

УДК 69.055

С. Г. Абрамян^а, Р. А. Меняйлова^а, О. В. Оганесян^б, А. И. Мусаяев^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Московская дирекция железнодорожных вокзалов,
Павелецкий вокзал — филиал ОАО «РЖД»*

УПРОЧНЕНИЕ ГРУНТОВ НА СКЛОНАХ АНКЕРНОЙ СВАЕЙ С УШИРИТЕЛЕМ

На основе анализа ряда научных публикаций и патентной информации по изучаемой теме выявлены недостатки коротких противопопзневых свай, применяемых при стабилизации грунтов на склонах. Разработано усовершенствованное конструктивное решение анкерной сваи. Для устройства сваи предлагается использовать трансформирующийся уширитель, закрепленный к нижнему концу обсадной трубы, основание которого имеет конусообразную форму. Подобная конструкция уширителя, содержащего шарнирно закрепленные между собой сегменты, на которых установлены ролики, обеспечивающие уширение в грунте, позволяет создавать многоместные уширения при упрочнении слабых и пучинистых грунтов на склонах, а также при закреплении подпорных стенок в местности со сложным рельефом вдоль автомобильных, железных дорог и других линейно-протяженных сооружений, а также при выполнении берегоукрепительных работ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: оползни, обрушение, трансформирующийся уширитель, снижение сопротивления погружения свай, повышение несущей способности.

Введение

Мировой опыт строительства зданий и сооружений на склонах объясняется наличием больших территорий освоения со сложным рельефом (страны с горным рельефом, холмистой местностью, сопряженные с оползневыми и другими явлениями), что требует дополнительных затрат по повышению несущей способности грунтов практически на всех стадиях жизненного цикла строящегося объекта недвижимости. Авторы публикации [1] отмечают, что «обрушение склонов является одним из частых разрушительных стихийных бедствий, которые приводят к огромным материальным и человеческим жертвам», в связи с чем в своем исследовании для анализа устойчивости склона предлагают «сложную многоступенчатую модель железобетонной сваи с анкерными болтами и геосеткой». С целью обоснования предлагаемой модели с помощью программного обеспечения для конкретной местности авторами выполнен «анализ предельного равновесия грунтов на склонах», в результате которого установлена необходимость применения подобных свай при упрочнении конкретных типов грунтов, для конкретной местности и строительного объекта.

С целью снижения критического риска оползней авторами исследования из Вьетнама [2] усовершенствована известная конструкция анкерной системы для укрепления склонов с конкретным видом грунтов, а именно красно-базальтовых.

Учеными из Китая [3] исследовано упрочнение грунтов на склонах на основе применения коротких свай вдоль скоростной автомагистрали Юнь-ян — Фэнцзе в Чунцине, при этом основное внимание уделено противопопзневым явлениям. Авторы отмечают, что рассматриваемые короткие

сваи могут защищать от образования и дальнейшего роста трещин лишь на самой ранней стадии сейсмического процесса, потому как при увеличении сейсмического воздействия происходит рост трещин по слабому промежуточному слою грунта вниз к подножью склона; как следствие, короткие сваи разрушаются, не препятствуя оползневым явлениям.

Проблема устойчивости склонов, укрепленных посредством специальных противооползневых свай и усиления грунтов, в условиях сейсмической активности затрагивается и в работе [4]. Авторы подчеркивают, что при проектировании противооползневых свай особое внимание необходимо обратить на длину и место расположения свай. В научной публикации [5] также отмечается значимость такого фактора, как расположение свай, поскольку от этого в значительной степени зависит, насколько успешно будет осуществлена поддержка склона.

В публикации [6], напротив, говорится о том, что на текущий момент вопросы укрепления тоннелей, проложенных в районах, характеризующихся повышенной оползневой опасностью, остаются недостаточно исследованными; кроме того, требует пристального изучения механика укрепления таких тоннелей посредством свай и анкеров. В связи с этим, основываясь на учете потенциального деформирующего оползневого воздействия, авторы предлагают разработанный ими тип свайно-анкерной системы, предназначенной для защиты действующих тоннелей.

Различным методам и технологиям стабилизации грунтов оснований, в том числе на склонах, с помощью грунтовых анкеров посвящены работы [7—10].

Использование анкерных устройств и свай в настоящее время признается одним из наиболее эффективных и перспективных направлений в деле стабилизации грунтов [11—13], что обусловлено рядом моментов: благодаря конструктивным особенностям подобные устройства могут применяться не только в вертикальном, но и в горизонтальном и наклонном направлениях; они подходят для использования как при строительстве, так и при реконструкции линейно-протяженных (прежде всего автомобильных и железных дорог, сетей специализированного транспорта, включая трубопроводный, на склонах, даже с большим уклоном) и ярусных сооружений и систем.

Материалы и методы

Основными методами исследования в данной работе являются анализ, сопоставление и сравнение технологий упрочнения грунтов основания и на склонах различными видами свай на основе обзора научных статей, патентной информации, а также ранних исследований авторов данной работы, представленных в публикациях [14—17].

Рассмотрим некоторые патентные разработки, обеспечивающие стабилизацию грунтов при возведении строительных систем в местности со сложным рельефом. Авторами изобретения [18] и полезной модели [19] предлагаются приспособления для устройства противопучинистой сваи, которые позволяют упрочнять слабые и пучинистые грунты. Приспособление, разработанное авторами [18], содержит обсадную трубу, сердечник, выполненный в виде трубы, закрытой в верхней и нижней части пластинами, в которых имеются отверстия, через которые проходит арматурный стержень. Приспособление, представленное в [19], конструктивно отличается от разработки [18] тем, что

нижняя часть обсадной трубы выполнена в виде сегментов, соединенных между собой шарнирами с установленными на них роликами. Если недостатком изобретения [18] следует назвать отсутствие возможности наклонного погружения сваи (что особенно критично в условиях сложного рельефа), то к недостаткам разработки [19] относится требование соблюдать временной интервал между операциями по устройству полости сваи и дальнейшему ее заполнению бетонной смесью, что, в свою очередь, может стать причиной обрушения что может привести к обрушению грунта вокруг скважины.

В патенте [20] предлагается анкерная свая, содержащая металлический сердечник, находящийся в обсадной трубе, также закрытая с верхней и нижней сторон пластинами; при этом, по аналогии с [19], нижняя часть обсадной трубы выполнена в виде сегментов, соединенных между собой шарнирами с установленными на них роликами, что позволяет по всей длине сваи выполнять многоместные уширения в слабых грунтах. Так как металлический сердечник выполнен из трубы, он одновременно выполняет функцию бетоновода.

Недостаток предложенной анкерной сваи [20] заключается в том, что при погружении сваи в грунт полый металлический сердечник, выполняющий функцию бетоновода, забивается в конце погружения грунтом в результате обрушения грунта стен скважины, образуя пробку, которая препятствует нагнетанию бетонной смеси в пространство уширения.

Кроме того, нижние сегменты, расположенные перпендикулярно продольной оси сваи, создают значительное сопротивление погружению сваи в результате обрушении грунта стен скважины в полость скважины во время погружения обсадной трубы, что требует дополнительных энергетических затрат технологического процесса, а также повышения прочности несущей конструкции обсадной трубы анкерной сваи путем усиления ее элементов за счет увеличения материалоемкости.

Целью данной работы является совершенствование анкерной сваи с уширителем, с учетом регулирования длины сваи, так как применение коротких противооползневых свай не всегда обеспечивает несущую способность грунтов на склонах.

Результаты

Таким образом, для устранения недостатков ранее представленных конструктивных и технологических решений свай [18—20] и обеспечения несущей способности грунтов на склонах, в том числе при выполнении берегоукрепительных работ, предлагается применение усовершенствованной анкерной сваи, у которой нижний сегмент имеет конусообразную форму со съёмной конусной заглушкой. Заглушка выполняет функцию раскатателя грунта при обрушении стен скважины и осыпании грунта в полость скважины при погружении обсадной трубы анкерной сваи, а также закрывает канал бетоновода до подачи бетонной смеси.

Рассмотрим конструкцию предлагаемой усовершенствованной анкерной сваи (рис. 1).

Свая состоит из обсадной трубы 1, внутри которой находится сердечник 2, выполненный из металлической трубы, которая выполняет функцию бетоноводной трубы. Обсадная труба закрывается сверху и снизу пластинами 3 и 4. Нижние пластины 4 через проставку 5 неподвижно закреплены на

обсадной трубе в виде усеченного к низу обсадной трубы конуса. Верхняя пластина 3 с муфтой 6 обеспечивает герметичность сердечника при подаче бетонной смеси. Уширитель анкерной сваи состоит из сегментов 7 с насаженными на них роликами 8. Уширитель закреплен к стенкам обсадной трубы шарнирами 9, которые помещены в кожухи 10 в целях защиты от загрязнений при выполнении работ. Внутри металлического сердечника помещен арматурный стержень 11, с помощью которого выталкивается заглушка 12 сердечника для беспрепятственной подачи бетонной смеси 13.

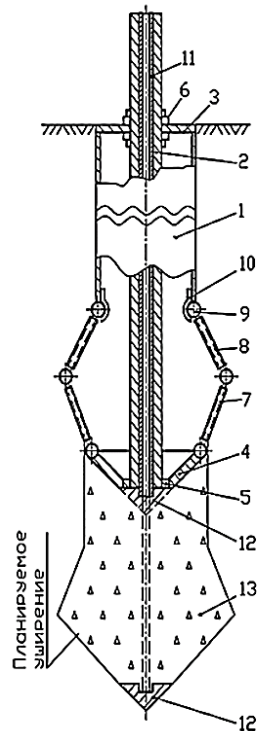


Рис. 1. Схема анкерной сваи с уширителем: 1 — обсадная труба; 2 — полый металлический сердечник; 3 — верхняя пластина; 4 — нижняя пластина; 5 — проставка; 6 — муфта; 7 — сегменты; 8 — ролики; 9 — шарниры; 10 — кожух шарнира 9; 11 — арматура; 12 — заглушка полого сердечника; 13 — бетонная смесь

При погружении обсадной трубы уширитель, состоящий из сегментов и роликов, находится в сложенном виде. После погружения обсадной трубы со сложенным уширителем до расчетной глубины, благодаря вращению и поступательному движению обсадной трубы, сегменты уширителя раскрываются и насаженные на них ролики образуют уширение скважины. После этого сегменты и ролики уширителя складываются вдоль обсадной трубы и перемещаются вместе по скважине вверх. Далее с помощью арматурного стержня выталкивается заглушка сердечника и подается бетонная смесь в скважину. Отметим, что арматурный стержень и нижний съемный конус заглушки остаются в скважине, становясь армирующими элементами анкерной сваи. В зависимости от свойств грунтов процесс уширения может выполняться несколько раз, тем самым образуя многократные уширения анкерной сваи.

Известно, что для укрепления откоса при больших нагрузках от грунта применяются подпорные стенки с анкерной свай, и часто необходимым условием погружения является наклонное положение свай.

На рис. 2 представлена схема погружения усовершенствованной анкерной сваи в наклонном положении на примере закрепления подпорной стенки.

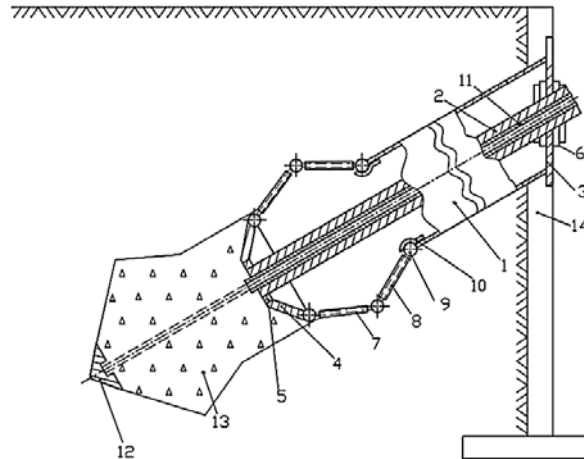


Рис. 2. Схема закрепления подпорной стенки анкерной свай: 1 — обсадная труба; 2 — полый металлический сердечник; 3 — верхняя пластина; 4 — нижняя пластина; 5 — проставка; 6 — муфта; 7 — сегменты; 8 — ролики; 9 — шарниры; 10 — кожух шарнира; 11 — арматура; 12 — заглушка полого сердечника; 13 — бетонная смесь; 14 — подпорная стенка

Сама технология погружения не отличается от вышеописанной технологии. Как видно из рис. 2, верхняя пластина с муфтой закреплены к подпорной стенке. Однако до погружения анкерной сваи нужно с учетом геологических и гидрогеологических условий расчетным путем определить не только высоту подпорной стенки, но и места погружения свай, их необходимую длину. Выбор необходимых средств механизации также зависит от указанных и других факторов. Кроме того, данные факторы предопределяют решения по извлечению как обсадной трубы, так и уширителя.

Обсуждение и заключение

Суть усовершенствования свай заключается в следующем:

- анкерная свая содержит металлический сердечник (он же является и бетоноводом), помещенный в обсадную трубу, которая закрыта верхней и нижней пластинами;
- верхняя пластина с муфтой обеспечивает герметичность при подаче бетонной смеси через полый сердечник;
- к нижней части обсадной трубы с помощью шарниров неподвижно закреплены сегменты уширителя;
- сегменты уширителя, на которых установлены ролики, между собой также имеют шарнирное соединение, позволяющее им трансформироваться;
- ролики, насаженные на сегменты уширителя, образуют уширение скважины;

- внутри металлического сердечника размещен арматурный стержень, с помощью которого выталкивается съемная заглушка металлического сердечника;
- нижние пластины через проставку неподвижно закреплены к обсадной трубе в виде усеченного к низу обсадной трубы конуса, образующие которого являются продолжением заглушки;
- основное назначение заглушки — закупоривание снизу полого металлического сердечника (бетонорода) от заполнения его полости грунтом при погружении обсадной трубы;
- уширитель, состоящий из отдельных сегментов, шарнирно закрепленных между собой, трансформируется, что позволяет погружать в грунт вместе с обсадной трубой в сложенном виде;
- конструкция уширителя и возможность ее трансформации позволяют выполнять многоместное уширение при устройстве анкерной сваи.

Новизна работы заключается в разработке основания анкерной сваи в виде конической заглушки бетонорода и конусообразного нижнего сегмента, которые образуют общий конус основания уширителя и анкерной сваи. Предлагаемое конструктивное решение анкерной сваи позволяет снизить сопротивление нагрузки на обсадную трубу осыпающегося грунта в скважине при погружении обсадной трубы анкерной сваи, а также сократить энергетические и эксплуатационные затраты технологического процесса; заглушка позволяет предотвратить забивание грунтом полости сердечника, которое, в свою очередь, может препятствовать подаче бетонной смеси и, как следствие, увеличить несущую способность сваи и снизить сопротивление погружения сваи на склонах, что обеспечивает повышение прочности, устойчивости подпорной стенки при совместном применении с анкерной свайей или же упрочнение грунтов на склонах с образованием многоместных уширений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Use of RCC pile, anchor bolt and geogrid for building construction on the unstable slope / S. K. Jain, M. S. Nusari, R. Shrestha et al. // *Geoenviron Disasters*. 2023. Vol. 10. Iss. 13. URL: <https://doi.org/10.1186/s40677-023-00243-8>.
2. Duy Khang Pham, Hieu Nguyen-Van, Thanh Sang To. A case study of ground anchor effectiveness on slope stability in red basaltic soil // *Transportation Infrastructure Geotechnology*. 2026. Vol. 13. Iss. 3. URL: <https://doi.org/10.1007/s40515-026-00817-7>.
3. Liu Y., Lai J., Liu Y. Research on the dynamic characteristics and disaster mechanism of anti-slide short pile-supported slopes // *Sci. Rep.* 2025. Vol. 15. Art. no. 13041. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89456-5>.
4. Analysis of the upper limit of the stability of high and steep slopes supported by a combination of anti-slip piles and reinforced soil under the seismic effect / Wei Luo, Gequan Xiao, Zhi Tao, Jingyu Chen, Zhulong Gong, Haifeng Wang // *Buildings*. 2025. Vol. 15. Iss. 15. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings15152806>.
5. Zhen Tang, Qiuyuan Tang. Study on deformation reinforcement design method of anchor pile for high soil slope // *Hans Journal of Civil Engineering*. 2021. Vol. 10. Iss. 9. Pp. 811—819. URL: <https://doi.org/10.12677/hjce.2021.109092>.
6. An experimental evaluation of pile-anchor strengthening mechanics for existing tunnels in landslide region / Zhiguo Zhang, Lei Fang, Qihua Zhao, Mengxi Zhang, Yutao Pan, Bingbing Ma // *Underground Space*. 2022. Vol. 7. Pp. 199—218. URL: <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2021.07.005>.
7. Юшков Б. С., Третьякова О. В. Рациональное использование материала анкерных свай тонких подпорных стен // *Транспортные сооружения*. 2014. Т. 1. № 4. URL: <http://t-s.today/PDF/02TS414.pdf>. DOI: 10.15862/02TS414.

8. Каменчуков А. В., Собчук С. А. Применение грунтовых анкеров для укрепления слабых оснований // Междунар. науч.-исслед. журн. 2025. № 6(156). URL: <https://research-journal.org/archive/6-156-2025-june/10.60797/IRJ.2025.156.43>. DOI: 10.60797/IRJ.2025.156.43. EDN: OULYJF.
9. Прокопов А. Ю., Еганян Г. В., Кузнецов В. О. Сравнение конструктивно-технологических решений подпорной стенки, усиленной грунтовыми анкерами // Инженер. вестн. Дона. 2023. № 2. URL: <https://www.ivdon.ru/ru/magazine/issue/182>.
10. Соколов Н. С. Укрепление оползневого склона // Строительные материалы. 2018. № 11. С. 44—55. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-765-11-44-55>.
11. Самохвалов М. А., Гейдт А. В., Паронко А. А. Обзор существующих конструкций буронабивных анкерных свай // Вестн. МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 12. С. 1530—1554. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554.
12. Костина О. В., Бочкарева Т. М. Исследование характера работы свай с поворотными анкерами при работе в массиве пучинистых грунтов // Строительство и геотехника. 2020. Т. 11. № 4. С. 46—57. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.4.0.
13. Мангушев Р. А., Никитина Н. С., Тереженко И. Ю. Анализ влияния анкерных свай-баретт на результаты испытаний // Construction and Geotechnics. 2023. Т. 14. № 1. С. 88—98. DOI: 10.15593/2224-9826/2023.1.07.
14. Abramyan S. G., Burlachenko O. V., Oganessian O. V., Beklaryan V. M. The base soils strengthening by means of an anchor pile with a widener // Advances in Ecology and Environmental Engineering II : proceedings of International Conference on Ecology and Environmental Engineering (March, 24—27, 2025, Sochi, Russia). Sochi, 2025. Pp. 225—235.
15. Abramyan S. G., Oganessian O. V., Simakov V. S. Soil stabilizing with drilled-in piles for building foundations in reconstruction projects // Proceedings of the 8th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety ICCATS-2024 (Sept., 8—14, 2024, Saint Petersburg, Russia) / Eds. A. A. Radionov et al. Springer Cham, 2025. Pp. 592—601. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-80482-3>.
16. Абрамян С. Г., Оганесян О. В. К вопросу об уширении буронабивных, буроналивных, буроналивных и анкерных свай // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2026. Вып. 2(103). С. 115—126. DOI: 10.35211/18154360_2026_2_115.
17. Технология устройства буронабивной свай с уширением / С. Г. Абрамян, Н. А. Фоменко, О. В. Бурлаченко, О. В. Оганесян, В. И. Карапузов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 6—14. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_6.
18. Устройство для возведения противопучинистой свай : пат. 2 451 779 Рос. Федерация : МПК E02D 5/38 (2006.01) / Зекин В. Н., Березнев В. А., Соргутов И. В. — № 2010142099/03 ; заявл. 13.10.2010 ; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15. 5 с.
19. Устройство для возведения противопучинистой свай : пат. 153 643 Рос. Федерация : МПК E02D 5/38 (2006.01) / Зекин В. Н., Соргутов И. В., Березнев В. А., Третьякова О. В. — № 2014140627/03 ; заявл. 07.10.2014 ; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21. 2 с.
20. Анкерная свая : пат. 191 431 Рос. Федерация : МПК E02D 5/54 (2006.01) / Зекин В. Н., Березнев В. А., Соргутов И. В., Лапаева А. Д. — № 2019113829 ; заявл. 06.05.2019 ; опубл. 05.08.2019, Бюл. № 22. 6 с.

© Абрамян С. Г., Меняйлова Р. А., Оганесян О. В., Мусаев А. И., 2026

Поступила в редакцию
23.06.2026

Ссылка для цитирования:

Абрамян С. Г., Меняйлова Р. А., Оганесян О. В., Мусаев А. И. Упрочнение грунтов на склонах анкерной свай с уширителем // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2026. Вып. 3(104). С. 6—13. DOI: 10.35211/18154360_2026_3_6.

Об авторах:

Абрамян Сусанна Грантовна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; susannagrانت@mail.ru

Меняйлова Регина Анатольевна — канд. экон. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ovvr@mail.ru

Оганесян Оганес Валерьевич — исследователь, начальник Павелецкого вокзала Московской дирекции железнодорожных вокзалов — филиала ОАО РЖД. Российская Федерация, 115054, г. Москва, Павелецкая пл., 1а; ogooganesyany@mail.ru

Мусаев Арсен Исмаилович — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ORCID: 0009-0009-9094-6011

**Susanna G. Abramyan^a, Regina A. Menyailova^a, Oganess V. Oganessyan^b,
Arsen I. Musaev^a**

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of Russian Railways (JSCo "RZD")*

SOIL STRENGTHENING ON SLOPES WITH ANCHOR PILES WITH EXTENDERS

Based on an analysis of several scientific publications and patent information on the topic under study, the deficiencies of short anti-landslide piles used for soil stabilization on slopes were identified. An improved design for an anchor pile was developed. A transformable expander attached to the lower end of a casing pipe with a conical base is proposed for the pile's installation. This expander design, comprising hinged segments with rollers providing expansion in the ground, enables the creation of multiple expansions for stabilizing soft and heaving soils on slopes, as well as for stabilizing retaining walls in difficult terrain along highways, railways, and other linear structures, and for coastal protection work.

Key words: landslides, collapse, transforming expander, reduction of pile driving resistance, increase in bearing capacity.

For citation:

Abramyan S. G., Menyailova R. A., Oganessyan O. V., Musaev A. I. [Soil strengthening on slopes with anchor piles with extenders]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2026, iss. 3, pp. 6—13. DOI: 10.35211/18154360_2026_3_6.

About authors:

Susanna G. Abramyan — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; susannagrants@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3938-1096; Scopus ID: 6508040964, Researcher ID: C-7099-2016

Regina A. Menyailova — Candidate of Economic Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ovvr@mail.ru; ORCID: 0009-0004-5231-4690

Oganess V. Oganessyan — Researcher, Chief, Paveletsky Station, Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of Russian Railways (JSCo "RZD"). 1a, Paveletskaya sq., Moscow, 115054, Russian Federation; ogooganesyany@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2050-2302

Arsen I. Musaev — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ars-musaev.1994@yandex.ru; ORCID: 0009-0009-9094-6011