

Е. Ф. Мороз, Д. Е. Федоров

Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, Российская Федерация

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: СВАИ С ГЕОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКОЙ

Аннотация Технология установки свай с геосинтетическими материалами играет важную роль в современном строительстве, улучшая несущую способность и устойчивость конструкций. Для эффективного применения этой технологии необходим комплексный анализ её философских, технических и экологических аспектов. В статье рассматриваются конструктивные особенности свай, усиленных геосинтетическими оболочками, их применение в различных областях строительства и инженерные решения. Особое внимание уделяется преимуществам использования геосинтетических материалов, таким как повышение несущей способности, устойчивость к внешним воздействиям и снижение деформаций.

Также обсуждаются различные технологии установки свай с геосинтетическими материалами, включая механизированные и ручные методы, и факторы, влияющие на их эффективность и долговечность. К таким факторам относятся качество используемых материалов, условия эксплуатации и методы монтажа. В статье представлен обзор экспериментальных и теоретических исследований, нормативных документов и практического опыта применения данной технологии в строительстве.

На основе анализа данных проводится оценка эффективности технологии установки свай с геосинтетическими оболочками, включая технические и экономические показатели, а также изучение факторов, влияющих на долговечность и надежность конструкций. Определяются оптимальные параметры свай и геосинтетических оболочек для различных типов грунтов и условий эксплуатации. Это позволяет повысить точность проектирования и строительства, снизить затраты на обслуживание и обеспечить безопасность сооружений.

Результаты анализа подтверждают, что применение технологии свай с геосинтетическими материалами способствует рациональному использованию природных ресурсов и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Это является важным аспектом устойчивого развития и гармоничного взаимодействия человека и природы.

Ключевые слова: технология установки свай, геосинтетические оболочки, область применения свай, технологии установки, деформационные характеристики, теоретические исследования, практический опыт, параметры конструкций

E.F. Moros , D.E. Fedorov

Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk, Russian Federation

PHILOSOPHICAL ASPECTS OF PILING TECHNOLOGY WITH GEOSYNTHETIC MATERIALS: VALUES, PRINCIPLES, AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

Abstract The technology of installing piles with geosynthetic materials plays an important role in modern construction, improving the bearing capacity and stability of structures. For effective application of this technology, a comprehensive analysis of its philosophical, technical, and environmental aspects is necessary. The article examines the design features of piles reinforced with geosynthetic shells, their application in various fields of construction, and engineering solutions. Special attention is paid to the advantages of using geosynthetic materials, such as increased bearing capacity, resistance to external influences, and reduced deformation.

Various pile installation technologies with geosynthetic materials, including mechanized and manual methods, and factors affecting their efficiency and durability are also discussed. These factors include the quality of materials used, operating conditions, and installation methods. The article provides an overview of experimental and theoretical research, regulatory documents, and practical experience in applying this technology in construction.

Based on the data analysis, the effectiveness of pile installation technology with geosynthetic shells is evaluated, including technical and economic indicators, as well as the study of factors affecting the durability and reliability of structures. Optimal parameters of piles and geosynthetic shells for various types of soil and operating conditions are

determined. This allows for improved design and construction accuracy, reduced maintenance costs, and ensuring the safety of structures.

The results of the analysis confirm that the application of pile technology with geosynthetic materials contributes to the rational use of natural resources and minimization of negative environmental impact. This is an important aspect of sustainable development and harmonious interaction between humans and nature.

Keywords: piling technology, geosynthetic liners, application area of piles, piling technologies, deformation characteristics, theoretical research, practical experience, design parameters

Введение

Технология установки свай с геосинтетическими материалами представляет собой инновационный метод в геотехническом строительстве, направленный на повышение надежности и долговечности конструкций. Этот подход также вызывает интерес с точки зрения философского осмысления, так как его применение связано с реализацией ряда фундаментальных принципов и ценностей.

Геосинтетические материалы, такие как геотекстильные и георешетчатые конструкции, играют ключевую роль в усилении грунтов, обеспечивая интеграцию строительных технологий с природными процессами. Их использование способствует рациональному использованию природных ресурсов и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. В этом контексте геосинтетика выступает как символ устойчивого развития и ответственного подхода к строительству.

Принципы, лежащие в основе применения геосинтетических материалов, отражают философскую концепцию превентивности и прогнозирования. Проектирование и реализация таких технологий требуют глубокого понимания геологических условий и прогнозирования поведения грунтов под нагрузкой. Это позволяет минимизировать риски и повысить безопасность и надежность строительных объектов.

Выбор материалов, таких как экологически чистые полимеры, резина, бентонитовые глины, джут и кокосовое волокно, подчеркивает приверженность принципам экологической этики и рационального природопользования. Эти материалы способствуют сохранению природных ресурсов и снижению экологического следа строительных проектов.

Особое внимание заслуживает применение формирующей оболочки сваи в виде «чулка» из геосинтетики, которая не только улучшает механические свойства конструкции, но и предотвращает распространение бетонного раствора. Это повышает долговечность и надежность свай, а также снижает вероятность деформаций и разрушений.

Исследования [1–3] подтверждают эффективность геосинтетических технологий в сложных геологических условиях, таких как слабые и водонасыщенные грунты. Эти работы демонстрируют значимость научных исследований и инновационных подходов для повышения качества строительных решений.

Монография [4] и нормативные документы [5, 6] формируют этический кодекс применения геосинтетических материалов. Они обеспечивают соответствие технологий современным стандартам качества, безопасности и экологической ответственности.

Технология установки свай с геосинтетикой является примером интеграции философских принципов в инженерные решения. Она воплощает идеи устойчивого развития, экологической ответственности, превентивного подхода и научного познания, что делает ее значимым объектом для междисциплинарного анализа.

Таким образом, цель статьи – показать потенциал применения геосинтетических материалов в строительстве для повышения устойчивости и надёжности конструкций, а также подчеркнуть экологические преимущества использования переработанных материалов в производстве геосинтетиков.

Результаты

Геосинтетические материалы этот термин применяется для всех видов синтетических материалов, которые используются в различных отраслях строительства [7]. Одним из инновационных решений, использующих геосинтетические материалы, являются сваи с

геосинтетической оболочкой. Сваи с геосинтетической оболочкой состоят из арматурного [2] каркаса и бетонного раствора, заключённых в геосинтетический материал. Геосинтетическая оболочка обеспечивает сохранение правильной формы свай, защищает её от внешних воздействий и улучшает эксплуатационные характеристики. Применение данной технологии может способствовать развитию инфраструктуры и улучшению качества жизни населения. Однако, внедрение свай с геосинтетической оболочкой может изменить естественный ландшафт, нарушить сложившиеся экосистемы и снизить биоразнообразие. Нарушение естественных процессов в экосистемах может привести к их деградации, а некоторые геосинтетические материалы могут выделять вредные вещества в почву и воду. Кроме того, геосинтетические материалы сложно утилизировать, что создаёт дополнительные экологические проблемы. Поэтому важно тщательно анализировать и оценивать возможные экологические последствия внедрения технологии свай с геосинтетической оболочкой, а также разрабатывать и внедрять меры по минимизации негативного воздействия на окружающую среду [8].

Существует два основных способа для установки свай с геосинтетической оболочкой. Первый способ [9] предполагает выемку грунта с помощью самоходных буровых установок, использующих технологию вращательного роторного бурения. При бурении мягких грунтов применяется стандартный шнековый бур, а для твёрдой породы используется шнековая колонна с твердосплавным наконечником – долотом. Технология вращательного роторного бурения с использованием шнековой колонны отличается высокой эффективностью на мягких грунтах благодаря применению стандартного шнекового бура, который позволяет быстро разрабатывать грунт без дополнительных усилений. Однако при работе с твёрдой породой или грунтами с большим количеством каменных вкраплений требуется использование твердосплавного наконечника, что усложняет процесс и может увеличить время бурения.

Для выполнения таких работ необходимы специализированные самоходные буровые установки и дополнительное оборудование, что повышает начальные затраты на проведение работ. Перед началом бурения важно провести анализ грунта и определить наиболее подходящий метод, что может потребовать дополнительных исследований и расчётов.

Кроме того, в зависимости от свойств грунта, извлечение буровой колонны после достижения проектной глубины может потребовать дополнительных усилий или изменений в технологии бурения.

Метод виброзамещения [10] в строительстве представляет собой технологию уплотнения грунта с помощью вибрационных воздействий для установки свай. Он позволяет ускорить и удешевить процесс монтажа, что повышает экономическую эффективность и оптимизирует использование ресурсов. Однако приоритетом является не только снижение затрат, но и обеспечение надёжности и долговечности строительных конструкций. Виброзамещение может влиять на физико-механические свойства грунта, поэтому необходимо использовать геосинтетические материалы для минимизации негативного воздействия и оптимизировать процесс установки свай.

Дополнительное уплотнение грунта вокруг свай увеличивает их устойчивость и долговечность, что соответствует принципам ответственного и устойчивого подхода к проектированию и строительству.

Несмотря на множество преимуществ, метод виброзамещения имеет свои ограничения, особенно в условиях плотной городской застройки. Важно учитывать возможные вибрации и их влияние на уже существующие здания и сооружения, что требует тщательного анализа геотехнических условий и соблюдения нормативных требований. При этом необходимо учитывать основные факторы, влияющие на риск повреждения конструкций под воздействием вибраций, такие как инженерно-геологические условия грунта, степень повреждения конструкций, конструктивная схема здания, частота и продолжительность колебаний, расстояние до источника вибраций, вид источника воздействий, материал строения и тип фундамента. Каждый из этих факторов учитывается в строительных нормах разных стран при оценке риска повреждения конструкций [11].

Геосинтетические оболочки играют важную роль в укреплении фундаментов и других конструктивных элементов зданий и сооружений. Они повышают устойчивость свай к боковым нагрузкам, особенно на слабых грунтах, что в свою очередь увеличивает общую устойчивость конструкции и снижает риск деформации под воздействием внешних факторов. В рамках исследования U. Trunk были проведены испытания свай, оснащённых геосинтетической решёткой Secugrid с различными минеральными наполнителями. Наибольшую прочность продемонстрировали сваи, заполненные уплотнённым щебнем [12].

Joel Gniel показал, что при использовании оболочки из геосинтетического материала часть нагрузки на основание перераспределяется на оболочку, что уменьшает нагрузку на сваю. При этом радиальная деформация сваи также снижается, и чем длиннее оболочка, тем сильнее уменьшается вертикальная и радиальная деформация [13].

Эти материалы также эффективно отводят воду из грунта, что снижает размыв и укрепляет основание, предотвращая разрушение фундамента [14]. Кроме того, геосинтетики уменьшают расход бетонной смеси, предотвращая её выдавливание из опалубки и формируя более прочный и морозостойкий бетон.

Геосинтетики защищают металлические элементы конструкций от коррозии в агрессивных средах, продлевая срок службы зданий и сооружений. Использование переработанных материалов позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду и уменьшить углеродный след.

Современные геосинтетики представляют собой тонкие, но прочные полимерные мембраны и ткани с уникальными функциональными свойствами. Они равномерно распределяют нагрузку, защищают от эрозии, фильтруют и отводят воду, обеспечивая надёжную защиту и долговечность конструкций.

Применение геосинтетиков значительно ускоряет строительство. Они сокращают время на подготовку площадок, укладку и уплотнение грунта, а также снижают трудозатраты и автоматизируют многие процессы.

Материалы демонстрируют высокую механическую прочность [15] и устойчивость к внешним воздействиям, таким как химические агенты, ультрафиолетовое излучение и биологическое разложение. Эти свойства обеспечивают их долговечность и эффективность в различных условиях эксплуатации.

Геосинтетические оболочки находят широкое применение в дорожном строительстве [16], гидротехнических сооружениях, ландшафтном дизайне и сельском хозяйстве. Их универсальность позволяет адаптировать материалы к специфическим требованиям различных проектов.

Технология установки свайных фундаментов с использованием геосинтетических материалов представляет собой инновационный [17] подход, объединяющий высокую устойчивость, экологическую безопасность и рациональное использование природных ресурсов. К таким материалам относятся перерабатываемые и биоразлагаемые полимеры, резиносодержащие композиты, бентонитовые глины, а также натуральные волокна, полученные из возобновляемых растительных ресурсов. Эти материалы минимизируют негативное воздействие на окружающую среду, так как не содержат вредных химических веществ, могут быть переработаны или биоразложены, что снижает их экологическую нагрузку. Использование геосинтетических оболочек, изготовленных из экологически чистых компонентов, повышает качество и долговечность строительных конструкций, одновременно снижая негативное воздействие на экосистемы. Это способствует устойчивому развитию и рациональному использованию природных ресурсов, обеспечивая их сохранение для будущих поколений.

Наконец, применение геосинтетических оболочек упрощает технологию строительства, сокращает сроки выполнения работ и снижает их стоимость. Это делает их эффективным решением для повышения устойчивости и долговечности строительных конструкций.

Технология установки свай с использованием геосинтетических материалов представляет собой инновационный подход в строительной отрасли, который сочетает в себе

стремление к созданию более устойчивых и надёжных конструкций, минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и рациональное использование ресурсов.

Заключение

Применение технологии установки свай с использованием геосинтетических материалов демонстрирует значительный потенциал для повышения устойчивости строительных конструкций. Данная методика позволяет снизить вероятность деформаций и аварий, обеспечивая долговечность и надёжность сооружений на длительный срок. Кроме того, использование геосинтетических материалов способствует оптимизации затрат на строительство и эксплуатацию объектов.

Важным аспектом является также применение переработанных материалов в производстве геосинтетиков. Это способствует снижению экологического воздействия и поддерживает принципы циркулярной экономики, а также уменьшает углеродный след.

Таким образом, интеграция геосинтетических технологий в практику строительства не только улучшает качественные характеристики конструкций, но и соответствует стратегическим целям устойчивого развития, что приобретает особую актуальность в контексте растущего внимания к экологическим проблемам и рациональному использованию природных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шенкман Р.И., Пономарев А.Б. Применение грунтовых свай в оболочке из геосинтетических материалов в геологических условиях города Перми для возведения фундаментов зданий и сооружений // Вестник Перм. нац. исслед. политех. ун-та. Урбанистика. 2012. № 2 (6). С. 28-36.
2. Золотозубов Д.Г., Пономарев А.Б. Экспериментальные исследования армированных оснований при провалах грунта // Вестник гражданских инженеров. 2009. № 2. С. 91-94. URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/PonomarevTatyannikovKleveko-2013_2\(27\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/PonomarevTatyannikovKleveko-2013_2(27).pdf).
3. Пономарев А.Б., Татынников Д.А., Клевекко В.И. Определение линейной жесткости геосинтетических материалов [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 2(27). – URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/PonomarevTatyannikovKleveko-2013_2\(27\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/PonomarevTatyannikovKleveko-2013_2(27).pdf).
4. Kempfert H., Gebreselassie B. Excavations and Foundations in Soft Soil. – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. 591 p.
5. ГОСТ 32804-2014 «Материалы геосинтетические для фундаментов, опор и земляных работ». 145с.
6. СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87». 239 с.
7. Быковская, Н. Е., Зайцев, Е. В., Толстых, Н. Е. Анализ геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве // Сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2022. С. 68-72.
8. Кучуков Р., Савка А. Приоритет экологических ценностей в процессах устойчивого развития // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 31. С. 91-96.
9. Сидоренко, В.П. История буровых технологий. Москва: Нефть и газ, 2001.
10. Лютоев В.А. Определение допустимых уровней вибрации при забивке свай для инженерных сооружений // Вестник института геологии Коми научного центра отделения РАН. 2008 С.15-18
11. Прокопов А.Ю., Прокопова М.В. Проблемы проектирования фундаментов зданий сооружений, возводимых в условиях плотной городской застройки // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2008 №21. С.159-161.

12. Geogrid wrapped vibro stone columns / U.Trunk, G. Heerten, A. Paul, E. Reuter // Materials of eurogeo 3 conference, 2004. P. 289-294.
13. J.Gniel. Model tests on geogrid encased stone columns / J.Gniel, A. Bouazza // Materials of eurogeo 4 conference. 2008. Paper No 150. Pp. 1-8.
14. Mahuya G, Rumki S, Monimoy D. Article «Application of Jute–Polypropylene Blended Geotextile in Black Cotton Soil Subgrade for Low Volume Road Construction »/ International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. 18 p.
15. Фанин Е. Ю. Допуски и ошибки применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве // В сборнике: Пути улучшения качества автомобильных дорог Сборник статей. Под редакцией М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, Т. В. Дормидонтовой; Самара: Изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 196-199
16. Боцман А. С. Применение тканых геосинтетических материалов в России // Под редакцией М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, Т. В. Дормидонтовой. Самара: Изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 19-22.
17. M.S.S. Almeida, Hosseinpour I., Riccio M. Performance of a geo- synthetic-encased column (GEC) in soft ground: numerical and analytical studies // Geosynthetics International. 2013. No. 4. Pp. 252-262.

REFERENCES

1. Shankman R.I., Ponomarev A.B. The use of soil piles in a shell of geosynthetic materials in the geological conditions of the city of Perm for the construction of foundations of buildings and structures. Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Urbanistics. 2012. No. 2(6). Pp. 28-36.
2. Zolotozubov D.G., Ponomarev A.B. Experimental studies of reinforced bases in case of sinkholes. Bulletin of Civil Engineers. 2009. No. 2. Pp. 91-94. URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Ponomarev_Tatyannikov_Kleveko-2013_2\(27\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Ponomarev_Tatyannikov_Kleveko-2013_2(27).pdf).
3. Ponomarev A.B., Tatiannikov D.A., Kleveko V.I. Determination of linear rigidity of geosynthetic materials. Online Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Polythematic. 2013. Issue 2(27). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Ponomarev_Tatyannikov_Kleveko-2013_2\(27\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Ponomarev_Tatyannikov_Kleveko-2013_2(27).pdf).
4. Kempfert H., Gebreselassie B. Excavations and Foundations in Soft Soil. – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 591 p.
5. GOST 32804-2014. Geosynthetic materials for foundations, supports and earthworks. 145 p.
6. SP 45.13330.2017. Earthworks, foundations and underground structures. Updated edition of SNiP 3.02.01-87. 239 p.
7. Bykovskaya, N. E., Zaitsev, E. V., Tolstykh, N. E. Analysis of geosynthetic materials used in road construction // Collection of scientific articles of the 4th All-Russian scientific and practical conference of young scientists, postgraduates, masters and bachelors. Kursk, 2022. Pp. 68-72.
8. Chizhikov, I.A. Application of geosynthetic materials (geotextiles) for ensuring environmental safety in the construction of oil and gas field roads / I.A. Chizhikov, P.A. Slepnev // Modern Problems of Science and Education. 2012. No. 1. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5346> (accessed: 20.04.2025).
9. Sidorenko, V.P. History of drilling technologies. Moscow: Oil and Gas, 2001.
10. Lyutoev V.A. Determination of permissible vibration levels during pile driving for engineering structures // Bulletin of the Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2008. Pp. 15-18.
11. Prokopov A.Yu., Prokopova M.V. Problems of designing foundations for buildings and structures constructed in dense urban areas // Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport. 2008. No. 21. P. 159-161.

12. Geogrid wrapped vibro stone columns / U.Trunk, G. Heerten, A. Paul, E. Reuter // Materials of eurogeo 3 conference, 2004. Pp. 289-294.
13. J.Gniel. Model tests on geogrid encased stone columns / J.Gniel, A. Bouazza // Materials of eurogeo 4 conference. 2008. Paper No 150. Pp. 1-8.
14. Mahuya G, Rumki S, Monimoy D. Article «Application of Jute–Polypropylene Blended Geotextile in Black Cotton Soil Subgrade for Low Volume Road Construction »/ International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. 18 p.
15. Fanin E. Yu. Tolerances and errors in the use of geosynthetic materials in road construction // In the collection: Ways to improve the quality of highways. Collection of articles. Edited by M. I. Balzannikov, K. S. Galitskov, T. V. Dormidontova; Samara: Publishing House of Samara State University of Architecture and Civil Engineering. 2015. P. 196-199.
16. Botsman A. S. Application of woven geosynthetic materials in Russia // Edited by M. I. Balzannikov, K. S. Galitskov, T. V. Dormidontova. Samara: Publishing House of Samara State University of Architecture and Civil Engineering. 2015. P. 19-22.
17. M.S.S. Almeida, Hosseinpour I., Riccio M. Performance of a geo- synthetic-encased column (GEC) in soft ground: numerical and analytical studies // Geosynthetics International. 2013. No. 4. Pp. 252-262.

Информация об авторах

Мороз Елена Фёдоровна – канд.филос.наук, доцент, доцент кафедры «Управление персоналом», Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, e-mail: moroslana@yandex.ru

Федоров Даниил Евгеньевич – Студент «Специалитет», кафедры «Строительство железных дорог», Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, e-mail: fedorov.danik@yandex.ru

Information about the authors

Elena Fedorovna Moros – candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Personnel Management, Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk, e-mail: moroslana@yandex.ru

Daniil Evgenevich Fedorov - Student of «Specialty», Department of «Railway Construction», Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk, e-mail: fedorov.danik@yandex.ru