ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ/HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

DOI: https://doi.org/10.18454/mca.2024.44.2

СТРОИТЕЛЬСТВО С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЬДА

Научная статья

Кудряшова Е.Е.[1], Савельева В.В.[2,] *, Андреева С.А.[3]
[1] ORCID : 0009-0007-9451-0368;
[1, 2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация
[3] Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (saveleva.viktoriia.v[at]gmail.com)

Аннотация

Арктические и антарктические регионы представляют собой особые территории с уникальными климатическими и географическими условиями. Использование льда как строительного материала для морских сооружений в этих областях становится все более актуальным в свете изменяющегося климата и повышенного интереса к исследованиям этих регионов. В статье анализируются различные аспекты использования льда в строительстве морских объектов, таких как причалы.

Анализ условий, при которых лед может быть использован в качестве строительного материала, позволяет определить оптимальные сценарии для его применения. Преимущества использование ледового материала включает экологическую устойчивость, присущую натуральным материалам, а также универсальность и способность сооружения из подручных материалов (воды). При использовании льда существуют риски, такие как деформация и трещины, которые могут возникнуть из-за погодных условий. В статье приведен обзор различных методов создания ледяных сооружений, включая сборку из блоков и намораживания. Приведены примеры некоторых типов сооружений, созданных из льда.

Подчеркивается необходимость сбалансированного подхода к использованию льда в строительстве морских объектов. Правильное планирование, инженерные навыки и соблюдение безопасности являются ключевыми аспектами успешной реализации этого подхода. Дальнейшие исследования и инновации могут способствовать развитию новых методов и практик, обогащая знания о потенциале льда в строительстве морских сооружений.

Ключевые слова: использование льда, строительство морских объектов, причалы, методы строительства, ледяные сооружения, гидротехническое строительство.

ICE-BASED CONSTRUCTION

Research article

Kudryashova E.E.[1], Saveleva V.V.[2,] *, Andreeva S.A.[3]
[1] ORCID : 0009-0007-9451-0368;
[1, 2] Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russian Federation
[3] Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (saveleva.viktoriia.v[at]gmail.com)

Abstract

The Arctic and Antarctic regions are special areas with unique climatic and geographical conditions. The use of ice as a building material for marine structures in these areas is becoming more and more relevant in light of the changing climate and the increased interest in exploring these areas. The article analyses various aspects of the use of ice in the construction of marine facilities such as berths.

An analysis of the conditions under which ice can be used as a building material allows to identify optimal scenarios for its application. The advantages of using ice material include the environmental sustainability inherent in natural materials, as well as versatility and the ability to construct from improvised materials (water). When using ice, there are risks such as warping and cracking that can occur due to weather conditions. This article provides an overview of the different methods of creating ice structures, including block assembly and freezing. Examples of some of the types of structures created from ice are provided.

The need for a balanced approach to the use of ice in offshore construction is emphasized. Proper planning, engineering skills and safety are key aspects of the successful implementation of this approach. Further research and innovation can contribute to the development of new methods and practices, enriching knowledge of the potential of ice in marine construction.

Keywords: ice use, marine construction, berths, construction methods, ice structures, hydraulic engineering construction.

Введение

Строительство морских объектов, таких как причалы, представляет собой важный аспект инфраструктурного развития Арктики; строительство в холодном климате, в арктических и антарктических регионах, сталкивается с уникальными вызовами, которые требуют инновационных подходов к материалам и методам строительства. Один из

таких подходов – использование льда как строительного материала. Использование льда сопряжено с рядом трудностей и вызовов [1], [2], [3], [5], [6].

Использование льда в строительстве морских объектов имеет древние корни и практиковалось на протяжении веков, особенно в культурах, где лед и снег были доступными ресурсами. Однако с развитием современных технологий и научных знаний, этот метод строительства обретает новую актуальность и применение, особенно в контексте изменяющегося климата и растущего интереса к исследованиям арктических и антарктических регионов.

В статье рассматриваются различные аспекты использования льда в строительстве морских объектов, таких как причалы (рисунок 1); проанализированы условия, при которых лед может быть использован в качестве строительного материала, а также преимущества и ограничения; рассмотрены различные методы создания ледяных конструкций, а также опасности и риски, связанные с этими сооружениями; приведены типы морских сооружений, созданных из льда.

Рисунок 1 - Пример причала, обмерзшего слоем льда
DOI: https://doi.org/10.18454/mca.2024.44.2.1

При анализе использованы разнообразные источники, включая научные исследования, статьи, технические документы и публикации, связанные с использованием льда в строительстве и инфраструктуре морских объектов [7], [9], [10], [11], [12].

В настоящее время, когда изменение климата оказывает влияние на экосистемы и ресурсы морских регионов, использование льда как строительного материала может представлять новые возможности для устойчивого развития. Тем не менее необходимо учитывать как потенциальные преимущества, так и риски, связанные с этим подходом. Данный материал имеет характер обзора, предназначен для систематизации знания и понимания потенциала льда в строительстве морских объектов.

Методы и анализ

Строительство из льда имеет определенные ограничения из-за климатических условий и физических характеристик льда. Однако в некоторых областях, где зимние температуры поддерживаются постоянно, отрицательными это возможно:

Арктика и Антарктика, характеризующиеся низкими температурами и наличием обширных ледяных покровов, предоставляют уникальную возможность для строительства из льда. Например, исследовательские станции в Антарктике могут использовать лед для создания временных жилых помещений.

В некоторых странах, таких как Норвегия, Швеция и Финляндия, зимние температуры и снегопады могут обеспечивать подходящие условия для создания временных ледяных сооружений. В некоторых регионах Канады и Аляски можно наблюдать долгие зимние периоды с низкими температурами, что способствует созданию временных ледяных архитектурных элементов. В некоторых северных частях России и Европы возможно использовать ледяные сооружения.

В некоторых горных регионах с низкими температурами и высокими альпийскими озерами, такими как в Альпах или Гималаях, можно использовать лед и снег как строительный материал.

Помимо географической области с низкой температурой, для строительства изо льда желательно выполнение еще ряда условий:

Чрезмерные колебания температур могут привести к разрушению льда, поэтому желательно, чтобы температурные перепады были умеренными. Резкие изменения температуры могут вызвать трещины и деформации в ледяных структурах.

Лед должен быть достаточно стабильным и плотным, чтобы обеспечить надежную базу для строительства. Тонкий и хрупкий лед может быть менее подходящим для строительства [13], [15], [16], [17], [18].

Сильные ветры могут существенно повлиять на стабильность ледяных конструкций, особенно если лед подвержен перемещению или образованию снежных накоплений.

Источник воды, такой как озеро или река, может быть необходим для добычи льда. Доступ к достаточному количеству качественной ледяной массы играет важную роль в процессе строительства.

Безопасность работников и посетителей является приоритетом при строительстве из льда. Необходимо предпринимать меры для предотвращения несчастных случаев, связанных с ледяными конструкциями [19], [20], [21], [22], [24].

Для создания ледяных структур могут потребоваться специализированные инструменты и оборудование. Например, для резки и формирования льда могут использоваться пилы и другие специальные инструменты.

Строительство из льда может быть предпочтительным в определенных случаях, когда другие материалы не являются наилучшим выбором из-за особых условий или потребностей. Например, для сезонных мероприятий, для мероприятий, которые продолжаются только в течение определенного времени, ледяные сооружения могут быть быстро созданы и затем растворены, что упрощает организацию и не требует долгосрочных инвестиций в инфраструктуру. В некоторых случаях лед может быть более экологически дружелюбным материалом по сравнению с традиционными строительными материалами. Строительство из льда может потребовать меньше энергии и ресурсов для производства, а также не оставит значительных следов после разрушения. Лед позволяет создавать уникальные формы и текстуры, которые могут быть трудно достичь с использованием других материалов [25], [26], [27], [28], [29].

Морские и гидротехнические сооружения, возводимые из льда, часто используются в арктических и антарктических регионах, где зимние температуры позволяют сохранять стабильность ледяных конструкций. Несмотря на ограниченность таких сооружений, известны практические реализации следующих типов сооружений:

Ледовые причалы. В арктических регионах ледовые причалы могут использоваться для временных стоянок судов и обеспечения посадки и высадки пассажиров и грузов. Они могут быть созданы, вырезая площадку из замороженного морского льда.

Ледовые платформы для исследований. Исследовательские станции в Антарктике и Арктике могут использовать ледяные платформы для размещения оборудования и проведения научных исследований. Эти платформы могут включать в себя жилые помещения, лаборатории и устройства для изучения морской экосистемы.

Ледовые платформы для добычи ресурсов. В некоторых регионах морской лед можно использовать для временного размещения оборудования для добычи полезных ископаемых.

Ледовые площадки для производства работ. Временные ледовые площадки могут использоваться для гидротехнических работ, таких как ремонт и обслуживание морских объектов в условиях низких температур.

Искусственные ледовые острова. В определенных случаях можно создавать искусственные ледовые острова, которые служат как временные платформы для различных целей, включая научные исследования, базирование оборудования и прочее (рисунок 2).

Для строительства из льда предпочтительно использовать чистый и плотный лед (рисунок 3), так как он обеспечивает лучшую стабильность и прочность конструкции. Однако качество льда может различаться в зависимости от источника его добычи.

Рисунок 2 - Пример блоков льда льда для строительства методом укладки
DOI: https://doi.org/10.18454/mca.2024.44.2.2

Морской лед, образующийся на поверхности океанов и морей, обычно менее плотный, чем пресноводный лед, но морской лед может быть менее подвержен образованию трещин и деформациям из-за давления.

Лед, образующийся на пресноводных водоемах, таких как озера или реки, может также использоваться для строительства. Однако пресноводный лед может быть более хрупким, что требует более осторожного обращения.

В некоторых случаях воду можно использовать для создания ледяных блоков или замораживания тонких слоев воды поверх льда. Например, при брызговом намораживании.

Снежный лед образуется путем компактирования снега. Он может использоваться для создания временных и менее крепких конструкций.

Для создания льда, который будет использован в строительстве, требуется процесс подготовки и формирования ледяных блоков или подготовка установок для наливки или «разбрызга» воды. Предварительно необходимо выбрать источник льда, который будет использован. Это может быть морская вода, пресноводное озеро или другой доступный источник. Необходимо подготовить площадку, на которой будет производиться замораживание льда. Это может быть естественное водоем или искусственная площадка с подготовленным фундаментом. Если используется пресноводный лед, для декоративных целей, то вода может быть предварительно очищена от примесей и загрязнений. Это помогает создать более чистый лед. При намораживании льда, после того как первый слой заморожен, можно начать постепенно добавлять дополнительные слои воды и допускать их замораживание. Если замораживание льда происходило не в

месте предполагаемого использования, то готовые ледяные элементы могут быть транспортированы на место строительства. В зависимости от условий использования ледяных сооружений, может потребоваться их обслуживание и поддержание для сохранения прочности и стабильности.

Строительство из льда представляет собой инженерный процесс. Возможно нанесение слоев воды на поверхность, где она быстро замораживается, создавая новые слои льда. Смешивание снега с водой и замораживание этой смеси может помочь создавать более устойчивые и плотные ледяные конструкции. В некоторых случаях для увеличения прочности ледяных конструкций могут быть использованы внутренние арматурные элементы, такие как стальные стержни или другие материалы. В некоторых случаях ледяные конструкции могут быть созданы путем создания контролируемых трещин в льду и замораживания их снова для усиления структуры. Ледяную крошку можно использовать в качестве «клея» для склеивания ледяных блоков. Гелямификация включает добавление воды к раздробленному льду для создания ледяной пасты, которая затем замораживается и твердеет.

Использование льда как строительного материала может сопровождаться определенными рисками и опасностями, особенно если не учтены факторы безопасности и особенности льда.

Ледяные сооружения могут быть подвержены неустойчивости и деформациям под воздействием изменчивых климатических условий, ветров и других факторов. Внезапные изменения температуры могут привести к разрушению и обрушению ледяных конструкций.

Ледяные сооружения могут разрушаться из-за образования трещин, особенно при быстрых изменениях температуры или механическом воздействии. Трещины могут ослабить конструкцию и сделать ее менее стабильной.

Строительство и использование ледяных сооружений требует особого внимания к безопасности. Недостаточная прочность конструкции или неправильное укрепление льда может представлять опасность для жизни и здоровья людей, находящихся внутри или рядом с ледяными сооружениями.

Временные ледяные сооружения могут «потечь» и даже разрушиться в результате изменения температуры или погодных условий. Это может ограничивать долгосрочную устойчивость и функциональность таких конструкций.

Если в ледяных сооружениях используется электрооборудование или искусственное освещение, существует риск электрошока из-за влажности и проводимости льда.

Если вода для создания льда содержит примеси или загрязнения, это может негативно повлиять на качество и прочность ледяных сооружений.

Использование льда для восстановления причалов, особенно в условиях холодного климата, может быть интересным и эффективным подходом. Однако необходимо тщательно спланировать и реализовать процесс восстановления, чтобы обеспечить безопасность, устойчивость и функциональность ледяных конструкций. Для укрепления ледяных конструкций может потребоваться создание плоской и устойчивой основы. Это может быть сделано путем уплотнения снега или создания ледяной платформы. В зависимости от условий и нагрузок, на которые будет подвергаться восстановленный причал, может потребоваться создание дополнительных поддерживающих элементов. Это может включать в себя стержни, палубу или другие материалы. Важно учесть безопасность работников и пользователей причала. Необходимо обозначить зоны опасные зоны, и предупредить о возможных рисках, а также убедиться, что ледяные конструкции достаточно прочны и устойчивы. Принимайте во внимание возможные изменения погоды, температуры и другие факторы окружающей среды, которые могут повлиять на стабильность и долговечность ледяных конструкций. Ледяные конструкции требуют регулярного обслуживания и мониторинга, чтобы обеспечить их функциональность и безопасность на протяжении всего срока использования. Важно тщательно планировать каждый этап восстановления причала из льда, учитывая особенности климата, состояния льда и требования к безопасности.

Заключение

Использование льда в строительстве и реконструкции временных морских объектов, таких как причалы, представляет собой интересную практику в условиях арктических и антарктических регионов. Однако, как и с любым не стандартным подходом, с ним связаны определенные вызовы, риски и возможности. В данном обзоре были рассмотрены различные аспекты использования льда в строительстве морских объектов, и были получены выводы:

Ледяные сооружения могут предоставлять уникальные преимущества, включая возможность создания временных конструкций для научных исследований, добычи ресурсов, развлекательных мероприятий и других целей. Они также могут служить временными платформами для обеспечения доступности в условиях холодного климата. Кроме того, использование льда в строительстве может способствовать экологической устойчивости, так как этот материал является естественным и перерабатываемым.

Несмотря на преимущества, использование льда в строительстве также сопровождается рядом рисков и вызовов. Особенно важно учитывать его подверженность деформациям, трещинам и изменениям воздействия окружающей среды. Неправильное планирование и недостаточные знания о характеристиках льда могут привести к обрушению сооружений и угрожать безопасности людей. Эффективное управление рисками, а также строгое соблюдение инженерных и безопасных стандартов, являются ключевыми аспектами успешного использования льда в строительстве.

Выбор использования льда как строительного материала должен тщательно анализироваться с учетом конкретных условий, целей и доступных ресурсов. В некоторых случаях использование льда может быть более целесообразным и экономически эффективным, чем традиционные материалы, особенно в регионах с ограниченным доступом к другим ресурсам.

Использование льда в строительстве морских объектов представляет собой сложную и многогранную тему, которая требует глубокого понимания характеристик льда, инженерных навыков и тщательного планирования. Этот подход может принести существенные преимущества в условиях холодного климата, но требует осторожности и внимания к деталям. Дальнейшие исследования и инновации в области использования льда в строительстве морских

объектов могут привести к разработке более надежных и эффективных методов, позволяющих максимально использовать потенциал этого уникального строительного материала.

Финансирование

Проект выполняется при поддержке Минобрнауки России, «Исследование статистических закономерностей ледовых нагрузок на инженерные сооружения и разработка нового метода их вероятностного моделирования (FSEG-2020-0021)».

Funding

This work was done as a part of Project "Study of Statistical Patterns of Ice Loads on Engineering Structures and Development of a New Method for Their Stochastic modeling (FSEG-2020-0021)", No. 0784-2020-0021" supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Карпова А.А. Расчет больверка в составе искусственного острова методом КЭ. / А.А. Карпова, Ю.В. Стрябкова, Д.А. Шарапов // Неделя науки ИСИ: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года / Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического уни-верситета Петра Великого. — 2021. — 1. — С. 61-62.

2. Sharapov D. Artificial Ice Island / D. Sharapov, S. Andreeva // E3S Web of Conferences. — 2023. — 431. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343106011.

3. Шарапов Д. А. Особенности расчета нагрузок при термическом расширении льда / Д. А. Шарапов, С.А. Андреева // Гидротехническое строительство. — 2023. — 8. — с. 2-11. — DOI: 10.34831/EP.2023.64.37.001.

4. Sharapov D. Water Circulation to Improve the Quality of Port Ice Management / D. Sharapov // International Journal for Quality Research. — 2024. — Vol.18. — 2. — DOI: 10.24874/IJQR18.02-18.

5. Бучнев И.Д. Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D. / И.Д. Бучнев, Д.А. Шарапов // Неделя науки ИСИ: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года. — 2023. — 1. — С. 92-94.

6. Sharapov D. Ice Adhesion to Hydrotechnical Structures / D. Sharapov // E3S Web of Conf. — 2023. — 431. — p. 03006. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343103006.

7. Andreeva S.A. Hoek–Brown Model for Ice Breaking Simulation / S.A. Andreeva, D. Sharapov // Magazine of Civil Engineering. — 2023. — 123(7). — p. 12303. — DOI: 10.34910/MCE.123.3.

8. Sharapov D.A. The Effect of Story Drift in a Multi-story Building under the Influence of an Earthquake / D.A. Sharapov, T.H. Gebre, Yu.M. Ali // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. — 2021. — Vol. 17. — 3. — p. 270-277. — DOI: 10.22363/1815-5235-2021-17-3-270-277.

9. Шарапов Д.А. Измерение и нормирование формы ледового воротника в гидротехническом строительстве / Д.А. Шарапов, Ю.С. Клочков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2023. — 25(4). — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-71-78.

10. Тяготин В.М. Расчет смещения якоря с помощью PLAXIS 3D. / В.М. Тяготин, Д.А. Шарапов // Неделя науки ИСИ: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года. — 2021. — 1. — С. 94-96.

11. Sharapov D. Improving Quality of 2D Ice Load Estimation on Freezed Piles / D. Sharapov, Y. Klochkov // International Journal for Quality Research. — 2023. — Vol. 17. — 4. — DOI: 10.24874/IJQR17.04-11.

12. Sharapov D. Brief on Development of Ice Load Estimation for Hydrotechnical Engineering / D. Sharapov // Proceedings of 23rd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2023. — 2023. — Vol. 23. — Iss. 2.1. — DOI: 10.5593/sgem2023/2.1/s08.18.

13. Крицук Л.А. Динамический расчет на сейсмическую нагрузку в PLAXIS 2D. / Л.А. Крицук, Д.А. Шарапов // Неделя науки ИСИ: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года. — 2021. — 1. — С. 125-127.

14. Sharapov D. An Estimation of the Amount of the Thermal Energy for the Moorage Wall Heating in the Arctic Harbours to Avoid Ice Accumulation / D. Sharapov, K. Shkhinek, T.Á. DelValls // Ocean Engineering. — 2015. — 100. — p. 90-96. — DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.03.016.

15. Sharapov D. Ice Reinforcement / D. Sharapov, S. Andreeva // E3S Web of Conferences. — 2023. — 431. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343106009.

16. Школьная А.А. Статическая устойчивость дамбы хвостохранилища Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева в среде PLAXIS. / А.А. Школьная, И.А. Огиевич, Д.А. Шарапов // Неделя науки ИСИ: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года. — 2021. — 1. — С. 55-57.

17. Шарапов Д.А. Определение нагрузки с учетом ледового воротника в гидротехническом строительстве / Д.А. Шарапов, Ю.С. Клочков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2023. — 25. — № 4. — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-79-86.

18. Sharapov D. Ice Collars, Development and Effects / D. Sharapov, K. Shkhinek, T.Á. DelValls // Ocean Engineering. — 2016. — 115. — p. 189-195. — DOI: 10.1016/j.oceaneng.2016.02.026.

19. Sharapov D. A Method to Determine the Horizontal Ice Loads on the Vertical Steel Structures Which Adfreeze to the Ice Level / D. Sharapov, K. Shkhinek // Coastal Engineering. — 2014. — 88. — p. 69-74. — DOI: 10.1016/j.coastaleng.2014.02.005.

20. Sharapov D. Numerical Calculation of the Ice Grow and Empirical Calculation Results. / D. Sharapov, K. Shkhinek // Research in Materials and Manufacturing Technologies, PTS 1-3 Book Series: Advanced Materials Research. — 2013. — 835-836. — P. 1448-1454.

21. Sharapov D. Volution of Ice Load Prediction Tools for Hydrotechnical Construction / D. Sharapov // E3S Web of Conf. — 2023. — 402. — 05023. — DOI: 10.1051/e3sconf/202340205023.

22. Sharapov D. Structure Freezing in the Ice / D. Sharapov // E3S Web of Conf. — 2023. — 431. — 06010. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343106010.

23. Sharapov D. Property Rights on the Underwater Harbour Constructions / D. Sharapov, S. Andreeva, Y. Volkova et al. // E3S Web of Conferences. — 2023. — 420. — DOI: 10.1051/e3sconf/202342007010.

24. Sharapov D.A. Rockfill Stability to Ice Shearing by the Finite Element Method / D.A. Sharapov, A.S. Sumtsova // Power Technol Eng. — 2023. — DOI: 10.1007/s10749-023-01646-1.

25. Шарапов Д.А. Устойчивость каменной наброски к подвижкам льда методом КЭ / Д.А. Шарапов, А.С. Сумцова // Гидротехническое строительство. — 2023. — 2. — с. 2-7. — DOI: 10.34831/EP.2023.13.50.001 .

26. Дерябин А.С. Укрепление грунтов месторождения "Утреннее" методом инъектирования с поверхности ледяного покрова для постановки массивов-гигантов / А.С. Дерябин, Д.А. Шарапов // Современное строительство и архитектура. — 2023. — 25. — № 3. — с. 107-113. — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-3-107-113.

27. Шарапов Д.А. Термодинамическая модель ледового воротника в гидротехническом строительстве / Д.А. Шарапов, Ю.С. Клочков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2023. — 25. — №3 (113). — с. 107-113. — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-3-107-113.

28. Шарапов Д.А. Численная оценка необходимой энергии для предотвращения образования ледовых воротников на морских причалах Арктики / Д.А. Шарапов, А.С. Большев // Научно-технический сборник (НТС)-44/45, Российский морской регистр судоходства (РМРС). — 2016. — 44/45.

29. Шарапов Д.А. Нагрузки от льда на вмёрзшие вертикальные стальные сооружения при горизонтальных подвижках ледового покрова. / Д.А. Шарапов, К.Н. Шхинек // Известия всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. — 2016. — 282. — С. 99-107.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Karpova A.A. Raschet bol'verka v sostave iskusstvennogo ostrova metodom KE' [Calculation of the Boltwork as Part of an Artificial Island Using the FE Method]. / A.A. Karpova, Yu.V. Stryabkova, D.A. Sharapov // ISI Science Week: Proceedings of the All-Russian Conference in 3 parts, St. Petersburg, April 26–30, 2021 / Civil Engineering Institute of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. — 2021. — 1. — P. 61-62. [in Russian]

2. Sharapov D. Artificial Ice Island / D. Sharapov, S. Andreeva // E3S Web of Conferences. — 2023. — 431. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343106011.

3. Sharapov D. A. Osobennosti rascheta nagruzok pri termicheskom rasshirenii l'da [Features of Calculating Loads during Thermal Expansion of Ice] / D. A. Sharapov, S.A. Andreeva // Hydraulic Engineering. — 2023. — 8. — p. 2-11. — DOI: 10.34831/EP.2023.64.37.001. [in Russian]

4. Sharapov D. Water Circulation to Improve the Quality of Port Ice Management / D. Sharapov // International Journal for Quality Research. — 2024. — Vol.18. — 2. — DOI: 10.24874/IJQR18.02-18.

5. Buchnev I.D. Raschet ograditel'ny'x sooruzhenij porta «Buxta Sever» v programmnom komplekse PLAXIS 2D [Calculation of Protective Structures of the Port "Buhta Sever" in the PLAXIS 2D Software Package]. / I.D. Buchnev, D.A. Sharapov // ISI Science Week: Proceedings of the All-Russian Conference in 3 parts, St. Petersburg, April 26–30, 2021. — 2023. — 1. — P. 92-94. [in Russian]

6. Sharapov D. Ice Adhesion to Hydrotechnical Structures / D. Sharapov // E3S Web of Conf. — 2023. — 431. — p. 03006. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343103006.

7. Andreeva S.A. Hoek–Brown Model for Ice Breaking Simulation / S.A. Andreeva, D. Sharapov // Magazine of Civil Engineering. — 2023. — 123(7). — p. 12303. — DOI: 10.34910/MCE.123.3.

8. Sharapov D.A. The Effect of Story Drift in a Multi-story Building under the Influence of an Earthquake / D.A. Sharapov, T.H. Gebre, Yu.M. Ali // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. — 2021. — Vol. 17. — 3. — p. 270-277. — DOI: 10.22363/1815-5235-2021-17-3-270-277.

9. Sharapov D.A. Izmerenie i normirovanie formy ledovogo vorotnika v gidrotehnicheskom stroitel'stve [Measuring and Standardizing the Shape of the Ice Collar in Hydraulic Engineering] / D.A. Sharapov, Ju.S. Klochkov // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2023. — 25(4). — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-71-78. [in Russian]

10. Tyagotin V.M. Raschet smeshheniya yakorya s pomoshh'yu PLAXIS 3D [Calculating Armature Displacement Using PLAXIS 3D]. / V.M. Tyagotin, D.A. Sharapov // ISI Science Week: Proceedings of the All-Russian Conference in 3 parts, St. Petersburg, April 26–30, 2021. — 2021. — 1. — P. 94-96. [in Russian]

11. Sharapov D. Improving Quality of 2D Ice Load Estimation on Freezed Piles / D. Sharapov, Y. Klochkov // International Journal for Quality Research. — 2023. — Vol. 17. — 4. — DOI: 10.24874/IJQR17.04-11.

12. Sharapov D. Brief on Development of Ice Load Estimation for Hydrotechnical Engineering / D. Sharapov // Proceedings of 23rd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2023. — 2023. — Vol. 23. — Iss. 2.1. — DOI: 10.5593/sgem2023/2.1/s08.18.

13. Kriczuk L.A. Dinamicheskij raschet na sejsmicheskuyu nagruzku v PLAXIS 2D [Dynamic Analysis of Seismic Loads in PLAXIS 2D]. / L.A. Kriczuk, D.A. Sharapov // ISI Science Week: Proceedings of the All-Russian Conference in 3 parts, St. Petersburg, April 26–30, 2021. — 2021. — 1. — P. 125-127. [in Russian]

14. Sharapov D. An Estimation of the Amount of the Thermal Energy for the Moorage Wall Heating in the Arctic Harbours to Avoid Ice Accumulation / D. Sharapov, K. Shkhinek, T.Á. DelValls // Ocean Engineering. — 2015. — 100. — p. 90-96. — DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.03.016.

15. Sharapov D. Ice Reinforcement / D. Sharapov, S. Andreeva // E3S Web of Conferences. — 2023. — 431. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343106009.

16. Shkol'naya A.A. Staticheskaya ustojchivost' damby' xvostoxranilishha Mixajlovskogo GOKa im. A.V. Varicheva v srede PLAXIS [Static Stability of the Tailings Dam at the Mikhailovsky Mining and Processing Plant named after. A.V. Varichev in the PLAXIS Environment]. / A.A. Shkol'naya, I.A. Ogievich, D.A. Sharapov // ISI Science Week: Proceedings of the All-Russian Conference in 3 parts, St. Petersburg, April 26–30, 2021. — 2021. — 1. — P. 55-57. [in Russian]

17. Sharapov D.A. Opredelenie nagruzki s uchetom ledovogo vorotnika v gidrotehnicheskom stroitel'stve [Load Determination Taking into Account the Ice Collar in Hydraulic Engineering] / D.A. Sharapov, Ju.S. Klochkov // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2023. — 25. — № 4. — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-79-86. [in Russian]

18. Sharapov D. Ice Collars, Development and Effects / D. Sharapov, K. Shkhinek, T.Á. DelValls // Ocean Engineering. — 2016. — 115. — p. 189-195. — DOI: 10.1016/j.oceaneng.2016.02.026.

19. Sharapov D. A Method to Determine the Horizontal Ice Loads on the Vertical Steel Structures Which Adfreeze to the Ice Level / D. Sharapov, K. Shkhinek // Coastal Engineering. — 2014. — 88. — p. 69-74. — DOI: 10.1016/j.coastaleng.2014.02.005.

20. Sharapov D. Numerical Calculation of the Ice Grow and Empirical Calculation Results. / D. Sharapov, K. Shkhinek // Research in Materials and Manufacturing Technologies, PTS 1-3 Book Series: Advanced Materials Research. — 2013. — 835-836. — P. 1448-1454.

21. Sharapov D. Volution of Ice Load Prediction Tools for Hydrotechnical Construction / D. Sharapov // E3S Web of Conf. — 2023. — 402. — 05023. — DOI: 10.1051/e3sconf/202340205023.

22. Sharapov D. Structure Freezing in the Ice / D. Sharapov // E3S Web of Conf. — 2023. — 431. — 06010. — DOI: 10.1051/e3sconf/202343106010.

23. Sharapov D. Property Rights on the Underwater Harbour Constructions / D. Sharapov, S. Andreeva, Y. Volkova et al. // E3S Web of Conferences. — 2023. — 420. — DOI: 10.1051/e3sconf/202342007010.

24. Sharapov D.A. Rockfill Stability to Ice Shearing by the Finite Element Method / D.A. Sharapov, A.S. Sumtsova // Power Technol Eng. — 2023. — DOI: 10.1007/s10749-023-01646-1.

25. Sharapov D.A. Ustojchivost' kamennoj nabroski k podvizhkam l'da metodom KE [Stability of Rock Fill to Ice Movements Using FE Method] / D.A. Sharapov, A.S. Sumtsova // Hydraulic Engineering. — 2023. — 2. — p. 2-7. — DOI: 10.34831/EP.2023.13.50.001 . [in Russian]

26. Derjabin A.S. Ukreplenie gruntov mestorozhdenija "Utrennee" metodom in'ektirovanija s poverhnosti ledjanogo pokrova dlja postanovki massivov-gigantov [Strengthening the Soil of the "Utrenneye" Deposit Using the Injection Method from the Surface of the Ice Cover to Create Giant Massifs] / A.S. Derjabin, D.A. Sharapov // Modern Construction and Architecture. — 2023. — 25. — № 3. — p. 107-113. — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-3-107-113. [in Russian]

27. Sharapov D.A. Termodinamicheskaja model' ledovogo vorotnika v gidrotehnicheskom stroitel'stve [Thermodynamic Model of an Ice Collar in Hydraulic Engineering] / D.A. Sharapov, Ju.S. Klochkov // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2023. — 25. — №3 (113). — p. 107-113. — DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-3-107-113. [in Russian]

28. Sharapov D.A. Chislennaja otsenka neobhodimoj energii dlja predotvraschenija obrazovanija ledovyh vorotnikov na morskih prichalah Arktiki [Numerical Assessment of the Required Energy to Prevent the Formation of Ice Collars at Sea Berths in the Arctic] / D.A. Sharapov, A.S. Bol'shev // Scientific and Technical Collection (NTS)-44/45, Russian Maritime Register of Shipping (RMRS). — 2016. — 44/45. [in Russian]

29. Sharapov D.A. Nagruzki ot l'da na vmyorzshie vertikal'ny'e stal'ny'e sooruzheniya pri gorizontal'ny'x podvizhkax ledovogo pokrova [Ice Loads on Frozen Vertical Steel Structures during Horizontal Movements of the Ice Cover]. / D.A. Sharapov, K.N. Shxinek // News of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after. B.E. Vedeneev. — 2016. — 282. — P. 99-107. [in Russian]