



**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 10, № 1, 2019
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.1.05

УДК 624.13; 624.148

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗОНАХ РОССИИ

Т.П. Кашарина, Д.В. Кашарин

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 20 октября 2018
Принята: 23 декабря 2018
Опубликована: 29 марта 2019

Ключевые слова:

экстремальные зоны; грунты основания; технические решения; композитные наноматериалы; оболочечные конструкции: грунтонаполняемые, грунтоармированные; устойчивость; надежность; долговечность.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы использования оболочечных конструкций из композитных наноматериалов в отношении условий их применения в районах вечной мерзлоты, различных отраслях народного хозяйства, в том числе при защите береговых побережий арктической зоны, создании биоклиматических домов на оболочечных типах фундаментов и свай с сохранением традиций коренных народов. Они обладают повышенной прочностью, устойчивостью, гибкостью к резким изменениям природно-климатических условий Арктики. В основных концепциях устойчивого развития Арктики определены главные аспекты стратегической роли их в экономической и экологической безопасности России, в том числе создании современной инфраструктуры, включая городское строительство, транспортную систему, экологические принципы при освоении ее территории, на которой проживает около 2 % населения и имеются значительные природные ресурсы. При этом освоение данной территории должно учитывать планирование генерального плана городов и поселений с учетом биоклиматической архитектуры и производственных процессов. Выдвигаются гипотезы, рассматриваются подходы и методы по техническим решениям, технологии и технологические процессы изготовления композитных материалов в оболочечных конструкциях с учетом проведенных экспериментальных и теоретических исследований при различных внутренних и внешних воздействиях. С учетом технологических условий при изготовлении композитов применяют определенные методы с возможностью получения заданных характеристик, которые будут соответствовать требованиям: высокой устойчивости при меняющихся природно-климатических условиях; высокой удельной прочности; эргономичности и сохранения заданных параметров и т.п.

© ПНИПУ

© **Кашарина Татьяна Петровна** – доктор технических наук, профессор, e-mail: kasharina_tp@mail.ru.
Кашарин Денис Владимирович – кандидат технических наук, профессор, e-mail: dendvk1@mail.ru.

Tat'iana P. Kasharina – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: kasharina_tp@mail.ru.
Denis V. Kasharin – Ph.D. in Technical Sciences, Professor, e-mail: dendvk1@mail.ru.

USE OF SHELL STRUCTURES IN EXTREME ZONES OF RUSSIA

T.P. Kasharina, D.V. Kasharin

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 20 October 2018
Accepted: 23 December 2018
Published: 29 March 2019

Keywords:

extreme zones; foundation soils; technical solutions; composite nanomaterials; shell structures: ground-filled, ground-reinforced; sustainability; reliability; durability.

ABSTRACT

This article discusses the use of shell structures made of composite nanomaterials for the conditions of their use in permafrost regions, various sectors of the national economy, including when protecting the coastal shores of the Arctic zone, creating bioclimatic houses on shell types of foundations and piles with preservation indigenous traditions. They have increased strength, stability, flexibility to abrupt changes in the natural and climatic conditions of the Arctic. The main concepts of the sustainable development of the Arctic define the main aspects of their strategic role in the economic and environmental security of Russia, including the creation of modern infrastructure, including urban construction, the transportation system, and environmental principles when developing its territory, where about 2 people live. percent of the population and a significant natural resource. At the same time, the development of this area should take into account the planning of the master plan for cities and settlements, taking into account the bioclimatic architecture and production processes. Hypotheses, approaches and methods for technical solutions, technologies and technological processes for the manufacture of composite materials and shell structures are suggested taking into account the experimental and theoretical studies carried out on their behavior under various internal and external influences. The technological conditions for the manufacture of composites impose certain methods with the possibility of obtaining specified characteristics that will meet the requirements of: high stability under changing climatic conditions; high specific strength; ergonomics and preservation of the set parameters, etc.

© PNRPU

В основных концепциях устойчивого развития Арктики определены основные аспекты ее стратегической роли в экономической и экологической безопасности России, в том числе создание современной инфраструктуры, включая городское строительство, транспортную систему, экологические принципы при освоении ее территории, имеющей значительные природные ресурсы. Поэтому необходимо учитывать планирование генерального плана городов и поселений с учетом биоклиматической архитектуры и производственных процессов (таблица) [1–3].

На рис. 1, 2 представлены схемы технических решений по использованию оболочечных конструкций при создании оснований зданий и сооружений, а также в проектировании и строительстве транспортных систем.

При расчетах несущей способности зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера и проведении инженерно-геологических изысканий учитывают геокриологические условия. Мерзлые грунты (МГ) неравномерно распределены по территории и состоят из деятельного слоя (толщина которого увеличивается с севера на юг от 0,3 до 4 м) и вечной мерзлоты (ВМ), в которой имеются прослойки льда, что существенно влияет на расчетное обоснование глубины заложения фундамента и свай.

В настоящее время авторами разрабатываются новые технические решения по использованию оболочечных конструкций из новых композитных наноматериалов, которые обладают свойствами сохранять свое проектное положение за счет композитных добавок, многослойности, гибкости, что позволяет сохранять устойчивость и прочность их при изменении природно-климатических и техногенных условий, в том числе сейсмических. Для транспортных систем и зданий и сооружений на мерзлых грунтах предлагается выполнять основания из волнообразных горизонтальных и вертикальных грунтонаполняемых оболочек

из композитных наноматериалов, сохраняющих память формы и разделенных на секции со свойствами гетеростойкости, соединяющихся между собой демпферными связями с возможностью сохранения возвратного положения при воздействии сейсмических волн или при изменении природно-климатических и природно-техногенных условий (см. рис. 1, 2) [4–9].

Обоснование генерального плана города (поселения) Крайнего Севера
Justification of the master plan of the city (settlement) of the Far North

Архитектурно-планировочный блок	Природно-экологический блок	Инженерная инфраструктура	Правовое управление развития территории и объектами недвижимости
Архитектурно-планировочная организация территории города (поселения); концепция развития города (поселения) в системе расселения; планировочное районирование по основным функциональным зонам города с учетом буферных зон; градостроительная экономика	Природные условия и ресурсы. Инженерно-строительная геокриогенная оценка территории. Эколого-гигиеническая обстановка данного региона. Мероприятия по созданию экологической системы развития озелененных пространств (буферных зон)	Развитие транспортной инфраструктуры. Развитие инженерной инфраструктуры: – водоснабжение; – канализация; – дренажная и ливнеотводящая; – теплоснабжение; – энергоснабжение; – газоснабжение; – связь (интернет); – система очистки территории. Инженерная подготовка территории	Правила застройки и землепользования; градостроительный кадастр; земельный кадастр, создание рекреационных (буферных) зон

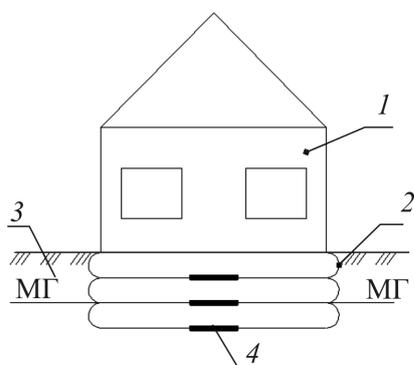


Рис. 1. Грунтонаполняемые основания: 1 – здания; 2 – грунтонаполняемые оболочки; 3 – деятельный слой грунта; 4 – демпферные узлы
Fig. 1. Grunton grounds: 1 – buildings; 2 – ground-filled shells; 3 – active soil layer; 4 – damping units

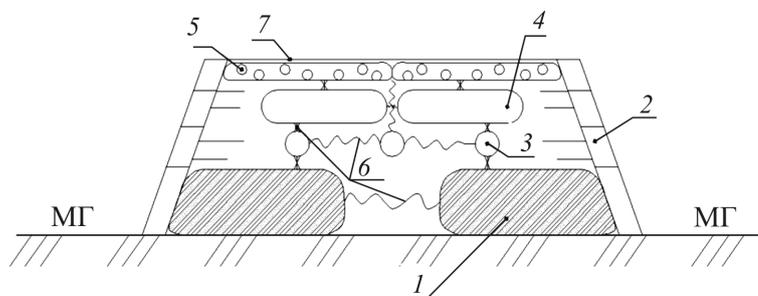


Рис. 2. Транспортная система: 1 – нижние грунтонаполняемые оболочки; 2 – грунтоармированное покрытие; 3 – вертикальные грунтонаполняемые оболочки; 4 – верхние грунтонаполняемые оболочки; 5 – грунтонаполняемое дорожное покрытие (грунтозаполненная оболочка с окатышами); 6 – демпферное устройство; 7 – дорожный верхний слой
Fig. 2. Transport system: 1 – lower ground-filled shells; 2 – ground coat; 3 – vertical ground-filled shells; 4 – upper ground-filled shells; 5 – primer-filled road surface (primer-filled shell with pellets); 6 – damping device; 7 – road upper layer

При проведении расчета на сейсмичность учитываются только поверхностные акустические волны, условия выбора оснований зданий сооружений должно соответствовать надежности и безопасности, что отображают зависимости

$$T_1 > 1,5T_0 \text{ или } T_1 < T_0,$$

где T_1 – период первой формы свободных колебаний сооружений; T_0 – период свободных колебаний грунтовой толщи, определяемый по зависимости

$$T_0 = \frac{4H}{V_s} \cdot V_s = \frac{E}{\sqrt{2\rho(1+\nu)}},$$

где H – общая мощность грунтовой толщи, м; E – модуль деформации грунта, $\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$;

ρ – плотность (весовая) грунта, $\frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$.

Тогда перемещения D в оболочечных конструкциях определяются по следующей зависимости:

$$D = f(\Phi, N_1, N_2, T_0, A, t, \lambda),$$

где Φ – форма оболочечной грунтонаполняемой конструкции, которая вычисляется по формуле $y = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \varphi}{K^2}}\right) \cdot h$, где φ – угол внутреннего трения грунта заполнителя, град;

K – модули эллиптических интегралов; N_1, N_2 – внутренние и внешние нагрузки, кН; A – свойства композитного наноматериала, отвечающие природно-климатическим условиям работы конструкций, $A = f(E, \sigma, G, S)$, где E – модуль Юнга, $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$, $\sigma = E\varepsilon$, где ε – от-

носительное удлинение модуля сдвига, Па; $G = \frac{\tau}{\gamma}$; λ – энергия восстановления, Дж;

t – жизненный цикл существования сооружения; S – мгновенная прочность, которая определяется по зависимости Аррениуса, $\ln S = \ln S_0 - K''te \frac{Q}{F}$, где S_0 – начальная прочность;

Q – энергия активации; F – энергия реакции; K'' – включает в себя константы K и является функцией концентрации веществ, а также их природы; K' – константа, характеризующая размер дефекта; K – константа, зависящая от материала, $K = f(\varepsilon_x, \varepsilon_y)$, где ε_x и ε_y – коэффициенты релаксации композиционного материала во времени.

При этом многослойные компоненты из композитного наноматериала изготавливают с четкой границей раздела между ними и учитывают при их создании неоднородности сплошного материала, который должен представлять собой гетерофазную систему с сохранением индивидуальности каждого из них. Матрица является важнейшим элементом композита, так как распределяет действующие напряжения по объему материала, обеспечивая при этом равномерную нагрузку на волокна и перераспределяя ее при разрушении его. Поэтому также обосновывают требования к ней при изготовлении и эксплуатации [10–14].

С учетом технологических условий при изготовлении композитов применяют определенные методы, задавая при этом характеристики, которые будут соответствовать требованиям: высокой устойчивости при меняющихся природно-климатических условиях; высокой удельной прочности; эргономичности и сохранения заданных параметров конструкций и т.п.

Для условий эксплуатации следует учитывать: физико-механические и физико-химические свойства; температурные; стойкость к окружающей среде; прочностные характеристики при сдвиговых нагрузках; нагружения композита в направлениях, которые отличаются от ориентации волокон, включая циклические нагрузки (в том числе сейсмические), что позволит обеспечить экологическую безопасность и надежность работы всего сооружения в целом, т.е. рассмотреть проведенное ранее теоретическое и экспериментальное, натурное исследование грунтонаполняемых, грунтоотверждаемых, мембранных, грунтоармированных и тому подобных элементов конструкции при решении проблемы целостности системы. Таким образом, проявляется один из аспектов эмерджентности, т.е. системного подхода, что рассматривает функционирование системы взаимодействия элементов как единую динамическую техническую систему, упорядоченное их существование в целом, не сводящееся к свойствам отдельных элементов. Блок-схема по проектированию и строительству оболочечных конструкций представлена на рис. 3.

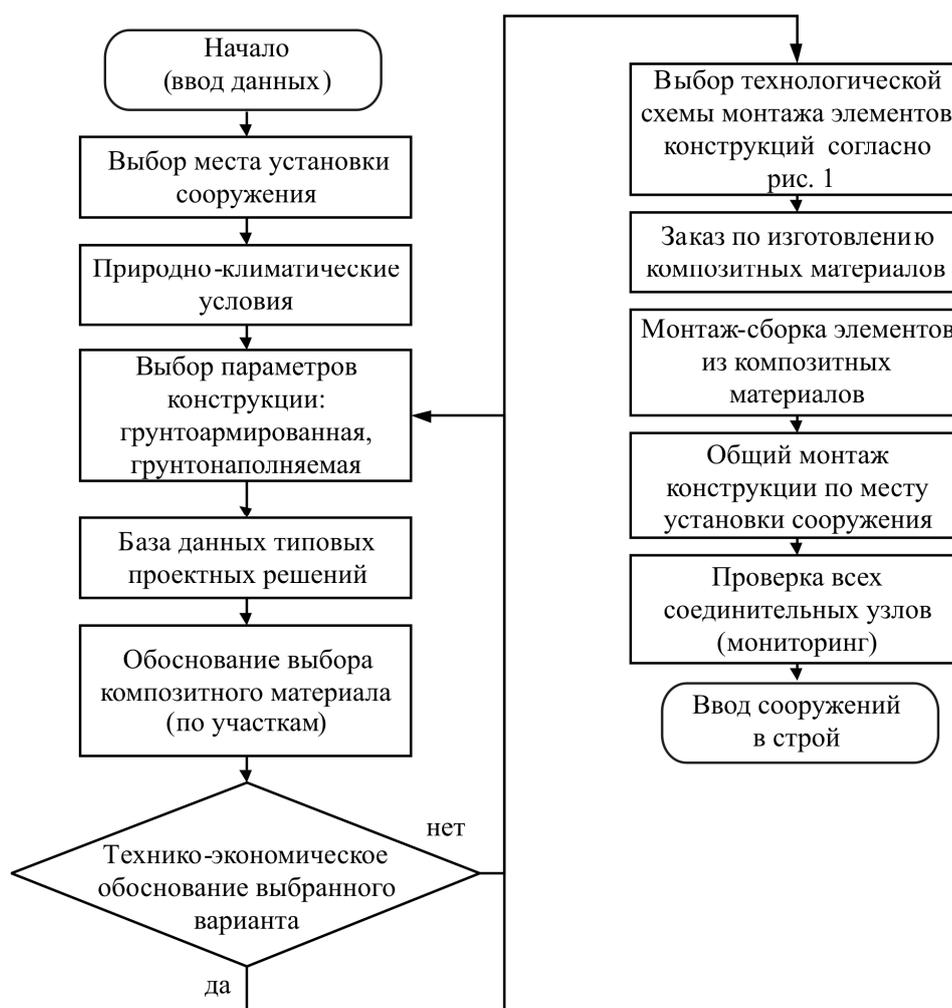


Рис. 3. Блок-схема проектирования и строительства оболочечных конструкций
Fig. 3. Block diagram of the design and construction of shell structures

Разработанные технические решения, в которых функционируют все вышеприведенные элементы конструкций, взаимодействуют в системе инженерной защиты от паводков, селей и тому подобных условий [8–14].

Данная статья выполнена по заданию № 13.1236.2017/ПЧ по теме: «Разработка энергоэффективных и экологически безопасных систем децентрализованного водоснабжения рекреационных объектов в условиях Южного региона Российской Федерации».

Библиографический список

1. Экологическая безопасность Арктики. Национальный общественный стандарт. – М.: Системный консолдинг, 2017. – 88 с.
2. Митягин С.Д. Градостроительство. Эпоха перемен. – СПб.: Зодчий, 2016. – 280 с.
3. Градостроительство и территориальное планирование в новой России: сб. ст. Ч. 1. – СПб.: Зодчий, 2016. – 304 с.
4. Мероприятия и технические решения по защите агропромышленного комплекса от подтоплений и эрозионно-оползневых процессов / Т.П. Кашарина [и др.]. – Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2001. – 58 с.
5. Устройство защитной системы городской застройки и способ ее возведения: пат. Рос. Федерация / Кашарина Т.П., Кашарин Д.В., Кундупян К.С., Клименко М.Ю., Сиденко Е.С. – № 2604933; опубл. 20.12.2016.
6. Грунтоармированное сооружение и способ его возведения: пат. Рос. Федерация / Кашарина Т.П., Кашарин Д.В., Приходько А.П., Жмайлова О.В. – № 2444589; опубл. 26.07.2010.
7. Приходько А.П., Кашарина Т.П. Результаты исследований грунтоармированных оснований // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 1. – С. 91–102. DOI: 10.15593/2224-9826/2015.1.07
8. Кашарина Т.П. Совершенствование конструкций, методов научного обоснования, проектирования и технологии возведения облегченных гидротехнических сооружений: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2000. – 56 с.
9. Способ создания защитных многооболочечных систем искусственных оснований и фундаментов зданий и сооружений и устройство для его осуществления: пат. Рос. Федерация / Кашарина Т.П., Кашарин Д.В., Буняев М.С., Клименко М.Ю. – № 2012108682/03; заявл. 06.03.12; опубл. 27.05.2014. Бол. № 15. – 10 с.
10. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. Расчетно-экспериментальное исследование грунтоармированных подпорных стен для транспортных систем в условиях сейсмичности // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2016. – № 3 (191). – С. 84–91.
11. Кашарина Т.П. Использование грунтонаполняемых и грунтоармированных оболочек для укрепления грунтовых массивов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – Т. 3, № 1. – С. 16–20.
12. Пономарев А.Б., Офрихтер В.Г. Анализ и проблемы исследований геосинтетических материалов в России // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 2. – С. 68–73.

13. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. Применение оболочечных конструкций из композитных наноматериалов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 3. – С. 34–40. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.3.04

14. Мэтьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. – М., 2004. – 448 с.

References

1. Ekologicheskaya bezopasnost Arktiki. Natsionalnyy obshchestvennyy standart [Environmental safety of the Arctic. National public standard]. Moscow, Sistemnyi konsoling, 2017, 88 p.

2. Mityagin S.D. Gradostroitelstvo. Epokha peremen [City building. Time of changes]. Saint Petersburg, Zodchiy, 2016, 280 p.

3. Gradostroitelstvo i territorialnoye planirovaniye v novoy Rossii [Urban planning and spatial planning in new Russia]. Part 1. Saint Petersburg, Zodchiy, 2016, 304 p.

4. Kasharina T.P. [et al.]. Meropriyatiya i tekhnicheskiye resheniya po zashchite agropromyshlennogo kompleksa ot podtopleniy i erozionno-opolznevykh protsessov [Measures and technical solutions to protect the agro-industrial complex from flooding and erosion-landslide processes]. Novocherkassk, NGMA, 2001, 58 p.

5. Kasharina T.P., Kasharin D.V., Kundupyan K.S., Klimenko M.Yu., Sidenko E.S. Ustroystvo zashchitnoi sistemy gorodskoi zastroiki i sposob ego vozvedeniia [The device of the protective system of urban development and the method of its construction]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2604933 (2016).

6. Kasharina T.P., Kasharin D.V., Prikhodko A.P., Zhmaylova O.V. Gruntoarmirovannoe sooruzhenie i sposob ego vozvedeniia [Ground-reinforced structure and method of its construction]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2444589 (2010).

7. Prikhodko A.P., Kasharina T.P. Rezultaty issledovaniy gruntoarmirovannykh osnovaniy [The results of studies of the soil reinforced bases]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura*, 2015, no. 1, pp. 91–102. DOI: 10.15593/2224-9826/2015.1.07

8. Kasharina T.P. Sovershenstvovaniye konstruktsiy. metodov nauchnogo obosnovaniya. proyektirovaniya i tekhnologii vozvedeniya oblegchennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Improvement of structures, methods of scientific justification, design and technology of construction of lightweight hydraulic structures]. Abstract of Doctor's degree dissertation. Moscow, 2000, 56 p.

9. Kasharina T. Spособ sozdaniia zashchitnykh mnogoobolocheknykh sistem iskusstvennykh osnovaniy i fundamentov zdaniy i sooruzheniy i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Method of creation of protective multi-shell systems of artificial bases and foundations of buildings and structures and device for its implementation]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2012108682/03 (2014).

10. Kasharina T.P., Kasharin D.V. Raschetno-eksperimentalnoye issledovaniye gruntoarmirovannykh podpornykh sten dlya transportnykh sistem v usloviyakh seysmichnosti [Computational and experimental study of ground-reinforced retaining walls for transport systems under seismic conditions]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskiye nauki*, 2016, no. 3 (191), pp. 84–91.

11. Kasharina T.P. Ispolzovaniye gruntonapolnyayemykh i gruntoarmirovannykh obolochek dlya ukrepleniya gruntovykh massivov [Use grondonnerstag and grotoererniny shells for strengthening soil]. *Stroitelstvo i arkhitektura*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 16–20.

12. Ponomarev A.B., Ofrikhter V.G. Analiz i problemy issledovaniy geosinteticheskikh materialov v Rossii [Analysis and problems of geosynthetic material application in Russian Federation]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura*, 2013, no. 2, pp. 68–73.

13. Kasharina T.P., Kasharin D.V. Primeneniye obolochechnykh konstruksiy iz kompozitnykh nanomaterialov [Application of shell structures made of composite nanomaterials]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura*, 2017, vol. 8, no. 3, pp. 34–40. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.3.04

14. Metyuz F., Rolings R. Kompozitnyye materialy. Mekhanika i tekhnologiya [Composite material. Mechanics and technology]. Moscow, 2004, 448 p.