

Оценка состояния водопропускных металлических гофрированных труб

А.В. Илясов, С.В. Алексигов

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: В статье рассмотрены причины образования дефектов, подлежащих оценке. Представлены способы получения информации о состоянии металлических гофрированных труб. Показаны основные дефекты, возникающие в процессе эксплуатации металлических гофрированных труб. Определены наиболее эффективные способы оценки состояния металлических гофрированных труб.

Ключевые слова: гофрированные металлические трубы, износ, долговечность, дефекты, факторы, оценка.

Металлические водопропускные гофрированные трубы (далее МГТ) являются важным и распространенным типом линейного сооружения. На каждый километр дорог приходится в среднем 1,2 водопропускной трубы [1]. Значительная часть водопропускных труб выполнена из МГТ. МГТ обладают рядом непревзойденных качеств по отношению к другим конкурентным сооружениям: малый вес и простота монтажа, высокая ремонтпригодность МГТ за счет замены отдельных элементов или наложения заплат в ходе сварочных работ [2]. Железобетонные водопропускные трубы имеют меньший срок службы и более затратные при перевозке и монтаже. Полимерные водопропускные трубы не обладают достаточной прочностью и вследствие этого их применение ограничено.

Как и любые другие искусственные сооружения МГТ обладают сроком службы и должны подвергаться регулярному контролю. Сроки службы МГТ могут варьироваться, исходя из различных факторов воздействия, что должно учитываться при проектировании и монтаже, и должно быть отражено в проекте строительства автомобильной дороги или проекте капитального ремонта. Как правило, сроки эксплуатации составляют 15-80 лет. Такой разброс обусловлен распространенностью МГТ, которые

встречаются во всех разнообразных географических и климатических условиях. Различные условия эксплуатации определяют разные типы и модули воздействий. Различаются и транспортные нагрузки, и химические составы почв и воды, абразивность взвеси, склонность к заилению, антропогенные влияния, флора и фауна местности. Максимальные сроки эксплуатации возможны при самых стабильных и щадящих условия работы МГТ. В наиболее агрессивных районах эксплуатации износ МГТ выше, и, следовательно, срок службы МГТ меньше. Согласно ОДМ 218.4.4.001-2020, в регионах с более агрессивными факторами воздействия имеет смысл закладывать усиленные МГТ (большая толщина металла, полимерные покрытия под конкретные условия), более тщательно готовить грунтовое окружение обоймы (непучинистые, неагрессивные грунты, не допускать переуплотнения и недоуплотнения, использовать гидроизоляцию и теплоизоляцию) [3], повышать интенсивность эксплуатационных мероприятий.

Существующая методика гидравлического расчета МГТ несовершенна и использует вычисления, отработанные для железобетонных водопропускных дорожных труб. Методика игнорирует факт непостоянства коэффициента шероховатости в МГТ, защищенных гладким бетонным лотком по дну. Несоответствия принимаемых методикой значений зафиксированы в ходе экспериментов [4-6].

Оценка состояния МГТ необходима для наиболее рациональной эксплуатации и для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с разрушением МГТ [7]. Профилактика дешевле устранения последствий аварий. Результаты оценки могут быть использованы при планировании и проведении ремонтных работ, а также при принятии решений о необходимости замены МГТ.

В оценке нуждается и сам факт нахождения МГТ в данной географической местности. Встречаются случаи устройства МГТ в таких местах, где они гарантированно будут причиной аварии или катастрофы. Например, в случае карчехода МГТ всплывет через дорожные одежды. Уменьшится объем поступающей воды, возрастет выталкивающая сила [8].

Существующие исследования отмечают неудовлетворительную работу по обслуживанию МГТ: замусоривание, заиление, застой воды, область оголовка, заросшая растительностью, вандализм, отсутствие лотков, бобровые плотины. Отметим наличие аналогичных проблем за рубежом. Схожие условия порождают схожие эффекты [9-11].

Полагаясь на опубликованные литературные данные, можно определить, что для американских транспортных агентств наиболее значимыми факторами, используемыми для количественной оценки срока службы МГТ, являются коррозия и истирание, а к менее значительным относят трещинообразование и просадки под воздействием внешней среды (в результате регулярного замораживания-оттаивания, медленного роста трещин, воздействия ультрафиолетового излучения, наличия различного мусора и т.п.). В РФ до настоящего времени не производились изучения влияния всех этих факторов на долговечность МГТ и по этой причине отсутствуют рекомендации по прогнозу [12]. Следовательно, возрастает значение непосредственной оценки и контроля за МГТ.

Для оценки состояния МГТ возможно использование различных методов. Наиболее информативным и рациональным является визуальный осмотр (телевизионная инспекция), который позволяет выявить множество дефектов, влияющих на срок безаварийной эксплуатации МГТ. При должной насмотренности, опыте, изучении динамики (используя дефектные карты и фотоматериалы прошлых осмотров) визуальный метод позволяет оценить начало процессов, приводящих к отказу МГТ, без должного вмешательства.

Для оценки состояния МГТ необходимо осуществить декомпозицию МГТ по составным частям: оценка состояния тела МГТ, оценка оголовка, оценка грунтовой обоймы, оценка содержания МГТ.

В «Каталоге типовых дефектов содержания конструктивных элементов автомобильных дорог» перечислены основные дефекты МГТ, фиксируемые визуальным осмотром:

- застой воды у оголовков;
- локальные разрушения укрепления откоса насыпи и оголовков водопропускных труб;
- заиливание водопропускных труб;
- размыв русла водотока у оголовков водопропускных труб;
- не заделанные швы сборных элементов;
- снежно-ледяные отложения препятствующие пропуску талых вод;
- просадка дорожного покрытия над водопропускной трубой;
- размывы обочин;
- наличие мусора, кустарников, сползания грунта на откосах;
- деформации тела водопропускной трубы;
- протечки тела водопропускной трубы [13].

Наиболее часто встречаемые дефекты в МГТ:

- раскрытие швов между звеньями — 74 %;
- пучение оголовков и концевых звеньев — 50 %;
- трещины и разрушение оголовков — 69 %.

Как видно из статистики, самые уязвимые зоны: оголовки и места сопряжения деталей [6].

Таблица № 1

Классификация оценки состояния труб из металлических гофрированных конструкций, принятая при обследовании Национальной ассоциацией производителей гофрированных труб из стали США [14]

	Состояние защитного слоя	Состояние узлов сопряжения деталей МГТ	Состояние формы МГТ
5	Состояние защитного слоя превосходное.	Общее состояние соединения превосходное.	Состояние формы превосходное.
4	Имеется некоторое расслоение.	Общее состояние хорошее, с минимальным разделением менее 1 дюйма.	Общее состояние хорошее, с некоторыми локальными отклонениями или овализацией трубы.
3	Умеренные уровни расслоения с обнаженным металлом.	Разделение от 1 до 5 дюймов и/или начало коррозии.	Видимые отклонения по длине трубы или непосредственно под дорогой.
2	Значительные уровни расслоения с обнаженным металлом и коррозией.	Сильное расстыковка более 5 дюймов и/или ржавчина, но не полностью прокорродировавшая сталь, может потребоваться ремонт через несколько лет.	Чрезмерное отклонение по длине трубы, необходимо проверить процент.
1	Значительные уровни расслоения с коррозией обнаженного металла и возможным переформированием.	Сильная расстыковка деталей конструкции, виден засыпной материал, требуется ремонт в течение следующего года, возможность отказа.	Общая деформация трубы, требует замены, небезопасно для эксплуатации.

У МГТ есть особенность - они функционируют периодически, в течение короткого периода времени, на их состояние могут повлиять весенний пропуск талых вод, избыточные осадки в другие времена года [15]. Наиболее целесообразно проводить визуальный осмотр перед паводком и контрольный осмотр после. Весенний паводок является основным воздействующим на МГТ в течение года фактором. Этот период характеризуется самыми высокими нагрузками и потенциалом появления дефектов.

Свойства грунтового массива в теле земляного полотна определить визуально невозможно. Основными параметрами для оценки состояния МГТ будут: модуль деформации и модуль упругости грунта. Бурение и отбор грунта во время эксплуатации дороги выполнить невозможно. Существуют методы получения искомым модулей при помощи сейсморазведки, многоканальный анализ поверхностных волн. После обработки полученных данных в математической модели получается выявить аномалии, способные влиять на безопасность и долговечность МГТ [16].

Специалисты из США в 1989 году провели сравнительное исследование. Сравнивались данные усилий, действующих в стенке конструкции на момент окончания строительства и после трех лет эксплуатации МГТ. За три года усилия максимальной сжимающей силы увеличились почти в 2 раза относительно значения на момент завершения строительства [17]. Причиной изменения характеристик может служить обводнение грунтов, окружающих МГТ.

При неблагоприятных режимах работы МГТ создаются пульсирующие нагрузки частотой 33 Hz. За счет этих вибраций происходит разрушение защитного лотка МГТ, и возрастает шероховатость, что приводит к повышению сопротивления протекающего водного потока, повышая вероятность «зарядки» МГТ. Чем выше шероховатость, тем медленнее вода

покидает трубу и тем сильнее наполняется МГТ, переходя в неблагоприятные режимы работы через гидравлический прыжок [18].

Одной из задач на этапе монтажа МГТ является учет осадок, так, чтобы избежать обратного уклона лотка. При этом дефекте происходит застой воды, коррозия тела МГТ, переувлажнение окружающих грунтов. Ни в одном сечении МГТ не должно быть обратного уклона [6]. Недостаточно уплотненный грунт с несоответствующим коэффициентом фильтрации вызывает повреждения, влияющие на дебит воды в насыпи (например, провалы в насыпи, трещины в укреплении бетоном), что приводит к деградации грунтовой обоймы и дальнейшему разуплотнению насыпи. Прогиб конструкции МГТ в 5% снижает устойчивость (появляются вмятины, потеря формы, разрушение МГТ) почти на треть [19].

При оценке характеристик МГТ, построенных в России с 1970-х по 1991 год, были получены данные, что в благоприятных условиях МГТ сохранили свои характеристики на срок, составляющий 60–70 лет. В средах с повышенной кислотностью воды, со значительным абразивным воздействием, МГТ прослужили не более 15–20 лет [20]. Неповрежденное цинковое покрытие способно десятками лет защищать трубы из МГК. Повреждения цинкового защитного слоя можно быстро восстанавливать, не подвергая коррозии защищаемый металл [4]. В процессе очистки просвета МГТ от наносов ила происходят механические повреждения защитного полимерного покрытия, ускоряя коррозию металла [6].

Существующие способы оценки агрессивности проходящих через МГТ вод ориентируются на справочную информацию о водоемах местности. Справочная информация не оценивает климатические и антропогенные влияния последнего времени. Для обеспечения безопасности движения, в холодное время года на дорогу рассыпают различные реагенты. Как правило, это агрессивные вещества, корродирующие металл. Простым способом

оценки агрессивности воды и грунта по отношению к металлу может быть замер удельного сопротивления воды и грунта. Дистиллированная вода является диэлектриком и не проводит электрический ток. Электрический ток проводят соли металлов и углерод. Чем выше сопротивление, тем меньше агрессивных веществ. При сопротивлении грунта до 20 Ом·м, среда считается высоко агрессивной, действует запрет на возведение МГТ в таких местах. При сопротивлении грунта от 20 до 50 Ом·м среда считается среднеагрессивной. При сопротивлении грунта выше 50 Ом·м, среда считается слабоагрессивной [20].

Для оценки состояния металлических частей линейного сооружения можно использовать различные методы ультразвукового контроля (теневой, эхо-метод, зеркальный эхо-метод, дельта-метод, сквозной эхо-метод и акустико-эмиссионный метод). На долю ультразвукового контроля приходится более 30% практики экспертизы изделий и конструкций [21].

Магнитная дефектоскопия является универсальным методом оценки для металлических конструкций [22]. Метод используется значительное время, надежен. Возможно его использование, как минимум, в спорных случаях, требующих дополнительной информации для оценки состояния металла деталей МГТ. Магнитную дефектоскопию разумно производить после уплотнения грунтовой обоймы МГТ уязвимых узлов. Это позволило бы своевременно обнаружить дефекты и избежать ситуаций, когда слишком сильное воздействие при уплотнении ведет к срезу болтов и смятию кромок отверстий [23].

Различные портативные устройства обеспечивают автоматическое определение показателей общей, точечной (питтинговой) коррозии, а также потенциала коррозии металлов, сплавов и покрытий, могут определять толщину цинкового покрытия, что позволяет точно оценить состояние металлической части конструкции [24, 25].

С точки зрения повышения производительности труда, большей надежности учета данных, сбора статистики, уменьшения числа ошибок, для обследований МГТ могут быть использованы специализированные информационные устройства. Возможности этих устройств включают в себя определение местоположения, времени, передачу данных, заполнение базы данных, автоматическое формирование документации с результатами обследования [26].

Выводы: 1. Состояние оценочной деятельности претерпевает развитие, появляются более точные методы снятия характеристик, улучшается детализация, что говорит о потребности и востребованности оценочной информации для обеспечения требуемых сроков безаварийной эксплуатации, набора статистики и последующего улучшения качественных характеристик МГТ.

2. Основной фактор, изнашивающий и разрушающий МГТ – коррозия, она способна сократить срок службы МГТ на 50 и даже 80%. Магистральное направление в повышении характеристик МГТ - оценка корродирующих воздействий и противодействие им.

3. Незначительные отклонения в характеристиках МГТ может говорить о ранних этапах процессов, снижающих срок службы безаварийной работы МГТ. Появление новых дефектов говорит о начавшихся процессах нарушения основных характеристик.

4. Оценка состояния МГТ должна привести к выявлению и устранению негативных процессов на ранних стадиях, когда ремонт дешев и максимально эффективен.

5. Увеличение сроков эксплуатации МГТ свыше 80 лет представляется нецелесообразной задачей, ввиду изменчивости условий эксплуатации, невозможности прогнозирования на столь долгий период. Необходимо

поднять средний срок эксплуатации МГТ к верхней границе диапазона срока службы МГТ, это даст самый надежный результат.

Литература

1. Макаева А. А., Болдинова С. Д. Применение металлических гофрированных труб в дорожном строительстве // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 ноября 2019 года / под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет». Установа адукацыі "Полацкі дзяржаўны ўніверсітэт", 2020. – С. 366-370.

2. Ахраменко Г. В., Металлические гофрированные трубы - как альтернатива железобетонным // Строительство и восстановление искусственных сооружений: Материалы VII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Гомель, 21–22 мая 2020 года / Под общей редакцией А.А. Поддубного. Том Часть I. – Гомель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта", 2020. – С. 46-49.

3. Каменчуков А. В., Егоров П. И., Николаева Г. О., Каменчуков Ю.В., Рудакова Я.М. Строительство металлических гофрированных труб в условиях наличия многолетнемерзлых грунтов // Инженерный вестник Дона, 2023, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8431.

4. Алтунин В. И., Черных О. Н., Федотов М. В. Водопропускные сооружения транспортных магистралей из металлических гофрированных структур: Монография, – МОСКВА: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 304 с.

5. Баранов А. Ю., Долговечность и гидравлические расчеты спиральновитых металлических гофрированных труб // Modern Science. – 2021. – № 5-4. – С. 231-234.

6. Алексиков С. В., Гофман Д. И., Самсонов И. В., Лескин А. И. Повышение надежности металлических дорожных труб // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2023. – № 3-4(92). – С. 62-72.

7. Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Блинков М. А., Зарудный А. И. Расчетная оценка возможных причин разрушения гофрированной трубы под автомобильной дорогой в Крыму // Транспортные сооружения. – 2017. – Т. 4, № 1. – С. 1. – DOI 10.15862/01TS117.

8. Марущак В. В., Булхаирова С. И., Кузнецова В. В. Анализ разрушения водопропускного сооружения на реке Эльги // Техника и технологии строительства. – 2018. – № 3(15). – С. 13-18.

9. Черных О. Н., Ханов Н. В., Бурлаченко А. В. Заилиение трубчатых водопропускных сооружений из гофрированного металла // Природообустройство. – 2018. – № 1. – С. 38-45. – DOI 10.26897/1997-6011/2018-1-38-45.

10. Hydraulic design of highway culverts. U.S. Department of Transportation. Hydraulic design series number 5. Third edition. Publication No. FHWA-HIF-12-026. April 2012.

11. Service life of culverts. NCHRT. Synthesis of Highway Practice 474 / Transportation Research Board of the National Academies. – Washington, 2015. – 145 p.

12. Суэтина Т. А., Бурлаченко А. В., Черных О. Н., Румянцева А.Н., Жажа Е.Ю. Об опыте эксплуатации дорожных водопропускных труб из гофрированного стального листа на транспортных магистралях в московском

регионе // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году: Сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. Том 2. – Москва: Издательство АСВ, 2018. – С. 456-462. – DOI 10.22337/9785432302663-456-462.

13. Алтунин В. И., Черных О. Н. Особенности применения габионных конструкций в трубчатых водопропускных сооружениях из металлических гофрированных структур // Природообустройство. – 2013. – № 3. – С. 48-52.

14. Ault, J. Peter Long-Term Field Investigation of Polymer Coated Corrugated Steel Pipe / Steel Market Development Institute, A Business Unit of the American Iron and Steel Institute, 25 Massachusetts Ave, NW, Washington DC., 2012. – 18 p.

15. Логинова О. А., Оценка надёжности водопропускных труб: специальность 05.23.11 "Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Логинова Ольга Анатольевна. – Москва, 2006. – 19 с.

16. Анушков А. А., Яшнов А. Н. Проблемы при эксплуатации металлических гофрированных сооружений и методы их // Химия. Экология. Урбанистика. – 2018. – Т. 2018. – С. 322-326.

17. Анушков А. А., Яшнов А. Н. Анализ проблем оценки технического состояния металлических гофрированных сооружений // Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика: Материалы международной научно-практической конференции: в 3 частях, Новосибирск, 19–20 октября 2017 года. Том Часть 1. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 128-133.

18. Малофеев А. Г., Знаменская Т. В., Шуваев А. Н. Особенности работы водопропускных труб из гофрированных структур // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Омск, 29–30 ноября 2018 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2019. – С. 258-261.

19. Черников, А. В., Козлов В. А. Оценка устойчивости цилиндрических гофрированных водопропускных труб с начальным прогибом // Строительная механика и конструкции. – 2023. – № 3(38). – С. 7-19. – DOI 10.36622/VSTU.2023.38.3.001.

20. Болдинова С. Д., Макаева А. А. Защита металлических гофротруб при обустройстве водопропускных сооружений автодорог // Шаг в науку. – 2020. – № 4. – С. 25-28.

21. Коротин А. И., Лазарев А. Л., Святкина Г. Н. Применение ультразвуковых методов контроля для оценки качества соединений металлических конструкций в современных условиях // Огарёв-Online. – 2015. – № 13(54). – С. 2.

22. Кравцов В. С., Ратушняк В. С. Обзор магнитных методов. Магнитная дефектоскопия // Образование - наука - производство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 07–08 декабря 2018 года. Том 1. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2018. – С. 120-130.

23. Марков А. С., Шестаков В. Н. Численный анализ повреждений арочной металлической гофрированной трубы, возникших в процессе её строительства // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство:

Сборник материалов II Национальной научно-практической конференции, Омск, 18–19 апреля 2019 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2019. – С. 315-319.

24. Марасанова А. А., Ануфриев Н. Г. Определение толщины цинковых покрытий на стали с помощью универсального коррозиметра "Эксперт 004" // Коррозия: материалы, защита. – 2006. – № 8. – С. 45-48. –

25. Универсальный коррозиметр "ЭКСПЕРТ-004" для организации коррозионного контроля на предприятиях и в лабораториях // Энергосбережение и водоподготовка. – 2004. – № 1. – С. 29.

26. Скутина М. А., Мыльников М. М. Современные методы обследования водопропускных труб // Инновационный транспорт. – 2017. – № 3(25). – С. 44-48. – DOI 10.20291/2311-164X-2017-3-44-48.

References

1. Makaeva A. A., Boldinova S. D. Arhitekturno-stroitel'nyj kompleks: problemy, perspektivy, innovacii: sbornik statej II mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Novopolock, 28–29 nojabrja 2019 goda pod red. L. M. Parfenovoj. Novopolock: Uchrezhdenie obrazovanija «Polockij gosudarstvennyj universitet» Ustanova adukacyi "Polacki dzjarzhaŭny universitjet", 2020. pp. 366-370.

2. Ahramenko G. V. Stroitel'stvo i vosstanovlenie iskusstvennyh sooruzhenij: Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h chastjah, Gomel', 21–22 maja 2020 goda pod obshhej redakciej A.A. Poddubnogo. Tom Chast' I. Gomel': Uchrezhdenie obrazovanija "Belorusskij gosudarstvennyj universitet transporta", 2020. pp. 46-49.

3. Kamenchukov A. V., Egorov P. I., Nikolaeva G. O. Kamenchukov Yu.V., Rudakova Ya. M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8431.

4. Altunin V. I., Chernyh O. N., Fedotov M. V. Monografija. Moskovskij avtomobil'no-dorozhnyj gosudarstvennyj tehničeskij universitet [Culverts of

transport highways made of corrugated metal structures: Monograph]. (MADI), 2016. 304 p.

5. Baranov A. Ju. Modern Science.2021.№ 5-4. pp. 231-234.

6. Aleksikov S. V., Gofman D. I., Samsonov I. V., Leskin A. I. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura.2023. № 3-4(92). pp. 62-72.

7. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Blinkov M. A., Zarudnij A. I. Transportnye sooruzhenija. 2017. T. 4, № 1. p. 1. DOI 10.1586201TS117.

8. Marushhak V. V., Bulhairova S. I., Kuznecova V. V. Tehnika i tehnologii stroitel'stva. 2018. № 3(15).pp. 13-18.

9. Chernyh O. N., Hanov N. V., Burlachenko A. V. Prirodoobustrojstvo.2018.№ 1. pp. 38-45. DOI 10.268971997-60112018-1-38-45.

10. Hydraulic design of highway culverts. U.S. Department of Transportation. Hydraulic design series number 5. Third edition. Publication No. FHWA-HIF-12-026. April 2012.

11. Service life of culverts. NCHRT. Synthesis of Highway Practice 474 Transportation Research Board of the National Academies. Washington, 2015.145 r.

12. Sujetina T. A., Burlachenko A. V., Chernyh O. N., Romyanceva A.N., Zhazha E.Yu. Fundamental'nye, poiskovyje i prikladnye issledovanija RAASN po nauchnomu obespečeniju razvitija arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2017 godu: Sbornik nauchnyh trudov Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk. Tom 2. Moskva: Izdatel'stvo ASV, 2018. pp. 456-462.DOI 10.223379785432302663-456-462.

13. Altunin V. I., Chernyh O. N. Prirodoobustrojstvo. 2013. № 3. pp. 48-52.

14. Ault, J. Peter Long-Term Field Investigation of Polymer Coated Corrugated Steel Pipe Steel Market Development Institute, A Business Unit of the

American Iron and Steel Institute, 25 Massachusetts Ave, NW, Washington DC., 2012.18 p.

15. Loginova O. A. "Proektirovanie i stroitel'stvo dorog, metropolitenov, ajerodromov, mostov i transportnyh tonnelej": avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk ["Design and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels": abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences]. Loginova Ol'ga Anatol'evna. Moskva. 2006. 19 p.

16. Anushkov A. A., Jashnov A. N. Himija. Jekologija. Urbanistika. 2018. T. 2018.pp. 322-326.

17. Anushkov A. A., Jashnov A. N. Innovacionnye faktory razvitija transporta. Teorija i praktika: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 3 chastjah, Novosibirsk, 19–20 oktjabrja 2017 goda. Tom Chast' 1. Novosibirsk: Sibirskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija, 2018.pp. 128-133.

18. Malofeev A. G., Znamenskaja T. V., Shuvaev A. N. Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, innovacii: Sbornik materialov III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Omsk, 29–30 nojabrja 2018 goda. Omsk: Sibirskij gosudarstvennyj avtomobil'no-dorozhnyj universitet (SibADI), 2019.pp. 258-261.

19. Chernikov A. V., Kozlov V. A. Stroitel'naja mehanika i konstrukcii. 2023. № 3(38).pp. 7-19. DOI: 10.36622/VSTU.2023.38.3.001.

20. Boldinova S. D., Makaeva A. A. Shag v nauku. 2020. № 4. pp. 25-28.

21. Korotin A. I., Lazarev A. L., Svjatkina G. N. Ogarjov-Online. 2015. № 13(54).p. 2.

22. Kravcov, V. S., Ratushnyak V. S. Obrazovanie - nauka - proizvodstvo: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Chita, 07–08 dekabrja 2018 goda. Tom 1. Chita: Zabajkal'skij institut zheleznodorozhnogo transporta -



filial federal'nogo gosudarstvennogo bjudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdenija vysshego professional'nogo obrazovaniya "Irkutskij universitet putej soobshhenija", 2018.pp. 120-130.

23. Markov A. S., Shestakov V. N. Obrazovanie. Transport. Innovacii. Stroitel'stvo: Sbornik materialov II Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, Omsk, 18–19 aprelja 2019 goda. Omsk: Sibirskij gosudarstvennyj avtomobil'no-dorozhnyj universitet (SibADI), 2019.pp. 315-319.

24. Marasanova A. A., Anufriev N. G. Korrozija: materialy, zashhita. 2006. № 8. pp. 45-48.

25. Jenergosberezhenie i vodopodgotovka.2004. № 1. p. 29.

26. Skutina M. A., Myl'nikov M. M. Innovacionnyj transport. 2017. № 3(25).pp. 44-48. DOI 10.202912311-164X-2017-3-44-48.

Дата поступления: 6.08.2024

Дата публикации: 15.09.2024