. наук. конф. “Актуальні проблеми будівництва та інженерії довкілля”. – Львів, 2001. – С. 223–230. 17. Кваша В.Г., Мельник І.В., Климпуш М.Д. Експериментальне дослідження залізо-бетонної мостової балки за ТП вип. 56, підсиленої композитною стрічкою з вуглецевих волокон GFRP // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2001. – Вип. 62. – С. 267–271.

УДК 624.21

П.М. Коваль, А.Є. Фаль, І.П. Баб’як

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра БКМ

## ВПЛИВ ПЛИТИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ НА СТАН АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

© Коваль П.М., Фаль А.Є., Баб’як І.П., 2002

**Описано конструкції прогонових будов балкових залізобетонних мостів. Проаналізовано стан монолітних та збірних прогонових будов мостів. Наведено результати дослідження бетону для плит проїзної частини з використанням методу акустичної емісії.**

Найбільш поширеним типом автодорожніх мостів малих і середніх прогонів в Україні є споруди із залізобетонними балковими розрізними прогоновими будовами.

Перехід на будівництво автодорожніх мостів із збірного залізобетону було здійснено в Україні у 60-х роках ХХ ст. Залежно від величини прогонів прогонових будов переважно застосовують до 18 м включно – плитні, у тому числі пустотні конструкції; від 12 до 42 м – плитно-ребристі і коробчасті конструкції постійної висоти [1].

На рис. 1 показані деякі найбільш поширені типи збірних залізобетонних будов мостів, які експлуатуються на дорогах нашої країни. Збірні двопустотні попередньо напружені плити об'єднуються замоноличуванням шпоночних стиків (рис. 1, а). Ці стики, що сприймають тільки поперечну силу, не забезпечують надійного об'єднання плит для їх сумісної роботи. На багатьох мостах внаслідок складності бетонування невеликих об'ємів стики виконані неякісно, внаслідок чого вони протікають. Струнбетонні прогонові будови (рис. 1, б) по плиті об'єднувалися тільки зварюванням закладних деталей над діафрагмами. Тому через стики плит проїзної частини балок при руйнуванні гідроізоляції вода з покриття потрапляє на балки. Плита проїзної частини струнбетонних балок має малу товщину: 6–10 см. Бездіафрагмові прогонові будови із балок з каркасною арматурою за вип. 56д Союздорпроекту (рис. 1, в) мають плиту проїзної частини товщиною 15 см. Об'єднання балок здійснюється замоноличуванням стику плит проїзної частини із випусками арматури. Сучасні прогонові будови влаштовуються із ребристих уніфікованих попередньо напружених балок з товщиною плити проїзної частини 15 см із об'єднанням їх стиками на петлевих випусках (рис. 1, г). Стики не завжди виконуються якісно, що є причиною просочування води через стики на балки прогонових будов.

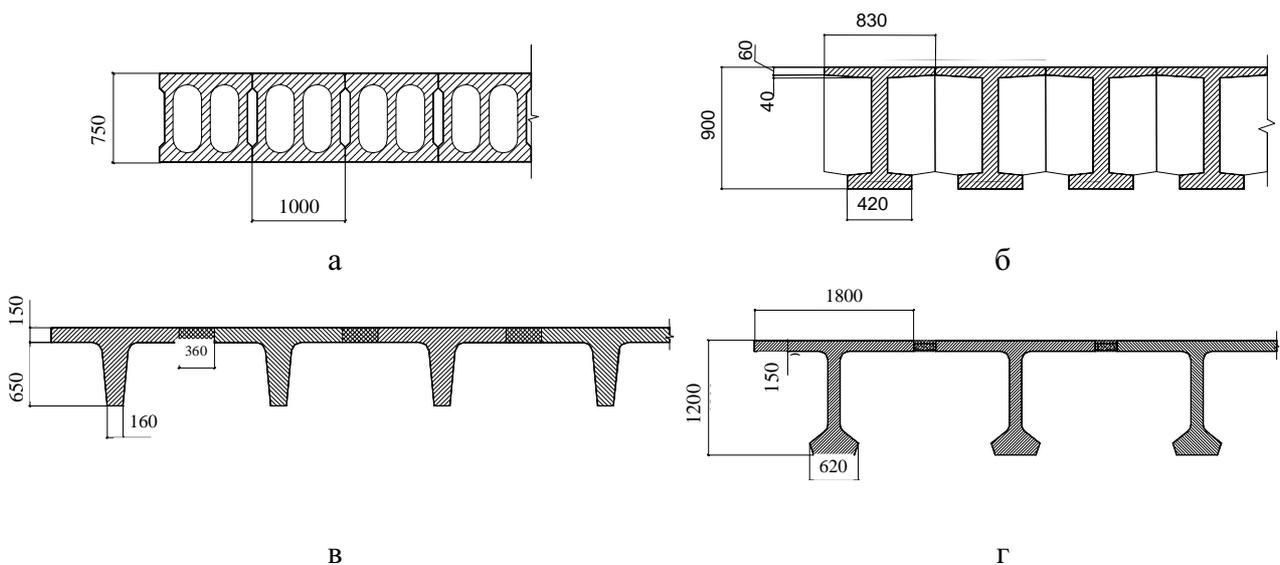


Рис. 1. Типи збірних залізобетонних прогонових будов і плит проїзної частини балкових автодорожніх мостів:  
а – плитні двопустотні балки; б – струнбетонні балки; в – бездіафрагмові балки з каркасною арматурою; г – попередньо напружені двотаврові балки

Інші підходи до будівництва прогонових будов за кордоном, де їх в більшості випадків влаштовують із монолітного залізобетону [2, 3]. При використанні збірних залізобетонних елементів прогонових будов плиту проїзної частини переважно влаштовують монолітною, причому товщина плити становить не менше 20 см. Деколи використовуються збірні попередньо напружені панелі, які використовують як опалубки, а також щоб запобігти утворенню і розвитку тріщин на нижній поверхні плити (рис. 2).

Якщо проаналізувати конструкцію плит проїзної частини мостів, побудованих в нашій країні в останні десятиліття, то можна зробити висновок, що їхня товщина знаходиться в межах

60–150 мм, а товщина захисного шару максимально становить 30 мм. Досвід експлуатації таких збірних залізобетонних прогонових будов мостів показує, що їх довговічність менша, ніж монолітних [4].

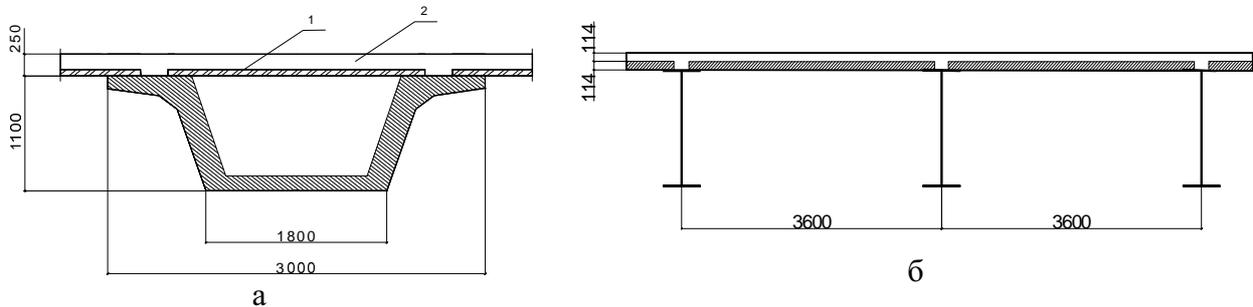


Рис. 2. Поперечні перерізи прогонових будов мостів, які влаштовують за кордоном:  
1 – збірні панелі; 2 – монолітний бетон

На рис. 3, а показано масивна монолітну прогонову будову моста з потужною плитою проїзної частини значної товщини – 20 см після 90 років експлуатації, яка не має істотних дефектів, а на рис. 3, б – збірну прогонову будову, термін експлуатації якої на 55 років менший, але вона має значні дефекти: корозію бетону, оголення і корозію арматури.



а



б

Рис. 3. Залізобетонні прогонові будови автодорожніх мостів:  
а – монолітна плита після 90 років експлуатації; б – збірна плита після 35 років експлуатації

Переконливою ілюстрацією визначального впливу конструкції і матеріалу плити проїзної частини на стан прогонових будов мостів є результати обстеження моста через р. Луква в Івано-Франківській області. В цьому мості два прогони по 14,1 м кожний побудовані в 1960 році (монолітні ребристі бездіафрагмові балки), а ще один прогін довжиною 16,76 м побудований у 1971 році (збірні струнобетонні балки).

На рис. 4, а показано стан монолітної прогонової будови моста після 40 років експлуатації: протікання води через плиту проїзної частини не відбувається, відсутні дефекти експлуатації в прогоновій будові. На рис. 4, б показано стан збірних струнобетонних балок цього ж моста після 30 років експлуатації: протікання води через дефекти плити проїзної частини спричинило корозію бетону, арматури і закладних деталей діафрагм, оголення і обриви попередньо напруженої арматури.

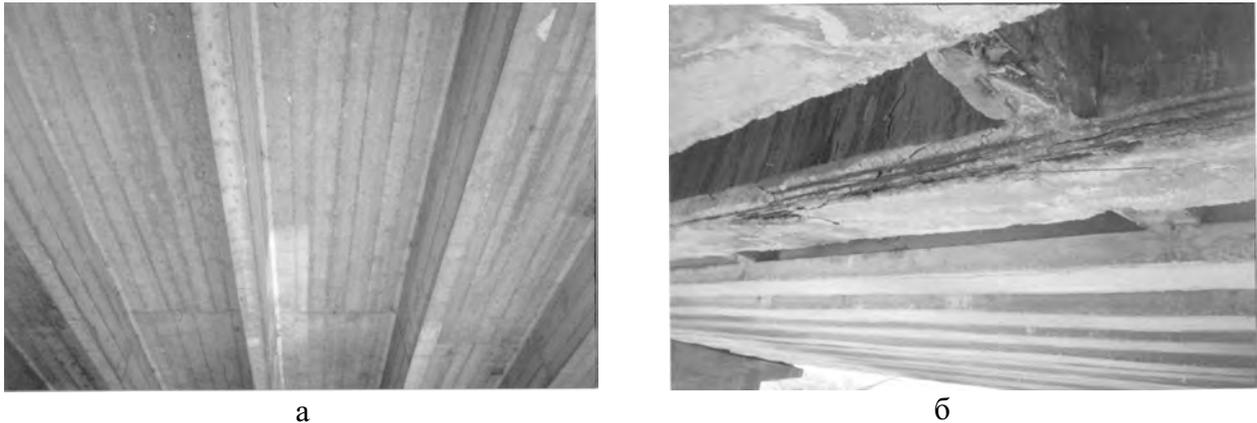


Рис. 4. Залізобетонні прогонові будови моста через р. Луква:

а – монолітна плита після 40 років експлуатації; б – збірна плита після 30 років експлуатації

На довговічність мостових конструкцій впливає багато чинників, особливо істотно впливає довкілля [5]. В найбільш складному становищі знаходиться плита проїзної частини, адже вона безпосередньо сприймає тимчасове навантаження і розподіляє його між балками, крім того, на неї діє агресивне середовище – вологість, температура, опади, морози і відлиги, наявні агресивні речовини в атмосфері, вітер та сонце тощо (рис. 5). Причому не виключені випадки, коли усі ці чинники діють одночасно. Окремі складові повітря, особливо кисень, вуглекислий газ, промислові та автомобільні гази енергійно взаємодіють з елементами плити, що призводить до руйнації її матеріалу. Крім того, вода, що просочується через плиту проїзної частини, вимиває частинки бетону, руйнує його при замерзанні, призводить до корозії бетону і арматури.

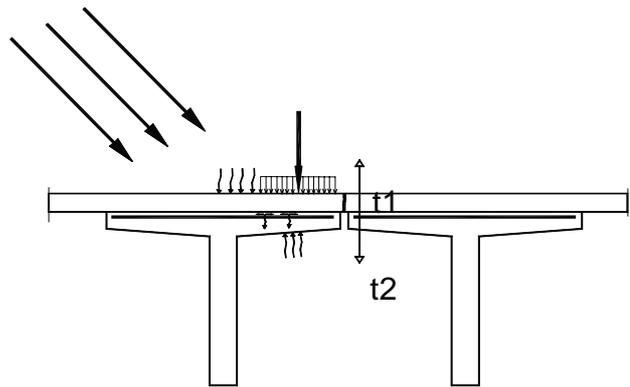


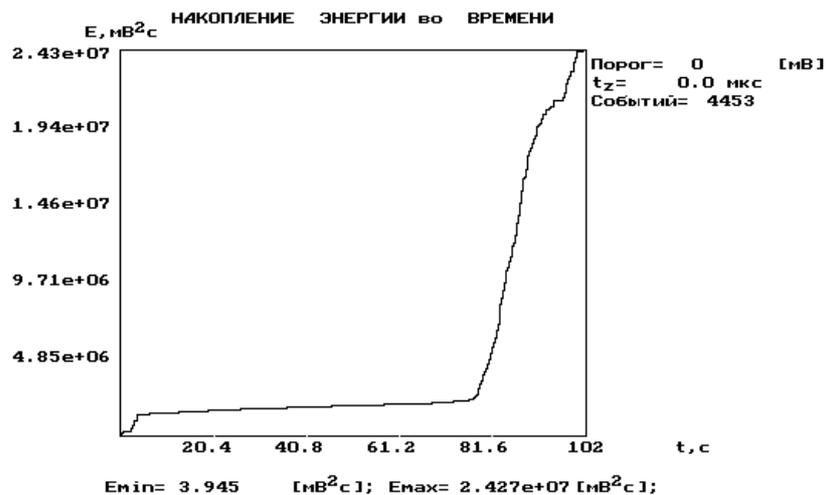
Рис. 5. Впливи, яких зазнає плита проїзної частини

Особливо багато дефектів мають плити проїзної частини збірних мостів. Термін служби гідроізоляції в автодорожніх мостах є малим (5–12 років), тому плити зазнають дії агресивної вологи, що потрапляє на них з проїзної частини. В монолітних мостах суцільна плита проїзної частини (як правило, значної товщини – 20–25 см) достатньо надійно стримує просочування води. В збірних мостах гідроізоляція найшвидше руйнується по стиках збірних елементів проїзної частини і через ці стики вода потрапляє і на нижні поверхні плити. Корозія бетону і руйнування плити в збірних прогонових будовах відбувається значно швидше, ніж у монолітних. Це підтверджують і розрахунки ресурсу довговічності плит збірних залізобетонних балок типової прогонової будови за вип. 56 “Союздорпроекту” [6], ресурс вичерпується вже через 21 рік.

Тому необхідно перейти до влаштування монолітних плит проїзної частини. Це дасть змогу підвищити довговічність мостів. Як приклад зміни підходів до проектування плити проїзної частини є будівництво сталобетонного моста через р. Шопурка на а/д. В.Бичків – Коб. Поляна в Закарпатській області, де замість типової плити товщиною 16 см і захисного шару 3 см влаштували суцільну монолітну плиту товщиною 19 см [7].

Монолітна плита проїзної частини надійно об'єднує збірні елементи, покращує просторову роботу прогонів, забезпечує кращу стійкість плити проти впливу води, яка потрапляє із проїзної частини. Об'єднання балок монолітною плитою є достатнім для забезпечення їх сумісної роботи навіть для бездіафрагмової прогонової будови, що підтверджують експериментальні дослідження [8].

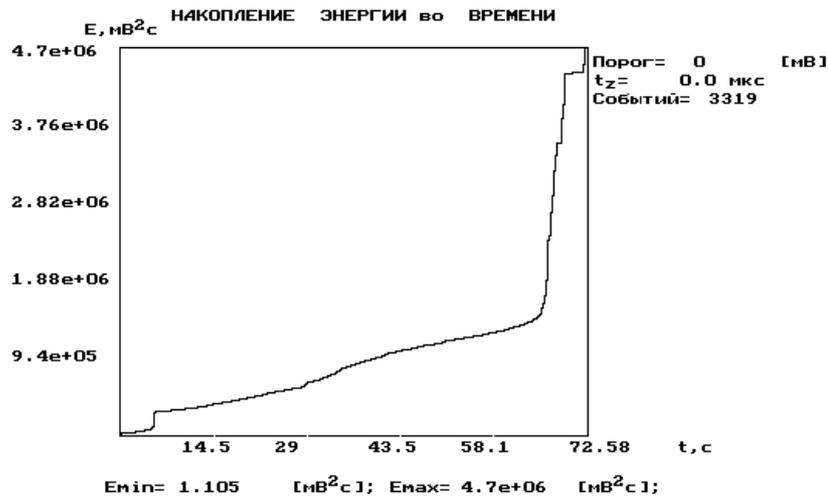
Особливо важливо забезпечити відповідну тріщиностійкість бетону плити проїзної частини, використовуючи для її влаштування бетони, які мають підвищені характеристики тріщиностійкості. В НУ "Львівська політехніка" проведені дослідження з використанням методу акустичної емісії бетонів, які пропонуються використовувати для плит проїзної частини: з золоуносом: з використанням пластифікуючих добавок, з додаванням фібри з поліпропіленових волокон (рис. 6). В процесі неперервного навантаження бетонних кубів реєструвалось випромінювання сигналів акустичної емісії і проводилось порівняння по енергії накопичення сигналів в бетонах [9]. Так, енергія при руйнуванні важкого бетону становить  $2,43 \times 10^7$  мВ<sup>2</sup>·с, для бетону з добавкою золи –  $0,47 \times 10^7$  мВ<sup>2</sup>·с; бетону з пластифікатором –  $0,264 \times 10^7$  мВ<sup>2</sup>·с; бетону з фіброю –  $0,133 \times 10^7$  мВ<sup>2</sup>·с. Це означає, що мікро-, макротріщиноутворення і руйнування відбувається при більшій енергії акустичної емісії для звичайного важкого бетону порівняно з іншими трьома видами бетонів, що свідчить про суттєві процеси тріщиноутворення в цьому бетоні. Для бетону з фіброю енергія АЕ найменша, що свідчить про здатність фібри зв'язувати бетонну суміш в більш стійку структуру і стримувати мікротріщиноутворення в бетоні.



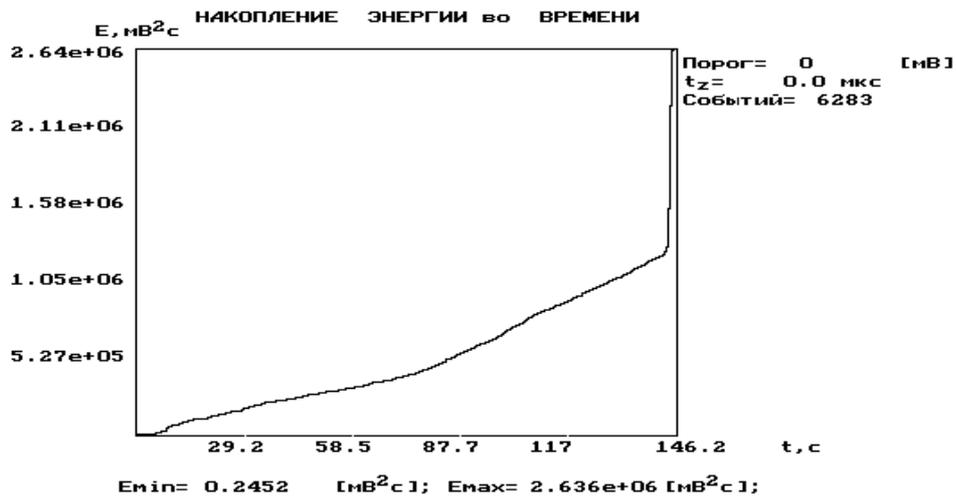
а

Рис. 6. Графіки зміни накопичення енергії сигналів АЕ при випробуванні кубів розміром  $100 \times 100 \times 100$ :

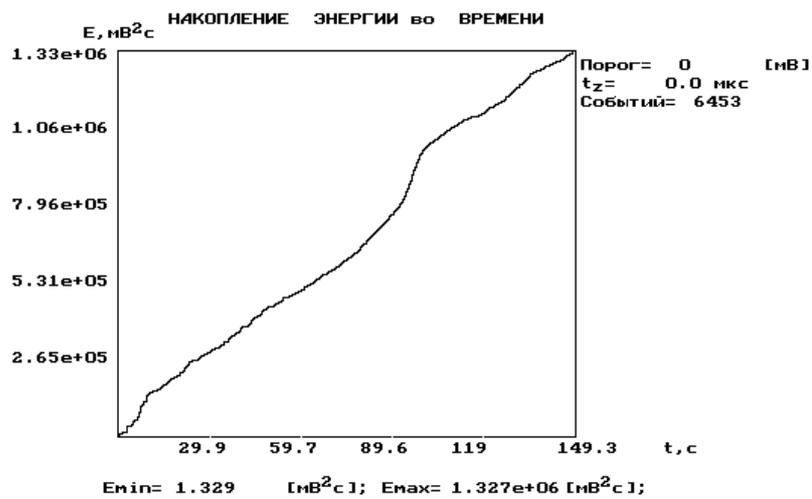
а – важкий бетон



б



в



г

Рис. 6. Графіки зміни накопичення енергії сигналів АЕ при втробуванні кубів розміром  $100 \times 100 \times 100$ :  
 б – бетон із золою-уносом; в – бетон із пластифікатором; г – бетон із фіброю

### Висновки

Для забезпечення довговічності прогонових будов автодорожніх мостів плиту проїзної частини доцільно влаштовувати із монолітного бетону підвищеної тріщиностійкості. Як показують дослідження, бетони із використанням методу акустичної емісії підвищують його тріщиностійкість, бетони з використанням пластифікуючих добавок, поліпропіленової фібри, золи-уносу забезпечують кращу їх стійкість до різних природних впливів.

1. *Експлуатація і реконструкція мостів / Під ред. А.І. Лантух-Ляценка. – К., 2000. – 384 с.*
2. Sameh S. Badie, Mantu C. Baishya&maher K. Tadros. *An innovative stay-in-place precast pretensioned subpanel for bridge decks // Proceedings of the XIII FIP congress. – Amsterdam, 1998. – P. 187–190.*
3. Joan R. Casas, Michel Ghosn. *I-beam vs. spread box beams in prefabricated concrete bridges: Redundancy and reliability // Proceedings of the XIII FIP congress. – Amsterdam, 1998. – P. 817–821.*
4. Виноградський Д.Ю., Руденко Ю.Д., Шкуратовський А.А. *Эксплуатация и долговечность мостов. – К., 1985. – 104 с.*
5. Шкуратовський А.О., Коротич А.В. *Вплив довкілля на довговічність залізобетонних мостів і методи її підвищення // Зб. доп. Третього засідання Українського міжгалузевого науково-практичного семінару “Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення”. – К., 2000. – С. 236–240.*
6. Золотов П.В. *Прогнозирование ресурса железобетонного элемента моста по бетону // Зб. доп. Другого засідання Українського міжгалузевого науково-практичного семінару “Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення”. – К., 1998. – С. 63–67.*
7. Коваль П.М., Фаль А.Є., Походенко А.Г. *Використання сталі залізобетонних конструкцій прогонових будов при відновленні мостів в Карпатах // Вісн. ЛДАУ. – 2001. – № 2. – С. 128–133.*
8. Коваль П.М., Фаль А.Є. *Дослідження просторової роботи збірно-монолітних прогонових будов мостів // Вісник РДТУ. – 1999. – Вип. 3. – С. 168–171.*
9. Филоненко С.Ф. *Акустическая эмиссия. Контроль, измерение, диагностика. – К., 1999. – 132 с.*

УДК 624.012

А.П. Крамарчук

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра БКМ

## ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ТА МІЦНІСТЬ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІД ДІЄЮ ДОВГОТРИВАЛИХ НАВАНТАЖЕНЬ ІЗ ЗМІНЕНИМ АРМУВАННЯМ

© Крамарчук А.П., 2002

**Подано програму, методику, мету та завдання експериментальних досліджень згинальних елементів на довготривалі навантаження із зміною армування після певного часу дії навантажень. У дослідних зразках змінюються відсотки початкового та додаткового армування, рівні початкових навантажень, рівень розвантаження перед постановкою додаткової арматури та рівень нового навантаження.**

Дослідження залізобетонних згинальних елементів на довготривалі навантаження виконані багатьма авторами, які встановили істотний вплив повзучості бетону на напружено-деформований стан згинальних елементів. Оцінка впливу повзучості бетону на міцність та деформативність згинальних залізобетонних елементів виконується на основі теорій старіння і її