



(51) МПК
F25C 1/12 (2006.01)
E02B 17/00 (2006.01)
E01D 15/14 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F25C 1/12 (2022.05); E02B 17/028 (2022.05); E01D 15/14 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2021138095, 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),
 Каухчешвили Николай Эрнестович (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 2005115933 А, 27.11.2006. RU
 2679726 С1, 12.02.2019. US 3750412 А, 07.08.1973.
 CN 107990612 А, 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 строительства упрочненных ледовых переправ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области строительства искусственно возводимых ледовых переправ в Арктике и на Крайнем Севере. Способ включает осуществление последовательных чередующихся заливок слоев чистого искусственного льда с использованием сопла, обеспечивающего ламинарный характер истечения струи жидкости на выходе, а также композитных слоев, армированных предварительного циклически отвакуумированным в воде котиноном. Строительство переправы начинают в естественных условиях при температурах воздуха ниже минус 5°С и достижении льдом на переправе

толщины 7 см, достаточной для безопасного выхода на лед человека. Осуществляется расчистка льда от снега, после чего осуществляют послойное намораживание черновой ледовой подосновы толщиной 10...15 мм из чистого льда путем заливок слоев воды с температурой от 5°С до 10°С и толщиной заливаемого слоя не более 4 мм. Для заливки слоев воды при намораживании искусственного льда используют сопло со срезом окончания сопла под углом от 20° до 35°, формирующее ламинарный поток жидкости на выходе с максимально допустимой скоростью истечения воды не более 1,5 м/с. В конструкции сопла на расстоянии 25...30 см перед выходным

отверстием расположен массив тонкостенных трубок с внешним диаметром 3...5 мм и длиной не менее 20 см, а еще раньше мелкоячеистая пластиковая сетка. Предварительную подготовку котонина перед размещением на поверхности переправы осуществляют в вакуумных камерах, для этого котонин размещают в кюветах, заливают сверху слоем воды и подвергают процессу циклического вакуумирования. Допускается выполнять армирование только тех зон ледовой переправы, где при ее эксплуатации

будут присутствовать напряжения растяжения. Технический результат изобретения заключается в повышении прочности ледового покрова и расширении допустимых сроков эксплуатации экологически чистой ледовой переправы за счет существенного снижения количества воздуха в объеме искусственного льда и его армирования с применением предварительно вакуумированного в воде природного экологически чистого материала - льняного волокна (котонина). 6 з.п. ф-лы. 4 ил.

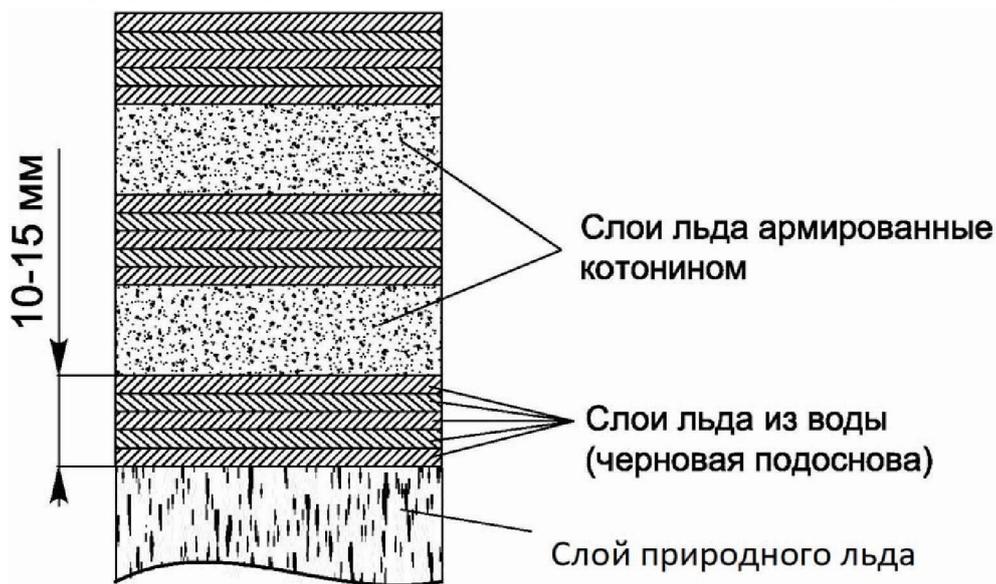


Рис. 1

RU 2790293 C1

RU 2790293 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

F25C 1/12 (2006.01)*E02B 17/00* (2006.01)*E01D 15/14* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

F25C 1/12 (2022.05); E02B 17/028 (2022.05); E01D 15/14 (2022.05)(21)(22) Application: **2021138095, 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),
Korolev Igor Antonovich (RU),
Turalin Denis Olegovich (RU),
Razomasov Nikolai Dmitrievich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) METHOD FOR CONSTRUCTION OF REINFORCED ICE CROSSINGS

(57) Abstract:

FIELD: construction industry.

SUBSTANCE: invention relates to the field of construction of artificially constructed ice crossings in the Arctic and in the Far North. The method includes the implementation of successive alternating fillings of layers of pure artificial ice using a nozzle that provides a laminar flow of the liquid jet at the outlet, as well as composite layers reinforced with pre-cyclically evacuated cottonized fiber in water. The construction of the crossing begins in natural conditions at air temperatures below minus 5°C and when the ice at the crossing reaches a thickness of 7 cm sufficient for a person to safely enter the ice. The ice is cleared of snow, after which the layer-by-layer freezing of the rough ice substructure with a thickness of 10...15 mm is carried out from pure ice by pouring layers of water with a temperature from 5°C to 10°C and a thickness of the poured layer of no more than 4 mm. To fill the water layers during the freezing of artificial ice, a nozzle with a nozzle end cut at an angle from 20° to 35° is used, forming a laminar fluid flow at the outlet with a

maximum allowable water flow rate of no more than 1.5 m/s. In the nozzle structure, at a distance of 25...30 cm in front of the outlet, there is an array of thin-walled tubes with an outer diameter of 3.5 mm and a length of at least 20 cm, and even earlier, a fine-mesh plastic net. Preliminary preparation of cottonized fiber before placing on the surface of the crossing is carried out in vacuum chambers, for this purpose cottonized fiber is placed in cuvettes, filled with a layer of water on top and subjected to a cyclic vacuuming process. It is permissible to reinforce only those areas of the ice crossing where tensile stresses will be present during its operation.

EFFECT: increase in the strength of the ice cover and extended permissible service life of an environmentally friendly ice crossing by significantly reducing the amount of air in the volume of artificial ice and its reinforcement with the use of a natural environmentally friendly material previously evacuated in water: flax fiber (cottonized fiber).

7 cl. 4 dwg

RU 2 790 293 C1

RU 2 790 293 C1

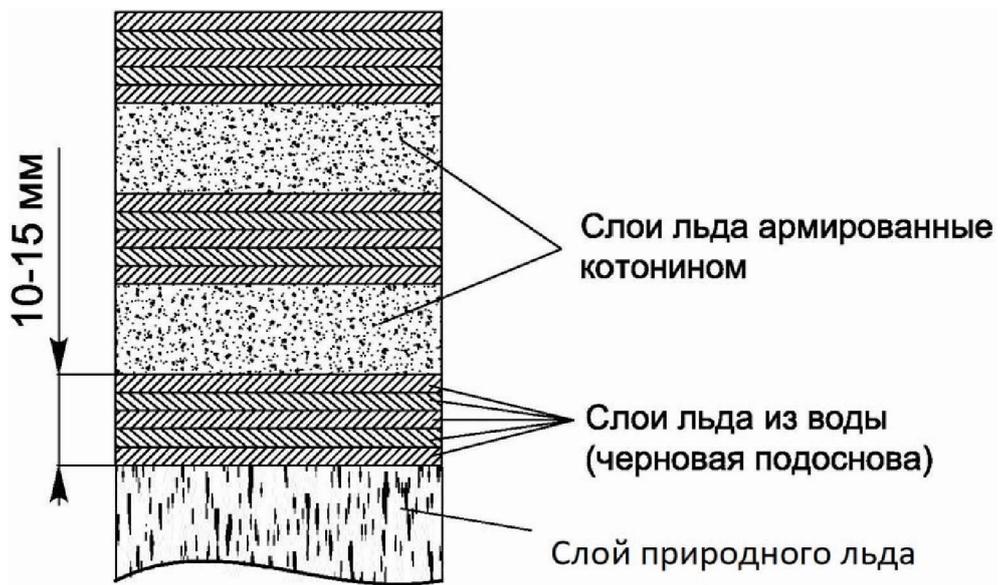


Рис. 1

RU 2790293 C1

RU 2790293 C1

Область техники

Изобретение относится к области строительства искусственно возводимых ледовых переправ в Арктике и на Крайнем Севере путем намораживания дополнительных слоев льда с использованием ламинарного сопла, а также армирования льда льняным
5 волоконном - котонином, подвергнутом вакуумной обработке для дегазации.

Уровень техники

В зимний период в северных районах для доставки техники и грузов широко используются ледовые переправы. По данным МЧС их число в России превышает
10 пятьсот, а длина варьируется от десятков до сотен метров [1]. Особую актуальность для народного хозяйства имеет повышение допустимой нагрузки ледовых переправ, расширение существенно ограниченного погодными условиями временного интервала их эксплуатации, а также снижение затрат на их возведение [2].

Известным способом повышения прочности ледовых переправ является заливка дополнительных слоев льда на поверхности водоема. Главным известным недостатком
15 такого способа упрочнения льда, формируемого при разбрызгивании воды с использованием существующих методов и техники, является захват воздушных пузырьков в заливаемую ледовую структуру. Согласно экспериментальным данным [3], данное явление приводит к снижению плотности искусственного льда на 15-20% и прочности на 30-45%. Кроме того, в случае армирования льда возможные включения
20 воздуха в структуру армирующего материала препятствуют формированию полноценного композитного материала. В результате при механической нагрузке и деформации образца прочностные свойства армирующего материала используются не в полной мере.

Также из уровня техники известно, что с целью повышения прочности и
25 деформационной способности водного льда в настоящее время используются различные армирующие материалы: металлическая арматура, сырье деревообрабатывающей промышленности, а также природные и полимерные волокна [3, патент РФ RU2132898 СПОСОБ СОЗДАНИЯ ЛЕДЯНОЙ ПЕРЕПРАВЫ (Опубликовано: 10.07.1999)].

В патенте РФ RU2599522 СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ ЛЕДЯНОГО СООРУЖЕНИЯ
30 (Опубликовано: 10.10.2016 Бюл. №28)(условном аналоге ледовой переправы) на поверхность сооружения намораживают послойно пайкерит (смесь льда с древесными опилками) путем набрызга или послойного полива водяной пульпы. Древесные опилки или какого-либо другого вида древесная масса, снижает теплопроводность льда, тем самым увеличивая термостойкость ледового сооружения. Армирующее действие
35 древесных волокон позволяет существенно снизить ограничения по размерам создаваемых арочных и иных полостей, как по высоте, так и по диаметру сооружения, с возможностью создания куполов диаметром до 100 м (электронный ресурс: www.structuralice.com). Также отличительным признаком запатентованного в РФ RU2599522 способа является покрытие (перед намораживанием пайкерита) конструкций
40 геосинтетическим материалом, например геосеткой или георешеткой. Это позволяет повысить надежность ледового сооружения за счет эффекта армирования льда геосинтетическим материалом [4].

Недостатком указанного способа является сравнительно низкая прочность ледового сооружения, обусловленная технологической необходимостью использования при
45 намораживании пайкерита только коротких древесных волокон, а также наличие в составе дерева различных смол и легколетучих веществ, нарушающих структуру льда. Использование более длинных волокон невозможно при намораживании набрызгом - насосы не пропускают длинные волокна и неэффективно при послойном поливе

пульпы на наклонные поверхности купола или арки - длинные волокна скатываются вместе с водой с поверхности льда и не успевают вмораживаться. Кроме того распыление воды приводит к созданию нежелательной пористой структуры льда с воздушными включениями, которая снижает его прочность.

5 Одной из ключевых проблем технологий [патент РФ RU2132898 (Опубликовано: 10.07.1999), патент РФ RU2459900 (Опубликовано: 27.08.2012 Бюл. №24)] (вмораживание тросов) и [патент РФ RU2482239 (Опубликовано: 20.05.2013 Бюл. №14)] (вмораживание пружин) является создание адгезии между матрицей изо льда и применяемыми для ее упрочнения материалами. В случае низкой величины сцепления наблюдается быстрая
10 потеря структурной целостности образцов льда под механической нагрузкой, а армирующий материал, непрочно связанный с ледовой основой, способствует ее разрушению за счет создания дополнительных концентраторов напряжений. Особенно явно это проявляется при использовании металлических тросов и других материалов, имеющих существенно более высокую прочность по сравнению со льдом. При этом в
15 случае сложноподвижного состояния металлические тросы могут выступать в виде «ножей», способствуя разрушению ледовой матрицы.

В качестве армирующих материалов также используются экологически чистые природные волоконные материалы с высокой удельной прочностью, развитой площадью поверхности и низкой стоимостью (базальтовый ровинг, минеральная вата, бамбуковые
20 волокна, древесные опилки и т.п.).

Известен из патентной заявки RU2014153305 «Способ армирования несущей поверхности минеральным волокном» (Дата публикации заявки: 20.07.2016 Бюл. №20) - способ армирования несущей поверхности ледовой переправы при отрицательных температурах воздуха, в котором создают армированный слой льда вдоль намеченного
25 пути, при этом для армирования на лед наносят разрозненные геосинтетические волокна произвольной длины и смачивают их водой. При этом создают несколько армированных слоев льда. На лед могут наносить разрозненные минеральные волокна, разрозненные стеклянные волокна, разрозненные базальтовые волокна. Однако других подробностей опубликованная заявка не содержит, а патент по ней не был выдан.

30 Существенным недостатком данного метода является экологическая проблема последующего сбора и удаления разрозненных волокон.

Известен в китайском патенте CN107990612 (A) (опубликован 2018-05-04) «высокоэффективный композитный ледовый материал из бамбуковых волокон и способ его приготовления». Повышение прочности ледового композита достигается внесением
35 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, чем к котонину и для него проблема удаления воздуха не выражена столь значительно.
40 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.

Раскрытие изобретения

45 Техническим результатом изобретения является повышение прочности ледового покрова и расширение допустимых сроков эксплуатации экологически чистой ледовой переправы за счет существенного снижения количества воздуха в объеме искусственного льда и его армирования с применением предварительно вакуумированного в воде

природного экологичного материала - льняного волокна (котонина).

Представлен способ создания (строительства) упрочненных ледовых переправ в условиях отрицательных температур воздуха, отличающийся тем, что последовательная заливка слоев льда осуществляется с использованием сопла, обеспечивающего ламинарный характер струи жидкости на выходе, а для армирования ледового композитного слоя используют предварительно циклически отвакуумированный в воде котонин. И использование сопла с ламинарным потоком воды, и вакуумная обработка котонина направлены на существенное снижение воздуха в объеме льда, что позволяет повысить прочность ледовой переправы. Котонин выполняет роль экологически чистого армирующего материала, также способствующего повышению прочности ледового покрытия.

Предложенный способ создания ледовых переправ повышенной прочности предполагает их послойное намораживание в естественных условиях при температурах воздуха ниже минус 5°C. При достижении льдом на переправе толщины 7 см, достаточной для безопасного выхода на лед человека, осуществляется расчистка льда от снега. После этого осуществляется послойное намораживание черновой ледовой подосновы толщиной 10...15 мм путем послойных заливок слоев воды с температурой от 5°C до 10°C и толщиной заливаемого слоя не более 4 мм (Рисунок 1). При формировании искусственного льда, заливка большого числа тонких слоев в отличие от залитого за один раз толстого слоя позволяет существенно увеличить его прочность и приблизится к прочности природного прозрачного льда. Главным образом это связано со снижением количества дефектов в кристаллической решетке, а также снятием термических и механических напряжений.

Одной из значимых особенностей предложенного авторами способа осуществления заливки слоев водного льда является использование сопла, формирующего ламинарный поток жидкости (Рисунок 2, поз.3). При этом максимально допустимая скорость истечения воды из сопла не должна превышать 1,5 м/с. Срез окончания сопла под углом от 20° до 35° позволяет отказаться от использования различных форсунок и распылителей, применяемых в настоящее время, тем самым существенно снижая количество захватываемых заливаемым слоем льда пузырьков воздуха, а также обеспечивая равномерное подплавление предыдущего слоя льда при заливке больших площадей ледовых поверхностей. Расположенный на расстоянии 25...30 см выше выхода из сопла массив тонкостенных трубок с внешним диаметром 3...5 мм и длиной не менее 20 см (Рисунок 2, поз.4) обеспечивает ламинарный характер истечения водного потока из сопла. Еще выше массива тонкостенных трубок расположена мелкоячеистая пластиковая сетка (Рисунок 2, поз.5), способствующая выравниванию эпюры давлений в поперечном сечении потока.

Также для армирования искусственного льда предлагается использовать природный материал котонин - льняное волокно, быстро разлагающееся в природных условиях и не оказывающее негативного влияния на загрязнение окружающей среды. Существенным достоинством котонина является его чрезвычайно развитая поверхность. Главным недостатком котонина - гидрофобность а, как следствие, плохая смачиваемость водой и низкая сила адгезии с ледовой матрицей без дополнительной подготовки материала (прим.: в случае использования ровингов (нитей) данная проблема смачиваемости также имеет место, хотя и выражена существенно слабее). При применяемой в настоящее время технологии непосредственной укладки армирующих материалов (в том числе 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. Авторами предложено осуществлять предварительную подготовку армирующего материала котонина в вакуумных камерах для его последующего нанесения на черновую ледовую подоснову. Согласно предложенному способу, армирующий материал (котонин) размещается в кюветах, заливается сверху слоем воды и помещается в вакуумную камеру.

Для наиболее эффективного вакуумирования котонина в воде давление внутри вакуумной камеры с использованием вакуумного насоса на 3...5 минут понижают до величины, соответствующей давлению насыщенных водяных паров при их температуре на 1,5...3°C ниже начальной температуры воды в кювете (рисунок 3). Данный выбор давления в вакуумной камере позволяет добиться низкоинтенсивного кипения воды и интенсивного удаления воздушных пузырьков из котонина. Кроме того, удаляются прочие нежелательные легкокипящие компоненты, способствующие снижению прочности ледовой матрицы. В дальнейшем давление в вакуумной камере на 1...2 минуты поднимают до атмосферного, а потом вновь на 3...5 минут понижают. Цикл снижения и повышения давления в вакуумной камере повторяют не менее 3 раз. Процесс вакуумирования позволяет полностью удалить воздушную фазу из армирующего волокна, существенно улучшая плотность и прочностные характеристики создаваемых ледовых композитов.

На черновую ледовую подоснову из герметичных кювет после вакуумирования вместе со слоем воды извлекаются волокна или маты армирующего материала котонина и без зазоров распределяются по поверхности формируемого массива льда. Толщина одновременно заливаемых слоев с армирующим материалом не превышает 10...15 мм. Вакуумируется котонин в воде непосредственно перед его размещением на поверхности формируемой ледовой переправы.

С целью снижения расхода армирующего материала предлагается использовать чередование слоев чистого льда толщиной 10...15 мм и армированных котонином слоев льда с толщиной также 10...15 мм. Допускается выполнять армирование только зоны ледового массива, где имеют место напряжения растяжения.

Перечень рисунков

Рисунок 1 - Технологическая схема осуществления заливки слоев воды на поверхности природного льда при создании ледовой переправы повышенной прочности.

Рисунок 2 - Принципиальная схема устройства сопла для заливки ледовых массивов.

Рисунок 3 - Рекомендуемое остаточное давление при вакуумировании в воде армирующих материалов по технологии авторов.

Рисунок 4 - Фотографии внешнего вида разрушения ледовых образцов, армированных котонином, при их испытаниях на изгиб: а) образец, изготовленный с технологией предварительного вакуумирования котонина перед заливкой водой; б) образец, изготовленный по технологии без вакуумирования.

Осуществление изобретения

Предложенный способ создания ледовых переправ повышенной прочности подразумевает их послойное намораживание в естественных условиях при температурах воздуха ниже минус 5°C. При достижении льдом на переправе толщины 7 см, достаточной для безопасного выхода на лед человека, осуществляется расчистка льда от снега. После этого осуществляется послойное намораживание черновой ледовой подосновы толщиной 10-15 мм путем послойных заливок слоев воды с температурой от 5°C до 10°C и толщиной заливаемого слоя не более 4 мм (рисунок 1).

На Рисунке 2 представлена принципиальная схема устройства сопла для заливки слоев льда с позициями: 1 - формируемый массив льда; 2 - разливаемый слой воды; 3 - сопло; 4 - массив тонкостенных трубок; 5 - мелкоячеистая пластиковая сетка. Одной из значимых особенностей предложенного способа осуществления заливки слоев водного льда является использование сопла, формирующего ламинарный поток жидкости (Рисунок 2, поз.3). По сравнению с использованием обычных пожарных шлангов и форсунок, использование ламинарного сопла значительно снижает количество пузырьков воздуха в воде при заливке, тем самым достигается повышение плотности и прочности искусственно формируемого льда. Срез окончания сопла под углом от 20 до 35° позволяет отказаться от использования различных форсунок и распылителей, применяемых в настоящее время, тем самым существенно снижая количество захватываемых заливаемым слоем льда пузырьков воздуха, а также обеспечивая равномерное подплавление предыдущего слоя льда при заливке больших площадей ледовых поверхностей. Расположенный на расстоянии 25-30 см от выхода сопла массив тонкостенных трубок с внешним диаметром 3-5 мм и длиной не менее 20 сантиметров (Рисунок 2, поз.4) обеспечивает ламинарный характер истечения водного потока из сопла. Мелкоячеистая пластиковая сетка (Рисунок 2, поз.5) способствует выравниванию эпюры давлений в поперечном сечении потока. При этом максимально допустимая скорость истечения воды из сопла не должна превышать 1,5 м/с. При диаметре сопла 25 мм, скорости воды на выходе 1,5 м/с и толщине разливаемого слоя 4 мм производительность выполнения работ с использованием одного сопла составляет более 650 м²/ч. Таким образом, в зависимости от погодных условий и площади ледовой переправы возможно проводить нормирование и безостановочное намораживание льда до требуемой толщины.

Кроме того, заливка воды для намораживания каждого слоя льда осуществляется таким образом, чтобы обеспечить равномерную по всей площади поверхности глубину подплавления предыдущего слоя льда. Между заливками (в каждом локальном месте) осуществляется выдержка до полного замерзания залитого слоя. Выбранная температура и толщина заливаемых слоев воды позволяет добиться подплавления предыдущих слоев льда на 0,5-0,75 мм, существенно повышая адгезию заливаемых слоев льда и общую прочность ледовой матрицы.

На черновую ледовую подоснову из кювет аккуратно вместе со слоем воды выливаются волокна армирующего материала и равномерно распределяются по поверхности формируемого массива льда. Толщина одновременно заливаемых композитных слоев с армирующим материалом не превышает 10-15 мм. Армирующий слой котонина намораживается целиком за один раз.

Сверху замороженного армированного слоя льда с котонином делают следующий слой из чистого льда, который намораживают за 4...5 подходов толщинами до 4 мм, при этом суммарная толщина слоя составляет те же 10...15 мм. Заливку воды, необходимую для намораживания каждого чистого ледового слоя толщиной до 4 мм осуществляют предлагаемым ламинарным соплом, при этом воду разливают по поверхности таким образом, чтобы обеспечить равномерную по всей площади поверхности глубину подплавления поверхности нижележащего слоя льда. Для этого начальная температура заливаемой воды составляет от +5 до +10°С, что позволяет добиться подплавления поверхности нижележащего слоя льда на глубину 0,5...0,75 мм.

С целью снижения расхода армирующего материала предложенный авторами способ создания ледовых переправ подразумевает чередование слоев чистого льда толщиной 10...15 мм и армированных слоев льда с толщиной также 10...15 мм. Допускается

выполнять армирование только зоны ледового массива, где имеют место напряжения растяжения.

При армирования льда котонином авторами предложено осуществлять предварительную подготовку армирующего материала - котонина, который, например, в виде рулонов, размещают в кюветах, заливают сверху слоем воды и помещают в вакуумную камеру.

Для наиболее эффективного протекания процесса вакуумирования придерживаются ориентировочной эмпирической зависимости остаточного давления в вакуумной камере от начальной температуры заливаемой воды. Давление внутри вакуумной камеры с использованием вакуумного насоса на 3...5 минут понижают до величины, соответствующей давлению насыщенных водяных паров при их температуре на 1,5...3°C ниже начальной температуры воды в кювете (рисунок 3). Данный выбор давления в вакуумной камере позволяет добиться низкоинтенсивного кипения воды и интенсивного удаления воздушных пузырьков из котонина. Кроме того, удаляются прочие нежелательные легкокипящие компоненты, способствующие снижению прочности ледовой матрицы. В дальнейшем давление в вакуумной камере на 1...2 минуты поднимают до атмосферного, а потом вновь на 3...5 минут снижают. Цикл снижения и повышения давления в вакуумной камере повторяют не менее 3 раз. Процесс вакуумирования позволяет полностью удалить воздушную фазу из армирующего волокна, существенно улучшая плотность и прочностные характеристики создаваемых ледовых композитов.

Сравнение прочностных характеристик образцов, изготовленных с вакуумной обработкой и без нее, показало, что предложенный способ армирования позволяет повысить прочность в 4,5-5 раз: с 2-2,5 МПа для образца из дистиллята до 9-10 МПа для образца котонином, подвергнутому вакуумной обработке и в 3,5-4 раза по сравнению с образцами, изготовленными из невакуумированного котонина. Сравнение процессов разрушения образцов представлено на рисунке 4. Можно видеть, что образец льда, изготовленный без вакуумной обработки, (рисунок 4, б) теряет структурную целостность из-за наличия воздушных прослоек и расслоения образца под изгибающей нагрузкой.

При возведении ледовой переправы длиной 100 метров и шириной четыре метра для вакуумной обработки котонина на один армирующий слой достаточно вакуумной камеры с размерами 1,5×1,5×4,2 м.

Таким образом, предложен эффективный способ упрочнения ледовых переправ путем намораживания дополнительных слоев льда с использованием ламинарного сопла, а также армирования льда котонином, подвергнутому вакуумной обработке для дегазации, что позволяет более чем в 4,5 раза улучшать прочностные свойства армированного льда ледовой переправы.

Литературные источники

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

2. Лузганов А.А. Обустройство ледовых переправ в условиях крайнего севера // Арктика и Север. 2011, №3, С.1-9.

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

4. О.В. Якименко, В.В. Сиротюк. Лабораторные испытания ледяных балок, армированных геосинтетическими материалами. Вестник СибАДИ, вып. 3(9), 2008, С. 45-47.

(57) Формула изобретения

1. Способ строительства упрочненных искусственным армированным льдом ледовых переправ в условиях отрицательных температур воздуха, отличающийся тем, что последовательную заливку слоев искусственного льда осуществляют с использованием сопла, обеспечивающего ламинарный характер истечения струи жидкости на выходе, а для армирования чередующихся с чистыми слоями льда композитных слоев используют предварительно циклически отвакуумированный в воде природный материал - льняное волокно котонин.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют послойное намораживание в естественных условиях при температурах воздуха ниже минус 5°C, при достижении льдом на переправе толщины 7 см, достаточной для безопасного выхода на лед человека, осуществляют расчистку льда от снега, после чего осуществляют послойное намораживание черновой ледовой подосновы из неармированного льда толщиной 10...15 мм путем заливок слоев воды с температурой от 5°C до 10°C и толщиной заливаемого слоя не более 4 мм.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что для заливки слоев воды для искусственного льда используют сопло со срезом окончания сопла под углом от 20° до 35°, формирующее ламинарный поток жидкости с максимально допустимой скоростью истечения воды из сопла не более 1,5 м/с, при этом на расстоянии 25...30 см выше выхода из сопла расположен массив тонкостенных трубок с внешним диаметром 3...5 мм и длиной не менее 20 см, а еще выше мелкоячеистая пластиковая сетка.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что перед нанесением котонина на черновую ледовую подоснову осуществляют его подготовку: котонин размещают в кюветах, заливают сверху слоем воды и подвергают вакуумной обработке.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что давление внутри вакуумной камеры с использованием вакуумного насоса на 3...5 минут понижают до величины, соответствующей давлению насыщенных водяных паров при их температуре на 1,5...3°C ниже начальной температуры воды в кювете; в дальнейшем давление в вакуумной камере на 1...2 минуты поднимают до атмосферного, а потом вновь на 3...5 минут понижают; цикл снижения и повышения давления в вакуумной камере повторяют не менее 3 раз.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что на черновую ледовую подоснову из герметичных кювет после вакуумирования вместе со слоем воды извлекают волокна или маты армирующего материала котонина и без зазоров распределяют по поверхности формируемого массива льда, при этом толщина одновременно заливаемых слоев с армирующим материалом не превышает 10...15 мм.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют чередование слоев чистого неармированного льда толщиной 10...15 мм и армированных котонином слоев льда с толщиной также 10...15 мм, при этом допускается выполнять армирование только тех зон ледовой переправы, где при её эксплуатации будут присутствовать напряжения растяжения.

1

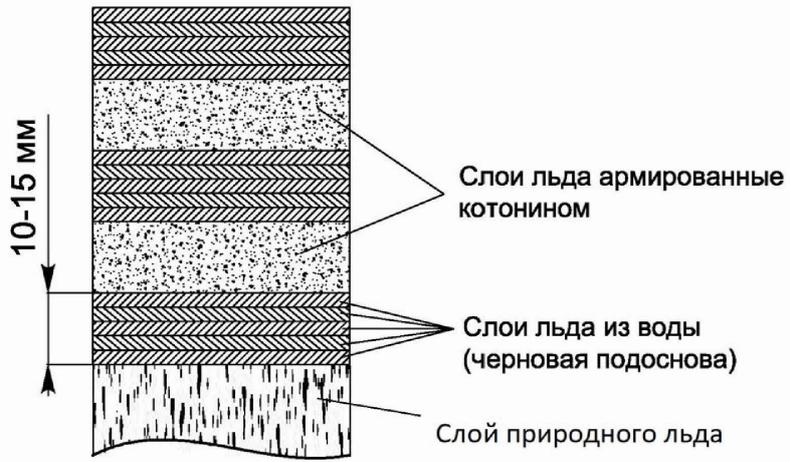


Рисунок 1

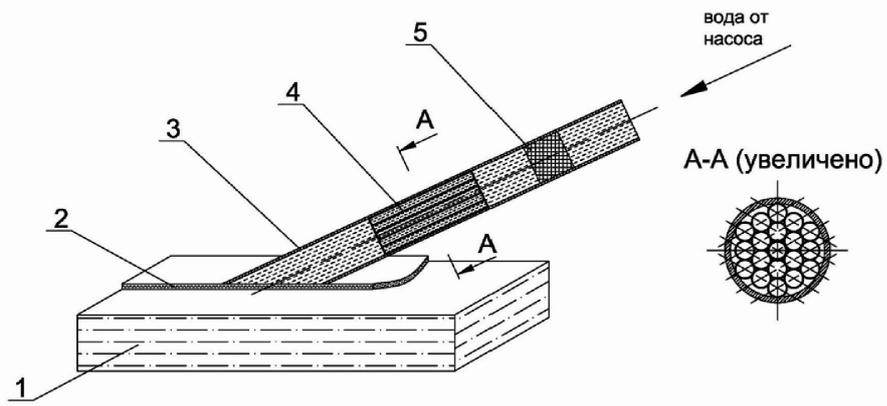


Рисунок 2

2

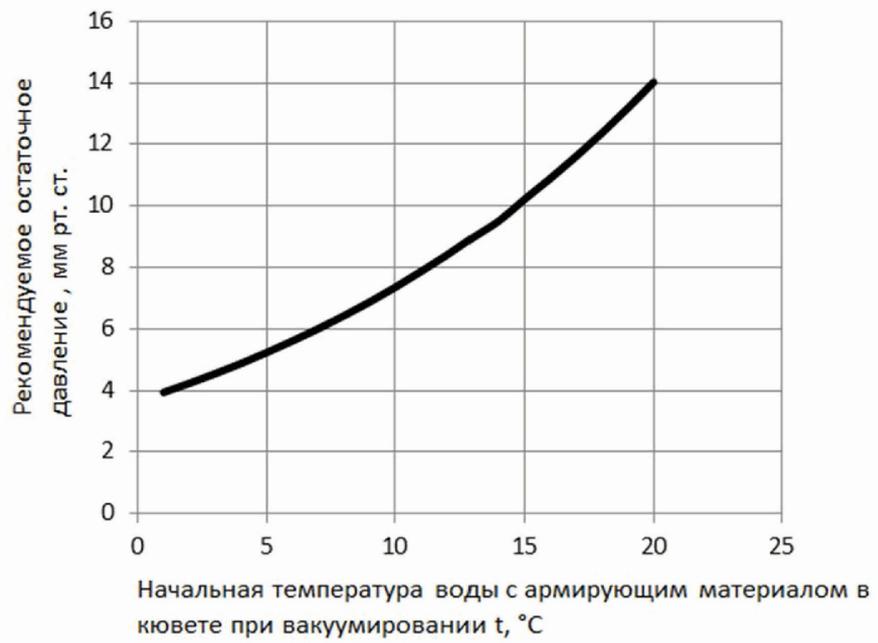


Рисунок 3

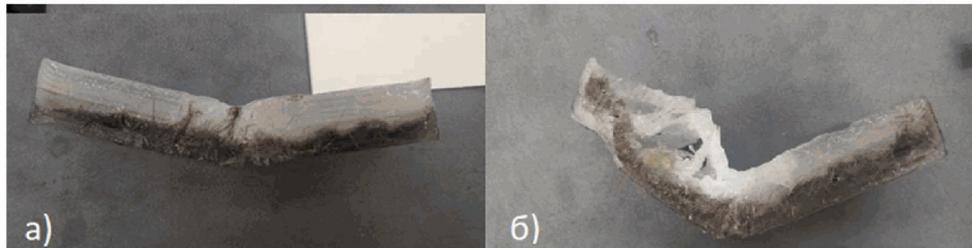


Рисунок 4