



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F25C 1/12 (2022.05); F25C 1/16 (2022.05); E02B 17/028 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2021138102, 21.12.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.12.2021

Дата регистрации:
16.02.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.12.2021

(45) Опубликовано: 16.02.2023 Бюл. № 5

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС для Дирекции
Арктических программ, Амелина Ксения
Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Степанов Родион Олегович (RU),
Гончарова Галина Юрьевна (RU),
Каучешвили Николай Эрнестович (RU),
Бузник Вячеслав Михайлович (RU),
Королев Игорь Антонович (RU),
Туралин Денис Олегович (RU),
Разомасов Николай Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н. Э. Баумана)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2679726 C1, 12.02.2019. SU
1388674 A1, 15.04.1988. RU 2715034 C1,
21.02.2020. CN 107990612 A, 04.05.2018.
ЕРМОЛАЕВ А.Е. Получение водного льда
методом послойного намораживания в
условиях вакуумирования : автореф. дис.канд.
техн. наук: 05.04.03 / Ермолаев Андрей
Евгеньевич. - М., 2009. - С. 3-8.

(54) Способ армирования ледовых блоков котонином с применением вакуумной обработки

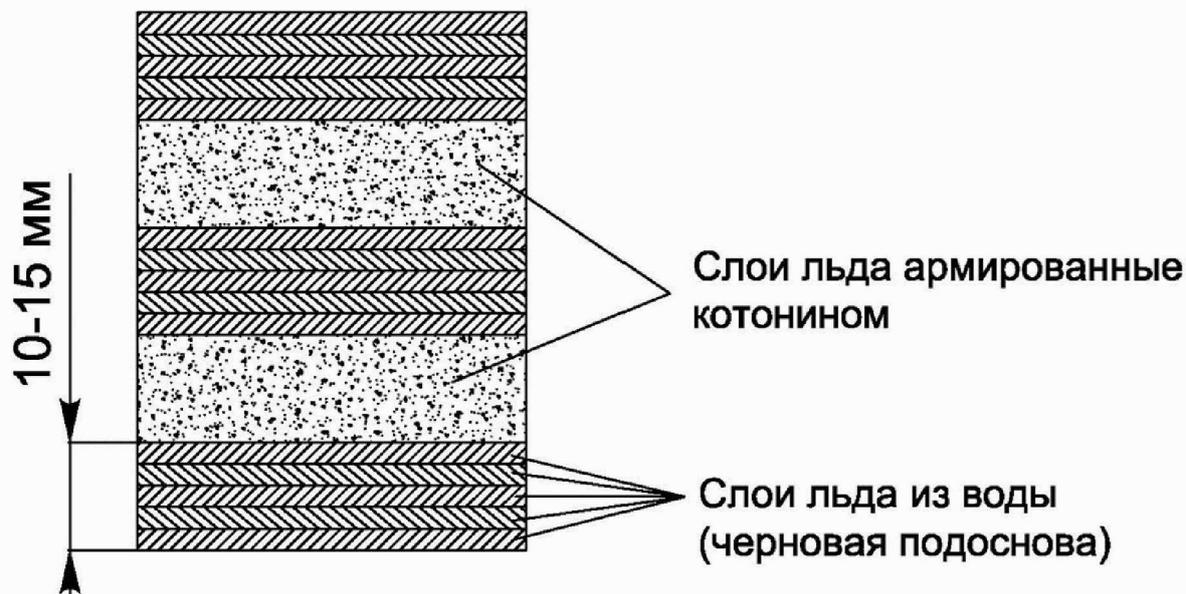
(57) Реферат:

Изобретение относится к области производства льда путем замораживания воды за счет искусственного охлаждения, например, для изготовления композитных ледовых плит или блоков, с использованием вакуума. Способ создания композитного армированного льда основан на послойном намораживании слоев льда при отрицательных температурах воздуха ниже минус 5°C. Изготовление ледового блока производят в герметичной кювете или форме с обязательным чередованием слоев чистого льда, начиная с дна кюветы или формы, и слоев льда,

армированных котонином. Намораживание армированных слоев льда осуществляют путем выкладки котонина на поверхность ранее замороженного слоя чистого льда с дальнейшей заливкой котонина водой в необходимом количестве и процессом циклического вакуумирования ледового блока перед замораживанием слоя. После намораживания армированного котонином композитного слоя льда толщиной 10...15 мм на его поверхности формируют слой чистого льда толщиной 10...15 мм, который намораживают за 4...5 подходов

заливками слоев воды толщиной не более 4 мм и их замерзанием. С целью экономии котонина его преимущественно размещают в армированном ледовом блоке в зонах воздействия механических напряжений растяжения, которые будут возникать при дальнейшей его эксплуатации. Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение прочности ледовых композитных материалов, рационально

армированных природным нетканым материалом котонином, а также обеспечение высокой стабильности прочностных характеристик ледовых композитов благодаря вакуумной обработке, обеспечивающей удаление нежелательных воздушных включений из котонина в процессе армирования. 4 з.п. ф-лы, 5 ил.



RU 2790294 C1

RU 2790294 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F25C 1/12 (2006.01)
F25C 1/16 (2006.01)
E02B 17/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

F25C 1/12 (2022.05); F25C 1/16 (2022.05); E02B 17/028 (2022.05)(21)(22) Application: **2021138102, 21.12.2021**(24) Effective date for property rights:
21.12.2021Registration date:
16.02.2023

Priority:

(22) Date of filing: **21.12.2021**(45) Date of publication: **16.02.2023** Bull. № 5

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGTU im. N.E. Baumana, TSIS dlya Direktsii
Arkticheskikh programm, Amelina Kseniya
Evgenevna

(72) Inventor(s):

**Stepanov Rodion Olegovich (RU),
Goncharova Galina Iurevna (RU),
Kaukhcheshvili Nikolai Ernestovich (RU),
Buznik Viacheslav Mikhailovich (RU),
Korolev Igor Antonovich (RU),
Turalin Denis Olegovich (RU),
Razomasov Nikolai Dmitrievich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnikeskii universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)"
(MGTU im. N. E. Baumana) (RU)**

(54) METHOD FOR REINFORCING ICE BLOCKS WITH COTTONINE USING VACUUM TREATMENT

(57) Abstract:

FIELD: ice production.

SUBSTANCE: invention relates to the field of ice production by freezing water due to artificial cooling, for example, for the manufacture of composite ice slabs or blocks, using vacuum. The method for creating composite reinforced ice is based on layer-by-layer freezing of ice layers at negative air temperatures below minus 5°C. The ice block is made in a sealed cell or mold with the obligatory alternation of layers of pure ice, starting from the bottom of the cell or mold, and layers of ice reinforced with cottonine. Freezing of reinforced ice layers is carried out by placing cottonine on the surface of a previously frozen layer of pure ice with further filling of cottonine with water in the required amount and the process of cyclic evacuation of the ice block before freezing the layer. After freezing

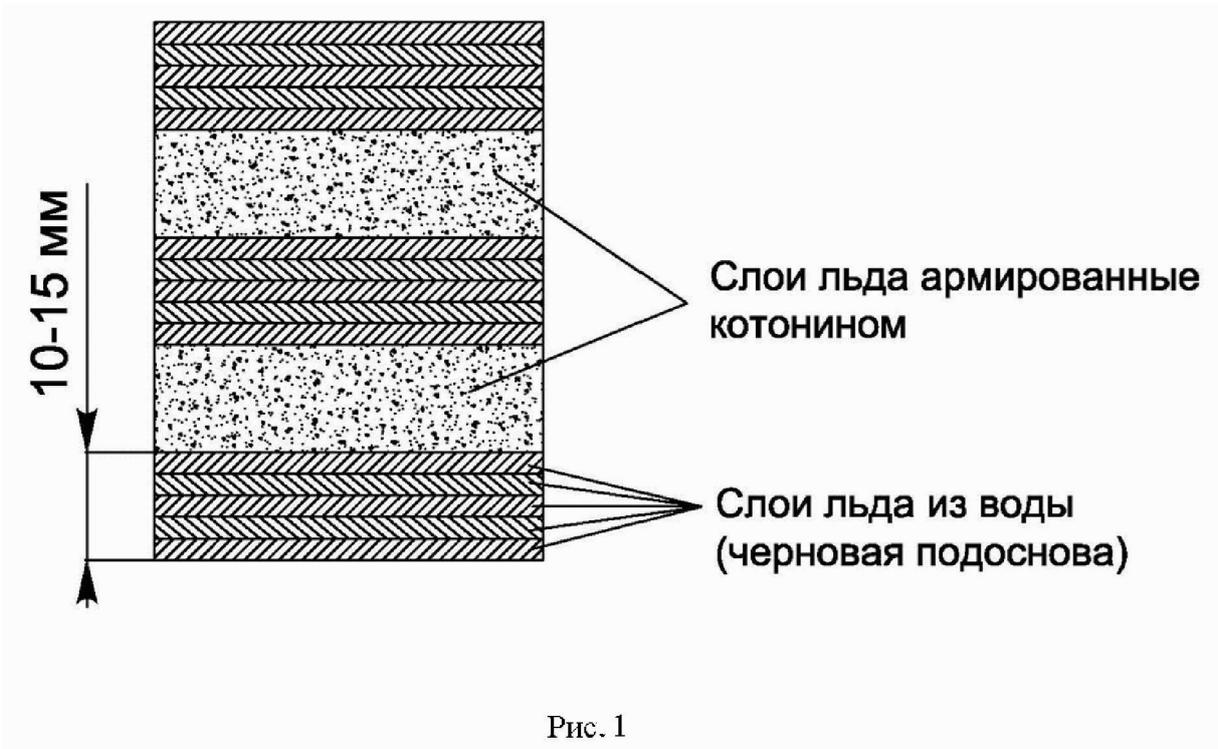
the cottonine-reinforced composite layer of ice 10...15 mm thick, a layer of pure ice 10...15 mm thick is formed on its surface, which is frozen in 4...5 approaches by pouring layers of water no more than 4 mm thick and freezing them. In order to save cottonine, it is mainly placed in a reinforced ice block in the areas of mechanical tensile stresses that will arise during its further operation.

EFFECT: increasing the strength of ice composite materials rationally reinforced with natural non-woven material cottonine, as well as ensuring high stability of the strength characteristics of ice composites due to vacuum treatment, which ensures the removal of unwanted air inclusions from cottonine during the reinforcement process.

5 cl, 5 dwg

RU 2 790 294 C1

RU 2 790 294 C1



Область техники

Изобретение относится к области производства льда путем замораживания воды за счет искусственного охлаждения, например, для изготовления композитных ледовых плит или блоков, в том числе с использованием вакуума.

5 Уровень техники

Создание ледовых композитов путем внедрения в намораживаемый лед различных армирующих материалов: металлической арматуры, сырья деревообрабатывающей промышленности, а также полимерных и природных волокон является известным способом повышения прочности и деформационной способности льда [1].

10 Одной из ключевых проблем армирования льда является создание адгезии (или смачивания) между матрицей из льда и применяемыми для ее упрочнения армирующими материалами [2,3]. В случае низкой величины сил сцепления наблюдается быстрая потеря структурной целостности образцов льда под механической нагрузкой, а армирующий материал непрочно связанный с ледовой основой способствует ее
15 разрушению за счет создания дополнительных концентраторов напряжений. В результате при механической нагрузке и деформации образца прочностные свойства армирующего материала используются не в полной мере. Включения воздуха в лед и армирующий его материал также препятствуют формированию полноценной структуры композитного материала и способствуют снижению прочности и прозрачности льда
20 [4]. Особенно явно указанная проблема адгезии (смачивания) проявляется в случае использования не волоконных ровингов, а нетканых материалов таких, как, например, котонин (льняное волокно).

Известен в китайском патенте CN107990612 (A) (опубликован 2018-05-04) «высокоэффективный композитный ледовый материал из бамбуковых волокон и способ
25 его приготовления». Повышение прочности ледового композита достигается внесением в лед бамбуковых волокон в качестве армирующего материала в количестве 1-15%. Перед вмораживанием в лед бамбуковое волокно перемешивается и вымачивается с водой с целью образования суспензии и улучшения его смачиваемости.

По свойствам смачиваемости бамбуковое волокно существенно ближе к ровингам,
30 чем к котонину и для него проблема удаления воздуха не выражена столь значительно. У бамбука существенно слабее развита площадь поверхности, чем у котонина. Кроме того бамбуковое волокно существенно хуже распространено на территории Российской Федерации, а следовательно, применение его в качестве армирующего материала на территории РФ экономически необоснованно.

35 Также известен возможно наиболее близкий к предлагаемому изобретению способ получения композитного материала на основе ледовой матрицы [российский патент RU 2679726 C1, опубликован 12.02.2019 Бюл. № 5], основанный на послойной наморозке слоев льда с толщиной не более 1,2 мм при температурах воздуха от минус 10 до минус 17°C. В процессе намораживания слоев льда осуществляют армирование получаемого
40 композитного материала путем выкладки по меньшей мере двух слоев армирующего компонента, в качестве которого используют нити (синтетические волокна) РУСАР-С по 5 или 25 нитей в слое, на поверхность намороженного слоя с дальнейшей заливкой нового слоя льда. Интервал времени между заливками не превышает 30 минут. Технический результат состоит в повышении физико-механических характеристик,
45 прочности на изгиб композитного материала на основе льда, а также повышении деформационных характеристик.

Главными недостатками данного способа являются высокая трудоемкость при заливке большого числа тонких слоев, гидрофобность применяемых синтетических

нитей РУСАР-С, малая удельная (на единицу длины) площадь смачиваемой поверхности, а также относительно высокая стоимость армирующего материала.

Для предлагаемого изобретения в уровне техники также важно применение метода вакуумной инфузии, позволяющего обеспечить качественную пропитку армирующего материала, как, например, при создании композитов из эпоксидных смол и стекловолокна/кевлара/карбона [российский патент RU2480335 C1, опубликован 27.04.2013 Бюл. № 12].

Раскрытие изобретения

Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение прочности ледовых композитных материалов, рационально армированных природным нетканым льняным волокном котонином, а также обеспечение высокой стабильности прочностных характеристик ледовых композитов благодаря вакуумной обработке, обеспечивающей удаление нежелательных воздушных включений из котонина в процессе армирования.

В качестве армирующего материала предлагается использовать дешевый и экологически чистый материал - котонин, быстро разлагающееся в природных условиях и не оказывающее негативного влияния (загрязнения) на окружающую среду. Существенным достоинством котонина является его чрезвычайно развитая поверхность. Главным недостатком необработанного котонина - его гидрофобность и, как следствие, плохая смачиваемость водой и низкая сила адгезии с ледовой матрицей без дополнительной подготовки материала. Для преодоления этого недостатка предлагается использование циклической вакуумной обработки уложенного на поверхности формируемого блока котонина, залитого необходимым количеством воды непосредственно перед осуществлением процесса замораживания каждого композитного (армирующего) слоя.

Способ создания композитного волоконного материала армированного льда основан на послойном намораживании слоев льда при отрицательных температурах воздуха ниже минус 5°C в герметичных кюветах или формах с обязательным чередованием слоев чистого льда, начиная с дна кюветы или формы, и композитных слоев, состоящих из армированного котонином льда.

Слой чистого льда, намораживают за 4...5 подходов толщинами до 4 мм, при этом суммарная толщина слоя чистого льда составляет 10...15 мм. Заливку объема воды, необходимого для намораживания каждого чистого ледового слоя толщиной до 4 мм, осуществляют одновременно, при этом воду разливают по поверхности так, чтобы обеспечить равномерную по всей площади поверхности глубину подплавления поверхности нижележащего слоя льда. Для этого начальная температура заливаемой воды составляет от +10 до +20 °С, что позволяет добиться подплавления поверхности нижележащего слоя льда на глубину 0,5...0,75 мм, тем самым существенно повышая адгезию слоев льда между собой и общую прочность ледового блока.

После формирования слоя чистого льда требуемой толщины на него выкладывают котонин толщиной 10...15 мм, заливают необходимым для полного заполнения пустот количеством воды и все это подвергают циклическому вакуумированию перед замораживанием.

Для наиболее эффективного вакуумирования слоя воды с котонином придерживаются ориентировочной эмпирической пропорциональной зависимости остаточного давления в камере от начальной температуры заливаемой воды, а именно: давление от 7 мм рт.ст. при +10 °С до 14 мм рт.ст. при +20 °С. При этом давление внутри вакуумной камеры с использованием вакуумного насоса на 1...2 минуты понижают до величины, соответствующей давлению насыщенных водяных паров при их температуре на 1,5...3

°С ниже начальной температуры воды в кювете. Данный выбор давления в вакуумной камере позволяет добиться низкоинтенсивного кипения воды и интенсивного удаления воздушных пузырьков и прочих нежелательных легкокипящих компонентов, понижающих прочность ледовой матрицы. Далее давление в вакуумной камере на 5 30...60 секунд поднимают до атмосферного давления, а затем вновь на 1...2 минуты понижают; цикл снижения и повышения давления в вакуумной камере повторяют не менее 3 раз.

После полного замораживания под действием отрицательных температур композитного ледового слоя на поверхности формируемого ледового образца вновь 10 осуществляется намораживание слоя чистого льда толщиной 10...15 мм путем последовательных заливок.

Также с целью экономии котонина его преимущественно размещают в композитном ледовом блоке в зонах воздействия механических напряжений растяжения, которые будут возникать при дальнейшей эксплуатации ледового блока.

15 Перечень рисунков

Рисунок 1 - Схематичное изображение поперечного сечения композитного ледового блока с чередованием слоев чистого льда и слоев льда, армированных котонином;

Рисунок 2 - График выбора рекомендуемого остаточного давления вакуумирования в зависимости от начальной температуры воды с армирующим котонином по

20 предлагаемому способу;

Рисунок 3 - Фото изготовленного по предлагаемому способу образца льда, армированного котонином с применением вакуумной обработки, для проведения прочностных испытаний;

Рисунок 4 - Фото образца льда, армированного котонином, без процесса 25 вакуумирования;

Рисунки 5а), 5б) - Фото внешнего вида деформированных ледовых образцов, армированных котонином при их испытаниях на изгиб:

5а) образца с котонином, изготовленного с применением вакуумной обработки

5б) образца с котонином, изготовленного без вакуумирования.

30 Осуществление изобретения

Технология создания армированных ледовых блоков подразумевает их послойное намораживание в герметичной кювете в условиях отрицательных температур воздуха ниже минус 5°С.

Сначала осуществляют послойную наморозку черновой ледовой подосновы общей 35 толщиной 10...15 мм, путем послойных заливок слоев воды с начальной температурой воды от 10 °С до 20°С и толщиной единичного заливаемого слоя не более 4 мм (см. рисунок 1).

После того как сформирована ледовая черновая подоснова, осуществляют создание композитного слоя льда, армированного котонином.

40 При применяемой обычной технологии непосредственной укладки котонина на ледовую подоснову и последующую его заливку водой образуется хрупкий, неплотный, наполненный пузырьками воздуха композитный слой льда малой прочности, не имеющий достаточного сцепления с ледовой подосновой. Это существенно снижает предельно возможную прочность формируемого ледового композита.

45 Согласно предложенному способу, маты из котонина толщиной не более 10...15 мм размещают на черновой ледовой подоснове, заливают сверху слоем воды с температурой от 10 до 20 °С в таком количестве, чтобы обеспечить полное заполнение свободного объема в пространстве армирующего материала. После этого образец помещают в

вакуумную камеру и подвергают, как минимум, тройному циклу вакуумирования. Давление внутри вакуумной камеры с использованием вакуумного насоса на 1...2 минуты понижают до величины, соответствующей давлению насыщенных водяных паров при их температуре на 1,5...3 °С ниже начальной температуры воды в кювете (см. график рисунка 2). Данный выбор давления в вакуумной камере позволяет добиться низкоинтенсивного кипения воды и интенсивного удаления воздушных пузырьков и прочих нежелательных легкокипящих компонентов, снижающих прочность ледовой матрицы. В дальнейшем давление в вакуумной камере на 30...60 секунд поднимают до атмосферного, а потом вновь на 1...2 минуты понижают. Цикл снижения и повышения давления в вакуумной камере повторяют не менее 3 раз. Процесс вакуумирования позволяет полностью удалить газовую фазу (произвести дегазацию) из волокна котонина и формируемого армирующего слоя, существенно улучшая удельную плотность и прочностные характеристики создаваемых ледовых композитов.

С целью снижения расходов котонина допускается выполнять армирование котонином только тех зон ледового массива, где имеют место механические напряжения растяжения льда при его дальнейшем использовании.

Внешний вид изготовленного по предложенному способу образца армированного котонином льда представлен на рисунке 3, а образца, армированного без вакуумной обработки - на рисунке 4. Можно видеть, что изготовленный по предложенному способу образец не содержит воздушных включений, в отличие от невакуумированного образца. Сравнение прочностных характеристик цилиндрических образцов при осевом сжатии, изготовленных с вакуумной обработкой и без нее, показало, что предложенный способ позволяет повысить прочность в 4,5...5 раз (с 2...2,5 МПа для образца из дистиллята до 9...10 МПа для образца с котонином, изготовленного с применением вакуумной обработки) и в 3,5...4 раза по сравнению с образцами, изготовленными из котонина без вакуумной обработки. Сравнение процессов разрушения армированных ледовых балок при испытаниях трехточечным изгибом представлено на рисунках 5а), 5б). Можно видеть, что образец не подвергнутый вакуумной обработке в процессе армирования (рисунок 5б)) теряет структурную целостность из-за наличия воздушных прослоек, происходит расслоение образца под изгибающей нагрузкой, в отличие от разрушения образца изготовленного по предложенному способу (рисунок 5а)).

Таким образом, предложен эффективный способ упрочнения льда с вакуумным удалением газовой (воздушной) фазы перед замораживанием армирующих слоев, позволяющий более чем в 4,5 раза улучшать прочностные свойства армированного котонином льда.

Литературные источники

1. Васильев Н. К., Иванов А. А., Шаталина И. Н. Методы упрочнения и армирования льда для конструкций гидротехнических сооружений из ледяных и льдогрунтовых композитов //Сибирский журнал чистой и прикладной математики. - 2013. - Т. 13. - №. 3, С. 31-37.

2. Якименко О.В. **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ, АРМИРОВАННЫХ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ** Автореферат дисс. к.т.н., 24 с.

3. Бузник В. М., Каблов Е. Н. Состояние и перспективы арктического материаловедения //Вестник Российской академии наук. - 2017. - Т. 87. - №. 9. С.827-839.

4. Бычковский Н.Н., Гурьянов Ю.А. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005, 260 с.

(57) Формула изобретения

1. Способ создания композитного армированного льда, основанный на послойном намораживании слоев льда при отрицательных температурах воздуха ниже минус 5 °С, отличающийся тем, что создание композитных слоев льда осуществляют путем выкладки армирующего материала котонина на поверхность ранее замороженного слоя чистого льда с дальнейшей заливкой котонина водой, перед замерзанием композитного слоя осуществляют его циклическое вакуумирование.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что формирование композитного ледового блока производят в герметичной кювете или форме с обязательным чередованием слоев чистого льда и слоев армированного котонином льда; формирование слоя чистого льда осуществляется путем последовательных заливок слоев воды и их замерзания.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что для наиболее эффективного вакуумирования единовременного заливаемого слоя воды с котонином придерживаются ориентировочной эмпирической пропорциональной зависимости остаточного давления в камере от начальной температуры заливаемой воды, а именно: давление от 7 мм рт.ст. при +10 °С до 14 мм рт.ст. при +20 °С; давление внутри вакуумной камеры с использованием вакуумного насоса на 1...2 минуты понижают до величины, соответствующей давлению насыщенных водяных паров при их температуре на 1,5...3 °С ниже начальной температуры воды в кювете; далее давление в вакуумной камере на 30...60 секунд поднимают до атмосферного давления, а затем вновь на 1...2 минуты понижают; цикл снижения и повышения давления в вакуумной камере повторяют не менее 3 раз.

4. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что после намораживания армированного котонином композитного слоя льда толщиной 10...15 мм на его поверхности формируют слой чистого льда толщиной 10...15 мм, который намораживают за 4...5 подходов заливками слоев воды с толщиной до 4 мм, при этом воду разливают по поверхности так, чтобы обеспечить равномерную по всей площади поверхности глубину подплавления поверхности нижележащего слоя льда, для этого начальная температура заливаемой воды составляет от +10 до +20 °С.

5. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что котонин преимущественно размещают в армированном ледовом блоке в зонах воздействия механических напряжений растяжения, которые будут возникать при дальнейшей эксплуатации ледового блока.

1

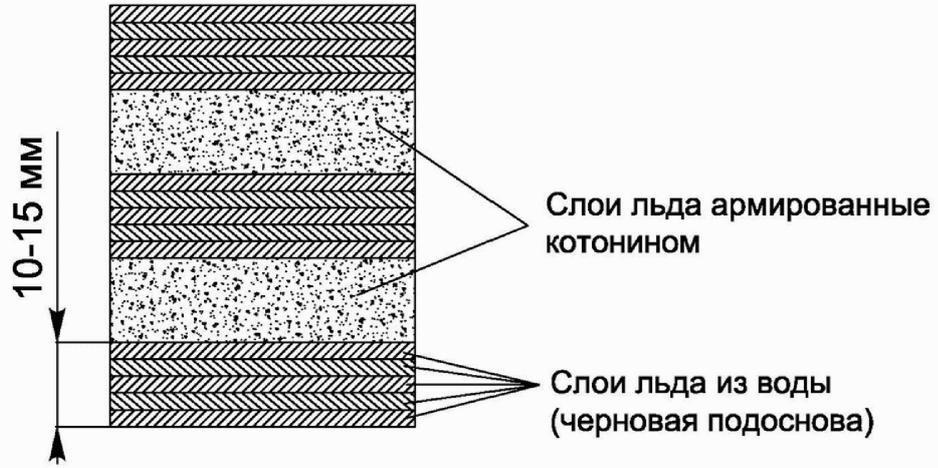


Рисунок 1

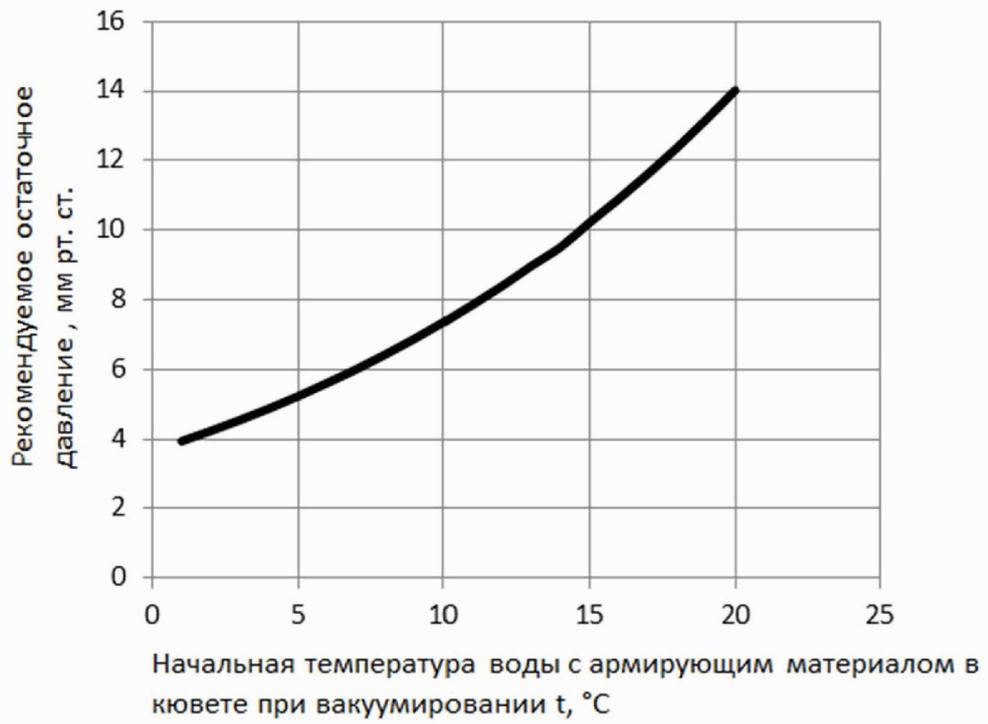


Рисунок 2

2



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5 а)



Рисунок 5 б)