

УДК 624.21

Д. И. БОРОДАЙ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Сформулирована общая проблема долговечности железобетонных автодорожных мостов Украины. Выполнен анализ технического состояния и долговечности железобетонных автодорожных мостов Украины на основании данных Аналитической экспертной системы управления мостами Укравтодора. Показано влияние типа армирования на долговечность железобетонных элементов автодорожных мостов. Установлено несоответствие между фактическим сроком службы и ресурсом, определенным по нормативной методике. Проанализированы результаты исследования.

железобетонные элементы автодорожных мостов, ненапрягаемая арматура, предварительно напрягаемая арматура, долговечность, срок службы

ПОСТАНОВКА НАУЧНОЙ ЗАДАЧИ

Автодорожные мосты являются важнейшими составляющими транспортной инфраструктуры Украины. Закрытие моста вследствие аварии или необходимости срочного ремонта приводит к значительным экономическим и социальным убыткам [1].

Согласно оценкам экспертов [2, 3, 4, 5, 6], на дорогах общего пользования в настоящее время более 64 %, а на коммунальных дорогах более 72 % мостов полностью или частично не соответствуют предъявляемым к ним требованиям действующих нормативных документов по грузоподъемности и габаритам. По состоянию на 1.01.2013 г. 1 957 ед. (общей протяженностью 54 км) автодорожных мостов Укравтодора требуют капитального ремонта или реконструкции.

В этих условиях, для безаварийной эксплуатации и продления ресурса сооружений, нужны новые научные подходы к оценке и прогнозу технического состояния элементов мостов на всех стадиях жизненного цикла, подтвержденные данными о фактическом ресурсе элементов с учетом особенностей эксплуатации автодорожных мостов Украины. Нужны алгоритмы, которые дали бы количественные критерии уровня надежности и прогноза ресурса элементов.

Целью работы является анализ влияния типа армирования железобетонных пролетных строений автодорожных мостов на их долговечность, что позволит учитывать при прогнозе ресурса мостов этот параметр.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ УКРАИНЫ

Выполненный в работе анализ технического состояния железобетонных автодорожных мостов Украины основывается на данных, полученных из Аналитической экспертной системы управления мостами (АЭСУМ) Укравтодора. Оценка технического состояния пролетных строений мостов в АЭСУМ осуществляется согласно требованиям нормативного документа ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» [7]. Данные о времени перехода автодорожных мостов и их элементов в различные эксплуатационные состояния позволяют отследить динамику процесса их деградации во времени, а также изучить влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на долговечность проектного сечения на различных

этапах жизненного цикла. В работе рассматривается влияние на долговечность такого фактора, как тип армирования.

База данных АЭСУМ содержит информацию о 16 201 автодорожном мосте на дорогах государственного и местного значения. Из них 3 966 имеют полную техническую характеристику и данные по эксплуатационному состоянию и истории содержания.

Объектом исследования является выборка железобетонных мостов в количестве 2 783 ед. Всего на дорогах Украины общего пользования эксплуатируются 14 305 железобетонных мостов, таким образом, в процентном соотношении выборка содержит информацию о 19,5 % железобетонных мостов Украины. По виду армирования выборка представлена большей частью пролетными строениями с обычной арматурой (рис. 1).



Рисунок 1 – Распределение мостов выборки по типу армирования пролетного строения.

Статистическое исследование вариационных рядов сроков службы заключалось в распределении элементов выборки по группам (табл. 1), соответствующим определённому эксплуатационному состоянию и определении следующих статистических оценок (табл. 2): математическое ожидание; медиана; среднее квадратичное отклонение; дисперсия.

Таблица 1 – Распределение мостов по эксплуатационным состояниям в зависимости от типа армирования

Тип армирования	Эксплуатационное состояние			
	Состояние 2	Состояние 3	Состояние 4	Состояние 5
Обычное, ед.	353	1150	750	265
Предварительно напряженное, ед.	35	173	40	13
Всего	393	1322	790	278

Таблица 2 – Статистические оценки сроков службы железобетонных автодорожных мостов в зависимости от типа армирования

	Медиана, лет	Математическое ожидание, μ , лет	Среднее квадратичное отклонение, σ , лет	Дисперсия, D , лет ²	Объем выборки n , ед.
Состояние 2					
Обычное армирование	38	37,4	16	247	353
Напряженное армирование	24	25,8	16	249	40
Состояние 3					
Обычное армирование	46	46,4	16	258	1150
Напряженное армирование	34	35,0	17	281	172
Состояние 4					
Обычное армирование	47	46,6	14	202	750
Напряженное армирование	36	37,3	17	288	40
Состояние 5					
Обычное армирование	48	46,2	11	132	265
Напряженное армирование	46	43,8	11	129	13

Анализ данных таблицы 2 показывает, что пролетные строения с предварительно напряженной арматурой характеризуются ранним наступлением этапов процесса деградации. Этот факт можно объяснить тем, что преднапряженная арматура более чувствительна к коррозии, а следовательно, в случае недостаточной надежности защитного слоя бетона техническое состояние таких элементов ухудшается интенсивнее.

Подтверждением является опыт эксплуатации струнобетонных пролетных строений, армированных высокопрочной проволокой диаметром 3...5 мм в виде струн. Такие конструкции имеют малую долговечность из-за малой толщины защитного слоя бетона (менее 20 мм), которая часто не выдерживалась при производстве. Зафиксировано большое количество случаев коррозии и обрыва струн в подобных конструкциях вплоть до обрушения балок [8].

Было выполнено сравнение фактической долговечности с прогнозом остаточного ресурса элементов мостов по алгоритму, установленному в нормативном документе ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» [7]. Жизненный цикл элемента делится на пять дискретных состояний, которые описываются качественными и количественными показателями, образуя иерархию отказов. Модель деградации имеет вид:

$$P_t = 1 - 0,008333 (\lambda t)^5 e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где P_t – вероятность того, что элемент перейдет в 5-ое состояние;
 λ – параметр процесса – интенсивность отказов.

Нормативная модель позволяет определять ресурс мостов, находящихся в эксплуатации. В связи с этим прогноз по нормативной методике заключался в определении параметра интенсивности отказов λ , который соответствует заданному времени наступления третьего эксплуатационного состояния, в качестве которого было принято фактическое среднее значение, полученное по результатам обследований. В соответствии с полученным значением параметра интенсивности отказов λ строилась кривая деградации (рис. 2).

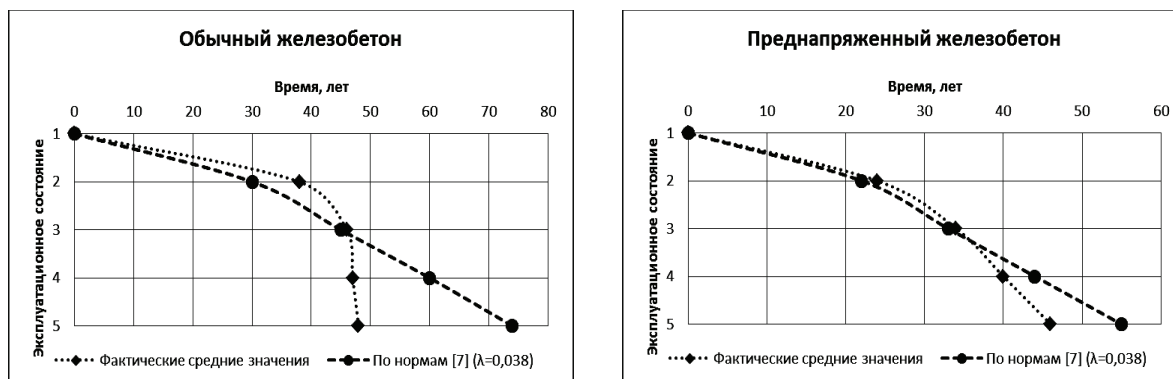


Рисунок 2 – Сравнение фактической долговечности мостов с прогнозом остаточного ресурса по [7].

Как видно из графиков на рис. 2, на участке кривой деградации от третьего эксплуатационного состояния до пятого существует несоответствие между фактическим сроком службы и ресурсом, определенным по нормативной методике [7]. Особенно явно снижение ресурса происходит для мостов с обычным армированием, для случая с предварительно напряженной арматурой это явление носит менее выраженный характер. Однако в обоих случаях ресурс, определенный по нормативной методике, превышает фактический срок службы на 35 % для элементов с обычной арматурой и на 16 % – с предварительно напряженной. Нормативная кривая деградации имеет более пологую форму на последних двух участках.

ВЫВОДЫ

На основании статистического анализа технического состояния 2 783 железобетонных автодорожных мостов Украины установлено, что среднее значение срока службы до капитального ремонта или

реконструкції становить 46–48 років. Показано стрімке зниження ресурса автодорожніх мостів після настання третього експлуатаційного стану, яке викликане відсутністю регулярних заходів по утриманню автодорожніх мостів. Це свідчить про відсутність системи експлуатації автодорожніх мостів в Україні.

Встановлено невідповідність між фактичним строком служби і ресурсом, визначеним за нормативної методики, на ділянці кривої деградації від третього до п'ятого експлуатаційного стану. Нормативна методика прогнозу залишкового ресурсу передбачає проведення регулярних заходів по утриманню моста. Тому більше значення нормативного ресурсу порівняно з фактичним строком служби підтверджує відсутність системи експлуатації автодорожніх мостів в Україні.

Виражаю глибоку подяку д. т. н., професору А. І. Лантух-Лященко за поради і рекомендації при виконанні теоретичних і чисельних методів дослідження, наведених в даній роботі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про схвалення Концепції Державної програми забезпечення технологічної безпеки в основних галузях економіки [Текст] : Розпорядження Кабінету Міністрів України № 351-р від 11.06.2003 // Офіційний вісник України. – 2003. – № 25. – С. 254–255.
2. Коваль, П. М. Вдосконалення системи утримання автодорожніх мостів України [Текст] / П. М. Коваль // Дороги і мости : зб. наук. пр. / Держ. служба автомоб. доріг України (Укравтодор), Держ. дор. НДІ ім. М. П. Шульгіна. – К. : ДерждорНДІ, 2009. – Вип. 11. – С. 133–145.
3. Коваль, П. М. Проблеми діагностики та регенерації автодорожніх мостів України [Текст] / П. М. Коваль, Й. Й. Лучко // Діагностика, довговічність та регенерація мостів і будівельних конструкцій із застосуванням сучасних технологій та матеріалів : зб. наук. пр. – Львів : Каменяр, 1999. – Вип. 1. – С. 48–58.
4. Коваль, П. М. Проблеми забезпечення довговічності автодорожніх мостів, розширених накладною плитою [Текст] / П. М. Коваль // Діагностика довговічності та реконструкція мостів і будівельних конструкцій : зб. наук. пр. – Львів : Каменяр, 2000. – Вип. 2. – С. 58–65.
5. Лантух-Лященко, А. І. До питання про створення національної системи експлуатації мостів [Текст] / А. І. Лантух-Лященко, П. М. Коваль // Діагностика, довговічність та регенерація мостів і будівельних конструкцій із застосуванням сучасних технологій та матеріалів : зб. наук. пр. – Львів : Каменяр, 1998. – Вип. 1. – С. 70–76.
6. Мости: конструкції та надійність [Текст] / [Й. Й. Лучко, П. М. Коваль, М. М. Корнієв та ін.] ; за ред. В. В. Панасюка і Й. Й. Лучка. – Львів : Каменяр, 2005. – 989 с.
7. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [Текст]. – На заміну ВБН В.3.1-218-174-2002 ; чинний від 2010-03-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 49 с. (Національний стандарт України).
8. Експлуатація і реконструкція мостів [Текст] / Н. Є. Страхова, В. О. Голубєв, П. М. Коваль, В. В. Тодірика ; за ред. А. І. Лантуха-Лященко. – Изд. 2-е, испр. – К. : Транспортна Академія України, 2002. – 408 с.

Получено 12.12.2014

Д. І. БОРОДАЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИПУ АРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Сформульована загальна проблема довговічності залізобетонних автодорожніх мостів України. Виконано аналіз технічного стану і довговічності залізобетонних автодорожніх мостів України на підставі даних Аналітичної експертної системи управління мостами Укравтодору. Показано вплив типу армування на довговічність залізобетонних елементів автодорожніх мостів. Встановлено невідповідність між фактичним терміном служби і ресурсом, визначеним за нормативною методикою. Проаналізовано результати дослідження.

залізобетонні елементи автодорожніх мостів, ненапружена арматура, попередньо напружена арматура, довговічність, термін служби

DENIS BORODAY

THE RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE TYPE OF REINFORCED
CONCRETE BRIDGE SPANS ON THE HIGHWAY BRIDGES DURABILITY

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

A general problem of durability of Ukrainian concrete highway bridges is formulated. The analysis of the technical condition and durability of concrete highway bridges in Ukraine on the basis of analytical expert bridge management system is performed. The influence of the type of reinforcement on the durability of reinforced concrete elements of highway bridges is shown. Discrepancy between the actual service life and resources defined by the regulatory procedure is exposed. The research results are analyzed.

reinforced concrete elements of highway bridges, reinforcement, prestressed reinforcement, durability, service life

Бородай Денис Ігорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: надійність та довговічність транспортних споруд.

Бородай Денис Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: надежность и долговечность транспортных сооружений.

Boroday Denis – PhD (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability and durability of transport constructions.