

Научная статья
УДК 624.159.2
doi:10.52170/1815-9265_2026_81_63

Современные технологии возведения армогрунтовых устоев в мостостроении и их конструктивные особенности

Серик Сатыбаевич Хасенов^{1✉}, Анна Викторовна Кузнецова², Светлана Сергеевна Пак³,
Евгений Александрович Орлов⁴, Сергей Иванович Герасимов⁵

¹ ALT UNIVERSITY имени М. Тынышпаева, Казахстан, Алматы

² ООО «Сотерра Инжиниринг», Санкт-Петербург, Россия

^{3, 4} ТОО «АзияГеоЦентр-кз», Алматы, Казахстан

⁵ Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

¹ Sake-56@mail.ru✉

² anna.kuznetsova@soterra.ru

³ svetlanapark13@gmail.com

⁴ asiageocentre@mail.ru

⁵ 912267@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены современные технологии возведения армогрунтовых устоев мостовых сооружений и проанализированы их конструктивные особенности. В условиях интенсивного развития транспортной инфраструктуры возрастает необходимость применения эффективных инженерных решений, позволяющих сократить сроки строительства и повысить надежность мостовых сооружений. Одним из перспективных направлений является использование армированного грунта, формируемого путем послойного уплотнения грунтового материала с применением геосинтетических армирующих элементов. Совместная работа грунтового массива и армирующих материалов обеспечивает повышение устойчивости конструкций и их несущей способности.

Целью исследования является анализ современных технологий возведения армогрунтовых устоев мостовых сооружений и выявление их конструктивных особенностей. Для достижения поставленной цели в статье приводятся обобщающие схемы наиболее распространенных конструктивных армогрунтовых решений на концевых опорах, а также результаты геодезического мониторинга высотного положения отдельных конструкций.

Установлено, что основными современными типами армогрунтовых устоев являются устои с отдельными функциями, устои диванного типа и интегральные армогрунтовые устои. Для каждого из них выделены особенности их конструирования, принципы работы и области применения. Отмечены зарубежные конструкции, применяемые в Нидерландах, Японии и др. странах, что повышает объективность проведенных научных изысканий по армогрунтовым технологиям при строительстве автомобильных и железнодорожных мостов.

По результатам проведенных исследований установлено, что применение армогрунтовых технологий позволяет уменьшить объем железобетонных конструкций. Вместе с тем данное решение повышает технологичность строительства и обеспечивает стабильное положение насыпи на подходах и в переходных участках мостового сооружения. Полученные результаты подтверждают перспективность использования армогрунтовых устоев при строительстве и реконструкции транспортных сооружений.

Ключевые слова: армогрунтовые конструкции, мостовые устои, конструктивные решения, транспортные сооружения, геосинтетические материалы

Для цитирования: Современные технологии возведения армогрунтовых устоев в мостостроении и их конструктивные особенности / С. С. Хасенов, А. В. Кузнецова, С. С. Пак, Е. А. Орлов, С. И. Герасимов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2026. № 4 (81), спецвыпуск. С. 63–71. DOI 10.52170/1815-9265_2026_81_63.

Original article

Modern technologies for the construction of reinforced soil abutments in bridge engineering and their design features

Serik S. Khasenov^{1✉}, Anna V. Kuznetsova², Svetlana S. Park³, Evgeniy A. Orlov⁴,
Sergey I. Gerasimov⁵

¹ ALT University, Almaty, Kazakhstan

² Soterra Engineering LLC, Saint Petersburg, Russia

^{3, 4} AsiaGeoCentre-kz LLP, Almaty, Kazakhstan

⁵ Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

¹ Sake-56@mail.ru

² anna.kuznetsova@soterra.ru

³ svetlanapark13@gmail.com

⁴ asiageocentre@mail.ru

⁵ 912267@gmail.com

Abstract. The article examines modern technologies for the construction of geosynthetic reinforced-soil (GRS) bridge abutments and analyzes their structural features. With the rapid development of transport infrastructure and increasing traffic intensity, there is a growing need for effective engineering solutions that can reduce construction time while maintaining the reliability and durability of bridge structures. One of the promising approaches in this field is the use of reinforced-soil technology, which is formed through layer-by-layer compaction of soil combined with geosynthetic reinforcement elements. The interaction between the soil mass and reinforcing materials significantly improves the stability and load-bearing capacity of the structure.

The purpose of this study is to analyze modern technologies for the construction of geosynthetic reinforced-soil bridge abutments and to identify their structural characteristics. To achieve this objective, existing structural schemes of reinforced-soil abutments were analyzed and international experience in their application in bridge construction was reviewed.

The paper considers the main types of reinforced-soil abutments used in modern engineering practice, including abutments with separated functions, seat-type abutments, and integral reinforced-soil abutments. For each type, structural characteristics, operational principles, and application areas are examined. Particular attention is given to international experience in the implementation of reinforced-soil technologies in both highway and railway bridge construction, including examples from European countries and Japan.

The conducted analysis demonstrates that the use of reinforced-soil technologies allows for a reduction in the volume of reinforced concrete structures, improves construction efficiency, and ensures more uniform structural performance during operation. The results confirm the potential of using reinforced-soil abutments in the construction and reconstruction of transportation infrastructure facilities.

Keywords: reinforced-soil structures, bridge abutments, structural solutions, transportation structures, geosynthetic materials

For citation: Khasenov S. S., Kuznetsova A. V., Park S. S., Orlov E. A., Gerasimov S. I. Modern technologies for the construction of reinforced-soil abutments in bridge engineering and their design features. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2025;(81):63–71. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2026_81_63.

Введение

Развитие современной транспортной инфраструктуры, включая строительство скоростных автомобильных дорог и модернизацию железнодорожных линий, требует применения новых конструктивных решений, позволяющих обеспечить надежность сооружений при одновременном сокращении сроков и стоимости строительства. Одним из ключевых элементов мостового сооружения является устой, который выполняет функцию передачи нагрузок от пролетного строения на основание и обеспечивает удержание грунта подходной насыпи [1].

Традиционные конструкции мостовых устоев имеют ряд ограничений. Обсыпные устои требуют значительного развития конусов насыпи, что приводит к увеличению длины пролетного строения и повышению стоимости мостового сооружения. В свою очередь, необсыпные устои, выполняемые в виде массивных железобетонных подпорных стен, позволяют уменьшить длину моста, од-

нако отличаются высокой материалоемкостью, сложностью устройства фундаментов и значительными затратами на строительство.

В последние десятилетия в мировой практике мостостроения активно внедряется технология армированного грунта (Geosynthetic Reinforced Soil – GRS) [2]. Конструктивно такое сооружение представляет собой грунтовой массив, усиленный геосинтетическими материалами, что позволяет обеспечивать устойчивость к восприятию постоянных и временных нагрузок. При этом грунт и геосинтетика работает как единое «целое» в системе элементов мостового перехода. Поэтому армогрунтовые конструкции упрощают конструкцию концевых опор и, следовательно, уменьшают объемы железобетонных элементов.

Целью настоящего исследования является анализ современных конструктивных решений армогрунтовых устоев мостовых сооружений и обобщение результатов геодезического мониторинга высотного положения таких конструкций.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования был проведен анализ научных публикаций, нормативной литературы и собственного опыта применения армогрунтовых конструкций в мостостроении. Особое внимание уделено работам, посвященным использованию геосинтетических материалов в качестве армирующих элементов грунтовых массивов.

Методика исследования включала:

- анализ научно-технической литературы по армогрунтовым конструкциям;
- обобщение зарубежного опыта применения армогрунтовых технологий;
- сравнительный анализ различных типов армогрунтовых устоев.

Результаты исследования

Использование армогрунтовых массивов в конструкции мостовых устоев позволяет существенно изменить традиционную схему взаимодействия элементов сооружения. Армированный грунт может выполнять как вспомогательные функции удержания грунта насыпи, так и непосредственно воспринимать нагрузки от пролетного строения [3].

В зависимости от распределения функций между конструктивными элементами различают три основных типа армогрунтовых устоев (рис. 1):

- устои с отдельными функциями;
- устои диванного типа;
- интегральные устои.

В устоях с отдельными функциями функции восприятия нагрузок распределяются между железобетонной опорой и армогрунтовым массивом [4]. Крайняя опора, выполненная аналогично промежуточной опоре, воспринимает нагрузки от пролетного строения, тогда как армированная насыпь выполняет функцию удержания грунта подпорной насыпи и воспринимает давление транспортных нагрузок (рис. 2). Подобная схема позволяет уменьшить размеры конусов насыпи и сократить длину мостового сооружения. Сокращение количества пролетов, в свою очередь, приводит к снижению стоимости строительства, и экономия составляет от 10 до 21 % от стоимости всего искусственного сооружения от ширины сооружения [5].

Одним из примеров реализации данной технологии является объект на Большой Алматинской кольцевой автомобильной дороге на ПК 210+10, построенный в 2022 г. Объект расположен в г. Алматы – регионе с высокой сейсмической активностью (9–10 баллов), что требует обязательного учета сейсмических воздействий при проектировании подобных сооружений.

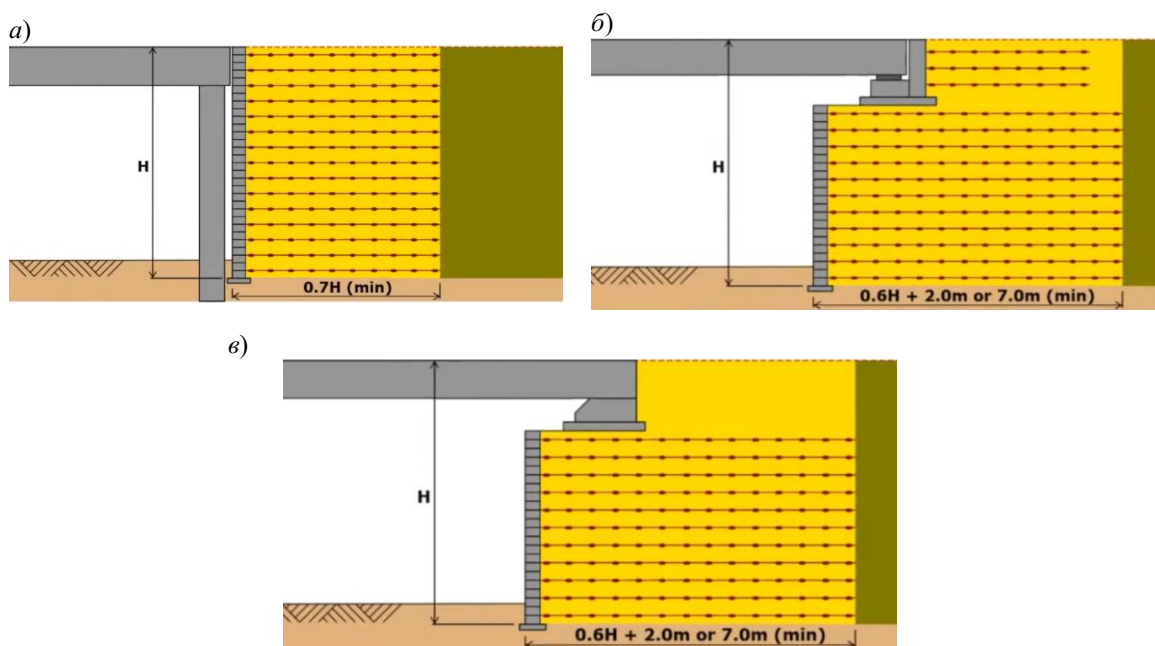


Рис. 1. Основные типы армогрунтовых устоев:

а – устой с отдельными функциями; б – устой диванного типа; в – интегральный устой



Рис. 2. Устой с раздельными функциями, Ленинградская область

Расчетная схема сооружения представляла собой армогрунтовый массив высотой 16 м с уклоном передней стенки – 86° . В основании сооружения залегали слабые грунты, в связи с чем было принято решение об устройстве свайного основания. По расчету были приняты буронабивные сваи глубиной 16 м, диаметром 1 м и шагом 2,5 м (рис. 3).

При выполнении расчетов учитывались нагрузки от собственного веса конструкции, транспортная нагрузка, а также сейсмическое воздействие, соответствующее условиям г. Алматы. Результаты расчетов показали достаточный запас устойчивости по всем проверяемым предельным состояниям.

Наблюдения за эксплуатацией данного объекта показывают, что такие конструкции обладают высокой надежностью, обеспечивают равномерную осадку и позволяют значительно снизить материалоемкость строительства (рис. 4).

В устоях диванного типа армогрунтовый массив используется в качестве непосредственной опоры для пролетного строения. В этом случае армированный грунтовый блок воспринимает вертикальные нагрузки от пролетного строения, что позволяет отказаться от устройства отдельной крайней опоры.

Такое решение дает возможность исключить крайние пролеты, которые ранее перекрывали конус насыпи. В результате кон-

струкция мостового сооружения становится более компактной и технологичной.

Практическим примером применения данной технологии является путепровод на автомобильной дороге А21 в Великобритании, построенный в 2017 г. (рис. 5). В данном проекте применение армогрунтовых устоев позволило заменить трехпролетную конструкцию однопролетной.

Использование данной технологии позволило значительно сократить сроки строительства и уменьшить стоимость сооружения.

Армогрунтовые устои диванного типа также широко применяются при строительстве железнодорожных сооружений. Особенно активно данная технология используется в Нидерландах и Японии, в том числе на линиях высокоскоростного движения (рис. 6).

При реконструкции мостовых сооружений временные армогрунтовые устои позволяют существенно ускорить строительные работы, поскольку их возведение требует меньших затрат времени и ресурсов (рис. 7).

Наиболее современным направлением развития армогрунтовых конструкций являются интегральные устои [6]. В таких сооружениях отсутствуют опорные части и деформационные швы, а пролетное строение опирается непосредственно на армированный грунтовый массив.

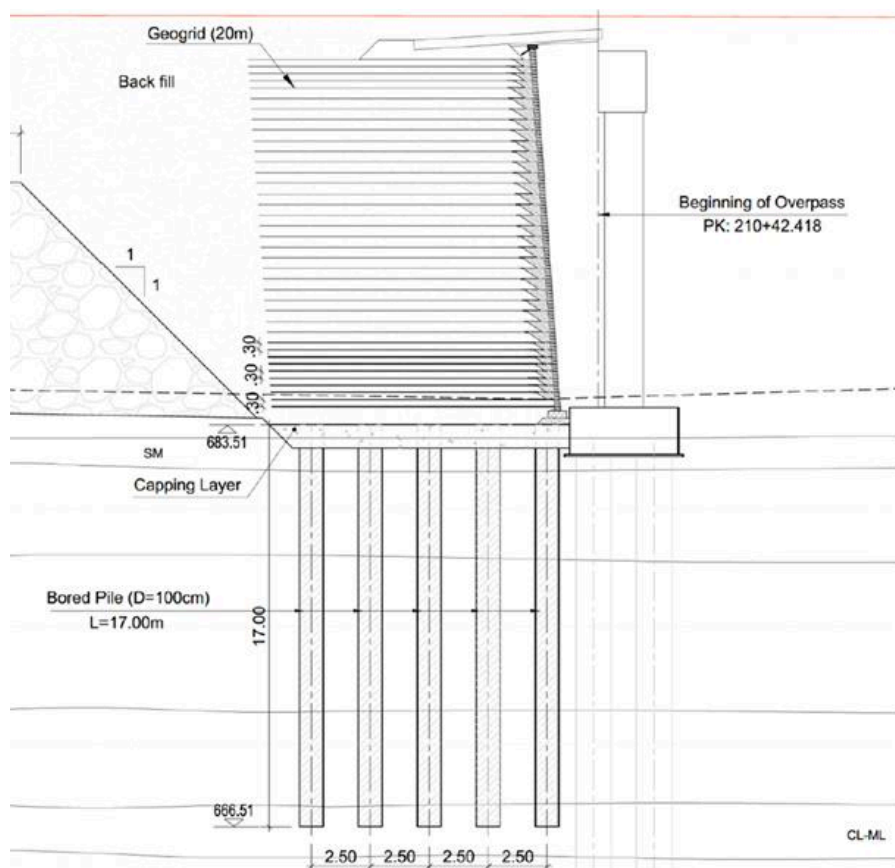


Рис. 3. Расчетная схема подпорной стены на ПК 210+10



Рис. 4. Состояние подпорной стены на сегодняшний день



Рис. 5. Процесс строительства путепровода на А-21



Рис. 6. Устой железнодорожного путепровода, Нидерланды



Рис. 7. Устой временного путепровода, Великобритания

Отсутствие переходных плит и деформационных швов позволяет обеспечить более плавный переход между мостовым сооружением и подходной насыпью (рис. 8).

Армированный грунтовый массив в таких конструкциях способен воспринимать не только статические нагрузки, но и температурные деформации пролетного строения. Наблюдения за эксплуатацией подобных сооружений показывают, что армогрунтовые конструкции обладают высокой устойчивостью и надежностью.

По результатам длительного мониторинга армогрунтовых мостовых сооружений, возве-

денных с 2005 г., было установлено, что подобные конструкции обеспечивают равномерную осадку пролетного строения и подходной насыпи, а также дают экономию до 60 % [7] (таблица).

Отметим, что дополнительными элементами, улучшающими работу предложенных конструкций армогрунтовых устоев в составе мостового перехода, могут быть виброматы, которые снижают жесткость в пределах моста при укладке их в толще с гидроизоляцией в одежде ездового полотна автодорожных мостов или в балластное корыто железнодорожных пролетных строений и устоев [8–10].

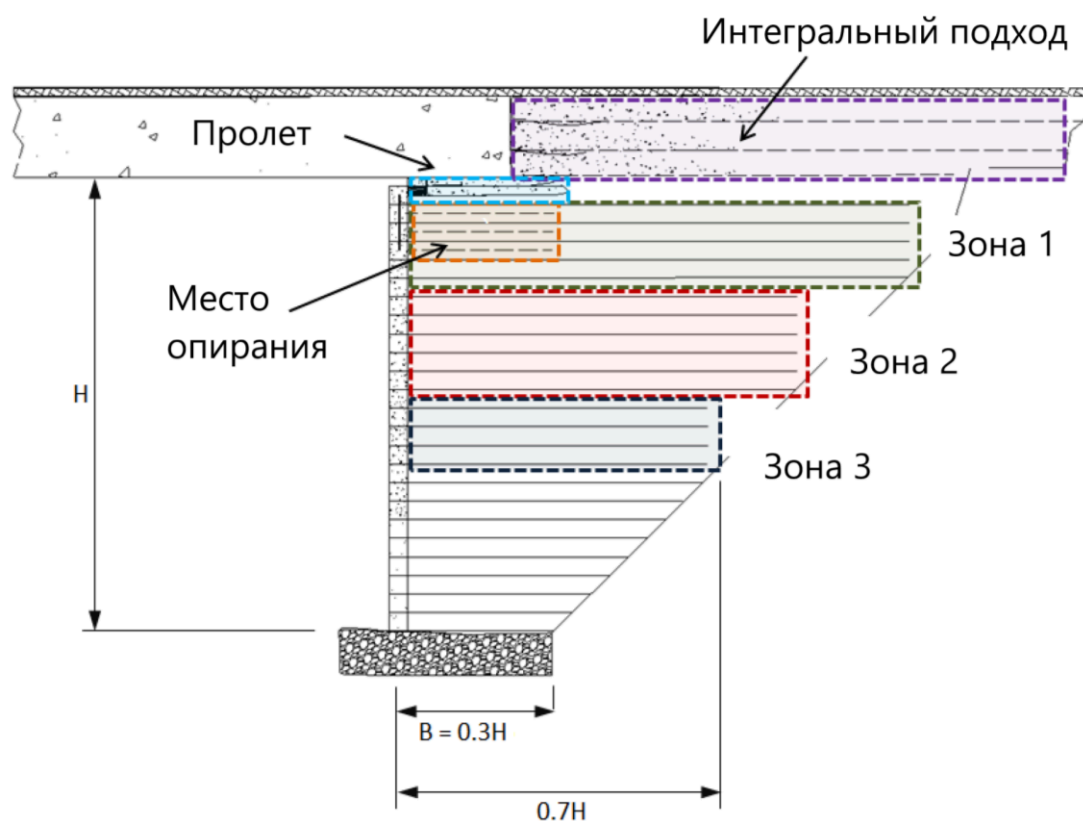


Рис. 8. Схема интегрального устоя

Данные мониторинга армогрунтовых мостовых сооружений

Объект	Тип армогрунтового устоя	Период мониторинга	Высота армогрунтового массива, м	Наблюдаемая осадка, мм
Подпорная стена на БАКАД, ПК 210+10, Алматы	Устой с отдельными функциями	2022–2025	16,0	12–18
Путепровод А21, Великобритания	Устой диванного типа	2017–2025	7,5	8–14
Железнодорожный путепровод, Нидерланды	Армогрунтовый устой диванного типа	2010–2025	9,0	10–16
Временный путепровод, Великобритания	Временный армогрунтовый устой	2018–2023	5,5	6–10
GRS-IBS мостовые сооружения (США)	Интегральный армогрунтовый устой	2005–2017	6–8	15–22

Выводы

Как видно из результатов исследования, наиболее простыми из рассмотренных конструкций являются устои с отдельными функциями, которые позволяют уменьшить длину моста за счет сокращения числа пролетов. Перспективный тип конечных опор – интегральные армогрунтовые устои, которые обеспечивают совместную работу мостового сооружения и подходной насыпи без применения деформационных швов и переходных плит.

В целом, применение армогрунтовых технологий в мостостроении позволяет повысить эффективность строительства транспортных сооружений, снизить материалоемкость конструкций и обеспечить надежную работу мостовых устоев в процессе эксплуатации, что подтверждается результатами проведенного геодезического мониторинга. Поэтому такие конструкции широко применяются во всем мире.

Список источников

1. Строительство и реконструкция автомобильных дорог : справочная энциклопедия дорожника / А. П. Васильев, Б. С. Марышев, В. В. Силкин [и др.]. Москва : Информавтодор, 2005. 928 с.
2. Соколов А. Д. Армогрунтовые системы автодорожных мостов и транспортных развязок : монография. Санкт-Петербург : ОМЦ «Держава», 2013. 504 с.
3. Соколов А. Д., Солодуни А. Н. Многофункциональные армогрунтовые конструкции устоев мостов // Научные труды ЦНИИС. 2005. Вып. 226. С. 137–146.
4. Соколов А. Д., Солодуни А. Н. Армогрунтовые конструкции устоев с отдельными функциями моста через р. Ликову // Дороги и мосты. 2006. Вып. 15/1. С. 119–126.
5. Опыт проектирования моста через р. Ликову / В. И. Шмидт, А. Н. Солодуни, Б. И. Кулачкин [и др.] // Вестник мостостроения. 2004. № 3–4. С. 28–31.
6. Christopher B. R., Gill S. A., Giroud J. P. Geosynthetic Reinforced Soil Integrated Bridge System (GRS-IBS) : Interim Implementation Guide. Washington : Federal Highway Administration, 2011. 212 p.
7. Adams M., Nicks J., Stabile T. Long-Term Monitoring of a Geosynthetic Reinforced Soil Integrated Bridge System (GRS-IBS) // CAIT-UTC-NC22, University of Delaware, Department of Civil and Environmental Engineering. Newark, 2017. P. 158.
8. Применение подбалластных вибраторов на железнодорожных железобетонных пролетных строениях с ездой на балласте и сопрягаемых участках земляного полотна / И. В. Засухин, А. В. Паторняк, И. В. Чаплин [и др.] // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2024. № 4 (71). С. 92–100. DOI 10.52170/1815-9265_2024_71_92. EDN HMRJEG.
9. Тараканов А. В., Чаплин И. В. Снижение вибрационных воздействий за счет применения вибраторов в конструкции верхнего строения пути на мостах на высоко скоростных магистралях // // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2025. № 3 (18). С. 50–60. DOI 10.52170/2712-9195_2025_3_50. EDN YOVREN.
10. Паторняк А. В., Чаплин И. В., Ефимов С. В. Применение подбалластных вибраторов на мостовых сооружениях // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2023. № 4. С. 43–53. DOI 10.15593/24111678/2023.04.04. EDN SLKJXP.

References

1. Vasiliev A. P., Maryshev B. S., Silkin V. V. [et al.]. Construction and reconstruction of highways. Reference Encyclopedia of Road Engineers. Moscow: Informavtodor; 2005. 928 p. (In Russ.).
2. Sokolov A. D. Reinforced soil systems of highway bridges and transport interchanges: monograph. Saint Petersburg: OMTs 'Derzhava'; 2013. 504 p. (In Russ.).
3. Sokolov A. D., Solodunin A. N. Multifunctional reinforced soil bridge abutment structures. *Scientific Proceedings of TsNIIS*. 2005;226:137–146. (In Russ.).
4. Sokolov A. D., Solodunin A. N. Reinforced soil bridge abutments with separated functions for the bridge across the Likova River. *Roads and Bridges*. 2006;15/1:119–126. (In Russ.).
5. Shmidt V. I., Solodunin A. N., Kulachkin B. I. [et al.]. Design experience of the bridge across the Likova River. *Bulletin of Bridge Engineering*. 2004;(3–4):28–31. (In Russ.).
6. Christopher B. R., Gill S. A., Giroud J. P. Geosynthetic Reinforced Soil Integrated Bridge System (GRS-IBS): Interim Implementation Guide. Washington: Federal Highway Administration; 2011. P. 212.
7. Adams M., Nicks J., Stabile T. Long-Term Monitoring of a Geosynthetic Reinforced Soil Integrated Bridge System (GRS-IBS). *CAIT-UTC-NC22, University of Delaware, Department of Civil and Environmental Engineering*. Newark; 2017. P. 158.
8. Zasukhin I. V., Patornyak A. V., Chaplin I. V. [et al.]. Application of ballast vibration dams on railway reinforced concrete superstructures with a ride on ballast and mating sections of the roadbed. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2024;(71):92–100. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2024_71_92. EDN HMRJEG.
9. Tarakanov A. V., Chaplin I. V. Reduction of vibration effects due to the use of vibrators in the construction of the upper structure of the track on bridges on high-speed highways. *Fundamental and Applied Issues of Transport*. 2025;(18):50–60. (In Russ.). DOI 10.52170/2712-9195_2025_3_50. EDN YOVREN.
10. Patornyak A. V., Chaplin I. V., Efimov S. V. Application of ballast vibration dams on bridge structures. *Transport. Transportation Facilities. Ecology*. 2023;(4):43–53. (In Russ.). DOI 10.15593/24111678/2023.04.04. EDN SLKJXP.

Информация об авторах

С. С. Хасенов – профессор ALT UNIVERSITY имени М. Тынышпаева.
А. В. Кузнецова – ведущий инженер ООО «Сотерра Инжиниринг».
С. С. Пак – ведущий инженер ТОО «АзияГеоЦентр-кз».
Е. А. Орлов – технический директор ТОО «АзияГеоЦентр-кз».
С. И. Герасимов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительная механика» Сибирского государственного университета путей сообщения.

Information about the authors

S. S. Khasenov – Professor of the ALT UNIVERSITY named after M. Tynyshpaev.
A. V. Kuznetsova – Lead Engineer, Soterra Engineering LLC.
S. S. Park – Lead Engineer, AsiaGeoCenter-kz LLP.
E. A. Orlov – Technical Director, AsiaGeoCenter-kz LLP.
S. I. Gerasimov – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Construction Mechanics Department, Siberian Transport University.

Статья поступила в редакцию 18.04.2026; одобрена после рецензирования 13.05.2026; принята к публикации 26.06.2026.

The article was submitted 18.04.2026; approved after reviewing 13.05.2026; accepted for publication 26.06.2026.