

РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ МОСТУ СПЕЦІАЛЬНОГО ВИДУ

© Шмуклер В.С., Краснова К.С., 2013

Наведено конструкцію прогонувої будови пішохідного мосту, виконаного у вигляді просторової структури з металевих або склопластикових елементів. Верхній пояс конструкції об'єднаний з ефективною залізобетонною плитою. Досліджено роботу конструкції без урахування і з урахуванням регулювання зусиль. Вибрано раціональну конструкцію мосту.

Ключові слова: пішохідний міст, прогонува будова, балка, арка, композитні матеріали.

The design of the span pedestrian bridge structure, made in the form of the spatial structure of metal or fiberglass items is presented. The upper boom of the structure is combined with an efficient design of reinforced concrete slab. The operation of the structure with and without taking into account the regulatory effort is studied. A rational bridge structure is chosen.

Key words: pedestrian bridge, span, beam, arch, composites.

Вступ. У час масового будівництва пішохідних мостів необхідно прагнути до індустріального виготовлення окремих елементів і простоти їх складання під час монтажу. Стандартними є прольоти мостів довжиною від 6 м до 24 м при кроці збільшення розміру 3 м [1,2]. Для перекриття таких прольотів представляється можливим застосування модульних просторових конструкцій типу структур, що складаються з двох матеріалів: залізобетону і сталі (або склопластику). Конструктивна ідеологія тут полягає у виконанні стислої частини (власне покриття) у вигляді залізобетонної плити полегшеного типу з вкладеними шматками із пінополістиролу, а розтягнуто частини у вигляді металеві або склопластикові просторової стержневої системи [3]. Сумісна робота залізобетонної плити в площині верхнього поясу конструкції забезпечується зв'язками зсуву (упорами).

Крім того, під час вибору раціональної конструкції мосту розглянено балкову і аркову системи прогонувої будови, які виконані з рівновеликих модулів, і доведено, що найраціональнішою є аркова прогонува будова (рис. 1), [4].

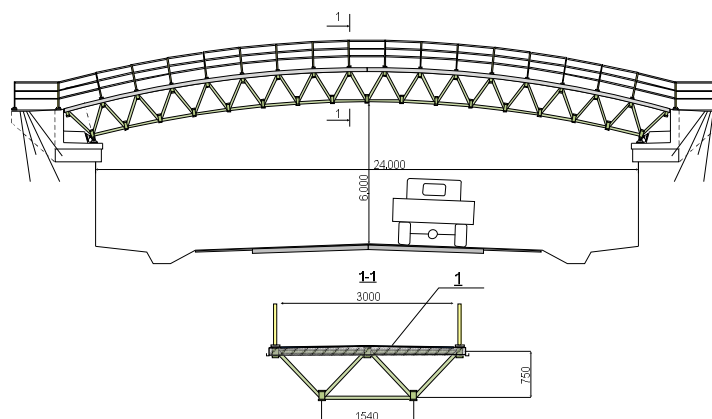


Рис. 1. Схема аркового прогону пішохідного мосту залізобетонна ортотропна плита із закритими шматками із пінополістиролу

Особливістю залізобетонної плити є використання як зовнішнього армування профільованого сталевго листа, який одночасно є незнімною опалубкою.

Одним з найважливіших питань є забезпечення сумісної роботи (спільного деформування) залізобетонної частини зі стержневою системою на всьому діапазоні навантаження аж до руйнування.

Тому формується конструкція, до роботи якої повинна повноцінно бути долучена залізобетонна частина зі значним зменшенням ресурсу металевих стержнів верхнього стиснутого поясу.

Треба зазначити, що ефективності рішення (мети проблеми) можна досягти як за рахунок управління топологією структури, так і за рахунок раціонального розміщення використовуваних матеріалів у конструкції [5].

Аналіз напружено-деформованого стану аркової прогонової будови без урахування регулювання зусиль. Як приклад розглянемо процедуру проектування аркового мосту, подано у вигляді кругової просторової двохшарнірної арки. Проліт дорівнює 24 м, товщина залізобетонної плити – 0,15 м, габаритний розмір секції – 1,5 м (рис. 2). Тимчасове навантаження $P = 400 \cdot 1,4 = 560 \text{ кг/м}^2$ [6].

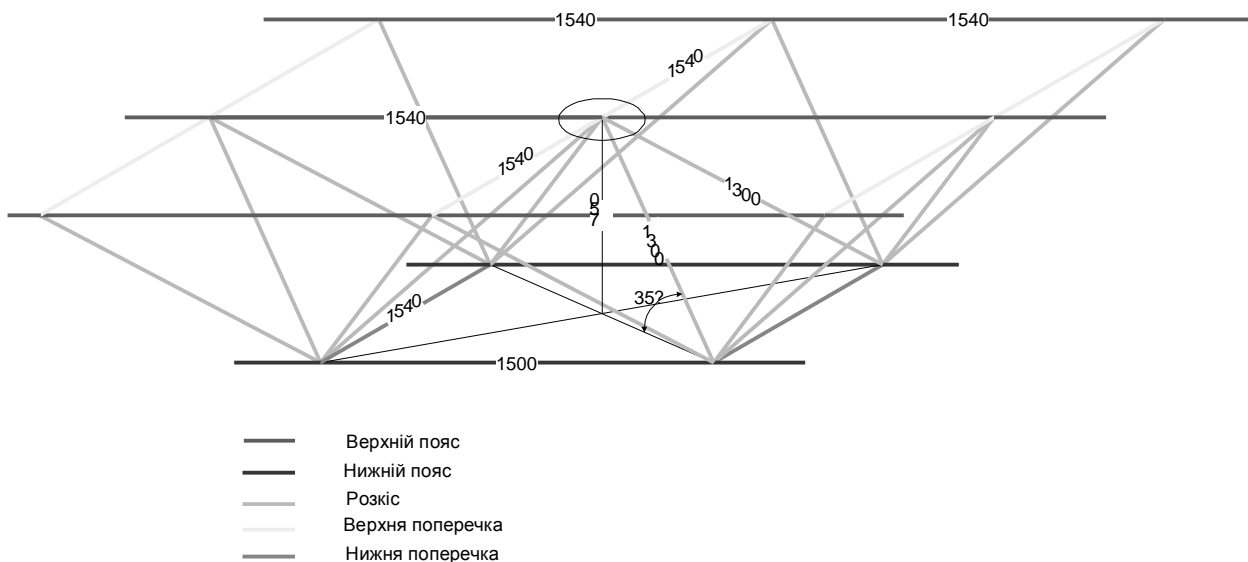


Рис. 2. Фрагмент решітки структурної конструкції

Обчислення реалізовані в середовищі ПК “ЛІРА”[7]. Результати розрахунків ілюструються полями зусиль (рис. 3–5) та інформацією, що міститься в табл. 1–3.

Розрахунок конструкції на 1-й стадії роботи показав, що максимальні стискувальні зусилля в нижньому поясі становлять $N = -24,3 \text{ т}$ (рис. 3, табл. 1).

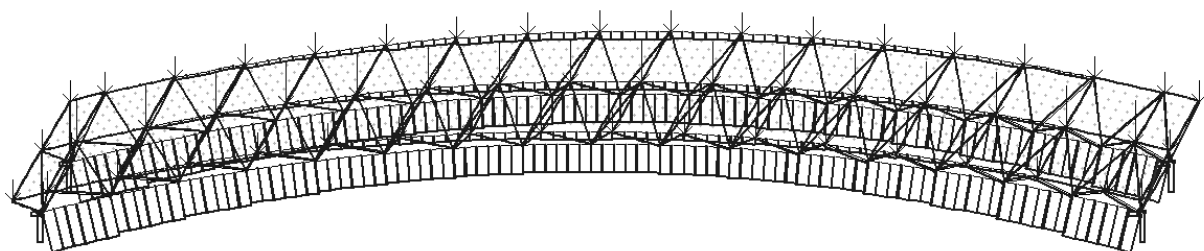


Рис. 3. Етюра поздовжніх сил в елементах конструкції на 1-й стадії роботи

Значення зусиль в елементах конструкції на 1-й стадії роботи наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Значення зусиль в елементах конструкції на 1-й стадії роботи

Номер стержня	Зусилля в елементах N, т					
	Верхній пояс	Нижній пояс	Розкіс висхідний	Розкіс низхідний	Нижня поперечка	Верхня поперечка
S ₁	-0,73	-26,9	-1,34	0,72	-0,4	0,38
S ₂	-1,86	-24,97	-1,44	0,82	-0,064	0,393
S ₃	-2,81	-23,16	-1,26	0,66	0,073	0,366
S ₄	-3,63	-21,61	-1,11	0,513	0,087	0,347
S ₅	-4,28	20,35	-0,93	0,35	0,107	0,33
S ₆	-4,752	-19,38	-0,57	-0,006	0,119	0,32
S ₇	-5,04	-18,73	-0,38	-0,19	0,129	0,31
S ₈	-5,14	-18,40	-0,19	-0,38	0,135	0,305

Розрахункові зусилля в нижньому поясі на 2-й стадії роботи конструкції становили $N_{\min} = -21,7$ т і $N_{\max} = 6,03$ т (рис. 4, табл. 2)

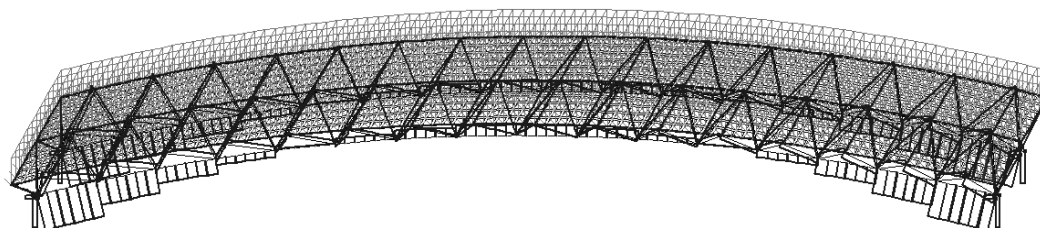


Рис. 4. Етюра поздовжніх сил в елементах конструкції на 2-й стадії роботи

Значення зусиль в елементах конструкції на 2-й стадії роботи наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Значення зусиль в елементах конструкції на 2-й стадії роботи

Номер стержня	Усилия в елементах N, т					
	Верхній пояс	Нижній пояс	Розкіс висхідний	Розкіс низхідний	Нижня поперечка	Верхня поперечка
S ₁	-0,17	-21,7	-3,96	2,9	-0,32	-0,17
S ₂	-0,20	-15,09	-3,12	2,64	0,2	-0,2
S ₃	-0,22	-9,18	-2,72	2,25	0,21	-0,22
S ₄	-0,24	-4,18	-2,25	1,85	0,16	-0,24
S ₅	-0,25	-0,14	-1,78	1,43	0,12	-0,25
S ₆	-0,252	2,93	-1,32	1,0	0,09	-0,25
S ₇	-0,25	5,0	-0,85	0,55	0,065	-0,25
S ₈	-0,23	6,03	-0,4	0,1	0,05	-0,23

Як наслідок, отримані сумарні значення зусиль в елементах нижнього пояса, які дорівнюють $N = -48,6$ т і є стискувальними, що не відповідає основним вимогам раціональної роботи матеріалу в конструкції (рис. 5, табл. 3).

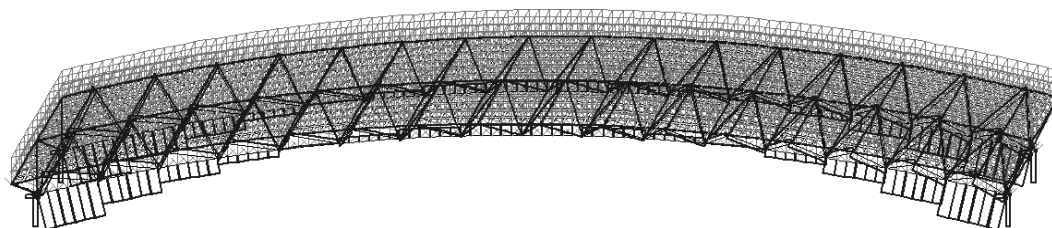


Рис. 5. Сумарна етюра поздовжніх сил в елементах конструкції

Сумарні значення зусиль в елементах конструкції наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Сумарні значення зусиль в елементах конструкції

Номер стержня	Усилия в элементах N, т					
	Верхній пояс	Нижній пояс	Розкіс висхідний	Розкіс низхідний	Нижня поперечка	Верхня поперечка
S ₁	-0,9	-48,6	-5,3	3,62	-0,72	0,38
S ₂	2,06	-40,06	-4,56	3,46	0,2	0,393
S ₃	-3,03	-32,34	-3,98	2,91	0,283	0,366
S ₄	-3,87	-25,79	-3,36	2,363	0,247	0,347
S ₅	-4,53	-20,49	-2,71	1,78	0,227	0,33
S ₆	-5,004	-19,38	-1,89	1,0	0,209	0,32
S ₇	-5,29	-18,73	-1,23	0,55	0,194	0,31
S ₈	-5,37	-18,40	-0,59	-0,38	0,185	0,305

Аналіз розрахунків пішохідного мосту показав, що зусилля в елементах не відповідають основним вимогам раціональної роботи матеріалів у конструкції.

Тому вважають доцільним застосовувати методи управління (регулювання) під час формування досліджуваних систем.

Аналіз напружено-деформованого стану аркової прогонової будови з урахуванням регулювання зусиль. Управління поведінкою конструкції є тим інструментарієм, за допомогою якого можна не тільки істотно поліпшити її техніко-економічні показники, а й, що найважливіше, підвищити експлуатаційну надійність. Пасивне управління поведінкою конструкції відомо інженерам досить давно. Як приклади можна навести використання попереднього натягу, зміна співвідношення жорсткостей, варіювання формою, матеріалами та багато іншого.

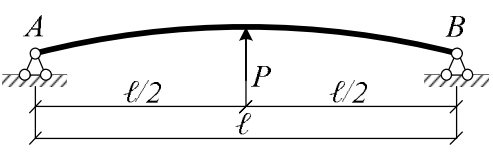
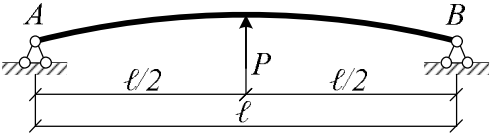
Для управління параметрами цієї конструкції було прийнято рішення використовувати піддомкращування (підпір) для отримання сумарних зусиль на 1-й та 2-й стадіях роботи конструкції у вигляді розтягувальних сил, що відповідає вимогам ефективної роботи елементів нижнього поясу. У зв'язку з цим пропонують двостадійну технологію збирання конструкції, теоретичне моделювання опору якої спеціально розраховують.

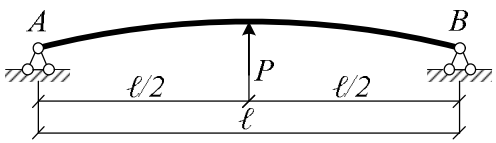
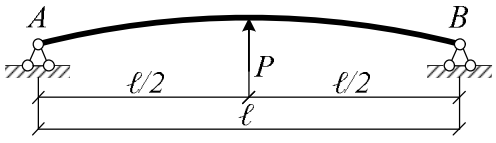
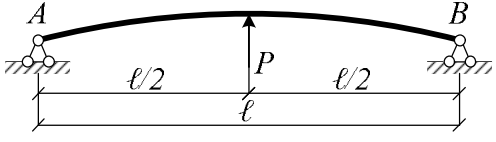
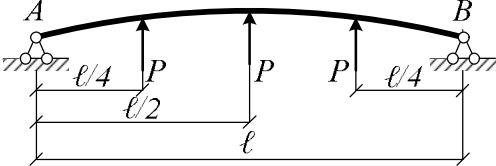
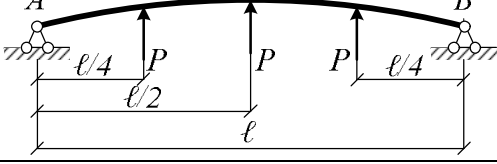
Для реалізації цієї ідеї розглянено різноманітні схеми управління, за яких змінювались такі параметри: величина сил підпору, місця прикладання і кількість сил підпору.

Зусилля в елементах за різних схем регулювання наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Зусилля в елементах за різних схем регулювання

Номер схеми	Схема підпору (регулювання)	Сила підпору, P, т	Максимальне розтягувальне зусилля з урахуванням регулювання, N _{max} , т	Максимальне стискувальне зусилля з урахуванням регулювання N _{min} , т
1	2	3	4	5
1		2×36	33,3	-3
2		2×34	30,22	-8,18

1	2	3	4	5
3		2×32	27,16	-7,72
4		2×30	24,1	-7,25
5		2×28	29,04	-6,70
6		2×8	38,3	-5,76
7		2×6,5	23,08	-4,24

Аналіз даних табл. 4 свідчить про те, що найдоцільнішою і менш трудомісткою є схема № 7 ($P = -3x(2 \cdot 6,5) = 39$ т в $1/4, 1/2, 3/4$ прольоту) (рис. 6, табл. 5).

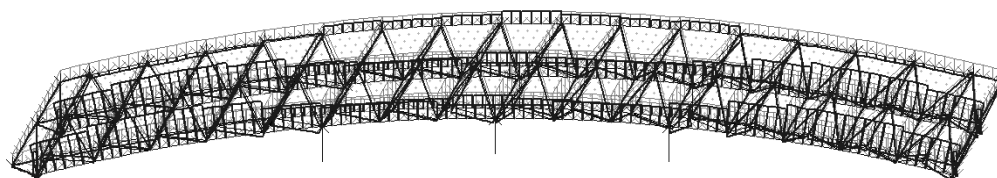


Рис. 6. Етюра поздовжніх сил в елементах конструкції на 1-й стадії роботи з урахуванням регулювання

Значення зусиль в елементах конструкції з урахуванням регулювання наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Значення зусиль в елементах конструкції з урахуванням регулювання

Номер стержня	Усилия в элементах N, т					
	Верхній пояс	Нижній пояс	Розкіс висхідний	Розкіс низхідний	Нижня поперечка	Верхня поперечка
S1	-2,51	22,1	-1,61	1,1	0,16	0,36
S2	-3,36	25,25	-0,81	0,19	0,37	0,33
S3	-2,35	25,44	0,45	1,95	0,44	0,34
S4	0,6	22,6	1,95	1,85	0,41	0,39
S5	5,82	16,7	3,2	-4,24	0,14	0,48
S6	-4,42	12,75	-0,94	0,3	-0,75	0,53
S7	5,38	12,76	0,33	-1,31	0,03	0,54
S8	8,72	9,75	1,6	-2,64	0,012	0,58

Після набору міцності бетону здійснюється відпуск домкратів. У цьому випадку, в елементах нижнього поясу виникають тільки розтягувальні зусилля, а у верхньому – стискувальні. В розкосі виникають знакозмінні зусилля. Що відповідає постулатам В.Г. Шухова про повноту роботи перетину або на розтяг, або на стиск.

Виконаний також порівняльний аналіз з даними, наведеними вище, про роботу конструкції без урахування і з урахуванням регулювання. Сумарні значення зусиль від постійних навантажень на 1-й стадії роботи з урахуванням регулювання та на 2-й стадії від тимчасового навантаження, що дорівнює $q = 400 \times 1,4 = 560 \text{ кг/м}^2$ відображає рис. 7 і інформація, що подана в табл. 6.

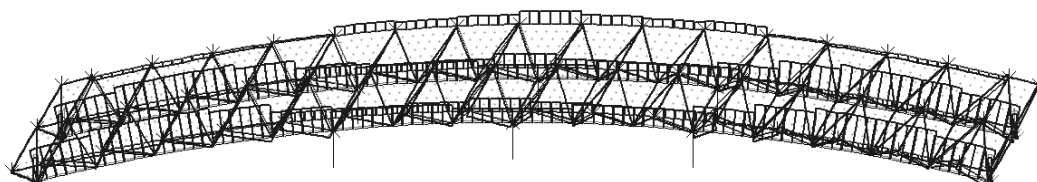


Рис. 7. Сумарна еюра поздовжніх сил в елементах конструкції на 1-й стадії роботи з урахуванням регулювання

Сумарні значення зусиль в елементах конструкції з урахуванням регулювання наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Сумарні значення зусиль в елементах конструкції з урахуванням регулювання

Номер стержня	Усилия в элементах N, т					
	Верхній пояс	Нижній пояс	Розкіс висхідний	Розкіс низхідний	Нижня поперечка	Верхня поперечка
S1	-2,68	0,4	-5,57	4,0	-0,16	0,19
S2	-3,56	10,16	-3,93	2,83	0,57	0,13
S3	-2,57	16,26	-2,27	4,2	0,65	0,12
S4	0,84	18,42	-0,3	3,7	0,57	0,15
S5	6,07	16,56	1,42	-2,81	0,26	0,13
S6	4,168	15,68	-2,26	1,3	-0,66	0,28
S7	5,13	17,76	-0,52	-0,78	0,095	0,29
S8	8,49	15,78	1,2	-2,54	0,017	0,35

Аналіз даних табл. 6 показав, що під час управління параметрами конструкції виглядає можливим створення таких зусиль, за яких забезпечується раціональна робота матеріалів у конструкції.

Крім цього, треба зазначити, що поєднання методу кінцевих елементів і методу регулювання параметрами системи зумовлює можливість подальшого вдосконалення конструкції за допомогою побудови процедури прямого визначення фізико-геометричних характеристик конструкцій. Алгоритм у цьому разі передбачає визначення внутрішніх параметрів системи як результату послідовної побудови енергетично рівномірної системи. Як відомо, саме рівномірна система забезпечує мінімізацію витрат матеріалів конструктиву [3]. Вирішення проблеми буде досягнене за рахунок побудови “еталонної” конструкції як системи, у якої в усіх елементах виконується умова $e = e_{const}$ (e – щільність потенційної енергії деформацій). Для найменш матеріаломістких систем $e = e_u$ (e_u – гранична щільність енергії деформацій) [8].

Вирішення цієї задачі дає змогу отримати зовнішні (екстенсивні) і внутрішні (інтенсивні) параметри. Зовнішні параметри уточнюються методами регулювання, а внутрішні – енергетичними. Треба також зазначити, що ізоенергетичність як раціональна форма існування штучних елементів притаманна природним системам і забезпечує найприйнятніше розподілення матеріалу, а також його ефективну роботу в конструкції.

Висновок. За допомогою наведеного рішення отримано конструкцію з постійною щільністю енергії деформацій у межах кожного перетину (тобто плита і структура відчувають однорідний напружений стан), яку відрізняють висококонкурентноспроможні техніко-економічні показники.

Зокрема у разі прольоту $L = 24$ м наведена товщина залізобетонної плити дорівнює 12,5 см, перетин розтягнутого поясу складено із 2L75x5, стиснутого – 2L50x5 та розкосів у вигляді квадратної труби 60x60x4.

1. ДБН В.2.3 – 14:2006. *Мости та труби. Правила проектування.* – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 217 с. 2. Гибишман М.Е. *Проектирование транспортных сооружений: Учебник для вузов.* – 2-е изд., перераб. доп. / М.Е. Гибишман, В.И. Попов. – М.: Транспорт, 1988. – 447 с. 3. Шмуклер В.С. *Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак.* – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с. 4. Бережная Е.В., Краснов С.М., Краснова Е.С., Орешкин Д.А. *Пространственные решения пешеходных мостов с применением стеклопластика // Научный вестник строительства.* – Вып. 65, 2011. – Харьков: ХДТУБА, ХОТВАБУ. – С. 116–125. 5. Шухов В.Г. *Стропила. Изыскание рациональных типов прямолинейных строительных ферм и теория арокных ферм.* – М.: Стройиздат, 1987. – 120 с. 6. ДБН В.1.2 – 15:2009. *Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с. 7. Городецкий А.С. *Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие / Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В.* – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2003. – 889 с. 8. Васильков Г.В. *Эволюционные задачи строительной механики. Синергетическая парадигма.* Ростов-на-дону: Инфосервис, 2003.

УДК 624.04

Г.М. Гладисhev, Д.Г. Гладисhev*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів,
*кафедра архітектурних конструкцій

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ТА ГЛИБИНИ ТРИЩИНОУТВОРЕНЬ У ЗАЛІЗОБЕТОННОМУ ФУНДАМЕНТІ ПІД СТЕЛИ ПАМ’ЯТНИКА С. БАНДЕРІ У М. ЛЬВОВІ

О Гладисhev Г.М., Гладисhev Д.Г., 2012

Виконане інструментальне обстеження бетону фундаменту під стели пам’ятного комплексу неруйнівними методами після двох років від часу його улаштування. Визначені міцність бетону та глибини тріщиноутворень у бетоні фундаменту.

Ключові слова: фундамент, міцність, обстеження, неруйнівні методи.

An instrumental inspection of concrete of foundation is executed under a memorable complex by not destructive methods after 2-th annual period after his arranging. Certain durability of concrete and depth of formation of cracks in the concrete of foundation.

Key words: foundation, durability, inspection, destructive methods.

Вступ. Ця робота обґрунтована зверненням управління капітального будівництва Львівської обласної державної адміністрації до Львівського територіального відділення Академії будівництва України стосовно оцінки міцності та стану бетону залізобетонних конструкцій фундаменту пам’ятника С. Бандері.

Цю роботу виконано 14–20 червня 2006 року. Загальний вигляд фундаменту на час його обстеження наведено на рис. 1.