

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 624.042

DOI: 10.21822/2073-6185-2021-48-3-99-105

Обзорная статья / Review

Изготовление арок из фибробетона для моста

М.Р. Нахаев

Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова,
364024, г. Грозный, ул. Шерипова, 32, Россия

Резюме. Цель. Рассматривается новый метод изготовления арок для моста из фибробетона в виде аналога несъемной опалубки. В рамках настоящей работы получены результаты исследований, подтверждающие эффективность получения фибробетонов для строительства мостовых арок различной конфигурации. **Метод.** Предлагаемые разработки позволят повысить прочностные характеристики мостовой арки для малых и средних мостов за счет оптимизации формы и размеров поперечного сечения в соответствии с изменением изгибающего момента по длине арки. Одновременно в несколько раз снизится ее металлоемкость. **Результат.** Полученные результаты подтвердили эффективность электростатического распыления сухой бетонной смеси с одновременным до увлажнением, что способствует работе капиллярных сил по уплотнению слоёв бетона и изготовлению профилированной прочной оболочки (аналог несъемной усиленной опалубки) из армированного фибробетона. **Вывод.** Варьируя формой и размерами поперечного сечения, толщиной оболочки и степенью ее армирования, а также заполняя высокопрочным фибробетоном эту оболочку можно проектировать и изготавливать мостовые арки на различную нагрузку.

Ключевые слова: арка для моста, гибкий арматурно-сеточный каркас, сухая бетонная смесь, волокна, электростатические распылители, генератор холодного тумана

Для цитирования: М.Р. Нахаев. Изготовление арок из фибробетона для моста. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2021;48(3):99-105. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-3-99-105

Manufacturing of fiber-reinforced concrete bridge arches

M.R. Nakhaev

A.A. Kadyrov Chechen State University,
32 Sheripova Str., 364024 Grozny, Russia

Abstract. Objective. A new method of manufacturing arches for a fiber-reinforced concrete bridge in the form of an analogue of permanent formwork is considered. Within the framework of this work, research results have been obtained that confirm the effectiveness of the system for the construction of bridge arches of various configurations. **Method.** The proposed developments will improve the strength characteristics of the bridge arch for small and medium bridges by optimizing the shape and size of the cross section in accordance with the change in the bending moment along the length of the arch. At the same time, reduce its metal consumption by several times. **Result.** The results obtained confirmed the effectiveness of electrostatic spraying of dry concrete mixture with simultaneous moisture up to moisture, which contributes to the work of capillary forces for compaction of concrete layers and the manufacture of a profiled strong shell (analogue of non-removable reinforced formwork) from reinforced fiber-reinforced concrete. **Conclusion.** By varying the shape and dimensions of the cross-section, the thickness of the shell and the degree of its reinforcement, as well as filling this shell with high-strength fiber-reinforced concrete, it is possible to design and manufacture bridge arches for various loads.

Key words: Bridge arch, flexible mesh reinforcement, dry concrete mix, fibers, electrostatic sprayers, cold fog generator

For citation: M.R. Nakhaev. Manufacturing of fiber-reinforced concrete bridge arches. . Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2021; 48(3):99-105. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-3-99-105

Введение. Россию сравнивать с Китаем в области мостостроения, это всё равно, что сравнивать Россию с США по разработке и производству микроэлектроники. Одна из государственных задач Китая направлена на строительство скоростных автомобильных дорог и мостовых сооружений на них. Особенно впечатляют успехи КНР по использованию трубобетона в мостостроении. Всего в Китае к 2015 году построено более 300 [1] арочных мостов с применением трубобетона, в том числе и удивительный по параметрам мост Чунцин Ушань (Chongqing Wushan Bridge) через реку Янцзы (рис. 1), построенный в 2005 году [1]. Характеристики этого моста: пролет 460 метров, диаметр стальной трубы на арках 1,22 метра, толщина стенки трубы 22-25 миллиметров, стрела подъема арки 280 метров – наибольшая у такого типа мостов.



Рис. 1. Трубобетонный арочный мост Чунцин Ушань через реку Янцзы [2]

Fig. 1. Chongqing Wushan Concrete Arch Bridge over the Yangtze River

Применение трубобетона в строительстве, в том числе в мостостроении, известно с 1930-х годов [2]. Сейчас обычный трубобетон - это прямая балка или стойка, свая для мостовых опор, или изогнутая в виде арки стальная, полимерная или композитная труба, плотно заполненная бетоном. Например, один погонный метр трубобетона арок моста Чунцин Ушань имеет массу около 2,5-2,7 т. Арки этого моста, форма которых близка к параболе, работают в основном на сжатие. Если брать расчетное сопротивление до достижения предельного состояния по несущей способности стали трубы $R_s = 235$ МПа, а бетона $R_b = 17,3$ МПа [3], то предел по сжимающей нагрузке одной указанной арки из трубобетона около 34 МН (3400 тс). Это одно из основных преимуществ арочных мостов.

Постановка задачи. Для строительства малых и средних многопролетных арочных мостов с ездой поверху нередко используют фибропластиковые трубы, заполненные бетоном. Изготовление трубчатых арочных элементов из углеродного или стекловолоконного фибропластика включает в себя несколько этапов:

- а) Сборку трубчатой конструкции из фибропластика;
- б) Придание трубчатой конструкции арочной формы в соответствии с проектом;
- в) Пропитка смолой корпуса трубы.

В отличие от возведения больших арочных мостов, эта технология относительно проста, что дает сокращение сроков строительства.

Методы исследования. Кратко порядок строительства такой. Сначала готовят основания и строят опорные фундаменты из железобетона для арок. Устанавливают в береговые устои готовые изогнутые фибропластиковые трубы параллельно с определенным шагом. Заполняют трубы бетоном. Для заливки арок используют

самоуплотняющийся бетон. Укладывают на арки гофрированный настил из фиброармированного пластика или оцинкованного стального профнастила. При необходимости по гофрированному настилу устраивается гидроизоляция.

Далее производят устройство бетонного защитного слоя по гофрированному настилу для увеличения несущей способности конструкции. Бетонный слой наносится на арматурную сетку. По слою из бетона делают засыпку грунтом и/или щебенкой. Выполняют устройство дорожной одежды и установку барьерных ограждений на мосту [4]. Такая технология строительства может быть перенесена на сооружение двух или многопролетных мостов с несущими элементами из заполненных бетоном фибропластиковых трубчатых арок.

Самая выгодная форма арки для моста - это соответствие линии изгиба арки уравнению цепной линии. В этом случае материал однородной арки с одинаковой по длине линейной плотностью испытывает только механические напряжения сжатия и не испытывает напряжений изгиба. У арок, имеющих по длине разную геометрию поперечного сечения [5] и, следовательно, разный момент поперечного сечения и разную линейную плотность, напряжения сжатия непременно намного превышают над напряжениями изгиба. Однако трубобетонные арки для мостов с длиной пролета, например, 50-60 м имеют диаметр стальной трубы 250-400 мм при толщине стенки трубы 10-15 мм. Такую трубу не просто изогнуть в соответствии с уравнением цепной линией или, на крайний случай, по параболе.

Например, в работе [6] предлагают такой метод. К длинному отрезку трубы, который нужно изогнуть и придать форму мостовой арки, прикладывают вдоль продольной оси силу, сжимающую трубу. Видимо, для этого на строительном полигоне предполагают использовать гидродомкрат. В мостостроении используют гидродомкраты, развивающие усилие от 2 до 10 МН (200-1000 тс).

Согласно методу, сжимают первоначально прямую или предварительно немного изогнутую трубу. Уменьшение расстояния между двумя концами трубы заставляет ее постепенно и упруго изгибаться в дугообразную форму. Затем оба конца арки фиксируют относительно друг друга в их смещенном положении, чтобы сохранить окончательную дугообразную форму арки.

Недостатки данной технологии: прогибаться труба будет по синусоиде. Это следует из решения известной задачи Эйлера о форме центрально-сжатого стержня при потере устойчивости. Прогиб по синусоиде несущего элемента - это не лучшая форма арки для моста. Кроме того, в преодолении сил упругости и начала текучести материала арки достигим только небольшой изгиб. Более сильному изгибу препятствует опасение, что форма поперечного сечения трубы в месте максимальной кривизны исказится до неприемлемой - станет эллипсовидной или появятся гофры.

По этим причинам в строительстве мостов чаще всего применяют арки, сваренные из многих прямолинейных кусков. Но поскольку в зоне соединения даже под небольшим углом прямолинейных отрезков трубы в сварочном шве имеет место концентрация напряжений, что снижает надежность арки. Поэтому в работе [7] места соединения прямых участков трубы под углом, заменены короткими дугообразными отрезками. Тем самым уменьшают напряжения в местах сварки.

Недостатки такого метода: в стремлении приблизить изгиб арки к оптимальной форме, не удастся избежать кусочно-линейной аппроксимации. Поэтому в составной арке остается много прямолинейных участков. Помимо того, количество сварочных швов увеличилось в два раза, что снижает надежность арки.

Задача предлагаемой разработки повысить прочностные характеристики мостовой арки для малых и средних мостов за счет оптимизации формы и размеров поперечного сечения в соответствии с изменением изгибающего момента по длине арки. Одновременно в несколько раз снизить ее металлоемкость.

Для этого вначале делают гибкий арматурно-сеточный каркас арки (рис. 2, а). При изготовлении арматурно-сеточного каркаса арки используют гибкую арматуру из стальной проволоки или гибкую углеродную арматуру диаметром 6-8 мм [8].

Углеродная арматура, несмотря на высокий модуль упругости (130 ГПа), гибка, благодаря своей большой длине при малом диаметре. При этом прочность углеродных композитов высока - от 1,6 до 2 ГПа. Для изготовления арматурно-сеточного каркаса арки применяют гибкие стальные сетки или углеродные сетки Carbon Wrap Grid 150/1200 [9].

Собирают гибкий арматурно-сеточный каркас 2, прокладывают гибкие арматурные канаты 3 (рис. 2, б). Закрепляют взаимное расположение арматурных канатов проволоочными фиксаторами 4 (рис. 2, б). Тем самым, во время сборки арматурно-сеточного каркаса, применяя комплекты фиксаторов 4 разного размера, закономерно изменяют размеры и форму поперечного сечения будущей арки, в соответствии с изменением изгибающего момента по длине арки. Для безопасной строповки готовой арки с помощью длинной траверсы к арматурно-сеточному каркасу во многих точках крепят такелажные петли и другие закладные детали в соответствии с проектом такелажных и монтажных работ.

На рис. 2, в-д фиксаторы арматуры условно не показаны. На канатах закрепляют гибкие стальные сетки или сетки из углеродного волокна 5 (рис. 2, в). Тем самым завершают создание формообразующей основы арки.

Готовый каркас 2 арки подвешивают за его концы на двух инвертарных мачтах 1, расставленных на расстоянии друг от друга, равном не менее пролёту арки по проекту так, чтобы свободно висящий гибкий арматурно-сеточный каркас принял форму цепной линии (рис. 2, а).

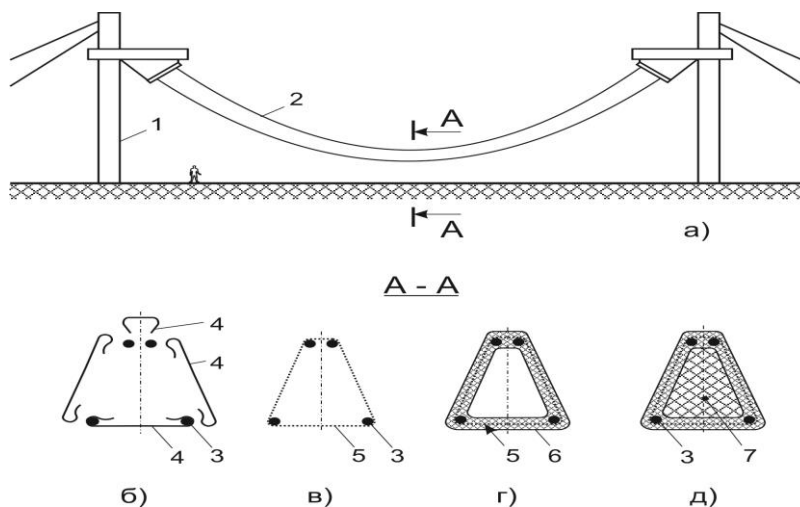


Рис. 2. Гибкий арматурно-сеточный каркас арки, свободно подвешенный на двух мачтах, по форме соответствует уравнению цепной линии

а) 1 - мачта, 2 - арматурно-сеточный каркас; б) 3 - гибкая арматура в виде проволоочных канатов или канатов из углеродного волокна; 4 - фиксаторы арматуры; в) 5 - гибкая стальная сетка или сетка из углеродных волокон; г) 6 - слои фибробетона, нанесенные электро-статическим методом на каркас; д) 7 - арматурно-сеточный каркас с осажденными электростатическим методом слоями фибробетона и заполненная бетоном внутренняя полость арки

Fig. 2. The flexible reinforcing mesh frame of the arch, freely suspended on two masts, corresponds in shape to the equation of the catenary

а) 1 - mast, 2 - reinforcing mesh cage; б) 3 - flexible reinforcement in the form of wire ropes or carbon fiber ropes; 4 - reinforcement clamps; в) 5 - flexible steel mesh or carbon fiber mesh; г) 6 - layers of fiber-reinforced concrete applied by electro-static method to the frame; д) 7 - reinforcing mesh frame with electrostatically deposited layers of fiber-reinforced concrete and the inner cavity of the arch filled with concrete

С помощью манипуляторов с электростатическими распылителями покрывают арматурно-сеточный каркас сухой бетонной смесью, содержащей упрочняющие волокна

[10]. Дозировано увлажняют водой осажденный слой бетонной смеси с целью достижения оптимального водоцементного отношения для применяемого типа цемента [11,12]. Повторяют процесс покрытия и увлажнения до получения необходимой толщины фибробетона 6 (рис. 2, г) с выдержками времени между циклами для набора начальной прочности осажденных слоев фибробетона.

После набора прочности слоев фибробетона необходимой толщины получается профильная труба (аналог несъемной опалубки) с разными размерами и формой поперечного сечения по длине арки из армированного фибробетона.

Благодаря тому, что момент инерции пропорционален четвертой степени высоты сечения, развитие сечения в направлении работы на изгибающий момент существенно увеличивает несущую способность. В зависимости от заданной прочности и массы арки, изделие может работать полым. Для большинства случаев строительства арочного моста полость внутри полученной оболочки арки, усиленной арматурой и волокном, заполняют бетоном 7 (рис. 2, д).

Обсуждение результатов. В процессе изготовления арки, увлажнение слоев сухой бетонной смеси и волокон проводят водой, тонкораспыленной с помощью генератора холодного тумана, при этом электростатическое осаждение сухой смеси проводят в палатке, которая охватывает арматурно-сеточный каркас и перемещается манипулятором вместе с электростатическими распылителями и расходными материалами вдоль каркаса арки.

Осаждение сухой смеси и увлажнение тонкораспыленной водой должны быть разделены расстоянием по длине арки и мягкой непромокаемой ширмой так, чтобы воздух с повышенной влажностью не достигал палатки с электростатическими распылителями.

Сухая бетонная смесь для послойного электростатического осаждения на арматурно-сеточный каркас должна состоять из гидрофильного цемента, тонкодисперсных минеральных частиц [13-15] и упрочняющих волокон (стеклянных [16-18], базальтовых, углеродных и др.), освобожденных от замасливателей и других гидрофобных веществ.

Это условие обеспечивает хорошее смачивание водой с добавкой поверхностно-активных веществ (ПАВ) бетонной смеси и волокон и способствует работе капиллярных сил по уплотнению слоёв фибробетона.

Если для улучшения свойств фибробетона добавляют в воду водорастворимые полимеры, то добавки ПАВ не требуется, так как многие водорастворимые полимеры сами обладают хорошей поверхностной активностью.

Для готовых арок массой до 100-150 т, их переворачивания в проектное положение и транспортировки на небольшое расстояние, а также установки арок на опоры, существует оборудование и технология монтажных работ.

Вывод. Рассмотренная технология базируется на опыте изготовления и применения трубобетонных арок в мостостроении, но с существенной модернизацией, улучшающей прочностные характеристики мостовой арки вследствие применения нового способа изготовления, а именно, становится возможным изменение формы и размеров поперечного сечения арки в соответствии с изменением изгибающего момента по длине изделия.

Технология позволяет изготавливать профилированную прочную оболочку (аналог несъемной усиленной опалубки) из армированного фибробетона. Варьируя форму и размеры поперечного сечения, толщину оболочки и степень ее армирования, а также заполняя высокопрочным бетоном эту оболочку, можно проектировать и изготавливать мостовые арки на различную нагрузку. За счет этого значительно снизится расход металла для изготовления арок для моста.

Библиографический список:

1. Чэнь Тао, Овчинников И.И., Овчинников И.Г. Тенденция развития мостостроения в Китайской народной республике // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2015. № 3(11); URL: trts.esrae.ru/18-117 (дата обращения 25.07.2021).
2. http://www.highestbridges.com/wiki/index.php?title=Wushan_Yangtze_River_Bridge
3. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. М.: Трансжелдориздат. 1963. 110 с.
4. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой // Интернет-журнал «Науковедение». Том 7, №4 (2015). <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (дата обращения 27.07.2021). DOI: 10.15862/95TVN415.
5. Мосты из стали и бетона: Технология строительства арочных мостов. <http://know-house.ru/avtor/0021/mosty-iz-stali-i-betona.html> (дата обращения 27.07.2021).
6. Патент [RU 2028438 C1 МПК E04B 1/32. Опубликовано 09.02.1995](#). Способ изготовления трубобетонной арки.
7. Европейский патент EP 2427601 B1. Опубликовано 05.04.2017. Способ строительства арочных конструкций.
8. Патент RU 2 690 245 C2 МПК E04B 1/32. Опубликовано 05.31.2019. Трубобетонная арка.
9. Углеродная арматура FibARM Rebar 6S и марки Monsterod 8S. <https://dipchel.ru/store/armatura-kompozitnaya/fibarm-rebar-6s.html> (дата обращения 27.07.2021).
10. Углеродная сетка CarbonWrap Grid 150/1200. <http://carbonwrap.pro/catalog/21-uglerodnaya-setka-carbonwrap-grid-150-1200.html>
11. Кокоев М.Н., Федоров В.Т. Электростатическое формование изделий из армированного бетона // Бетон и железобетон. 1997, N 6. С. 17-19.
12. Углеродное волокно из полиакрилонитрила (ПАН). <https://dipchel.ru/store/uglerodnoe-volokno/> (дата обращения 27.07.2021).
13. Hong Li, Cheryl Richards, James Watson. High-Performance Glass Fiber Development for Composite Applications // International Journal of Applied Glass Science, 5 [1] 65–81 (2014).
14. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. М.: Стройиздат. 1984. 672 с.; С. 497-498.
15. Современные пространственные конструкции (железобетон, металл.): Справочник / Ю.А. Дыховичный, Э.З. Жуковский, В.В. Ермолов и др.; Под ред. Ю.А. Дыховичного, Э.З. Жуковского. М.: Высш. школа. 1991. 543 с.; С. 174-175.
16. Нахаев М.Р. Составы ОТДВ для инъекционного закрепления грунтов с комплексным наполнителем различного генезиса / И.Я. Харченко, М.Р. Нахаев, С.-А.Ю. Муртазаев [и др.] // Экология и промышленность России. 2015. No 3. С. 48-52.
17. Salamanova M.Sh., SMurtazayev-A. Yu., Alaskhanov A.Kh., Ismailova Z.Kh. Development of Multicomponent Binders Using Fine Powders [Разработка составов многокомпонентных вяжущих с использованием тонкодисперсных порошков] Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. pp. 500-503. URL <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-19/125914231>.
18. Salamanova M.Sh., Mintshev M. Sh., Murtazayev S.-A. Yu., Saidumov M.S. Ecological Aspect of the Usage of Ash and Slag Waste in the Chechen Republic [Экологические аспекты использования золошлаковых отходов Чеченской Республики] Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 38-41. <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-18/articles>

References:

1. CHen' Tao, Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G. The development trend of bridge construction in the People's Republic of China. [Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve] *Technical regulation in transport construction*. 2015; 3(11); URL: trts.esrae.ru/18-117. (In Russ)
2. http://www.highestbridges.com/wiki/index.php?title=Wushan_Yangtze_River_Bridge. (In Russ)
3. Rosnovskij V.A. Reinforced concrete in bridge construction. M.: *Transzheldorizdat*. 1963;110. (In Russ)
4. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mihaldykin E.S On the problem of calculating pipe-concrete structures with a shell made of different materials. Part 1. Experience of using pipe concrete with a metal [Internet-zhurnal «Naukovedenie»] *Internet journal "Science of Science"*.2015; 7(4). DOI: 10.15862/95TVN415. (In Russ)

5. Bridges made of steel and concrete: Technology for the construction of arch bridges. <http://know-house.ru/avtor/0021/mosty-iz-stali-i-betona.html> (дата обращения 27.07.2021). (In Russ)
6. Patent RU 2028438 C1 MPK E04B 1/32. Опубликован 09.02.1995. Способ изготовления трубобетонной арки. [Patent RU 2028438 C1 IPC E04B 1/32. Published on 02/09/1995. A method of manufacturing a pipe-concrete arch]. (In Russ)
7. Европейский патент EP 2427601 B1. Опубликован 05.04.2017. Способ строительства арокных конструкций. [European patent EP 2427601 B1. Published on 04/05/2017. A method of building arched structures.] (In Russ)
8. Patent RU 2690245 C2 MPK E04B 1/32 . Опубликован 05.31.2019. Трубобетонная арка. [Patent RU 2 690 245 C2 IPC E04B 1/32. Published on 05.31.2019. Concrete arch.] (In Russ)
9. Углеродная арматура FibARM Rebar 6S i marki Monsterod 8S. <https://dipchel.ru/store/armatura-kompozitnaya/fibarm-rebar-6s.html> [FibARM Rebar 6S and Monsterod 8S carbon fittings.]
10. Углеродная сетка CarbonWrap Grid 150/1200. <http://carbonwrap.pro/catalog/21-uglerodnaya-setka-carbonwrap-grid-150-1200.html> [Carbon Mesh CarbonWrap Grid 150/1200]. (In Russ)
11. Kokoev M.N., Fedorov V.T. Electrostatic molding of reinforced concrete products. *Concrete and reinforced concrete*. 1997; 6:17-19. (In Russ)
12. Polyacrylonitrile Carbon Fiber (PAN). <https://dipchel.ru/store/uglerodnoe-volokno>. (In Russ)
13. Hong Li, Cheryl Richards, James Watson. High-Performance Glass Fiber Development for Composite Applications. *International Journal of Applied Glass Science*, 2014; 5(1):] 65–81. (In Russ)
14. Bazhenov YU.M., Komar A.G. Strojizdat.[Bazhenov Yu.M., Komar A.G. Technology of concrete and reinforced concrete products. М.: Stroyizdat. 1984; 497-498. (In Russ)
15. YU.A. Dykhovichnyj, E.Z. Zhukovskij, V.V. Ermolov i dr. M.: Vysshaya shkola. Modern spatial structures (reinforced concrete, metal ...): Handbook / Yu.A. Dykhovichny, E.Z. Zhukovsky, V.V. Ermolov and others; Ed. Yu.A. Dykhovichny, E.Z. Zhukovsky. М.: Higher. school. (In Russ)
16. Nahaev M.R. Compositions of OTDV for injection consolidation of soils with a complex filler of various genesis / I.Ya. Kharchenko, M.R. Nakhaev, S.-A.Yu. Murtazaev [et al.] *Ecology and Industry of Russia*. 2015; 3: 48-52. (In Russ)
17. Salamanova M.Sh., Murtazayev S.-A. Yu., Alaskhanov A.Kh., Ismailova Z.Kh. Development of Multicomponent Binders Using Fine Powders. Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). *Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST)*. 2019; 1: 500-503. URL <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-19/125914231>.
18. Salamanova M.Sh., Mintshev M. Sh., Murtazaev S.-A. Yu., Saidumov M.S. Ecological Aspect of the Usage of Ash and Slag Waste in the Chechen Republic. Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, 2018; 177: 38-41. <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-18/articles>.

Сведения об авторе:

Нахаев Магомед Рамзанович, кандидат технических наук, доцент, проректор по науке и инновациям, e-mail: mr-nakhaev@mail.ru

Information about author:

Magomed R. Nakhaev, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Science and Innovation, e-mail: mr-nakhaev@mail.ru

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов/The author declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 01.09.2021.

Одобрена после рецензирования / Revised 10.09.2021.

Принята в печать/ Accepted for publication 12.09.2021.