

УДК 624.042.7

DOI [10.37153/2618-9283-2022-5-23-30](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-5-23-30)

Теоретические и экспериментальные исследования

Использование принципа сейсмоизоляции в конструкциях сейсмозащиты зданий на многолетнемёрзлых грунтах

Белаш Т.А.¹, Смирнова Л.Н.², Бубис А.А.³, Ставницер Л.Р.⁴
^{1,2,3,4} АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Аннотация: Активное освоение в последнее десятилетие Арктической зоны, Сибири и Дальнего Востока в России побудило авторов вернуться к проблеме строительства сооружений в районах, которые в процессе строительства и эксплуатации могут подвергаться воздействию сразу целого ряда природных явлений. В статье авторы сужают обозначенную проблематику и анализируют только варианты строительства сейсмостойких зданий на многолетнемёрзлых грунтах, ситуации наиболее распространенной на территориях так называемой «вечной мерзлоты». Представлен обзор и анализ существующих и наиболее часто применяемых вариантов строительства на многолетнемёрзлых грунтах по I и II принципу и дана оценка возможности применения на таких объектах специальных систем сейсмозащиты. Приводятся требования к характеристикам подсыпок в случае строительства по принципу I, варианты конструктивных решений свайных фундаментов при строительстве с использованием принципа II. Выполнен анализ конструктивных решений, применённых более 40 лет назад при строительстве жилых кварталов из зданий 122 серии в г. Северобайкальске, хорошо себя зарекомендовавших в результате прошедших землетрясений. Авторами приводятся примеры различных вариантов сейсмозащитных устройств при реализации принципа сейсмоизоляции, реализация которого осуществляется обычным способом, путём введения различных податливых опорных элементов в фундаментную часть здания. В выводах по результатам проведенного исследования даны рекомендации по строительству сейсмостойких зданий для условий Арктической зоны.

Ключевые слова: сейсмоизоляция, многолетнемёрзлые грунты, основания, фундаменты, принцип I, принцип II

Для цитирования: Белаш Т.А., Смирнова Л.Н., Бубис А.А., Ставницер Л.Р. Использование принципа сейсмоизоляции в конструкциях сейсмозащиты зданий на многолетнемёрзлых грунтах // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2022. № 5. С. 23–30 DOI [10.37153/2618-9283-2022-5-23-30](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-5-23-30)

Theoretical and experimental studies

The use of the principle of seismic isolation in the structures of seismic protection of buildings on permafrost soils

Belash T.A.¹, Smirnova L.N.², Bubis A.A.³, Stavnitser L.R.⁴
^{1,2,3,4} JSC RCC. Moscow, Russian Federation

Abstract: The active development of the Arctic zone, Siberia and the Far East in Russia in the last decade has prompted the authors to return to the problem of construction of structures in

@ Белаш Т.А., Бубис А.А., Смирнова Л.Н., Ставницер Л.Р., 2022

areas that may be affected by a number of natural phenomena during construction and operation. In the article, the authors narrow down the identified problems and analyze only options for the construction of earthquake-resistant buildings on permafrost soils, the situation most common in the territories of the so-called permafrost. The review and analysis of the existing and most frequently used construction options on permafrost soils according to the I and II principles are presented and the possibility of using special seismic protection systems at such facilities is assessed. The requirements for the characteristics of backfills in the case of construction according to principle I, variants of structural solutions of pile foundations during construction using principle II are given. The analysis of constructive solutions applied more than 40 years ago in the construction of residential blocks of buildings of the 122 series in Severobaikalsk, well-proven during the past earthquakes. The authors give examples of various variants of seismic protection devices when implementing the principle of seismic isolation, the implementation of which is carried out in the usual way by introducing various malleable support elements into the foundation part of the building. In the conclusions based on the results of the study, recommendations are given for the construction of earthquake-resistant buildings for the conditions of the Arctic zone.

Keywords: seismic isolation, permafrost soils, foundations, foundations, principle I, principle II

For citation: Belash T.A., Bubis A.A., Smirnova L.N., Stavnitser L.R. The use of the principle of seismic isolation in the structures of seismic protection of buildings on permafrost soils. *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii = Earthquake engineering. Constructions safety*. 2022, no. 5, pp. 23–30. (In Russian) DOI: [10.37153/2618-9283-2022-5-23-30](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-5-23-30)

Введение

В последнее десятилетие вопросам освоения Дальнего Востока и Арктики учеными и специалистами всего мира уделяется значительное внимание. В Российской Федерации, более 60% территории которой располагается в Арктической зоне, в настоящее время проводится целый ряд мероприятий, направленных на реализацию государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», утвержденной Постановлением Правительства РФ №484 от 30 марта 2021 г. Поскольку часть осваиваемых регионов Арктической зоны характеризуется сложными климатическими и геологическими условиями, значительное внимание уделяется вопросам строительства объектов различного назначения.

Основная часть

Как известно, наиболее сложными условиями проектирования, строительства и эксплуатации зданий характеризуются регионы, в которых на строительные объекты могут одновременно воздействовать несколько природных факторов: сильные ветры, сейсмическая активность, многолетнемерзлые грунты в основании. Именно такие явления характерны для большинства территорий Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока. И, как уже отмечалось выше, в настоящее время эти территории активно осваиваются.

Обеспечение надежности и безопасности объектов, функционирующих в рассматриваемых условиях, представляет собой достаточно сложную инженерную задачу. Решение её может осуществляться различными путями. Одним из них является использование современных и апробированных подходов, подтверждающих свою эффективность на практике. Одним из таких подходов является применение принципа

сейсмоизоляции. Этот принцип широко известен как в России, так и за рубежом, причем и в районах распространения многолетнемёрзлых грунтов.

Одной из первых работ, посвященных возможности использования принципа сейсмоизоляции в районах вечной мерзлоты, была монография Харитонов В.А. [1]. Более поздние исследования этого вопроса представлены в работах Айзенберга Я.М., Смирнова В.И., Уздина А.М., Белаш Т.А. и других авторов [2–5]. Однако, несмотря на достаточно большой объем выполненных исследований, до сих пор отсутствуют конкретные практические рекомендации по использованию сейсмоизоляции в районах вечной мерзлоты.

В статье рассмотрен лишь некоторый круг вопросов, которые рекомендуется учитывать при выборе принципа сейсмоизоляции для условий распространения многолетнемёрзлых грунтов с целью обеспечения безаварийной эксплуатации строительных объектов различного назначения во время сейсмических воздействий.

Как правило, принцип сейсмоизоляции реализуется через фундаментные конструкции, рациональный выбор которых в условиях вечной мерзлоты принципиально зависит от свойств многолетнемёрзлых грунтов.

В районах вечной мерзлоты сформировались два основных принципа строительства на многолетнемёрзлых основаниях: принцип I – сохранение мерзлоты в течение всего срока эксплуатации зданий и сооружений, и принцип II – использование грунтов основания в оттаянном или оттаивающем состоянии. При выборе принципа анализируют данные инженерно-геокриологических изысканий. В необходимых случаях производят расчет глубины чаши оттаивания, которая может достигать до 15 м, а также выполняется расчёт возможных при этом деформаций основания.

С учётом поведения многолетнемёрзлых грунтов при сейсмическом воздействии для использования в качестве оснований, как известно, предпочтителен принцип I. Реализация этого принципа согласно нормативным требованиям может осуществляться различным образом, например, путем организации подполья, естественно и искусственно вентилируемого. Высоту и режим вентилируемого подполья принимают в соответствии с теплотехническим расчетом из условия сохранения при эксплуатации строительных объектов расчётной температуры многолетнемёрзлого грунта. В зависимости от характера вентилирования различают закрытые (непродветриваемые), открытые и с регулируемым проветриванием подполья.

Примеры конструктивной реализации подполий различного вида и требования к их проектированию представлены в технической литературе, например, в [6–10]. При реализации подполья могут быть использованы различные типы фундаментов, среди которых наибольшее распространение получили свайные фундаменты, широко применяемые и в сейсмических районах. Эти фундаменты успешно реализуют идею устройства подполья в районах залегания вечной мерзлоты (принцип I), высота которого должна быть не менее 1.20 м, как правило, она принимается на основании теплотехнического расчета. Между тем, свайные фундаменты, ростверки и оголовки которых поднимают на основание в случае возникновения сейсмического воздействия, следует рассматривать как сейсмоизолирующие фундаменты, выполняющие при этом функцию гибкой связи между надземными конструкциями и основанием [11, 12].

Хорошо известно, что эффект сейсмоизоляции достигается в большей степени за счет податливости опорных элементов, устанавливаемых в фундаментной части, при этом надземные конструкции представляют собой жёсткую пространственную систему [13, 14]. В этой связи сочетание принципа I с высокой сейсмичностью, реализуемого через свайный фундамент с высоким ростверком, позволяет применить известную в сейсмостойком строительстве идею «гибкого нижнего этажа». При этом важным

вопросом остаётся подбор параметров изоляции. В рассматриваемом случае возникают две проблемы.

Первая заключается в одновременном обеспечении прочности и гибкости опорных элементов, роль которых выполняют сваи, вторая – в необходимости учёта влияния вертикального пригруза на жёсткость и прочность свай распорок. Представленные в работах [13, 14] результаты исследования рассматриваемых вопросов показали, что наиболее рациональным конструктивным решением является, например, исполнение свай из трубчатых элементов, при этом наиболее экономичными оказались сваи кольцевого сечения. Учитывая сложный и непредсказуемый характер сейсмических воздействий, а также изменчивость свойств многолетнемерзлых грунтов для обеспечения необходимой работоспособности рассматриваемой системы сейсмической изоляции, необходимо введение дополнительных элементов гашения сейсмических колебаний, которые необходимы для ограничения опасных смещений сейсмоизолированных частей здания. Реализация элементов демпфирования может осуществляться по типу, разработанному, например, в работе [15]. Подбор опорных элементов, роль которых выполняют сваи, достаточно сложен. Можно добиться заметного снижения нагрузки на сваи, если соединить их фрикционно-подвижной связью. При этом ростверк может проскальзывать относительно голов свай, и его абсолютное смещение увеличится, но смещение голов свай и ускорение сооружения заметно уменьшатся. Исследования этих вопросов представлены в работе [14].

При реализации принципа I, как известно, широко используются подсыпки. Они наиболее целесообразны, если вблизи поверхности грунта размещаются мощные массивы подземного льда. Подсыпки используют для нешироких зданий (шириной до 10 м), при этом грунт охлаждается за счёт поступления холода с боков подсыпки или путём установки в подсыпки охлаждающих труб. Подсыпки могут быть выполнены как для отдельно стоящих зданий и сооружений, так и для их группы. При сочетании принципа I с сейсмической активностью, подсыпки представляют собой некий сейсмоизолирующий слой, который одновременно защищает грунтовое основание и снижает влияние сейсмического воздействия. В качестве материала для подсыпок рекомендуется использовать гальку, песок, щебень, шлак и т. п. При этом минимальный размер фракций должен отличаться от максимального не более чем на 30%, а размер куска рекомендуется брать не менее 4 см. Высоту подсыпки назначают не более 150 и не менее 50 см. Некоторые рекомендации по использованию подсыпок в рассматриваемых районах представлены в работах [7, 8].

Целесообразность использования другого принципа строительства на многолетнемерзлых грунтах (принципа II), определяется технологическими и технико-экономическими соображениями, когда невозможно сохранить льдистые грунты основания в мерзлом состоянии. Принцип II предусматривает проведение мероприятий по уменьшению деформируемости основания (замена мало сжимаемым или уплотненным грунтом). Другим способом реализации принципа II может быть использование методов постепенного оттаивания грунтов в процессе эксплуатации. Применение рекомендуемых нормами тех или иных методов на многолетнемерзлых грунтах осуществляется через определенные конструкции фундаментов, в качестве которых используются известные типы фундаментов с учетом проработки дополнительных конструктивных мер, направленных на восприятие возможных осадок основания. В районах совместного проявления влияния сейсмических воздействий при наличии залегания многолетнемерзлых грунтов по принципу II, для реализации метода постепенного оттаивания разработаны специальные конструкции фундаментов в виде сплошных пространственных фундаментных платформ [16]. За счёт большой площади опирания платформа имеет большую жесткость и оказывает пониженное давление на грунт,

поэтому эта конструкция мало чувствительна к неравномерным осадкам грунта. Исследования сейсмостойкости такой конструкции на примере фундаментов для транспортных сооружений в районах распространения вечной мерзлоты показали её высокую эффективность и надёжность [5].

Принцип сейсмоизоляции при использовании многолетнемёрзлых грунтов по принципу II наиболее целесообразен при замене сжимаемой толщи грунта на недеформируемое основание с применением обычных, хорошо зарекомендовавших себя фундаментных конструкций. В этом случае реализация принципа сейсмоизоляции осуществляется обычным способом, путём введения различных податливых опорных элементов в фундаментную часть здания. В качестве опорных элементов могут быть использованы кинематические фундаменты различного вида, пружинные элементы, «гибкий нижний этаж» и другие решения. Впервые системы сейсмоизоляции в виде адаптивной конструкции сейсмозащиты была внедрена в проектах крупнопанельных зданий 122 серии в г. Северобайкальске в жилых зданиях для БАМа. В разработке этой конструкции принимали участие специалисты ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и СПбЗНИИЭП под руководством профессора Айзенберга Я.М. Мёрзлые грунты основания использовались по принципу II с заменой и уплотнением грунта, с последующей установкой на это основание жестких, перекрестных, монолитных ленточных фундаментов. Подвальная часть здания была выполнена в конструкциях «гибкого нижнего этажа» с выключающимися связями. Функцию гибкого этажа выполняли податливые опорные элементы в виде каркасных стоек. Примеры возможной реализации податливых опорных элементов в конструкциях сейсмоизолирующих фундаментов представлены в работе [18].

С момента строительства зданий 122 серии в г. Северобайкальске прошло уже более 40 лет. За это время примененная система сейсмозащиты показала высокую степень надежности во время прошедших землетрясений.

Выводы

1. Сочетание сложных природных факторов, таких, как наличие сейсмической активности и многолетнемёрзлые грунты, залегающие в основании сооружений, диктует необходимость внедрения в практику строительства современных и апробированных подходов, позволяющих обеспечить надежность и безопасность функционирования строительных объектов в рассматриваемых условиях, среди которых наиболее эффективным является принцип сейсмоизоляции.

2. Принцип сейсмоизоляции может быть использован при строительстве зданий, сооружений на многолетнемёрзлых грунтах основания как по принципу I, так и по принципу II.

3. При применении сейсмоизоляции и строительстве по принципу I на многолетнемёрзлых грунтах использование свайного фундамента с высоким ростверком является наиболее предпочтительным конструктивным решением. При этом необходимо обеспечить одновременно прочность и гибкость опорных элементов, роль которых выполняют сваи, а также учесть необходимость влияния изгибающего момента в стойках (сваях) от продольной нагрузки. Кроме того, в конструкциях свайного фундамента, для обеспечения его работоспособности при опасных сейсмических воздействиях, например, низкочастотного характера, следует предусматривать дополнительные элементы гашения колебаний.

4. Применение принципа сейсмоизоляции в условиях строительства на многолетнемёрзлых грунтах по принципу II наиболее целесообразно в условиях предпостроечного оттаивания, при замене сжимаемой толщи грунта на недеформируемое основание со стабильными прочностными характеристиками и с применением

традиционных конструкций фундаментов, в которых реализация принципа сейсмоизоляции осуществляется обычным путем – введением в конструкции фундаментов податливых опорных элементов различного вида. Подбор параметров этих элементов определяется с учетом известных рекомендаций, например, представленных в [19].

5. Применение принципа сейсмоизоляции в условиях строительства на многолетнемерзлых грунтах по принципу II, при допущении оттаивания мерзлого грунта в процессе эксплуатации здания, требует специального обоснования и исследования.

6. При строительстве зданий по принципу II с учетом допущения оттаивания грунта в процессе эксплуатации, расчетными исследованиями подтверждено, что наиболее сейсмостойкими конструкциями фундаментов являются конструкции, выполненные в виде пространственных жестких платформ, представленные в [16].

Список литературы

1. Харитонов В.А. Сейсмостойкое строительство на вечномёрзлых грунтах. Л.: Строительство, Лен. отд. 1980. 79 с.
2. Айзенберг Я.М., Смирнов В.И. и др. Эффективные системы сейсмоизоляции. Исследование, проектирование, строительство // *Сб. ВНИИТПИ, Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2002. №7. С. 31–37.
3. Смирнов В.И. Сейсмоизоляция для вновь проектируемых и усиления существующих зданий // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2004. № 4. С. 49–54.
4. Belash T.A. Design peculiarities of foundation structures in permafrost and seismically active areas. *Proceedings in Earth and geosciences. Vol 2. Geotechnics fundamentals and applications in constructions*. Edited By Mangushev R., Zhusupbekov A., Sakharov I. <https://doi.org/10.1201/9780429058882/> 2019 г. 36–44 pp.
5. Belash T.A., Uzdin A.M. Effects of Permafrost on Earthquake Resistance of Transport Facilities in the Baikal–Amur Mainline Area. *Proceedings in Cold Regions. Volume 1. /Petriavena Konon A. Lecture notes in Civil Engineering. Vol. 49, 79–95 pp.* https://doi.org/10.1007/978-981-15-04501_9. Springer. Singapore. 2020
6. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах / Под ред. Ю.Я. Велли, В.И. Докучаева, Н.Ф. Федорова. Л.: Строительство, Лен. отд., 1977. 552 с.
7. Шевцов К.К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1986. 232 с.
8. Белаш Т.А., Уздин А.М. Железнодорожные здания для районов с особыми природно-климатическими условиями и техногенными воздействиями. Учебник для вузов ж-д. транспорта. Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. 2007. 370 с.
9. Алексеев А.Г. Правила проектирования оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах по I принципу строительства Москва, 2020.
10. Алексеев А.Г., Рабинович М.В. Влияние изменяющегося климата на техническое состояние зданий и сооружений арктического региона России на примере городского округа Воркута *Вестник НИЦ Строительство*. 2019. № 4 (23). С. 35-43.
11. Абакаров М.С. К вопросу применения свайных фундаментов с высоким ростверком в сейсмостойком строительстве. Труды международной научно-практической конференции «Новые строительные тренды в 21 веке». Алма-Ата: АО «КазНИИСА». 2017. С. 27–31.
12. Аубакиров А.Т. Сейсмоизолирующие свайные фундаменты. Алма-Ата: Казахстан. 1988. 166 с.
13. Belash T.A., Mitrofanova M.N. Pile Foundations for Areas With a Joint Manifestation of Permafrost and High Seismic Activity. Рецензируемый журнал TOP

Conference series: *Materials Science and Engineering (MSE)*. 463 (2018) 022076
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/463/2/0220i>

14. Уздин А.М. Энергопоглощение в системах сейсмозащиты зданий и сооружений: монография / А.М. Уздин, Т.А. Белаш. С-Пб: ФГБОУ ВО ПГУПС. 2020. 178 с.

15. Белаш Т.А., Сергеев Д.А. О возможности использования высокого свайного ростверка в качестве элемента сейсмоизоляции для зданий, возводимых в районах вечной мерзлоты // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2015. № 4. С. 45–47.

16. Абовский Н.П., Енджиевский Л.В., Надеяев В.Д. Новые конструктивные решения для сейсмостойкого строительства в особых грунтовых условиях // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2004. № 3. С. 30–32.

17. Belash T.A., Ivanova T.V. Earthquake resistance of buildings on thawing permafrost grounds. *Magazine of Civil Engineering [Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal]*. 2020, no. 01(93), pp. 50–59 (2020) <https://doi.org/1018720-MCE.93.5>

18. Белаш Т.А. Конструктивное исполнение элементов повышенной податливости в системах сейсмоизоляции // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2021. № 1(50). С. 18–23.

19. Уздин А.М., Долгая А.А. Расчет элементов и оптимизация параметров сейсмоизолирующих фундаментов. М.: ВНИИТПИ, 1997. 76 с.

References

1. Haritonov V.A. Sejsmostojkoe stroitel'stvo na vechnomerzlykh gruntakh. L.: Stroitel'stvo, Len. otd. 1980. 79 p.

2. Eizenberg Ya.M., Smirnov V.I. i dr. Ehffektivnye sistemy sejsmoizolyacii. Issledovanie, proektirovanie, stroitel'stvo. Sb. *VNIINTPI, Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2002, no.7, pp. 31–37. (In Russian)

3. Smirnov V.I. Sejsmoizolyatsiya dlya vnov' proektiruemykh i usileniya sushchestvuyushchikh zdaniy. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2004, no.4, pp. 49–54. (In Russian)

4. Belash T.A. Design peculiarities of foundation structures in permafrost and seismically active areas. Proceedings in Earth and geosciences. Vol 2. Geotechnics fundamentals and applications in constructions. Edited By Mangushev R., Zhusupbekov A., Sakharov I. Doi: <https://doi.org/10.1201/9780429058882/> 2019 g. 36–44 pp.

5. Belash T.A., Uzdin A.M. Effects of Permafrost on Earthquake Resistance of Transport Facilities in the Baikal–Amur Mainline Area. Proceedings in Cold Regions. Volume 1. /Petriavna Konon A. Lecture notes in Civil Engineering. Vol. 49, 79–95 pp. https://doi.org/10.1007/978-981-15-04501_9. Springer. Singapore. 2020

6. Spravochnik po stroitel'stvu na vechnomerzlykh gruntakh / Pod red. Yu.Ya. Velli, V.I. Dokuchaeva, N.F. Fedorova. L.: Stroitel'stvo, Len. otd., 1977. 552 p. (In Russian)

7. Shevtsov K.K. Proektirovanie zdaniy dlya rajonov s osobymi prirodno-klimaticheskimi usloviyami. Uchebnoe posobie. M.: Vysshaya shkola, 1986. 232 p. (In Russian)

8. Belash T.A., Uzdin A.M. Zheleznodorozhnye zdaniya dlya rajonov s osobymi prirodno-klimaticheskimi usloviyami i tekhnogennymi vozdeystviyami. Uchebnyk dlya vuzov zh-d. transporta. Moskva: Uchebno-metodicheskij centr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte. 2007. 370 p. (In Russian)

9. Alekseev A.G. Rules for designing foundations and foundations on permafrost soils according to the First principle of construction Moscow, 2020.

10. Alekseev A.G., Rabinovich M.V. The influence of changing climate on the technical condition of buildings and structures in the Arctic region of Russia on the example of the Vorkuta urban district Bulletin of JSC RCC. 2019. No. 4 (23). pp. 35-43.9.

11. Abakarov M.S. K voprosu primeneniya svajnykh fundamentov s vysokim rostverkom v sejsmostojkom stroitel'stve. Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Novye stroitel'nye trendy v 21 veke». Alma-Ata: AO «KaZNIISA». 2017, pp. 27–31. (In Russian)
12. Aubakirov A.T. Sejsmoizoliruyushchie svajnye fundamenty. Alma-Ata: Kazakhstan. 1988. 166 p. (In Russian)
13. Belash T.A., Mitrofanova M.N. Pile Foundations for Areas With a Joint Manifestation of Permafrost and High Seismic Activity. *Recenziruemyj zhurnal TOP Conference series: Materials Science and Engineering (MSE)*. 463 (2018) 022076 <https://doi.org/10.1088/1757-899x/463/2/022076>
14. Uzdin A.M. Ehnergopogloshchenie v sistemakh sejsmozashchity zdaniy i sooruzhenij: monografiya / A.M. Uzdin, T.A. Belash. S-Pb: FGBOU VO PGUPS. 2020. 178 p. (In Russian)
15. Belash T.A., Sergeev D.A. O vozmozhnosti ispol'zovaniya vysokogo svajnogo rostverka v kachestve ehlementa sejsmoizolyatsii dlya zdaniy, vozvodimykh v rajonakh vечноj merzloty. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2004, no. 3, 30–32 pp. (In Russian)
16. Abovskij N.P., Endzhievskij L.V., Nadelyaev V.D. Novye konstruktivnye resheniya dlya sejsmostojkogo stroitel'stva v osobykh gruntovykh uslovij. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2015, no. 4, pp. 45–47 (In Russian)
17. Belash T.A. Ivanova T.V. Earthquake resistance of buildings on thawing permafrost grounds. *Magazine of Civil Engineering [Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal]*. 2020, no. 01 (93), pp. 50–59. (2020) <https://doi.org/10.18720-MCE.93.5>
18. Belash T.A. Konstruktivnoe ispolnenie ehlementov povyshennoj podatlivosti v sistemakh sejsmoizolyatsii. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2021, no. 1(50), pp.18–23. (In Russian)
19. Uzdin A.M., Dolgaya A.A. Raschet ehlementov i optimizatsiya parametrov sejsmoizoliruyushchikh fundamentov. M.: VNIINTPI, 1997. 76 p. (In Russian)

Данные об авторах / Informations about authors

Белаш Татьяна Александровна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы» АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Belash Tatiana A., Dr.Sci. (Engineering), Professor, Professor of the Department "Building Structures, Structures and Materials" of JSC RCC. Moscow, Russian Federation

Бубис Александр Александрович, зам. руководителя ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

alububis@gmail.com

Bubis Alexander A., deputy chief of Structures Earthquake Resistance Research Center of TSNIISK named after V.A. Koucherenko of JSC RCC. Moscow, Russian Federation

alububis@gmail.com

Смирнова Любовь Николаевна, кандидат технических наук, Ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

lyubovsmirnova80@gmail.com

Smirnova Lyubov N., Cand. Sci. (Engineering), Scientific secretary of JSC RCC. Moscow, Russian Federation

lyubovsmirnova80@gmail.com

Ставницер Леонид Рувимович, доктор технических наук, профессор, главный специалист НИИОСП им Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Stavnitser Leonid R., Dr.Sci. (Engineering), Professor, Chief Specialist of the NIIOSP named after N.M. Gersevanov of JSC RCC. Moscow, Russian Federation