

## НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК [625.745.2:625.3]:(477)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.290818.10.84

### АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ УКРАИНЫ

ПШИНЬКО А. Н.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

КРАВЧУНОВСКАЯ Т. С.<sup>2</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

КОВАЛЕВ В. В.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,

ГРОДЕЦКАЯ С. М.<sup>4</sup>, *асп.*

<sup>1</sup>Кафедра управления проектами, зданий и строительных материалов, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 373-15-44, e-mail: pshinko@r.diit.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1598-2970

<sup>2</sup>Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-92, e-mail: kts789d@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

<sup>3</sup>Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (068) 906-86-42, e-mail: kovvyach12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

<sup>4</sup>Кафедра управления проектами, зданий и строительных материалов, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днипро, Украина, тел. +38 (067) 108-52-94, e-mail: svetlana91@i.ua

**Аннотация. Постановка проблемы.** На сети железных дорог в настоящее время эксплуатируется большое количество водопропускных труб, которые составляют более половины всех искусственных сооружений. В этой связи повышается роль оценки технического состояния сооружений, которое с увеличением продолжительности эксплуатации не остается неизменным. **Цель статьи** - провести анализ технического состояния искусственных сооружений на железных дорогах Украины. **Вывод.** Техническое состояние является основной характеристикой способности труб обеспечивать нормальный эксплуатационный режим, связанный с безопасным пропуском поездов с установленными скоростями и бесперебойным пропуском водотока через тело насыпи. Основными показателями технического состояния принято считать фактическую несущую способность элементов труб, а также степень развития различных нарушений гидравлических и других функций работы сооружений. В реальных условиях современное техническое состояние искусственных сооружений, эксплуатируемых на железных дорогах, характеризуется наличием признаков, ограничивающих возможности повышения осевых и погонных нагрузок грузовых вагонов.

**Ключевые слова:** искусственные сооружения; водопропускные трубы; техническое состояние; эксплуатация; эксплуатационная надежность

### АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВОДОПРОПУСКНИХ СПОРУД НА ЗАЛІЗНИЦІ УКРАЇНИ

ПШИНЬКО О. М.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

КРАВЧУНОВСЬКА Т. С.<sup>2</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

КОВАЛЬОВ В. В.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,

ГРОДЕЦЬКА С. М.<sup>4</sup>, *асп.*

<sup>1</sup>Кафедра управління проектами, будівель і будівельних матеріалів, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-44, e-mail: pshinko@r.diit.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1598-2970

<sup>2</sup>Кафедра планування і організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-92, e-mail: kts789d@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

<sup>3</sup>Кафедра основ і фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 906-86-42, e-mail: kovvyach12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

<sup>4</sup>Кафедра управління проектами, будівель і будівельних матеріалів, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 108-52-94, e-mail: svetlana91@i.ua

**Анотація. Постановка проблеми.** На мережі залізниць у даний час експлуатується велика кількість водопропускних труб, які складають понад половину всіх штучних споруд. У зв'язку з цим підвищується роль оцінювання технічного стану споруд, який зі збільшенням тривалості експлуатації не залишається незмінним. **Мета статті** - провести аналіз технічного стану штучних споруд на залізницях України. **Висновок.** Технічний стан є - це основна характеристика здатності труб забезпечувати нормальний експлуатаційний режим, пов'язаний з безпечним пропуском поїздів з установленими швидкостями та безперебійним пропуском водотоку через тіло насипу. Основними показниками технічного стану прийнято вважати фактичну несну здатність елементів труб, а також ступінь розвитку різних порушень гідравлічних та інших функцій роботи споруд. У реальних умовах сучасний технічний стан штучних споруд, які експлуатуються на залізницях, характеризується наявністю ознак, що обмежують можливості підвищення осьових і погонних навантажень вантажних вагонів.

**Ключові слова:** штучні споруди; водопропускні труби; технічний стан; експлуатація; експлуатаційна надійність

## ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF CULVERTS ON THE RAILWAY OF UKRAINE

PSHINKO A. N.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
KRAVCHUNOVSKA T. S.<sup>2</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
KOVALOV V. V.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*,  
GRODETSKA S. M.<sup>4</sup>, *post-grad. stud.*

<sup>1</sup>Department of project management, buildings and building materials, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2 Academician Lazaryan str., Dnipro 49010, Ukraine, phone +38 (056) 373-15-44, e-mail: pshinko@r.diit.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1598-2970

<sup>2</sup>Department of planning and organization of production, State Higher Educational Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A Chernyshevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 46-93-92, e-mail: kts789d@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

<sup>3</sup>Department of bases and foundations, State Higher Educational Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (068) 906-86-42, e-mail: kovvyach12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

<sup>4</sup>Department of project management, buildings and building materials, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2 Academician Lazaryan str., Dnipro 49010, Ukraine, phone +38 (067) 108-52-94, e-mail: svetlana91@i.ua

**Abstract. Raising of problem.** The network of railways currently operates a large number of culverts, which account for more than half of all man-made structures. In this regard, the role of the assessment of the technical condition of buildings, which with the increase in the duration of operation, remains unchanged. **Purpose of the article.** Conduct an analysis of the technical condition of artificial structures on the railways of Ukraine. **Conclusion.** The technical condition is the main characteristic of the pipes' ability to provide a normal operating mode associated with the safe passage of trains with established speeds and uninterrupted flow of water through the embankment body. The main indicators of the technical state are considered to be the actual bearing capacity of pipe elements, as well as the degree of development of various violations of hydraulic and other functions of the facilities. In actual conditions, the current technical condition of artificial structures operated on railways is characterized by the presence of signs limiting the possibilities for increasing the axle and running loads of freight cars.

**Key words:** artificial structures; culverts; technical condition; exploitation; operational reliability

**Постановка проблеми.** На сети железных дорог в настоящее время эксплуатируется большое количество водопропускных сооружений. Водопропускные трубы составляют более половины всех искусственных сооружений. Многие из них по своему физическому состоянию, водопропускной способности или иным причинам требуют реконструкции вплоть до переустройства на новые сооружения.

распространению труб способствуют простота конструкции и меньшая по сравнению с мостами стоимость [1; 2; 6; 8].

Однако экономичность указанных сооружений может не оправдаться из-за возможного повышения эксплуатационных расходов при недостаточно организованном их техническом обслуживании. Рациональность технических решений формируется на этапе не только

Преимущественному

проектирования, строительства, но и эксплуатации водопропускных труб [3; 5; 7].

Обоснованный выбор организационно-технологических решений, обеспечивающих повышение эксплуатационного ресурса водопропускных труб, гарантирует безопасность движения поездов с установленными скоростями. В этой связи повышается роль оценки технического состояния сооружений, которое с увеличением продолжительности эксплуатации не остается неизменным.

**Анализ публикаций.** При реконструкции (переустройстве) пришедших в негодность водопропускных сооружений зачастую возводят мосты, что связано со значительными затратами на строительство и последующее их содержание.

В последнее время происходит прогрессирующее ухудшение состояния малых и средних мостов. Такое положение, наряду с воздействием окружающей среды, физическим износом, старением материалов и конструкций и другими факторами, вызывается растущими объемами перевозок, повышением осевых нагрузок и скоростей движения транспорта [10]. Неудовлетворительное или аварийное состояние имеют 40 % всех малых и средних мостов [9].

При неудовлетворительном состоянии конструктивных элементов водопропускной трубы (секций и звеньев, входных и выходных оголовков) и значительном снижении прочности, как правило, заменяют старую трубу новой. При этом в зависимости от высоты насыпи, наличия специализированного оборудования, возможности получения «окон», условий производства работ применяют один из следующих способов сооружения трубы: открытый, комбинированный, щитовой и продавливания насыпи [8].

В процессе содержания труб (в том числе дюкеров) и лотков необходимо обращать особое внимание на состояние кладки колец и оголовков, положение звеньев в плане и профиле, состояние швов

между кольцами и вынесение почвы насыпи через швы и трещины, надежность крепления русел и склонов насыпи, состояние входного и особенно выходного русел, а также лотков в трубах, защитных ограждений.

Необходимо проводить своевременную очистку труб и лотков от наносов, выяснять и устранять причины их образования. Необходимо своевременно очищать русла на подходах к сооружениям.

В гофрированных трубах, кроме того, необходимо следить за состоянием металла в районе болтовых соединений, где могут появиться трещины и разрывы, а также за состоянием защитных покрытий, особенно в агрессивных средах, и лотков внутри трубы. Выявленные дефекты должны своевременно устраняться. Необходимо следить за состоянием болтовых соединений, не допускать их раскрутки [4].

**Целью статьи** является анализ технического состояния искусственных сооружений на железных дорогах Украины.

**Результаты исследований.** На основе произведенных исследований сделаны следующие выводы и предложения.

Для оценки технического состояния эксплуатируемых труб установлены наиболее характерные неисправности, которые можно систематизировать по деформациям, повреждениям, нарушениям гидравлических и других функций работы.

Обобщение неисправностей водопропускных труб по их распространенности, влиянию на режимы эксплуатации, а также с учетом причин их образования в рассматриваемых сооружениях позволяет констатировать, что наиболее важными для оценки технического состояния следует считать: из деформаций – осадку (просадку), пучение и крены элементов, раскрытие деформационных швов между звеньями (секциями), отрыв оголовка от тела трубы; из повреждений – трещины, выщелачивание раствора кладки, локальные разрушения материала конструкций; из гидравлических нарушений

функций работы – разрушение лотка и лотковой части, разрушение оголовков.

Анализ состояния элементов водопропускных труб, проведенный по данным натурных обследований, показал наличие повреждений не только силового (трещины, сколы и т. д.), но и коррозионного характера (шелушение бетона, растрескивание и т. д.). Ухудшение свойств материалов во времени носит, как правило, необратимый характер и зависит от условий деформирования, характера воздействия хлоридсодержащей среды, ее концентрации и других факторов.

По мере проникания хлоридсодержащей среды в тело конструкции происходит деградация свойств защитного слоя, после чего начинается коррозия арматуры. В результате коррозии уменьшается площадь поперечного сечения арматуры, а образующиеся при этом продукты коррозии приводят к образованию трещин, ориентированных вдоль арматуры, и последующему отслаиванию защитного слоя. При этом ухудшается сцепление арматуры с окружающим материалом [3].

Одним из важных факторов, вызывающих повреждения водопропускной трубы, что, в свою очередь, приводит к ее неработоспособности, является заилиение. Обнаружено заилиение тела трубы и оголовков, размывы откосов насыпи у оголовков, разрушение укрепления, размывы русла за укреплением, засорение мусором подводящего и отводящего русел, деформации оголовков.

Источником появления наносов могут служить ветровая и, в большей степени, водная эрозия.

Заилиение верхнего бьефа водопропускных труб – довольно частое явление в практике эксплуатации.

Все эти факторы понижают несущую способность конструкции и повышают ее деформативность [7].

Основными причинами возникновения отказа работы водопропускной трубы могут быть: засорение лотка трубы, отложение наносов (заилиение) в трубе, трубопроводы в

трубе, конструктивный отказ трубы (разрушение тела трубы).

Заилиение трубы напрямую корреляционную взаимосвязь с заилиением оголовков. Как правило, у труб с большим заилиением тела трубы заилены входной и выходной оголовки одновременно. Заилиение оголовка имеет прямую корреляционную связь с зарастанием травой заиленной поверхности оголовка [7].

Техническая характеристика искусственных сооружений Приднепровской железной дороги по состоянию на 01.01.2017 г. (рис. 1) такова:

общее количество искусственных сооружений – 1 766 шт.;

количество средних и малых мостов – 780 шт.;

количество водопропускных труб – 815 шт.

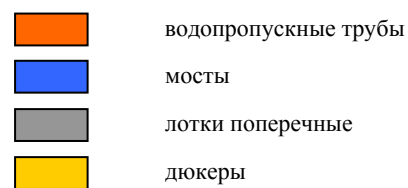
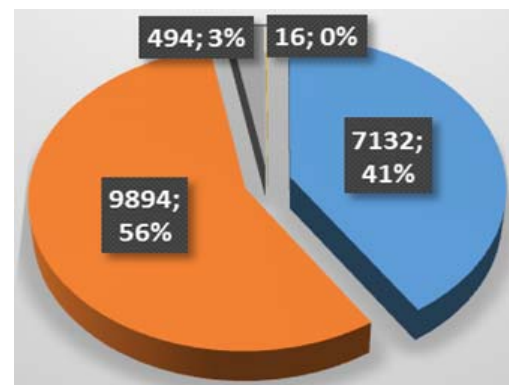


Рис. 1. Количество искусственных сооружений региональных филиалов ОАО «Укрзалізниця» по состоянию на 01.01.2017 г.

Наиболее широко распространенным классом являются железобетонные круглые и прямоугольные водопропускные трубы.

Количество дефектных искусственных сооружений Приднепровской железной дороги:

средних и малых мостов – 471 шт.;

водопропускных труб – 88 шт.;

32 трубы нужно расчистить;

46 мостов предложено переустроить на водопропускные трубы.

Согласно оценке технического состояния и эксплуатационной пригодности инженерных сооружений на железной дороге Украины 52 трубы находятся в неудовлетворительном состоянии, требуют немедленного переустройства, капитального ремонта или реконструкции.

**Выводы.** Техническое состояние является основной характеристикой способности труб обеспечивать нормальный эксплуатационный режим, связанный с безопасным пропуском поездов с установленными скоростями и бесперебойным пропуском водотока через тело насыпи. Основными показателями технического состояния принято считать фактическую несущую способность элементов труб, а также степень развития различных нарушений гидравлических и других функций работы сооружений.

В реальных условиях современное техническое состояние искусственных

сооружений, эксплуатируемых на железных дорогах, характеризуется наличием признаков, ограничивающих возможности повышения осевых и погонных нагрузок грузовых вагонов. Это, в свою очередь, является сдерживающим фактором повышения пропускной способности участков железных дорог.

Необходимо отметить, что существующая нормативно-техническая документация, отражающая вопросы выбора способов производства работ по капитальному ремонту и реконструкции искусственных сооружений в современных условиях, не в полной мере охватывает широкий спектр требуемых мероприятий. Приоритетными были признаны разработки методов оценки технического состояния.

В соответствии с вышеизложенным, для решения проблемы повышения эксплуатационной надежности водопропускных труб необходимо проведение дальнейших научных исследований.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бойко М. Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий / М. Д. Бойко. – Ленинград : Стройздат, 1975. – 334 с.
2. Брик А. Л. Эксплуатация искусственных сооружений на железных дорогах / А. Л. Брик, В. Г. Давыдов, В. Н. Савельев. – Москва : Транспорт, 1990. – 232 с.
3. Иванов А. В. Прогнозирование работоспособности железобетонных водопропускных труб с учетом реальных условий эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.23.11 / Иванов Алексей Вениаминович. – Волгоград, 2007. – 410 с.
4. Інструкція з утримання штучних споруд. ВНДУЗ 32.2.04-015-2013 ЦП. ЦП-0282 : Наказ 13.02.2013 № 27-Ц/од / А. Курган, К. В. Мойсеєнко, В. В. Марочка. – Київ : Інпрес, 2013. – 144 с. : табл., іл. – (Відомчий нормативний документ Укрзалізниці).
5. Єсипенко А. Д. Принципи формування системи утримання та ремонту будинків, споруд та інженерних мереж / А. Д. Єсипенко // Будівництво України. – 2006. – № 1. – С. 36–38.
6. Линник Г. О. Шляхи удосконалення системи управління станом штучних споруд / Г. О. Линник, В. І. Соломка // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика : зб. наук. пр. / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 3. – С. 106–111.
7. Логинова О. А. Оценка надежности водопропускных труб : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.23.11 / Логинова Ольга Анатольевна. – Москва, 2006. – 180 с.
8. Содержание, реконструкция, усиление и ремонт мостов и труб : учеб. для студ. вузов ж.-д. трансп. / В. О. Осипов, Ю. Г. Козьмин, А. А. Кирста и др. ; под ред. В. О. Осипова, Ю. Г. Козьмина. – Москва : Транспорт, 1996. – 471 с.
9. Оцінка технічного стану та експлуатаційної придатності інженерних споруд на залізницях України: СОУ 45.120-00034045-015:2012 : наказ Укрзалізниці від 27.11.2012 р. № 419-Ц / М-во інфраструктури України, Держадмін. залізн. трансп. України, Укрзалізниця. – Офіц. вид. – Київ : Інпрес, 2013. – 99 с.
10. Просеков С. А. Применение водопропускных труб с использованием гофрированного металла при реконструкции мостов и водопропускных труб на автомобильных дорогах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.23.11 / Просеков Сергей Алексеевич. – Новосибирск, 2010. – 20 с.

11. Richard L. Urban construction project management / L. Richard, J. Eschemuller. – New York : McGraw-Hill, 2008. – 480 p.
12. Sidney V. Levy. Project management in construction / Sidney V. Levy. – New York : McGraw-Hill, 2006. – 402 p.
13. System of project multicriteria decision synthesis in construction / V. Sarka, E. K. Zavadskas, L. Ustinovicus, E. Sarkiene, C. Ignatavicius // Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability. – 2008. – Vol. 14, № 4. – P. 546–565.

## REFERENCES

1. Bojko M.D. *Diagnostika povrezhdenij i metody vosstanovleniya ekspluatatsionnykh kachestv zdaniy* [Diagnostics of damages and methods of restoration of operational qualities of buildings] Leningrad: Strojizdat, 1975, 326 p (in Russian).
2. Brik A.L., Davydov V.G. and Savel'ev V.N. *Ekspluatatsiia iskusstvennykh sooruzhenij na zheleznykh dorogax* [The exploitation of artificial structures on the railways]. Moskva: Transport, 1990, 232 p. (in Russian).
3. Ivanov A.V. *Prognozirovanie rabotosposobnosti zhelezobetonnykh vodopropusknykh trub s uchetom realnykh uslovij ekspluatatsii: dis. kand. texn. nauk: spec. 05.23.11* [Forecasting the performance of reinforced concrete culverts taking into account actual operating conditions: dissertation of Cand. Sc. (Tech.): speciality 05.23.11]. Volgograd, 2007, 410 p. (in Russian).
4. Kurgan A., Moiseienko K. V. and Marochka V.V. *Instruktsiia z utrymannia shtuchnykh sporud. VNDUZ 32.2.04-015-2013 TsP. TsP-0282: Nakaz 13.02.2013 № 27- /od* [Instruction for maintenance of artificial constructions. Departmental normative document of Ukrzaliznytsia 32.2.04-015-2013 TsP. TsP-0282: order 13.02.2013, no. 27-C/od]. Kyiv: Inpres, 2013, 144 p. (in Ukrainian).
5. Yesypenko A.D. *Pryntsypy formuvannia systemy utrymannia ta remontu budynkiv, sporud ta inzhenernykh merezh* [Principles of forming a system of maintenance and repair of buildings, structures and engineering networks]. *Budivnytstvo Ukrainy* [Construction of Ukraine], 2006, no. 1, pp. 36-38. (in Ukrainian).
6. Lynnyk H.O. and Solomka V.I. *Shchliakhy udokonalennia systemy upravlinnia stanom shtuchnykh sporud* [Ways of improvement of the system of control of the state of artificial structures]. *Mosty tatuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka* [Bridges and tunnels: theory, research, practice]. Dnipropetr. nats. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana [Dnipropetrovsk National University of Railway Transport n. a. academician V. Lazarian]. Dnipropetrovsk 2012, iss. 3, pp. 106-111. (in Ukrainian).
7. Loginova O.A. *Ocenka nadezhnosti vodopropusknykh trub: dis. kand. texn. nauk: spec. 05.23.11* [Evaluation of the reliability of culverts: dissertation of Cand. Sc. (Tech.): speciality 05.23.11]. Moskva, 2006. 180 p. (in Russian).
8. Osipov V.O., Kozmin Yu.G. and Kirsta A.A. *Soderzhanie, rekonstrukciya, usilenie i remont mostov i trub* [Maintenance, reconstruction, strengthening and repair of bridges and pipes]. Moskva, Transport, 1996, 471 p. (in Russian).
9. *Otsinka tekhnichnoho stanu ta ekspluatatsiinoi prydatnosti inzhenernykh sporud na zaliznytsiakh Ukrainy: SOU 45.120-00034045-015:2012: nakaz Ukrzaliznytsi vid 27.11.2012 r. № 419-C* [Estimation of the technical condition and operational suitability of engineering structures on the railways of Ukraine: Standard of the Organization of Ukraine 45.120-00034045-015: 2012: Ukrzaliznytsia, Order dated November 27, 2012, no. 419-Ts]. M-vo infrastruktury Ukrainy, Derzhadmin. zalizn. transp. Ukrainy, Ukrzaliznytsia [Ministry of Ukraine's Infrastructure, State Administration of Railway Transport of Ukraine, Ukrzaliznytsia]. Kyiv: Inpres, 2013, 99 p. (in Ukrainian).
10. Prosekov S.A. *Primenenie vodopropusknykh trub s ispolzovaniem gofirovannogo metalla pri rekonstrukcii mostov i vodopropusknykh trub na avtomobilnykh dorogax: avtoref. dis. kand. texn. nauk: spec. 05.23.11* [The use of culverts using corrugated metal for the reconstruction of bridges and culverts on highways: author's abstract of Cand. Sc.(Tech.) dissertation: speciality 05.23.11]. Novosibirsk, 2010, 20 p. (in Russian).
11. Richard L. and Eschemuller J. *Urban construction project management*. New York: McGraw-Hill, 2008, 480 p.
12. Sidney V. Levy. *Project management in construction*. New York: McGraw-Hill, 2006, 402 p.
13. Sarka V., Zavadskas E.K., Ustinovicus L., Sarkiene E. and Ignatavicius C. *System of project multicriteria decision synthesis in construction*. Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability. 2008, vol. 14, no. 4, pp. 546–565.

Рецензент: Заяць Є. І., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 25.12.2017 р.