



ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ АВТОДОРОЖНЬОГО ШЛЯХОПРОВОДУ

І. В. Кандаєва¹, Д. І. Бородай²

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, 86123.*

E-mail: ¹digobor@yandex.ru, ²irina.kandaeva@gmail.com

Отримана 01 лютого 2017; прийнята 04 травня 2017.

Анотація. Сформульовано загальну проблему забезпечення надійності автодорожніх мостів. Проаналізовано регламентування надійності мостів у нормативних документах. Запропоновано модель прогнозу надійності експлуатованих прогонових будов автодорожніх мостів, яка дозволяє за даними фактичної надійності згинних елементів на момент технічного обстеження визначити початкову надійність, прогнозувати зміну надійності в часі і визначити залишковий ресурс, коли буде досягнута необхідна надійність. Проаналізовано вимоги нормативних документів та надано рекомендації щодо визначення проектного значення характеристики безпеки згинних елементів прогонових будов автодорожніх мостів.

Ключові слова: залізобетонний автодорожній міст, прогонова будова, згинний елемент, надійність, характеристика безпеки, довговічність.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНОГО ПУТЕПРОВОДА

И. В. Кандаева¹, Д. И. Бородай²

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
2, ул. Державина, г. Макеевка, 86123.*

E-mail: ¹digobor@yandex.ru, ²irina.kandaeva@gmail.com

Получена 01 февраля 2017; принята 04 мая 2017.

Аннотация. Сформулирована научная задача обеспечения надежности железобетонных автодорожных мостов. Проанализировано регламентирование надежности мостов в нормативных документах. Предложена модель прогноза надежности эксплуатируемых пролетных строений автодорожных мостов, которая позволяет по данным фактической надежности железобетонных изгибаемых элементов на момент технического обследования определять начальную надежность, прогнозировать изменение надежности во времени и определять остаточный ресурс, когда будет достигнута требуемая надежность. Проанализированы требования нормативных документов и даны рекомендации к назначению проектного значения характеристики безопасности изгибаемых элементов пролетных строений автодорожных мостов.

Ключевые слова: железобетонный автодорожный мост, пролетное строение, изгибаемый элемент, надежность, характеристика безопасности, долговечность.

INVESTIGATION OF THE RELIABILITY OF REINFORCED CONCRETE OVERPASSES OF A ROAD OVERPASS

Iryna Kandaieva¹, Denis Borodai²

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, 86123.*

E-mail: ¹irina.kandaeva@gmail.com, ²digobor@yandex.ru

Received 01 February 2017; accepted 04 May 2017.

Abstract. The scientific task of ensuring the reliability of road bridges is formulated in the article. Reinforced concrete regulation of bridges reliability in normative documents is analyzed. A model is proposed to forecast reliability of operated span structures of road bridges. This model is based on the actual reliability of bent elements at the time of technical survey. It is possible to determine the initial reliability, predict the change in reliability over time, and determine the remaining resource when reliability required is achieved. The requirements of normative documents are analyzed. Recommendations are given to designate the design value of safety characteristics of the bent elements of road bridges span structures.

Keywords: reinforced concrete road bridge, span structure, bending element, reliability, safety characteristics, durability.

Введение

За последние 15–20 лет в странах СНГ стремительно растет количество физически устаревших транспортных сооружений на автомобильных дорогах. Анализ технического состояния автодорожных мостов Украины детально рассмотрен в ряде работ [3, 4], в которых показано, что фактический срок службы железобетонных конструкций мостов составляет 25–30 лет и не соответствует потенциальным возможностям железобетона как материала. Основной причиной недостаточного срока службы является электрохимическая коррозия арматурной стали (40 %) и бетона (65 %).

Из 6,5 тысяч мостов Республики Беларусь по состоянию на 2008 год 40 % не соответствовало современным нормативным требованиям по причине быстрого разрушения мостовых конструкций вследствие активной солевой коррозии бетона и металла [14]. Долговечность железобетонных мостов Республики Беларусь находится в пределах 35–40 лет.

В России проблема неудовлетворительного технического состояния автодорожных мостов актуальна как для сооружений на дорогах федерального и регионального значения, так и на местных дорогах муниципальных образований (городских дорогах).

В соответствии с «Концепцией улучшения состояния мостовых сооружений на федераль-

ной сети автомобильных дорог России (на период 2002–2010 гг.)» по состоянию на 2006 год было установлено, что из 29 500 железобетонных мостов на дорогах общей сети 22 % находились в неудовлетворительном состоянии, а в аварийном около 300 мостов [5, 13]. При этом средний срок службы мостов до ремонта составлял 30–40 лет. За последнее десятилетие наметилась тенденция к увеличению количества аварийных мостов. По данным Росстата [14] их количество в России к 2016 году увеличилось до 500.

Постановлением правительства Ростовской области от 08.08.2012 г. № 751 утверждена областная долгосрочная целевая программа «Развитие сети автомобильных дорог общего пользования в Ростовской области на 2015–2020 гг.», в которой указано, что по состоянию на 01.01.2012 г. 39 % мостовых сооружений на сети автомобильных дорог регионального и межмуниципального значения находятся в неудовлетворительном состоянии, в том числе на 58 сооружениях (14 %) состояние не может быть доведено до нормативных требований проведением капитального ремонта (ремонтонепригодные мосты), и требуется их реконструкция или строительство новых мостов [15].

Обследование более 600 городских мостов в регионе Урала, Сибири и Дальнего Востока показало, что 20 % из них не отвечают по своему состоянию требованиям пропуска современно-

го транспорта, 7 % находятся в предаварийном состоянии, а 4 % – в аварийном. В различной степени в ремонте нуждаются 100 % всех обследованных мостов [16].

Неудовлетворительное техническое состояние мостов является серьезной угрозой нормальному функционированию дорожной сети, приводит к большим социально-экономическим потерям в стране. Эксплуатация мостов, в том виде, как это происходит сегодня, приводит к уменьшению срока их службы, снижению надежности, повышению рисков [17]. По оценкам экспертов, потери Российской Федерации, обусловленные неразвитостью и низкой пропускной способностью сети автомобильных дорог, составляют более 3 % ВВП, что в 6 раз выше, чем в странах Евросоюза [23].

Как видно из анализа работ, посвященных оценке технического состояния автомобильных мостов, проблема обеспечения их безотказного функционирования тесно связана с оценкой надежности и долговечности сооружений и прогнозирования их изменения во времени. Таким образом, исследования, направленные на изучение надежности транспортных сооружений, являются актуальными с точки зрения важной государственной задачи – обеспечения функционирования и развития транспортной сети.

Регламентирование надежности мостов в нормативных документах

Нормативный документ ДБН В.1.2-14:2008 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ» [9] содержит общие принципы обеспечения надежности и долговечности строительных конструкций. В нем указывается, что надежность, в том числе и долговечность, обеспечиваются одновременным выполнением требований к выбору материалов и конструктивных решений, к методам расчетов, проектированию, контролю качества работ при изготовлении, возведении и эксплуатации конструкции.

В нормативном документе ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 «Система надійності та безпеки у будівництві. Настанова. Основи проектування конструкцій» [6], который идентичен европейским нормам EN 1990 «Eurocode – Basis of structural

design» [18], указывается, что основным требованием к проектированию конструкций является обеспечение необходимой надежности и долговечности. Выполнение этого требования заключается в выборе соответствующих материалов и методов расчета, а также в выполнении соответствующих контрольных мероприятий на всех стадиях жизненного цикла конструкции (проектирование, строительство, эксплуатация). Вопросы более точного определения показателей надежности и долговечности переносятся в сферу действия специализированных норм проектирования отдельных видов конструкций.

В нормах, по которым построено большинство эксплуатируемых железобетонных мостов Украины, Беларуси и Российской Федерации, таких как: СНиП II-Д.7-62* «Мосты и трубы. Нормы проектирования» [11], СН 200-62 «Технические условия проектирования железнодорожных, автомобильных и городских мостов и труб» [12], СН 365-67 «Указания по проектированию железобетонных и бетонных конструкций железнодорожных, автомобильных и городских мостов и труб» [19], СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» [20], отсутствует нормирование долговечности и рекомендации по оценке надежности. В нормах ДБН В.2.3-14:2006 «Мости та труби. Правила проектування» [2], а затем и в ДБН В.2.3-22:2009 «Мости та труби. Основні вимоги проектування» [1] введены термины «надежность», «характеристика безопасности», «долговечность», «проектный срок службы».

Надежность определяется как способность моста выполнять заданные функции в определенных условиях эксплуатации, сохраняя в течение установленного времени нормативные эксплуатационные показатели. Надежность определяется вероятностью того, что не будет достигнуто ни одно из расчетных предельных состояний. Вводится определение характеристики безопасности β как параметра, большего единицы, математически связанного с надежностью выражением:

$$P_f = \Phi(-\beta), \quad (1)$$

где P_f – надежность;

$\Phi(\cdot)$ – нормальная функция распределения.

В нормативных документах [1, 2] впервые регламентируется порядок проектирования элементов мостов по критерию надежности, кото-

рый является основой алгоритма определения характеристики безопасности в ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» [7], который устанавливает правила оценки технического состояния мостов и прогнозирования остаточного ресурса их элементов. Оценка и прогноз технического состояния автодорожных мостов, контроль надежности и прогноз остаточного ресурса по этому стандарту являются обязательной регламентной процедурой в системе эксплуатации мостов.

В ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 устанавливается соответствие между эксплуатационными состояниями элементов автодорожных мостов, характеризующих уровни их износа, и соответствующими значениями надежности и характеристики безопасности. Определение реальной на время обследования характеристики безопасности β используется для аналитической классификации эксплуатационных состояний, позволяет определить степень износа и регламентировать эксплуатационные и ремонтные мероприятия. На основании определения реальной характеристики безопасности реализуется процедура прогноза остаточного ресурса элемента моста.

В рассмотренных нормативных документах [1, 2, 7] заложены основы управления надежностью элементов автодорожных мостов на протяжении всего жизненного цикла, однако они требуют развития, например для определения проектной надежности, зависимости фактической надежности эксплуатируемого элемента от его первоначальной надежности, особенностей изменения надежности элемента моста во времени в связи с особенностями процессов износа. Методика предельных состояний, согласно которой проектируются железобетонные элементы мостов, не содержит переменной времени и позволяет обеспечить мгновенную надежность конструкции на момент строительства, а дальнейший процесс износа под воздействием разнообразных внешних факторов не учитывается четко определенными зависимостями. Отсутствуют рычаги управления ресурсом с целью повышения долговечности с заданным уровнем надежности.

Целью данной работы является разработка модели прогноза надежности эксплуатируемых пролетных строений автодорожных мостов.

Модель прогноза надежности эксплуатируемых пролетных строений автодорожных мостов

Рассмотрим надежность эксплуатируемых пролетных строений автодорожных мостов, следуя процедуре Еврокода, в функции характеристики безопасности [18]. Характеристика безопасности β вводится на основании фундаментальных принципов теории вероятностей и математической статистики при таких гипотезах:

- полагается, что обобщенное сопротивление R и обобщенный нагрузочный эффект E – случайные величины;
- постулируется, что случайные переменные R и E имеют нормальное распределение.

Определяется характеристика безопасности как отношение среднего значения (математического ожидания) резерва сопротивления μ к среднему квадратичному отклонению (стандарт) резерва сопротивления σ :

$$\beta = \frac{\mu}{\sigma}. \quad (2)$$

Представив среднее значение резерва сопротивления как разность $\mu_R - \mu_E$ и среднее квадратичное отклонение (стандарт) обобщенного резерва сопротивления выражением $\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}$, получим:

$$\beta = \frac{\gamma - 1}{(V_s^2 - \gamma^2 V_R^2)^{0,5}}, \quad (3)$$

где μ_R – среднее значение обобщенного сопротивления элемента;

μ_E – среднее значение обобщенного нагрузочного эффекта;

σ_R – среднее квадратичное отклонение обобщенного сопротивления элемента;

σ_E – среднее квадратичное отклонение обобщенного нагрузочного эффекта.

Заметим, что формулировка характеристики безопасности (2) принадлежит А. Р. Ржаницину (1952 г.) [10]. В современных литературных источниках нередко встречается название параметра β – «индекс надежности», что является дословным переводом английского «*reliability index*». Мы считаем, что будет корректным применять то название, под которым этот параметр был впервые опубликован.

Графическая интерпретация характеристики безопасности в пространстве случайных переменных E, R приведена на рис. 1.

Если вектор базовых переменных $X = X_1, X_2, \dots, X_m$ изменяется во времени, то вероятность отказа p также изменяется во времени и должна быть отнесена к определенному базовому периоду T , который может отличаться от проектного срока службы T_d . Для конструкции с заданным уровнем надежности проектная вероятность отказа $p_d = p_n$, соответствующая базовому периоду T_n , может быть получена при помощи альтернативной вероятности отказа $p_a = p$, соответствующей базовому периоду $T_a = T_1$,

Если случайные переменные имеют статистически независимые максимальные значения, определяемые на период повторяемости в один год, для базового периода в $T_n = n$ лет, значение характеристики безопасности β_n вычисляется по приближенной зависимости (правило С. J. Turkstra [21]):

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n, \quad (4)$$

где β_1 – характеристика безопасности для базового периода повторяемости в 1 год;

β_n – характеристика безопасности для базового периода повторяемости $T_n = n$ лет.

В терминах надежности равенство (4) имеет вид:

$$P_n = 1 - (1 - P_1)^n, \quad (5)$$

где P_1 – вероятность отказа для базового периода повторяемости в 1 год;

P_n – вероятность отказа для базового периода повторяемости $T_n = n$ лет.

Для малых значений вероятности достижения предельного состояния это соотношение может быть упрощено:

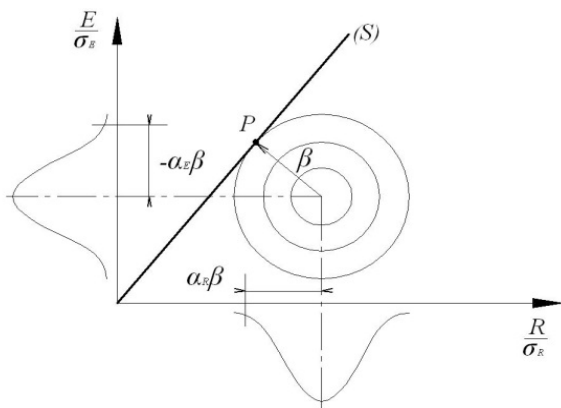


Рисунок 1. Характеристика безопасности в пространстве случайных переменных E, R : (S) – граница безопасной зоны; P – проектная точка.

$$P_n = P_1 \frac{T_n}{T_1}. \quad (6)$$

При условии, что данные для анализа надежности были собраны за период $T = 1$ год, зависимости (4–6) позволяют оценить необходимое значение вероятности отказа p_1 и характеристики безопасности β_1 , которые соответствуют проектному уровню надежности с показателями p_d и β_d для проектного срока службы T_d . Графическая интерпретация связи между характеристиками безопасности β_1 и β_d для различных значений проектного срока службы T_d показана на рис. 2.

В таблице 1 приводятся численные значения характеристик безопасности β_1 и β_d для различных значений расчетного срока службы T_d . Например, если требуемый уровень надежности на конечный срок службы $T_d = 100$ лет железобетонного элемента автодорожного моста принят как $\beta_{100} = 3,500$, то данный уровень надежности будет обеспечен при $\beta_1 = 4,580$. Принятому уровню надежности $\beta_{75} = 3,500$ для элемента со сроком службы $T_d = 75$ лет будет уже соответствовать значение $\beta_1 = 4,519$. Как видно из рис. 2, с увеличением проектного срока службы T_d значения характеристики безопасности также увеличиваются.

Решение обратной задачи будет выглядеть следующим образом. Если при оценке резерва сопротивления элемента по данным, полученным на период повторяемости 1 год, было получено

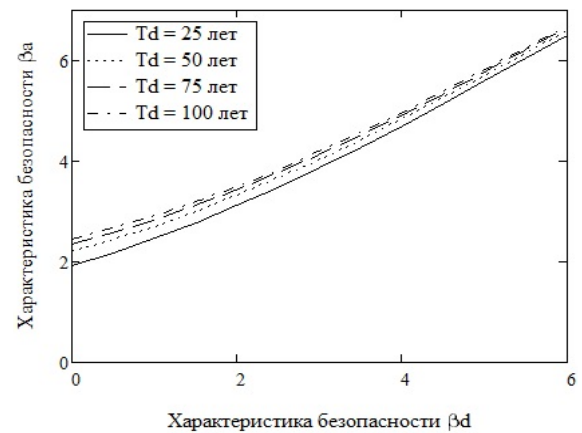


Рисунок 2. Зависимость характеристики безопасности β_1 для базового периода повторяемости в один год от проектной характеристики безопасности β_d при различных значениях проектного срока службы T_d .

Таблица 1. Значения характеристик безопасности β_1 и β_d при различных значениях проектного срока службы T_d

β_d	β_1			
	$T_d=25$ лет	$T_d=50$ лет	$T_d=75$ лет	$T_d=100$ лет
0	1,921	2,204	2,357	2,462
0,5	2,179	2,440	2,582	2,680
1,0	2,463	2,702	2,834	2,924
1,5	2,775	2,993	3,114	3,198
2,0	3,115	3,314	3,426	3,503
2,5	3,482	3,663	3,766	3,837
3,0	3,872	4,037	4,132	4,197
3,5	4,281	4,433	4,519	4,580
4,0	4,705	4,845	4,925	4,981
4,5	5,142	5,271	5,345	5,396
5,0	5,588	5,707	5,776	5,824

значение характеристики безопасности $\beta_1=4,00$, то согласно рисунку 2 уровень надежности данного элемента при сроке службы $T_d=100$ лет составит $\beta_{100}=2,73$, а при сроке службы $T_d=50$ лет – $\beta_{50}=2,95$.

Таким образом, уровень надежности железобетонного элемента автодорожного моста может быть установлен при использовании экспериментальных данных о базовых переменных, полученных в течение различных базовых периодов (например, из результатов технических обследований согласно [8]), которые могут отличаться от проектного срока службы T_d . В таком случае базовые переменные следует рассматривать с проектными значениями, которые соответствуют принятому базовому периоду.

Назначение требуемой проектной характеристики безопасности β_d

Важное место при проектировании элементов по критерию надежности занимает вопрос назначения требуемого уровня надежности, который выражается в назначении проектного значения характеристики безопасности β_d .

Проектная вероятность отказа p_d и соответствующая ей характеристика безопасности β_d обычно назначаются с учетом возможных экономических и социальных последствий отказа конструкции. В нормативных документах [6, 18] приводятся рекомендованные минимальные значения β_d для различных классов надежности (табл. 2) в случае рассмотрения предельных состояний по несущей способности.

Значения β_d приводятся для двух базовых периодов, равных 1 и 50 годам, без связи с проектным сроком службы T_d . Мосты относятся к классу надежности RC3, так как потери людских жизней, экономические и социальные последствия отказа в этом случае являются значительными [6, 18]. В этом случае при помощи формулы (4) можно определить проектное значение характеристики безопасности β_d для проектного срока службы T_d , которое соответствует рекомендованному нормативному значению $\beta_a=5,2$ для базового периода T_a = один год. Например, для элемента моста со сроком службы $T_d=80$ проектное значение характеристики безопасности составит $\beta_d=4,32$, а при $T_d=100$ лет – $\beta_d=4,27$.

В нормативном документе [2] проектная характеристика безопасности β_d именуется как «дальность отказа» β . Требуемые или «целесообразные» значения дальности отказа β_i^{ex} четко дифференцируются в зависимости от класса и категории ответственности элемента конструкции, вида расчетной ситуации и группы предельных состояний (табл. 3.14). Однако нет указаний, какому базовому периоду соответствуют рекомендуемые значения β_i^{ex} .

Согласно указаниям норм [2] пролетные строения автодорожных мостов на дорогах высшей категории или мостов длиной более 1 000 м или мостов с пролетом более 300 м относятся к классу СС3 с категорией ответственности А. Во всех остальных случаях пролетные строения автодорожных мостов относятся к классу СС2 с категорией ответственности А. Тогда для устойчивой расчетной ситуации проектные значения

характеристики безопасности β_d составят 4,76 и 4,75 для первой группы предельных состояний, 4,27 и 3,89 для второй группы предельных состояний соответственно для классов ответственности СС3 и СС2.

В нормативном документе [1] приводятся следующие нормативные величины характеристики безопасности в зависимости от вида расчетов (табл. 3).

Анализируя требования нормативных документов [1, 2, 6, 18] к назначению проектного значения характеристики безопасности β_p , предлагается назначать β_d с учетом особенностей определения характеристики безопасности эксплуатируемых пролетных строений мостов на момент обследования. Документ [7] регламентирует в

Таблица 2. Рекомендованные минимальные величины для индекса надежности (предельные состояния по несущей способности) [6, 18]

Класс надежности	Минимальные величины для β_d	
	Базовый период – один год	Базовый период – 50 лет
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

Таблица 3. Нормативные величины характеристики безопасности [1]

Вид расчетов	Характеристика безопасности
Расчеты прочности	3,80
Расчеты локальной устойчивости	3,00
Расчеты выносливости	2,00
Расчеты деформаций	1,64
Расчеты продольного трещинообразования	1,64
Расчеты поперечного трещинообразования	1,28

Литература

1. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст]. – Вводяться на заміну ДБН В.2.3-14:2006 ; чинний від 2010–03–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с. – (Державні будівельні норми України).

системе эксплуатации автодорожных мостов определение характеристики безопасности изгибаемых элементов пролетных строений по расчету на прочность нормальных сечений на действие изгибающего момента. В этом случае проектное значение характеристики безопасности предлагается принимать $\beta_d = 3,8$, следуя рекомендациям [1], для расчетов по прочности.

Для автодорожных мостов, которые относятся к классу ответственности СС3 [2] предлагается увеличить значения проектной характеристики безопасности до 4,3.

Выводы

Неудовлетворительное техническое состояние мостов является серьезной угрозой нормальному функционированию дорожной сети, приводит к большим социально-экономическим потерям, которые выражаются в высоком уровне транспортной составляющей в себестоимости продукции и высокой себестоимости перевозок (например, себестоимость автомобильных перевозок в России превышает аналогичные показатели развитых зарубежных стран в 1,5 раза, а расход горючего выше в среднем на 30 %) [23].

Исследования, направленные на создание моделей управления надежностью автодорожных мостов на всех этапах жизненного цикла, являются актуальными и важными для решения проблемы безотказного функционирования дорожной сети.

В работе предложена модель прогноза надежности эксплуатируемых пролетных строений автодорожных мостов, позволяющая по данным фактической надежности изгибаемых элементов на момент технического обследования определять начальную надежность, прогнозировать изменение надежности во времени и определять остаточный ресурс, когда будет достигнута требуемая надежность.

References

1. DBN V.2.3-22:2009. Bridges and tubes. Dominant requirements of design. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 52 p. (in Ukrainian)
2. DBN V.2.3-14:2006. Bridges and tubes. Design rules. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 359 p. (in Ukrainian)

2. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – На заміну СНиП 2.05.03-84 ; чинний від 2007-02-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 359 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Лантух-Лященко, А. І. До питання про створення національної системи експлуатації мостів [Текст] / А. І. Лантух-Лященко, П. М. Ковальов // Діагностика, довговічність та регенерація мостів і будівельних конструкцій із застосуванням сучасних технологій та матеріалів : [зб. наук. пр.]. Вип. 1 / НАН України. Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка ; Ред.: В. В. Панасюк. – Львів : Каменяр, 1998. – С. 70–76.
4. Коваль, П. М. Удосконалення системи утримання автодорожніх мостів України [Текст] / П. М. Коваль // Дороги і мости : [зб. наук. пр.]. К. : ДерждорНДІ, 2009. Випуск 11. С. 133–145.
5. Концепция улучшения состояния мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России (на период 2002–2010 гг.) [Текст] / Росавтодор Минтранса России. – Утверждена распоряжением Минтранса России № ИС-1146-р от 25.12.2002 г. – М. : [б. и.], 2003. – 42 с.
6. ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008. Система надійності та безпеки у будівництві. Настанова. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDN) [Текст]. – Уведено вперше ; чинний від 2009–07–01. – К. : Мінірегіонбуд України, 2009. – 81 с. – (Національний стандарт України).
7. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [Текст]. – На заміну ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 ; чинний від 2013–12–01]. – К. : Мінірегіонбуд України, 2012. – 42 с.
8. ДБН В.2.3-6-2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування [Текст]. – На заміну ДБН В.2.3-6-2002 ; чинні від 2010–03–01. – К. : Мінірегіонбуд України, 2009. – 43 с. – (Державні будівельні норми України).
9. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ [Текст]. – Уведено вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 27751, СТ СЭВ 3972-83, СТ СЭВ 3973-83, СТ СЭВ 4417-83, СТ СЭВ 4868-84 ; чинні від 2009–12–01. – К. : Мінірегіонбуд України, 2009. – 44 с.
10. Ржаницын, А. Р. Применение статистических методов в расчётах сооружений на прочность и безопасность [Текст] / А. Р. Ржаницын // Строительная промышленность. 1952. № 6. С. 22–25.
11. СНиП II-D.7-62*. Мости и трубы. Нормы проектирования [Текст]. – Взамен главы II-D.8 СНиП издания 1954 г. ; введ. 1963–04–01. – М. : Стройиздат, 1963. – 70 с.
12. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб (СН 200-62) [Текст]. – Взамен Н-106-53, Н-112-53, ТУПМ-56, части 1 ТУПИМ-св-55 ;
3. Lantuh-Liashhenko, A. I.; Kovalov, P. M. On the question about creation of national framework of bridge operations. In: *Diagnostic operation, longevity and regeneration of bridges and building constructions by applying high technology and materials. Issue 1 / Edited by V. V. Panasiuk*. Lviv: Kameniar, 1998, pp. 70–76. (in Ukrainian)
4. Koval, P.M. Development of the management system of high-way bridges of Ukraine. In: *Edited volume «Roads and bridges»*. Kyiv: DerzhdorNDI, 2009, Issue 11, pp. 133–145. (in Ukrainian)
5. The Federal Road Transport Agency of Mintrans of Russia. The concept of improvement of a condition of bridge constructions of federal network of highways of Russia (for the period of 2002–2010). Moscow, 2003. 42 p. (in Russian)
6. DSTU-N B V.1.2-13:2008. Eurocode – Basis of structural design (EN 1990:2002, IDN). Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 81 p. (in Ukrainian)
7. DSTU-N B V.2.3-23:2012. Decree of evaluation and forecasting of engineering status of high-way bridges. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2012. 42 p. (in Ukrainian)
8. DBN V.2.3-6-2009. Transport constructions. Bridge and pipes. Researches and tests. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 43 p. (in Ukrainian)
9. DBN V.1.2-14-2009. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. General principles of reliability control and constructional safety of buildings, structures and supports. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 44 p. (in Ukrainian)
10. Rzhانيتsyn, A. R. Application of static methods in calculations of constructions on durability and safety. In: *Building industry*, 1952, No. 6, pp. 22–25. (in Russian)
11. SNiP II-D.7-62*. Bridges and pipes. Design standards. Moscow: Stroiizdat, 1963. 70 p. (in Russian)
12. Specifications of design of railway, road and city bridges and pipes (SN 200-62). Moscow: Transzhelдорizdat, 1962. 327 p. (in Russian)
13. Shesterikov, V. I.; Gorobets, L. I.; Matveev, I. K. Management of a condition of bridge constructions on federal network of highways of Russia. Moscow: Informavtodor, 2007. 96 p. (Highways and bridges; survey information; Issue 2). (in Russian)
14. Busel, A. V.; Volskii, E. V.; Isakov, S. E. Management of snow and ice control of bridges and their protection from salt corrosion. In: *Edited Volume «Roads and bridges»*. Kyiv: DerzhdorNDI, 2008, Issue 10, pp. 51–53. (in Russian)
15. Volosukhin, Viktor Alekseevich; Krakhmalnaya, Marina Petrovna; Evtushenko, Sergey Ivanovich; Krakhmalniy, Timofey Aleksandrovich. Actual problems of technical condition of long operated bridges over water supply canals in Rostov oblast. In: *Internet-Vestnik VolgASU. Series «Multi-Topic»*, 2013, Issue 1(25). Mode of access: <http://vestnik.vgasu.ru/>

- введ. 1962–04–01. – М. : Трансжелдориздат, 1962. – 327 с.
13. Шестериков, В. И. Управление состоянием мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России [Текст] / В. И. Шестериков, Л. И. Горобец, И. К. Матвеев. – М. : Информавтодор, 2007. – 96 с. – (Автомобильные дороги и мосты : обзор. информ. ; вып. 2).
 14. Бусел, А. В. Управление зимним содержанием мостов и их защита от солевой коррозии [Текст] / А. В. Бусел, Е. В. Вольский, С. Е. Исаков // Дороги и мосты : сб. науч. пр. / Держ. Служба авт. доріг України (Укравтодор), Держ. дор. НДІ ім. М. П. Шульгіна. К. : ДерждорНДІ, 2008. Выпуск 10. С. 51–53.
 15. Актуальные проблемы технического состояния длительно эксплуатируемых мостов через водопроводящие каналы в Ростовской области [Электронный ресурс] / В. А. Волосухин, М. П. Крахмальная, С. И. Евтушенко, Т. А. Крахмальный // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 1(25). Режим доступа : [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/VolosukhinKrahmalnayaEvtushenko_Krahmalniy-2013_1\(25\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/VolosukhinKrahmalnayaEvtushenko_Krahmalniy-2013_1(25).pdf).
 16. Вериго, Б. М. Состояние железобетонных городских мостов в регионе Урала, Сибири и Дальнего Востока и пути устранения их дефектов [Текст] / Б. М. Вериго, Г. В. Ильин // Транспортное строительство. 1996. № 6–7. С. 15–17.
 17. Нигаматова, О. И. Системы управления состоянием мостовых сооружений [Электронный ресурс] / О. И. Нигаматова, И. Г. Овчинников // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2015. Том 7, № 3. Режим доступа : <http://naukovedenie.ru/PDF/09TVN315.pdf>.
 18. EN 1990:2002. Eurocode – Basis of structural design [Текст]. – Supersedes ENV 1991-1:1994 ; approved by CEN on 29 November 2001. – Brussels : CEN, 2005. – 116 p.
 19. Указания по проектированию железобетонных и бетонных конструкций железнодорожных, автомобильных и городских мостов и труб (СН 365-67) [Текст]. – Взамен III и VI разделов СН-200-62 в части бетонных и железобетонных конструкций ; введ. 1967–07–01. – М. : Стройиздат, 1967. – 144 с.
 20. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы [Текст]. – Взамен СНиП II-Д, 7-62*, СН 200-62 и СН 365-67 ; действителен от 1986–01–01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 200 с. – (Строительные нормы и правила).
 21. Turkstra, C. J. Theory of structural design decisions [Текст] / C. J. Turkstra. – Waterloo : University of Waterloo, 1970. – 124 p.
 22. Жолобова, М. Почему в России мало мостов [Электронный ресурс] / М. Жолобова // РБК. 2016. № 089. Режим доступа : <http://www.rbc.ru/newspaper/2016/05/25/573de5139a79478774746561>.
 23. Скворцов, О. В. Автомобильные дороги как фактор экономического развития страны [Текст] / О. В. Скворцов // Наука и транспорт. Транспортное строительство. 2012. № 4. С. 12–16.
 - attachments/VolosukhinKrahmalnayaEvtushenko_Krahmalniy-2013_1(25).pdf. (in Russian)
 16. Verigo, B. M.; Ilin, G. V. Condition of reinforced concrete city bridges in the region of the Urals, Siberia and the Far East and a way of elimination of their defects. In: *Transport Construction*, 1996, No. 6–7, pp. 15–17. (in Russian)
 17. Nigmatova, Olga Ivanovna; Ovchinnikov, Igor Georgievich. Systems of state management bridges. In: *Naukovedenie*, 2015, Volume 7, No. 3. Mode of access: <http://naukovedenie.ru/PDF/09TVN315.pdf>. (in Russian)
 18. EN 1990:2002. Eurocode – Basis of structural design. Brussels: CEN, 2005. 116 p.
 19. Instructions on design of reinforced concrete and concrete structures of railway, road and city bridges and pipes (SN 365-67). Moscow: Stroizdat, 1967. 144 p. (in Russian)
 20. SNiP 2.05.03-84. Bridges and pipes. Moscow: TsITP State Committee USSR, 1985. 200 p. (Construction rules and regulations). (in Russian)
 21. Turkstra, C. J. Theory of structural design decisions. Waterloo: University of Waterloo, 1970. 124 p.
 22. Zholobova, M. Why aren't there enough bridges in Russia. In: *RBC*, 2016, No. 089. Mode of access: <http://www.rbc.ru/newspaper/2016/05/25/573de5139a79478774746561>. (in Russian)
 23. Skvortsov, O. V. Highways as factor of economic development of the country. In: *Science and transport. Transport construction*, 2012, No. 4, pp. 12–16. (in Russian)

Кандаева Ирина Васильевна – магістрант, майстер виробничого навчання кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: інноваційні технології ремонту та реконструкції мостів.

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.

Кандаева Ирина Васильевна – магістрант, мастер производственного обучения кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: инновационные технологии ремонта и реконструкции мостов.

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.

Kandaieva Iryna – Master's student, master of industrial training, Highways and Airfields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: innovative technology of bridge repair and reconstruction.

Borodai Denis – Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Highways and Airfields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability and durability of transport constructions.