

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 624.21:

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.103

ПРОБЛЕМИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОСТОВИМИ СПОРУДАМИ

Більченко А. В., Кіслов О. Г.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Проведено стислий аналіз наявних систем управління мостовими спорудами. Показано, що система управління та експлуатації мостових споруд, що впроваджена в Україні, має недоліки, одним із яких є недоопрацьоване питання організації процесу управління із пріоритетом поточного ремонту, який дозволяє вчасно фіксувати небезпечний розвиток пошкоджень і не допустити подальшого погіршення експлуатаційного стану. Пропонується вдосконалення системи управління мостовими спорудами на основі подовження бездефектної експлуатації та збереження конструктивних рішень споруди. У процесі ремонту мостових споруд передбачається технічний або науковий супровід для забезпечення якості робіт.*

***Ключові слова:** мостові споруди, прольотні будови, залізобетонні конструкції, довговічність.*

Вступ

За останні 30 років в Україні склалася дуже непроста ситуація на автомобільних дорогах, насамперед пов'язана із мостовими спорудами, які дорожніми службами кинуті на самофункціонування. У процесі експлуатації мостова споруда, що виконана із залізобетонних конструкцій, піддається дії природно-кліматичних впливів, постійного й тимчасового навантаження, хімічних речовин та інтенсивного руху автотранспорту фактично без нагляду за спорудами. Унаслідок цього в елементах мостової споруди з'являються пошкодження та дефекти, матеріал конструкцій зазнає структурних змін, ушкодження поширюються із різною інтенсивністю та їхня деградація може спричинити руйнування. Під час експлуатації споруда старіє, утрачає свої початкові можливості, якість і споживчі властивості, тому все більше витрат необхідно на відновлення та утримування її фізичного стану. Отже, на першому плані постає процес збереження, а від ефективності дій щодо збереження мостових споруд та результативності менеджменту з їхньої експлуатації та ремонту залежить довговічність і надійність споруд. Ідея збереження давно виникла у світі та передбачає підпорядкування всієї роботи в мостовому господарстві принципу економічної доцільності на всьому життєвому періоді мостової споруди, а для цього необхідно зсунути аспекти у фінансуванні в бік експлуатації мостів, а не їхнього будівництва, ремонту й реконструкції. Крім

того, є необхідність удосконалення державної системи управління мостовим господарством країни на професійному рівні, оскільки тільки в нашій країні мостовими спорудами займаються дорожники, а вони, як правило, сприймають споруду тільки за її проїзною частиною (а іноді взагалі її не помічають).

Аналіз публікацій

Перша у світі система управління станом мостових споруд була створена в США на початку 70-х рр. минулого століття [1] після декількох обвалень мостів із людськими жертвами. Ця ініціатива створила основу для поточної практики обстежень та управління мостовими спорудами, яка потім удосконалювалась [2–4] та стала основою для багатьох Європейських країн для створення своїх власних систем управління [5–11]. Усі системи базуються на періодичності проведення обстеження споруд, які ув'язуються із аналогічною періодичністю поточного ремонту та догляду. Ця інформація передається до Центрального органу та містить оцінку стану мостової споруди й створює основу для прийняття рішень щодо пріоритету розміщення фінансових ресурсів для їхнього утримання.

На сучасному етапі майже всі Європейські країни мають офіційні національні системи управління мостами, які дуже часто не стикуються між собою. Різні підходи до побудови цих систем призводять до різних уявлень про мету й завдання експлуатації та утримання мостів, але у всіх країнах створені

при уряді спеціалізовані мостові департаменти із окремим фінансуванням, і вони не підкоряються організаціям, які займаються експлуатацією доріг.

У нашій країні впроваджена система експлуатації мостових споруд при Укравтодорі [12–15], але, на нашу думку, вона не зовсім дієздатна, оскільки система передбачає управління мостовими спорудами дорожніми організаціями. Їхнє недбале ставлення до споруд спричинило те, що навіть у структурі Укравтодору немає відділу або департаменту з управління мостами (а він був у Радянському Союзі та в Україні ще на початку ХХІ ст.).

Мета і постановка завдання

Мета роботи – на основі аналізу наявних систем управління станом мостових споруд розглянути можливість удосконалення деяких положень нашої чинної системи.

Реалізація завдання

Аналіз сучасної системи утримання й експлуатації мостових споруд, яка передбачає на першому етапі проведення періодичного контролю за зміною їхнього фізичного стану без значного втручання в процес функціонування. На цьому етапі в системі не відображено, що в першому і другому експлуатаційному циклах споруди виникає питання необхідності ремонту тих конструктивних елементів, термін служби яких за регламентом значно менший за декларований строк служби всієї споруди загалом. Споруда продовжує функціонування із можливими зруйнованими конструктивними елементами, водночас починають руйнуватися несучі елементи моста. Отже, необхідно виконувати поточні ремонти, насамперед дорожнього одягу, за рахунок капітального ремонту, але його необхідно узаконити. Досвід показав, що під час ремонтів виникають труднощі, насамперед фінансового характеру, а згодом – пов'язані з організацією самого ремонту (або закрити рух транспорту, або знизити її пропускну здатність, або організувати перепробіг автотранспорту та ін.). Як правило, дорожні організації, що зайняті експлуатацією доріг, мають обмежену номенклатуру послуг, які потребують вирішення стандартних управлінських завдань, але мають недостатню професійну підготовку з експлуатації мостів. Отже, експлуатацією мостів займаються тільки в критичній ситуації і під різними причинами поточний ремонт дорож-

нього одягу мостів зтягується до четвертого експлуатаційного етапу, коли необхідний уже капітальний ремонт. А оскільки одночасно відремонтувати велику кількість мостів, що знаходяться в четвертому експлуатаційному стані (20 %) неможливо, то недоремонти збільшуються, і збільшується кількість аварійних мостів. До всієї зазначеної негативної ситуації в процесі управління мостами додаються такі чинники, що в країні або не вирішені, або недоопрацьовані:

1. Відсутність концепції розвитку мостових споруд в Україні взагалі, тобто немає державної програми, яка б передбачала строки й типи ремонту.

2. Відсутність спеціалізованих організацій з експлуатації мостових споруд, а за нинішньої системи управління відсутня нижня ланка ієрархії в райавтодорах, яка б займалася мостовими спорудами, тобто мостами займаються всі і ніхто.

3. Відсутність нормативних документів з експлуатації та утримання мостів.

4. Не доопрацьоване питання організації процесу утримання та експлуатації мостів із пріоритетом поточного ремонту, який дозволяв би вчасно фіксувати небезпечну стадію розвитку пошкоджень і не допускати подальшого погіршення експлуатаційного стану. Відсутня система врахування прихованих дефектів.

На що ж спирається наявна система експлуатації споруд:

1. На проведену паспортизацію, але не в повному обсязі й неякісно.

2. На впровадження наукових розробок, здебільшого централізовано через Укравтодор без врахування регіональних потреб.

3. На Марківську модель системи експлуатації мостових споруд професора Лантух-Лященко.

Отже, проблем з упровадженням системи управління мостами в країні багато, але є проблеми, що мають вирішуватися на державному рівні. У роботі розглядаються питання пріоритетності поточних ремонтів елементів дорожнього одягу та збереження сучасних конструктивних рішень. Виходячи із наявної в нашій країні класифікації експлуатаційного стану споруд, пріоритетом поточних ремонтів можуть бути другий (11 %) і третій (65 %) експлуатаційні стани, у яких можна виконувати не тільки поточні ремонти, а й профілактичне утримування, яке передбачає збереження конструктивних рішень. Зараз найчастіше бездефектна експлуатація мостової спо-

руди проходить протягом 10–15 років, тому що вона пов'язана із довговічністю нерозрахункових конструктивних елементів дорожнього одягу. Крім того, досвід показав, що дуже велика кількість дефектів закладається в процесі будівництва, що викликано, як правило, непрофесіоналізмом робочих (за різними джерелами від 30 до 40 % усіх дефектів). Таким чином у проектуванні та будівництві або капітальному ремонті закладені основні резерви в збільшенні періодів бездефектної експлуатації та збереженні споруд. Оцінка вже побудованої або відремонтованої з недоліками споруди супроводжується простою фіксацією «збиткового» мосту та мало що дає, тому необхідно впроваджувати попереджувальні заходи. Необхідно збільшити вимоги та закріпити на законодавчому рівні (наприклад передбачити це в кошторисі) технологічний контроль замовником або незалежною організацією.

В останній час ця робота виконується в процесі наукового супроводу всього технологічного процесу будівництва та капітального ремонту. У разі складності ліквідації дефекту вже виконаної роботи із браком було б справедливим компенсувати підрядником збільшені експлуатаційні витрати. Найбільш поширений дефект – це порушення регламентів нових сучасних матеріалів і технології їхнього застосування.

Крім того, одним із резервів збільшення бездефектного періоду утримання мостових споруд є збереження захисного шару несучих залізобетонних елементів. Це питання дета-

льно розглядалось у роботах автора [16, 17]. Як показано на графіку (рис. 1), збереження захисного шару на 5 років відсуває корозію арматури на 5–10 років, а з нею і руйнування конструкції. Як показали дослідження, збереження захисного шару закладається в процесі виготовлення залізобетонного елемента із обов'язковим застосуванням домішок, які зменшують усадку та карбонізацію, збільшують міцність розтягнутого бетону. Таким способом можна подовжити бездефектну експлуатацію та збільшити період другого та третього експлуатаційних станів. Виходячи із складності ситуації, а також з метою раціональних витрат ресурсів і отримання максимальних вигод необхідно передбачити поступовий перехід фінансування робіт з утримання за потребою та фінансування капітального ремонту й ліквідацію недоремонтів за необхідністю. Для цього необхідно мати інформацію, яка має оцінку стану споруди, особливо експертна оцінка, що створює основу для прийняття рішень щодо пріоритету в кожному конкретному випадку, оскільки вони повинні враховувати не тільки експлуатаційну придатність і безпеку, а й соціальне використання. Крім того ефективність збільшується, якщо рішення приймаються на мережному рівні, тобто рішення щодо групи мостів. Вихідною точкою в системі утримання мостів є державний бюджет, бо вони належать державі, але йдеться про бюджет для утримання мостових споруд, а не загальний бюджет на експлуатацію доріг.

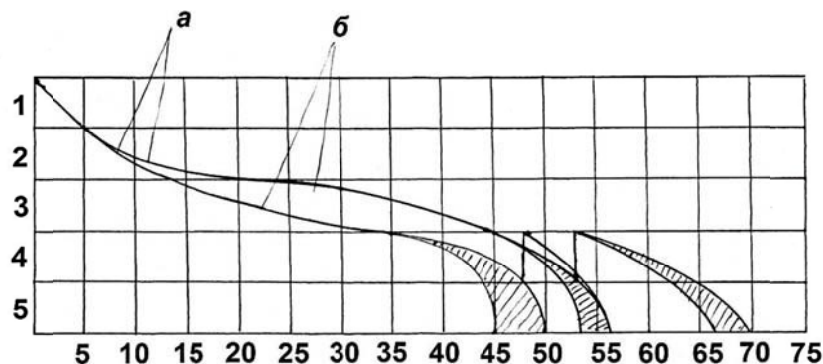


Рис. 1. Процес збереження і відновлення мостових залізобетонних споруд: а – бездефектне утримання елементів з профілактикою утримання; б – функціонування в третьому експлуатаційному стані із поточними ремонтами і профілактикою утримання; в – капітальні ремонти із відновленням третього експлуатаційного стану

Будь-які ремонти (поточні й капітальні) передбачають відновлення функціональних можливостей конструктивних елементів і підтримання експлуатаційного стану.

У процесі ремонту в будь-який момент може бути порушена технологія або регламент виконання робіт, що призводить до виникнення дефектів та прискорення старін-

ня конструкцій. Найбільш ефективний спосіб для попередження порушення технології – це виконання постійного поопераційного контролю, що отримав назву технологічного або наукового супроводу.

Супровід під час ремонту (реконструкції) передбачає постійну технологічну перевірку, у якій можна виокремити такі конкретні роботи:

- контроль матеріалів, які надходять на будівельний майданчик за показником «якість», що підтверджується паспортами або сертифікатами;
- перевірка умов зберігання, передбачених регламентами;
- контроль технології виконання ремонтних робіт;
- перевірка послідовностей виконання операцій за технологічними картами;
- оцінка змін технічних рішень у разі непередбачуваних ситуацій;
- вирішення технологічних питань, що не увійшли до проектів, оскільки вони виникли в процесі ліквідації прихованих дефектів.

Допускається вибірковий контроль технології, урахувавши наявність внутрішнього технічного контролю в підрядника, однак за умови низького професіоналізму нижньої ланки ієрархії керівництва набуває розширення практика наукового супроводу робіт спеціалізованими організаціями, що мають сертифікат на виконання цих робіт.

Висновки

Будь-яка система управління станом мостових споруд спрямована на подовження терміну служби споруди (декларованої до перебудови) та підвищення функціональності конструкцій із збільшенням періоду експлуатації до капітального ремонту. Це пов'язано із збереженням окремих конструктивних елементів або поточного ремонту дорожнього одягу в кінці другого протягом третього експлуатаційних станів із раціональною витратою ресурсів. Особливістю уточнень, які пропонуються, є можливість регулювання процесу збереження мостових споруд залежно від прийнятої стратегії експлуатації, оскільки незначне збільшення витрат на утримання може привести до значного зниження витрат на капітальний ремонт унаслідок покращення стану споруд. Багатолітній аналіз системи управління мостами в США дозволив зробити висновок, що поточні (профілактичні) ремонти з підтримання їхнього фізичного стану в другому та тре-

тому експлуатаційних станах можуть знизити витрати на утримання вчетверо [18].

Література

1. Хадсон С. У. и др. Вопросы содержания мостов в США. Вашингтон, 1984.
2. Paul D. Thompson. Development of Pontis User Cost Models for Florida (IBMC 99-009): доклад на международ. конф. по управлению мостами / Transportation Research Board. USA, 1999.
3. Hawk H. BRIDGIT User-Friendly Approach to Bridge Management (IBMC 99-072): доклад на международ. конф. по управлению мостами / Transportation Research Board. USA, 1999.
4. Томпсон П. Д. и др. Новая система управления мостами в провинции Онтарио, Канада (ШМС 99-010): доклад на международ. конф. по управлению мостами / Transportation Research Board. USA, 1999.
5. Danish Bridge Management System / Road Directorate, Denmark Ministry of Transport. Copenhagen, 1995.
6. Система требований для оценки состояния моста: материалы Гипродорнии к совещ. экспертов ОСЖД в г. Будапеште по теме 8-5/84. М., 1985.
7. Разработка алгоритма по объективной оценке состояния сооружения. Тема ОСЖД / Науч.-исслед. ин-т инж. сооружений (VUIS). Братислава, 1987.
8. Система управления содержанием мостов. Система приоритетной оценки. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*. 1997. № 746.
9. Лефевр И. ОА-МеГА – метод автоматизированного управления состоянием искусственных сооружений. *Revue Generale des Routes*. 2000. № 785.
10. Система управления данными о мостах и регистр мостов: Справка Гл. дор. управления. Хельсинки, 1994.
11. Содержание мостов: отчет группы научных экспертов Организации научного сотрудничества и развития (Париж). *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*. 1994. № 666.
12. Аналітична експертна система управління мостами. Досвід впровадження / А. І. Лантух-Лященко, А. П. Канін, Л. П. Бондар, П. М. Коваль, А. Є. Фаль. *Дорожна галузь України*. 2011. № 5.
13. Лантух-Лященко А. І. Проблеми створення національної системи експлуатації мостів. *Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення: зб. доповідей*. Київ: 1998. С. 138–145.
14. Бондар Л. П. Обґрунтування рівнів утримання залізобетонних мостів в управлінні програмами їх експлуатації. Київ: Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. Шульгіна. 2010.

15. Бильченко А. В., Кислов А. Г., Игнатенко А. В. Проблемы оптимизации содержания железобетонных мостовых сооружений.
16. Довговічність залізобетонних конструкцій є основою життєвого циклу мостових споруд / А. В. Більченко, О. Г. Кіслов, О. В. Синьковська, А. В. Ігнатенко. *Науковий вісник будівництва*. 2018. Т. 94. № 4. С. 140–144.
17. Технологічний процес влаштування монолітних залізобетонних плит при реконструкції мостових споруд / А. В. Більченко, А. С. Лоцицький, О. Г. Кіслов, А. В. Ігнатенко. *Науковий вісник будівництва*. 2019. Т. 97. № 3. С. 48–54.
18. Більченко А. В., Кіслов О. Г., Зміїова А. Г. Вплив технології виготовлення залізобетонних конструкцій мостових споруд на їх довговічність. *Науковий вісник будівництва*. 2019. Т. 2. № 2 (96). С. 208–212.
19. Концепция содержания мостов: Bridge Maintenance Training Manual. FHWA-H1-94-034. 1994.

References

1. Hadson S. U. et al. Voprosyi sodержaniya mostov v SShA. Vashington, 1984.
2. Paul D. Thompson. Development of Pontis User Cost Models for Florida (IBMC 99-009): doklad na mezhdunar. konf. po upravleniyu mostami / Transportation Research Board. USA, 1999.
3. Hawk H. BRIDGIT User-Friendly Ap-proach to Bridge Management (IBMC 99-072): doklad na mezhdunar. konf. po upravleniyu mostami / Transportation Research Board. USA, 1999.
4. Tompson P. D. et al. Novaya sistema upravleniya mostami v provintsii Ontario, Kanada (ShMS 99-010): doklad Na mezhdunar. konf. po upravleniyu mostami / Transportation Research Board. USA, 1999.
5. Danish Bridge Management System / Road Directorate, Denmark Ministry of Transport. Copenhagen, 1995.
6. Sistema trebovaniy dlya otsenki sostoya-niya mosta: Materialyi Giprodornii k sovesch. ekspertov OSZhD v g. Budapeshte po teme 8-5/84. M., 1985.
7. Razrabotka algoritma po ob'ektivnoy otsenke sostoyaniya sooruzheniya. Tema OSZhD / Nauch.-issled. in-t inzh, sooru-zheniy (VUIS). Bratislava, 1987.
8. Sistema upravleniya sodержaniem mostov. Sistema prioritetnoy otsenki. *Forschung Strassenban und Strassenverkehnech*. 1997, no. 746.
9. Lefevr I. OA-MeGA – metod avtomatizirovannogo upravleniya sostoyaniem iskusstvennyih sooruzheniy. *Revue Generate des Routes*. 2000, no. 785.
10. Sistema upravleniya dannymi o mostah i registr mostov: Spravka Gl. dor. upravleniya. Helsinki, 1994.
11. Soderzhanie mostov: otchet gruppyi nauchnyih ekspertov Organizatsii nauchnogo sotrudnichestva i razvitiya (Parizh). *Forschung Strassenban und Strassenverkehrstexhnik*. 1994, no. 666.
12. Analitichna ekspertna sistema upravlinnya mostami. Dosvid vprovadzheniya / A. I. Lantuh-Lyaschenko, A. P. Kanin, L. P. Bondar, P. M. Koval, A. E. Fal. *Dorozhna galuz Ukrayini*. 2011, no. 5.
13. Lantuh-Lyaschenko A. I. Problemi stvorennaya natsionalnoyi sistemi ekspluatatsiyi mostiv. *Suchasni problemi proektuvannya, budivnitstva ta ekspluatatsiyi sporud na shlyahah spoluchennya: zb. dopovidey*. Kyiv, 1998. pp.138–145.
14. Bodnar L. P. obgruntuvannya rivniv utrimannya zalizobetonnih mostiv v upravlinni programami yih ekspluatatsiyi. Kyiv: Derzhavnyi dorozhnyi naukovy-doslidnyi Institut Im ShulgIna. 2010.
15. Bilchenko A. V., Kislov A. G., Ignatenko A. V. Problemyi optimizatsiyi sodержaniya zhelezobetonnyih mostovyih sooruzheniy.
16. Dovgovichnist zalizobetonnih konstruksiy e osnovoyu zhittevogo tsiklu mostovih sporud / A. V. Bilchenko, O. G. Kislov, O. V. Sinkovska, A. V. Ignatenko. *Naukoviy visnik budivnitstva*. 2018, vol. 94, no. 4, pp. 140–144.
17. Tehnologichniy protses vlashtuvannya monolitnih zalizobetonnih plit pri rekonstruktsiyi mostovih sporud / A. V. Bilchenko, A. S. Lozitskiy, O. G. Kislov, A. V. Ignatenko. *Naukoviy visnik budivnitstva*. 2019, vol. 97, no. 3, pp. 48–54.
18. Bilchenko A. V., Kislov O. G., Zmiyova A. G. Vpliv tehnologiyi vigotovlennya zalizobetonnih konstruksiy mostovih sporud na yih dovgovichnist. *Naukoviy visnik budivnitstva*. 2019, vol. 2, no. 2 (96). pp. 208–212.
19. Kontsepsiya sodержaniya mostov: Bridge Maintenance Training Manual. FHWA-H1-94-034. 1994.

Більченко Анатолій Васильович, к.т.н., проф. кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки, (057)707-37-22, bilchenko39@gmail.com
Кіслов Олександр Григорович, к.т.н., проф. кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки, (057)707-37-22, akislov548@ukr.net
 Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна

Проблемы системы управления мостовыми сооружениями

Аннотация. Показано, что система управления и эксплуатации мостовых сооружений, внедрена в Украине, имеет недостатки, одним из которых является недоработанным вопрос организации процесса управления с приоритетом текущего ремонта, который позволяет своевременно фиксировать опасное развитие поврежденных и не допустить дальнейшего ухудшения эксплуатационного состояния. Предлагается совершенство-

вание системы управления мостовыми сооружениями на основе удлинения бездефектной эксплуатации и сохранения конструктивных решений здания. В процессе ремонта мостовых сооружений предусматривается техническое или научное сопровождение для обеспечения качества работ.

Ключевые слова: мостовые сооружения, пролетные строения, железобетонные конструкции, долговечность.

Бильченко Анатолий Васильевич, к.т.н.,
проф. кафедры мостов, конструкций и строительной механики, (057)707-37-22,
bilchenko39@gmail.com

Кислов Александр Григорьевич, к.т.н.,
проф. кафедры мостов, конструкций и строительной механики, (057)707-37-22, akislov548@ukr.net
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, ул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харьков, 61002, Украина

Problems of the system for bridge structures management

Abstract. Problem. During operation, the bridge structure, made of reinforced concrete structures, is exposed to natural and climatic impacts, permanent and temporary load, chemicals and heavy traffic without virtually supervision of the structures. As a result, damage and defects appear in the elements of the bridge structure, the material of the structures undergoes structural changes, the damage spreads with different intensity and their degradation can cause destruction. In the process of operation, the building ages, loses its original capabilities, quality and consumer properties, so more and more costs are needed to restore and maintain its physical condition. Thus, the process of preservation comes to the fore, and the durability and reliability of structures depend on the effectiveness of actions for the preservation of bridge structures and the effectiveness of management for their operation and repair. There-

fore, the **relevance** is not in doubt. **Goal.** The purpose of the work is to conduct a brief analysis of existing control systems for bridge structures. It is shown that the system of management and operation of bridge structures, implemented in Ukraine, has shortcomings, one of which is the unfinished issue of organizing the management process with the priority of current repairs, which allows timely recording of dangerous damage and prevents further deterioration of operational condition and the lack of specialized organizations.

At the same time, any system for managing the condition of bridge structures is aimed at extending the service life of the structure (declared before reconstruction) and increasing the functionality of structures with prolonging the period of operation before overhaul. This is due to the preservation of individual structural elements or the current repair of pavement at the end of the second and during the third operating conditions with a rational use of resources.

Results. It is proposed to improve the management system of bridge structures on the basis of prolongation of defect-free professional operation and preservation of structural solutions of the structure. **Practical value.** In the process of repairing bridge structures, technical or scientific support is provided to ensure the quality of work and the creation of specialized organizations during operation.

Key words: bridge structures, span structures, reinforced concrete structures, durability.

Bilchenko Anatoly, Ph.D.,
prof. Department of Bridges, Structures and Construction Mechanics, (057) 707-37-22,
bilchenko39@gmail.com

Kislov Alexander G., Ph.D.,
prof. departments of bridges, structures and construction mechanics, (057) 707-37-22,
akislov548@ukr.net
Kharkiv National Automobile and Highway University