

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №4, Том 5 / 2018, No 4, Vol 5 <https://t-s.today/issue-4-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/05SATS418.pdf>

DOI: 10.15862/05SATS418 (<http://dx.doi.org/10.15862/05SATS418>)

Статья поступила в редакцию 02.08.2018; опубликована 20.09.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бадоян Н.Ш., Щепетева Л.С., Пугин К.Г. Оценка эффективности применения габионных конструкций в строительстве автомобильных дорог // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/05SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/05SATS418

For citation:

Badoyan N.Sh., Shepeteva L.S., Pugin K.G. (2018). Estimation of the efficiency of gabion structures in the road construction. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/05SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/05SATS418

УДК 625.7/8:626

Бадоян Нарек Шагенович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Магистрант
E-mail: n.s.badoyan@gmail.com

Щепетева Людмила Станиславовна

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Заведующая кафедрой «АДМ»
Доцент
E-mail: shls54@mail.ru

Пугин Константин Георгиевич

ФГОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Профессор кафедры «Автомобили и технологические машины»
ФГОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», Пермь, Россия
Профессор кафедры «Технического сервиса и ремонта машин»
Доктор технических наук
E-mail: 123zzz@rambler.ru

Оценка эффективности применения габионных конструкций в строительстве автомобильных дорог

Аннотация. Данная исследовательская работа посвящена теме габионных конструкций в строительстве автомобильных дорог. На сегодняшний день габионные конструкции являются одними из ключевых инструментов для защиты береговых линий и сооружений от размываний, укрепления откосов насыпей и выемок, косогоров, оврагов и других дорожно-мостовых сооружений. Всемирный опыт многих стран показывает, что конструкции из габионов являются одними из наиболее универсальных, эффективных и перспективных конструкций, которые применяются в строительстве автомобильных дорог и мостов. В научной статье габионные конструкции рассмотрены в качестве укрепления оголовков водопропускной трубы. В работе представлены теоретические аспекты данных конструкций. Проведен анализ габионных и традиционных конструкций для оценки эффективности их применения при укреплении оголовков водопропускной трубы. По каждому типу конструкции сформирован

сметный расчет, благодаря которому в работе анализировались экономические аспекты каждого типа конструкции. Также на основе полученных результатов в научной статье проведен эмпирический анализ релевантности выдвинутых гипотез. Таким образом, на основе проведенной оценки конструкций в исследовательской работе было выявлено, что наиболее эффективной для укрепления оголовков водопропускных труб является конструкция в сочетании с габионами и наброской из бутового камня. Проведенное исследование и опыт дорожно-мостового строительства ряда стран, включая и отечественный опыт последних лет, продемонстрировал, что габионные конструкции обладают весьма широкими возможностями и свойствами, такими как экономичность, прочность и долговечность, которые являются ключевыми в строительстве автомобильных дорог.

Ключевые слова: габионные конструкции; матрасные габионы; водопропускные трубы; укрепления русел и откосов; коробчатые габионы; цилиндрические габионы; оголовки водопропускных труб

Введение

На сегодняшний день конструкции из габионов являются одними из ключевых инструментов, которые применяются для защиты береговых линий и сооружений от размывания, укрепления откосов насыпей и выемок, косогоров, оврагов и других дорожно-мостовых сооружений. Во всем мире габионные конструкции используются уже более одного века. Под габионом, подразумевается клетка, коробка или контейнер, который наполнен камнями, бетоном, песком или в некоторых случаях даже грунтом [11].

Применение габионных конструкций является одним из высокоэффективных и универсальных способов не только укрепления откосов, но и усиления, стабилизации и защиты земляного полотна, подмостовых конусов, опор мостов, дамб, береговых и других сооружений [4]. В настоящее время габионы находят широкое применение в ландшафтном дизайне, как по своему прямому назначению, так и в качестве декоративных элементов – малых архитектурных [3].

Сегодня существует огромное количество научных трудов как зарубежных, так и отечественных авторов посвященных теме габионных конструкций. Изучением конструктивных особенностей габионов занимались такие авторы как Б.Ф. Перевозников [9], Е.А. Авдеева [11] и др. Исследованием воздействия ледовых образований на габионные конструкции исследовали А.В. Багин, Д.В. Козлов [4, 6, 7]. Применение габионных конструкций в трубчатых водопропускных сооружениях на автомобильных дорогах в своих работах подробно рассматривали В.И. Алтунин и О.Н. Черных [1, 2, 3], в то время как разработкой технологий крепления берегов рек, откосов каналов и водосбросных сооружений габионами изучали И.А. Иванов, С.С. Медведев [8] и др.

В данной статье предпринята попытка оценки эффективности применения габионных конструкций при укреплении оголовков водопропускных труб. Многолетний опыт применения габионных конструкций показывает, что они являются одними из универсальных и эффективных способов для укрепления откосов, стабилизации, усиления и защиты земляного полотна, а также устройства подмостовых конусов, опор и других сооружений [5].

1. Укрепления оголовков водопропускных труб

Конструктивные решения по устройству и укреплению оголовков водопропускных труб являются неотъемлемой частью всего комплекса водопропускного сооружения. Функционирование и сохранение экологического равновесия окружающей местности

водопроепснх сооружеи обусловлена их надежностью [2, 3]. Таким образом, оптимальные конструктивные решения обеспечивают высокую надежность, долгосрочную эксплуатацию и экологичность.

В настоящее время оголовки входных и выходных водопроепснх труб укрепляют от размывания следующими видами креплений:

- Монолитный бетон;
- Габионные конструкции;
- Каменная наброска;
- Бетонные сборные плиты;
- Георешетка и геосетка.

Практически на каждом водопроепснном сооружеии насыпь трубы армируется георешеткой или геотекстилем и ограждается с двух сторон габионными конструкциями [1]. При эксплуатации на водотоках в сочетании с габионными и матрасными габионами толщиной 17,23 или 30 см и коробчатыми габионными толщиной 50 см по слою геотекстиля на выходе и входе трубы обеспечивают надежность и защиту сооружения от размыва [2].

2. Выдвижение и обоснование гипотез

Для оценки эффективности применения габионных конструкций при укреплении оголовков водопроепснх труб на основе рассмотренных исследований в статье выдвинуты следующие гипотезы:

H_1 : С экономической точки зрения применение габионных конструкций наиболее эффективно, чем применение конструкций из монолитного бетона.

Первая гипотеза отражает оценку экономической целесообразности применения конструкций из габионов и монолитного бетона. Следует отметить, что в многочисленных исследованиях практически все авторы отмечают преимущество габионных конструкций перед другими [1, 3]. Для принятия или отвержения данной гипотезы в исследовательской работе проведена сравнительная оценка сметной стоимости конструкций из габионов и монолитного бетона.

Поскольку устройство габионных конструкций является наиболее трудоемким и трудозатратным видом работ по сравнению с работами по устройству монолитного бетона, следует выдвинуть следующую гипотезу:

H_2 : Издержки на устройство габионных конструкций выше, чем на устройство конструкций из монолитного бетона.

Все данные факторы имеют отрицательное воздействие на сроки работ, поскольку на устройство габионов затрачивается значительное время труда рабочих. По данной причине предполагается, что издержки на выполнение работ по устройству габионов должны быть значительно выше, чем на устройство конструкций из монолитного бетона [2].

3. Оценка эффективности применения габионных конструкций при укреплении оголовков водопроепснх труб

В данной части работы рассмотрены оголовки водопроепснной трубы длиной 14270 мм, шириной 2500 мм и высотой 2000 мм на II категории дороги в г. Перми. Для оценки

эффективности применения габионных конструкций при укреплении оголовков водопропускных труб в статье были подробно рассмотрены три типа конструкций: габионными конструкциями, конструкциями в сочетании с габионами и каменной наброской, и конструкция из монолитного бетона.

При проектировании первого типа конструкции было оценено укрепление в сочетании с габионами и каменной наброски из бутового камня марки М800 фр. 70-150 мм. Для укрепления откосов оголовков труб в работе были взяты матрасные габионы «РЕНО» размером 5.0x2.0x0.17, которые также заполнялись бутовым камнем марки М800 фр. 70-100 мм при толщине 17 см. Объем материалов для укрепления откосов и русла оголовков труб представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Ведомость объемов работ по укреплению
оголовков труб габионами и наброской из бутового камня**

Наименование работ	Материал	Ед. изм.	Кол.
Устройство укрепления откосов оголовка трубы матрасами «РЕНО»	Бутовый камень	м ³	5,8
Устройство укрепления русла камнем бутовым марки М800 фр. 70-100 мм	Бутовый камень	м ³	22,64

Разработано автором

На основе полученных данных был проведен сметный расчет по ценам Пермского края на 2 квартал 2018 г. Сметная стоимость укрепления оголовков труб габионами и наброской из бутового камня согласно сметному расчету составляет 435 923 руб. Для полноты информации и проведения более корректной оценки эффективности применения данного типа укрепления была рассчитана сметная стоимость работ по устройству, в которой не учитывалась стоимость материалов. Таким образом, сметная стоимость работ по устройству равна 318 240,42 руб., что составляет приблизительно 73 % от общей сметной стоимости конструкции с учетом всех затрат.

Следующим видом укрепления, который следует рассмотреть в данной статье – укрепление оголовков труб габионами. Для укрепления откосов и русел оголовков труб в работе использованы матрасы «РЕНО» с аналогичным каменным заполнителем. Поскольку площади и толщины укреплений оголовков труб остались прежними, объем каменных материалов также не изменился. Таким образом, полученные результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Ведомость объемов работ по укреплению
оголовков труб габионами из матрасов «РЕНО»**

Наименование работ	Материал	Ед. изм.	Кол.
Устройство укрепления откосов оголовка трубы матрасами «РЕНО»	Бутовый камень	м ³	5,8
Устройство укрепления русла матрасами «РЕНО»	Бутовый камень	м ³	22,64

Разработано автором

Согласно сметному расчету стоимость укрепления оголовка трубы габионами составляет 1 120 996 руб., а стоимость работ по укреплению конструкций без учета материалов равна 894 027,72 руб., что охватывает 80 % от общей сметной стоимости укрепления оголовков трубы конструкциями из габионов.

Последний тип конструкции, который следует рассмотреть – конструкция из монолитного бетона. Для оценки эффективности применения укрепления откосов и русел оголовков труб монолитным бетоном в данном исследовании были посчитаны объемы материалов результаты, которых, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Ведомость объемов работ по укреплению оголовков труб монолитным бетоном

Наименование работ	Материал	Ед. изм.	Кол.
Устройство щебеночного основания по слою геотекстиля	Щебень фр. 40-70 мм М800	м ³	22,64
Укрепление монолитным бетоном	Бетон В20	м ³	14,97
Установка монолитных упоров	Бетон В20	м ³	1,1
Каменная рисберма	Камень бутовый	м ³	9,9

Разработано автором

На основе полученных данных был проведен локальный сметный расчет укрепления оголовка трубы монолитным бетоном, стоимость которого составляет 262 293 руб. Вдобавок к этому, была также оценена стоимость работ по устройству данной конструкции без учета материалов – 144 644,40 руб., что приблизительно составляет 5 5% от общей сметной стоимости устройства конструкции с учетом всех затрат.

Для наглядности в работе была построена гистограмма, в которой представлено сравнение итоговой сметной стоимости, стоимости работ и материалов для каждого вида конструкции. На рисунке 1 самым дорогим укреплением для оголовков водопропускной трубы является габионная конструкция, в то время как самым дешевым – укрепление из монолитного бетона. Однако следует отметить, что столь высокая стоимость связана со значительными объемами ручной работы, длительностью выполнения и трудоемкостью устройства данного типа укрепления при низких затратах на материалы. Связи с этим значительная часть сметной стоимости при укреплении оголовков трубы габионами отводится на работы по устройству конструкции.

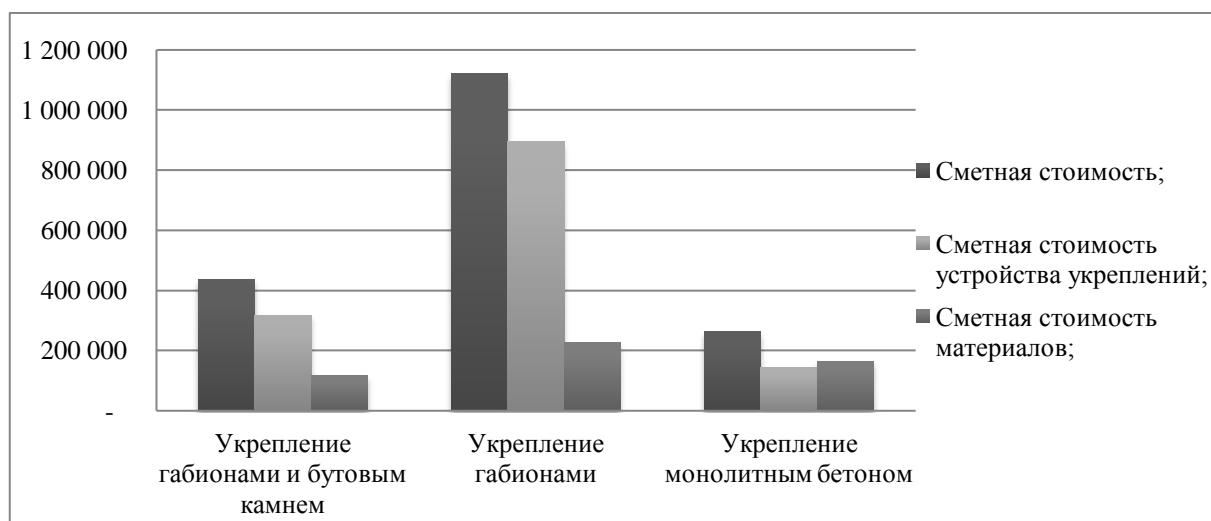


Рисунок 1. Сравнение итоговой сметной стоимости, стоимости работ и материалов по устройству укреплений (разработано автором)

Необходимо подчеркнуть, что при высокой сметной стоимости габионные конструкции имеют низкие издержки на материалы в особенности укрепление в сочетании габионов с наброской из бутового камня, в то время как у укрепления из монолитного бетона оно выше. Сравнивая виды укреплений по представленной выше гистограмме можно отметить, что укрепления оголовков труб из монолитного бетона несут в себе меньше издержек, нежели остальные виды конструкций.

Для полноты картины следует рассмотреть еще одну гистограмму, в которой представлена доля затрат на устройство каждого вида укрепления.

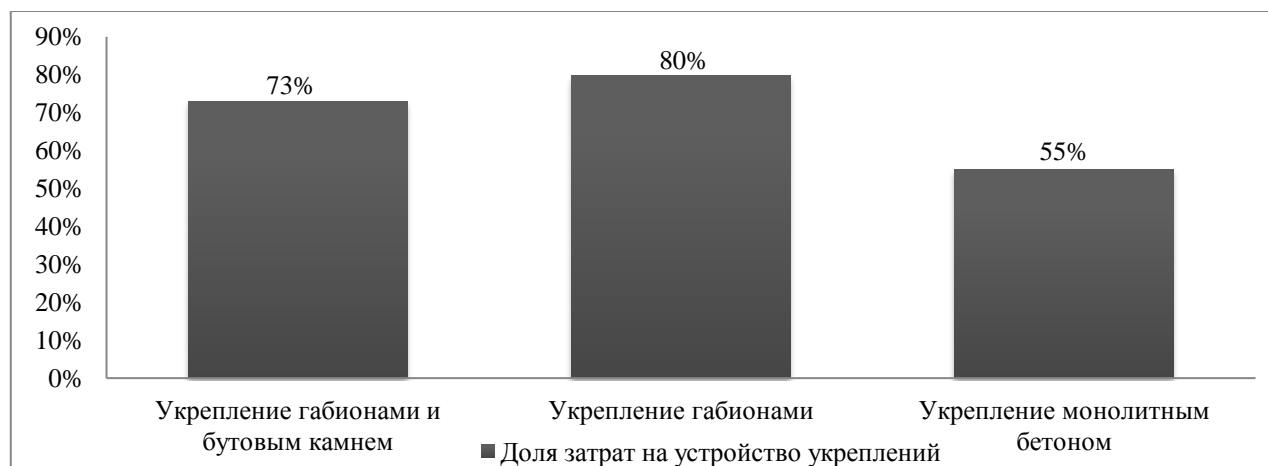


Рисунок 2. Доля затрат на устройство укреплений (разработано автором)

Согласно полученным результатам гистограммы, представленной на рисунке 2, можно подтвердить, что самые низкие расходы на работы по устройству укреплений оголовков водопропускной трубы имеет конструкция из монолитного бетона, в то время как укрепление из габионов и наброски из бутового камня на 18 % выше.

На основе полученных результатов следует протестировать ранее выдвинутые гипотезы:

H_1 : С экономической точки зрения применение габионных конструкций наиболее эффективно, чем применение конструкций из монолитного бетона.

В ходе данной работы первая гипотеза была отвергнута связи с тем, что сметный расчет и графический анализ показал, что габионы является довольно дорогим укреплением с экономической точки зрения из-за больших объемов ручной работы и длительностью выполнения данных видов работ. Сметная стоимость конструкций из габионов в четыре раза превышает стоимость укрепления оголовков трубы конструкцией из монолитного бетона.

H_2 : Издержки на устройство габионных конструкций выше, чем на устройство конструкции из монолитного бетона.

Благодаря оценке полученных результатов данная гипотеза была подтверждена. Связи с тем, что сметная стоимость работ по устройству габионных конструкций составляет более 70 % от общей сметной стоимости конструкции.

Отсюда следует, что в данной статье были подробно проанализированы получившиеся результаты, а также были протестированы рассмотренные ранее гипотезы, что способствовала достижению поставленной цели исследования.

Заключение

Таким образом, следует сделать вывод, что габионы являются очень эффективными конструкциями для укрепления оголовка труб, но из-за затрат на устройство ее экономическая эффективность значительно снижается. В отличие от монолитного бетона данная конструкция долговечнее и несет в себе низкие расходы на ремонт и обслуживание, что в долгосрочной перспективе дает возможность сэкономить на конструкции и окупить расходы на устройство укреплений из габионов. Наиболее эффективной конструкцией для укрепления оголовков водопропускных труб является конструкция в сочетании с габионами и наброской из бутового камня. Благодаря укреплению русел каменной наброской в работе удалось снизить затраты труда рабочих, что позволило приблизить стоимость данной конструкции к стоимости конструкции из монолитного бетона при этом обеспечить высокую надежность, прочность, экономичность и долговечность конструкции [4].

Проведенные исследования и опыт дорожно-мостового строительства ряда стран, включая и отечественный опыт последних лет, продемонстрировал, что габионные конструкции обладают весьма широкими возможностями их применения как для укрепления откосов, склонов, подмостовых конусов, береговых линий и русел, так и для устройства водопропускных, водоотводных, противофильтрационных очистных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин В.И., Черных О.Н. Особенности применения габионных конструкций в трубчатых водопропускных сооружениях из металлических гофрированных структур // Гидротехническое строительство. – 2013. – №3. – С. 48-52.
2. Алтунин В.И. Водопропускные сооружения транспортных магистралей из металлических гофрированных структур: монография / В.И. Алтунин, О.Н. Черных, М.В. Федотов. – М.: МАДИ, 2016. – 304 с.
3. Алтунин, В.И. Повышение надёжности работы водопропускных труб из гофрированного металла / В.И. Алтунин, А.В. Бурлаченко, О.Н. Черных, М.В. Федотов // Приволжский научный журнал. – 2013. – № 2. – С. 59-65.
4. Багин А.В., Козлов Д.В. Оценка деформационных характеристик берегоукрепительных сооружений из габионных конструкций при взаимодействии с ледовыми покровами // Гидротехническое строительство. – 2008. – №3. – С. 35-41.
5. Багин А.В. Совершенствование методов оценки взаимодействия ледовых образований и сооружений из габионов: автореферат канд. техн. наук. – М., 2012. – 23 с. 5.
6. Багин А.В., Козлов Д.В. Оценка возможности применения габионных структур в условиях развивающейся ледовой нагрузки // Гидротехническое строительство. – 2008. – N 12. – С. 17-21.
7. Багин А.В., Козлов Д.В. Обобщённая математическая модель воздействия ледовых образований на гидротехнические сооружения из габионов // Гидротехническое строительство. – 2011. – №2. – С. 31-37.
8. Иванов И.А., Медведев С.С. Габионы в мелиорации и дорожном строительстве. – Улан-Удэ, 2005. – 121 с.
9. Перевозников Б.Ф. Автомобильные дороги. Дорожно-мостовые габионные конструкции и сооружения. Обзорная информация. Выпуск 2 / Б.Ф. Перевозников, В.Л. Селиверстов. – Информавтодор, 2001.
10. Черных, О.Н. Особенности применения габионных конструкций в трубчатых водопропускных сооружениях из металлических гофрированных структур / О.Н. Черных, В.И. Алтунин // Природообустройство. – 2013. – № 3. – С. 48-52.
11. Шеина Т.В., Авдеева Е.А. Габионные и армогрунтовые конструкции // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 50-56.
12. Amato G., O'Brien F., Simms C.K., and Ghosh B., Multibody modelling of gabion beams for impact applications, International Journal of Crashworthiness 18 (2013), pp. 237-250.
13. Brown, C.T. (1979) Gabion report on some factors affecting the use of Maccaferri gabions and Reno-mattresses for coastal revetments, Water Research Laboratory, The University of New South Wales, Report No. 156, 75 pp.
14. Silberman, E. Effect of helix angle on flow in corrugated pipes. [Closure discussion]. Proceedings A.S.C.E. Journal of the Hydraulics div., v. 98, № 8, 1972.
15. Lin D.G., Lin Y.H., and Yu F.C., Deformation analyses of gabion structures, in INTERPRAEVENT 2010, Taipei, Taiwan, 2010, pp. 512-526.

Badoyan Narek Shagenovich

The Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
E-mail: n.s.badoyan@gmail.com

Shepeteva Ludmila Stanislavovna

The Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
E-mail: shls54@mail.ru

Pugin Konstantin Georgievich

The Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
Perm state technological university named after academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia
E-mail: 123zzz@rambler.ru

Estimation of the efficiency of gabion structures in the road construction

Abstract. This research paper is devoted to the topic of gabion structures in the road construction. Nowadays, gabion structures are one of the key tools to protect beach line, caving, strengthening slopes of embankments and depressions, slopes, ravines and other road and bridge structures. The world experience shows that gabion structures are one of the most universal, effective and perspective structures used in construction of road and bridges. In this article gabions are considered as strengthening of culvert heads. In the work are presented the theoretical aspects of these constructions and analysis of gabions and traditional structures in order to estimate the effectiveness of these constructions in strengthening of culvert heads. For each type of construction has been formed cost account thanks to in research was analyzed economical aspects. In addition, based on the received data in this article presents an empirical analysis of the relevance of considered hypotheses. Thus, based on an estimation of structures in the research was revealed that the most effective for strengthening the heads of culverts is a structure in combination with gabions and riprap. The conducted research and experience of road and bridge construction of many countries, including the domestic experience of recent years, demonstrated that gabion constructions have very wide capabilities and properties, such as economy, strength and durability, which are importance key for the road construction.

Keywords: gabion structures; mattress gabions; culvert pipe; strengthening of river beds and slopes; box-shaped gabions; cylindrical gabions; heads of culvert pipe

REFERENCES

1. Altunin V.I., Chernykh O.N. (2013). Features of the application of gabion structures in tubular culverts from metal corrugated structures. *Hydrotechnical Construction*, 3, pp. 48-52. (in Russian).
2. Altunin V.I., Chernykh O.N., Fedotov M.V. (2016). Vodopropusknye sooruzheniia transportnykh magistralei iz metallicheskih gofirovannykh struktur: monografiia. [*Culvert facilities of transport highways from metal corrugated structures: monograph.*] Moscow: MADI, p. 304.
3. Altunin V.I., Burlachenko A.V., Chernykh O.N., Fedotov M.V. (2013). Increase of reliability of culverts metal culverts. *Privolzhsky scientific journal*, 2, pp. 59-65. (in Russian).

4. Bagin A.V., Kozlov D.V. (2008). Evaluation of the deformation characteristics of shore protection structures from gabion structures in interaction with ice cover // *Hydrotechnical construction*, 3, pp. 35-41. (in Russian).
5. Bagin A.V. (2012). Sovershenstvovanie metodov otsenki vzaimodeistviia ledovykh obrazovaniy i sooruzheniy iz gabionov. [*Perfection of methods for assessing the interaction of ice formations and structures from gabions.*] Moscow, p. 23.
6. Bagin A.V., Kozlov D.V. (2008). Estimation of the possibility of using gabion structures in conditions of developing ice load. *Hydrotechnical construction*, 12, pp. 17-21. (in Russian).
7. Bagin A.V., Kozlov D.V. (2011). Generalized mathematical model of the effect of ice formations on hydraulic structures from gabions. *Hydrotechnical construction*, 2, pp. 31-37. (in Russian).
8. Ivanov I.A., Medvedev S.S. (2005). Gabiony v melioratsii i dorozhnom stroitelstve. [*Gabions in reclamation and road construction.*] Ulan-Ude, p. 121.
9. Perevoznikov B.F., Seliverstov V.L. (2001). Avtomobilnye dorogi. Dorozhno-mostovye gabionnye konstruktsii i sooruzheniya. Obzornaia informatsiia. Vypusk 2. [*Car roads. Road and bridge gabion structures and structures. Overview information. Issue 2.*] Moscow: Informavtodor.
10. Chernykh O.N., Altunin V.I. (2013). Features of the application of gabion structures in tubular culverts from metal corrugated structures. *Environmental Engineering*, 3, pp. 48-52. (in Russian).
11. Sheina T.V., Avdeeva E.A. (2017). Gabion and Armogrunnt constructions. *Urban planning and architecture*, 3(7), pp. 50-56. (in Russian).
12. Amato G., O'Brien F., Simms C.K., Ghosh B. (2013). Multibody modelling of gabion beams for impact applications. *International Journal of Crashworthiness*, 18, pp. 237-250.
13. Brown C.T. (1979). Gabion report on some factors affecting the use of Maccaferri gabions and Reno-mattresses for coastal revetments, Water Research Laboratory. *The University of New South Wales, Report*, 156, p. 75.
14. Silberman E. (1972). Effect of helix angle on flow in corrugated pipes. [Closure discussion]. *Proceedings A.S.C.E. Journal of the Hydraulics div.*, 8(98), № 8.
15. Lin D.G., Lin Y.H., Yu F.C., (2010). *Deformation analyses of gabion structures*. Taipei, Taiwan: INTERPRAEVENT, pp. 512-526.